

Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Географічний факультет
Кафедра гідрології та гідроекології

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія

Періодичний науковий збірник
№ 4 (70)

Київ

2023

ГІДРОЛОГІЯ, ГІДРОХІМІЯ І ГІДРОЕКОЛОГІЯ:

Період. наук. збірник / Гол. редактор В.К. Хільчевський. 2023. № 4(70). 90 с.

HYDROLOGY, HYDROCHEMISTRY AND HYDROECOLOGY:

Periodic scientific collection / The editor-in-chief Valentyn Khilchevskiy. 2023. № 4(70). 90 p.

У збірнику вміщено статті, в яких викладено методичні розробки, а також результати теоретичних та прикладних гідрологічних, гідрохімічних і гідроекологічних досліджень, що виконано в різних установах України.

- Науковий збірник “Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія” засновано у травні 2000 р.
- Зареєстровано Міністерством юстиції України 8 жовтня 2009 р. (наказ № 1806/5).
- Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації КВ № 25258-15198ПР від 02.09.2022 р.
- Наказом Міністерства освіти і науки України № 157 від 09.02.2021 р. включено до переліку наукових фахових видань України за спеціальністю 103 «Науки про Землю», галузь знань 10 «Природничі науки» (категорія Б).
- **Засновник:** Київський національний університет імені Тараса Шевченка.
- Виходить чотири рази на рік.
- Науковий збірник реферується УРЖ «Джерело» (угода з ІПРІ НАН України – засновником УРЖ «Джерело», №245/17 від 6 листопада 2017 р.).

*Рекомендовано до друку Вченою радою
географічного факультету
Київського національного університету
(28 листопада 2023 р., протокол № 5)*

Адреса видавця та редколегії:

МСП 01601, м. Київ, , вул. Володимирська, 64,
географічний факультет Київського національного університету
імені Тараса Шевченка,
кафедра гідрології та гідроекології,
Лук'янець Ользі Іванівні (з позначкою “Науковий збірник”).

Телефон редколегії: (044) 521-32-29.

E-mail: hydrozbirnyk-knu@ukr.net
luko15_06@ukr.net

ISSN:2306-5680

© Київський національний університет імені Тараса Шевченка, 2023

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

ГОЛОВНИЙ РЕДАКТОР

Хільчевський Валентин Кирилович, доктор географічних наук, *Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

ЗАСТУПНИК ГОЛОВНОГО РЕДАКТОРА

Гребінь Василь Васильович, доктор географічних наук, *Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Горбачова Людмила Олександрівна, доктор географічних наук, *Український гідрометеорологічний інститут*

Линник Петро Микитович, доктор хімічних наук, *Інститут гідробіології НАН України*

Ободовський Олександр Григорович, доктор географічних наук, *Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

Самойленко Віктор Миколайович, доктор географічних наук, *Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

Сніжко Сергій Іванович, доктор географічних наук, *Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

Хохлов Валерій Миколайович, доктор географічних наук, *Одеський державний екологічний університет*

Шакірманова Жаннетта Рашидовна, доктор географічних наук, *Одеський державний екологічний університет*

Шевченко Ольга Григорівна, доктор географічних наук, *Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

МІЖНАРОДНА РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Абсалон Даміан (Absalon Damian), DrSc (науки про Землю), *Сілезький університет у Катовицях, м. Катовиці, Польща*

Босіно Альберто (Bosino Alberto), PhD (науки про Землю), *Міланський університет Бікокка, м. Мілан, Італія*

Меркер Міхаель (Maerker Michael), DrSc (науки про Землю), *Центр досліджень сільськогосподарського ландшафту Лейбніца (ZALF), м. Берлін, Федеративна Республіка Німеччина*

Хабел Міхал (Habel Michał), PhD (науки про Землю), *університет Казимира Великого, м. Бидгощ, Польща*

ВІДПОВІДАЛЬНИЙ СЕКРЕТАР

Лук'янець Ольга Іванівна, кандидат географічних наук, *Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

З М І С Т

ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Хільчевський В.К.

Водна політика: світові тенденції, стан в Україні..... 6

ГІДРОЛОГІЯ. ВОДНІ РЕСУРСИ

Chornomorets Y. O., Lobodzinskyi O. V.

Change of the Horyn river basin water balance under the warmer climate 23

Христюк Б.Ф.

Автоматизована система «Ice-Autumn» для довгострокового прогнозування дат появи льодових явищ та встановлення льодоставу на водосховищах Дніпровського каскаду 39

Кузик І.Р., Таранова Н.Б.

Оцінка зарегульованості стоку річки Серет 50

Сарнаєвський С.П.

Зміни водно-балансових складових в межах лівобережжя Середнього Дніпра за 1961-2020 рр..... 59

ВИЙШЛИ З ДРУКУ

Гребінь В.В.

Навчальний посібник з гідроекологічних аспектів водопостачання та водовідведення – спільний проєкт двох університетів (2023 р.) 79

Порядок подання і оформлення статей до періодичного наукового збірника “Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія” 87

CONTENTS

GENERAL METHODS ASPECTS OF INVESTIGATION

Khilchevskyi V.K.

Water policy: global trends, situation in Ukraine 6

HYDROLOGY. WATER RESOURCES

Chornomorets Y. O., Lobodzinskyi O.V.

Change of the Horyn river basin water balance under the warmer climate 23

Khrystiuk B.F.

Automated "Ice-Autumn" system for long-term forecasting of appearance dates of ice phenomena and freeze-up at the Dnipro Cascade reservoirs 39

Kuzyk I. R., Taranova N.B

Assessment of the regulated flow of the Seret River 50

Sarnavskyi S.P.

Changes in water balance components within the left bank of the Middle Dnipro in 1961-2020..... 59

PRINTED

Grebin V.V.

Study guide on hydroecological aspects of water supply and sewerage - a joint project between two universities (2023)..... 79

Presenting and official registration of the articles for the scientific periodical collection «Hydrology, hydrochemistry and hydroecology»..... 87

ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2023.4.1>

УДК 504.06 + 626.81

Хільчевський В.К.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ВОДНА ПОЛІТИКА: СВІТОВІ ТЕНДЕНЦІЇ, СТАН В УКРАЇНІ

Стаття присвячена дослідженню багатогранного поняття «водна політика» та основних тенденцій прояву водної політики у світі, формально торкаючись питань, які стосуються України. У міжнародних публікаціях у водній політиці виділяються напрями: гідрополітика, яка розглядає питання транскордонних водних ресурсів, та гідропсихологія, яка розглядає питання води на локальному рівні. В основі водної політики лежить механізм застосування міжнародних конвенцій і договорів, оскільки країни турбуються про свою водну безпеку, особливо в транскордонних водних басейнах. Питання водних ресурсів всередині країни вирішуються на національному законодавчому рівні, в Європі – із застосуванням положень Водної рамкової директиви ЄС. Після Дублінської конференції щодо водних ресурсів та сталого розвитку (1992 р.) світова водна спільнота спрямована в напрямі інтегрованого управління водними ресурсами (ІУВР).

В Україні, в цілому, водна сфера держави розвивається у руслі світових тенденцій водної політики та ІУВР шляхом приєднання до Конвенції про охорону та використання транскордонних водотоків та міжнародних озер, Протоколу про воду та здоров'я до Конвенції про охорону та використання транскордонних водотоків та міжнародних озер 1992 р., імплементації положень Водної рамкової директиви ЄС в законодавчу базу та в практику водних відносин, співробітництва на транскордонних водах на сучасному рівні, прийняття Водної стратегії до 2050 р.

Ключові слова: *водна політика, гідрополітика, гідропсихологія, інтегроване управління водними ресурсами, транскордонні водні ресурси, водні конфлікти, водна безпека.*

Вступ. Прісна вода, яка зараз цінніша, ніж будь-коли в нашій історії, завдяки її широкому використанню в сільському господарстві, високотехнологічному виробництві та виробництві енергії, все більше привертає увагу як ресурс, що потребує кращого управління та сталого використання або належної реалізації водної політики.

Стале управління водними ресурсами розглядається як стан, у якому чотири сфери сталого розвитку ефективно реалізуються у водній політиці. Зокрема, це:

- соціальна сталість - всі люди мають рівний доступ до адекватних та доступних послуг водопостачання для задоволення своїх потреб у галузі охорони здоров'я та засобів до існування, і де громадяни та спільноти відіграють значну роль в управлінні водними ресурсами та прийнятті рішень;

- екологічна сталість - коли використання та управління водними ресурсами не ставить під загрозу біорізноманіття, функціонування довкілля або екологічні та гідрологічні процеси, які мають важливе значення для суспільства;

- економічна сталість - управління водними ресурсами доступне і економічно ефективно, а економічні витрати та фінансові ризики зрозумілі, зведені до мінімуму та збалансовані прозорим, соціально прийнятним способом;

- інституційна сталість - коли установи, яким доручено управління водними ресурсами, мають достатні ресурси та соціальну легітимність для функціонування у довгостроковій перспективі.

Оскільки дефіцит води збільшується разом із зміною клімату, необхідність ефективної водної політики буде актуалізуватися. За оцінками, до 2050 р. 57% населення світу відчуватиме дефіцит води як мінімум один місяць на рік [26].

Як стверджують спеціалісти, для пом'якшення наслідків цих процесів оновлена водна політика вимагатиме міждисциплінарного та міжнародного співробітництва, включаючи урядовців, учених-екологів, гідрологів, соціологів, економістів, розробників кліматичних моделей та активістів неурядових організацій [22, 28, 30].

ISSN:2306-5680 **Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology. 2023. № 4 (70)**

Аналіз виконаних раніше досліджень. Оскільки проблема води і водних ресурсів в останні десятиліття захоплює інтерес фахівців з багатьох сфер діяльності (не лише водної), тематика, пов'язана з водною політикою, викликає надзвичайно широкий інтерес у світі. Є спеціалізовані періодичні видання з цієї проблематики – наукові журнали «Water politic», «World Water Policy» [65, 66].

Зокрема журнал відкритого доступу Міжнародної водної асоціації «Water politic», заснований в 1996 р., за час існування опублікував 1442 статті, в яких розглядаються питання водної політики [65]. Статті отримали понад 30 тис. цитувань.

Велика увага водній політиці приділяється в США, зокрема видано «Енциклопедію водної політики та політики в Сполучених Штатах» (2011 р.) [34], розвивається в онлайн-форматі «Оксфордська енциклопедія управління водними ресурсами та політики» [53]. Міжнародне видавництво «Едвард Елгар» (Велика Британія) запланувало на 2024 р. публікацію «Енциклопедії водної політики, економіки та управління Елгара» [31].

Ці авторитетні енциклопедії пропонують інноваційний підхід до теорії, оглядів і прикладів, що стосуються основних концепцій водних наук і питань управління водними ресурсами, щоб сприяти кращому міждисциплінарному співробітництву.

Стали відомими праці А.П. Ельханса (A.P. Elhance), особливо монографія, присвячена гідрополітиці в третьому світі (конфлікт і співпраця в міжнародних річкових басейнах) [32, 33], публікації Б. Сівакумара (B. Sivakumar) з планування та управління спільними водами із застосуванням парадигм гідрополітики та гідропсихології [51], праці П. Глейка (P. Gleick) з проблем водних конфліктів [35]. Значна кількість праць буде процитована у цій статті у відповідних розділах.

В Україні наукові розробки з питань водної політики та інтегрованого управління водними ресурсами зосереджені в основному в Інституті економіки природокористування та сталого розвитку НАН України (ІЕПСР НАН України) – праці М.А. Хвесика з колегами [10, 15]. Певні юридичні питання Протоколу про воду та здоров'я висвітлено в публікації С.М. Вихриста [1].

Деякі аспекти водної політики висвітлено в працях В.К. Хільчевського - одноосібних [16-18, 42] та у співавторстві [43-45].

Мета статті – дослідити багатогранне поняття «водна політика» та основні тенденції прояву водної політики у світі, формально торкнувшись питань, які дотичні до України.

Матеріали та методи дослідження. При дослідженні було використано міжнародні документи: Конвенція про охорону та використання транскордонних водотоків та міжнародних озер (ЄЕК ООН, Гельсінкі, 1992 р.), скорочено – Водна конвенція [11]; Конвенція про право несудноплавних видів використання міжнародних водотоків (ООН, Нью-Йорк, 1997 р.), скорочено – Конвенція ООН по водотоках [12]; Протокол про воду та здоров'я до Конвенції про охорону та використання транскордонних водотоків та міжнародних озер 1992 р. (1999 р.), скорочено - Протокол про воду і здоров'я [13]; Водна рамкова директива ЄС, 2000 р. (ВРД ЄС) [4].

Також використано матеріали міжнародних програм: Програма оцінювання транскордонних вод - GEF TWAP [57] (річкові басейни [56], озера і водосховища [55] та водоносні горизонти [54]); Міжнародна мережа басейнових організацій (INBO) [40] та ін.

Опрацьовано низку нормативних актів, прийнятих в Україні для виконання міжнародних конвенцій та ВРД ЄС [2, 5-9].

Виклад основного матеріалу

1. Поняття про водну політику

Водна політика або політика в галузі водних ресурсів – це процес розроблення законодавства, яке впливає на забір води, її використання і утилізацію та охорону водних ресурсів [33].

Водна політика на національному рівні варіюється в залежності від регіону і залежить від наявності або дефіциту води, стану водних систем та регіональних потреб у воді.

Оскільки водні басейни не збігаються з національними кордонами, водна політика також визначається міжнародними угодами. Цю сферу водної політики ще називають

гідрополітикою [37].

Гідрополітика за визначенням А.П. Ельханса – це системне дослідження конфліктів та співробітництво між державами щодо водних ресурсів, що виходять за межі міжнародних кордонів [33]. П.П. Моллінга класифікує гідрополітику за чотирма категоріями [46]:

- повсякденна політика управління водними ресурсами;
- гідрополітика в контексті суверенних держав;
- міждержавна гідрополітика;
- глобальна політика водних ресурсів.

При розробленні водної політики необхідно враховувати інтереси різних зацікавлених сторін та компонентів довкілля. Для підтримання чи покращення здоров'я людей та екосистем необхідне стале управління водними ресурсами [43].

2. Гідропсихологія як елемент водної політики

Формування водної політики та угод в річковому басейні стає ще багатограннішим процесом, якщо взяти до уваги питання гідропсихології.

Гідропсихологія за визначенням Б. Сівакумара - це відношення до використання води на мікрорівні чи індивідуальному рівні. Гідропсихологія краще вивчає використання води у менших масштабах та розглядається як підхід «знизу вгору», тоді як гідрополітика (водна політика) демонструє підхід «зверху вниз» [51].

Історично гідропсихології не приділяли достатньої уваги, оскільки міжнародні лідери зосереджували свою увагу на міжнародному спільному використанні та розподілі води, а не на внутрішньому використанні [33]. В даний час міжнародні лідери вимагають від міжнародного співтовариства термінової та підвищеної уваги до питання гідропсихології, оскільки вона впливає на вирішення водних проблем.

Було запропоновано використовувати збалансованіший підхід до спільного використання та розподілу водних ресурсів через поєднання крупномасштабної політики на міжнародному рівні та політики меншого масштабу (гідропсихології), а не зосереджуватися на окремому підході. Цей збалансований підхід включатиме політику, розроблену на рівні спільнот та на національному рівні для вирішення проблеми спільного використання та розподілу води. Таким чином, поєднання гідрополітики та гідропсихології допоможе міжнародним лідерам вирішити проблему спільного використання водних ресурсів. І гідрополітика, і гідропсихологія мають різні підходи до вирішення цього питання, але різні ідеї можуть поєднатися, щоб створити повніше рішення [33, 51].

Перевага ґрунтується на передумові, що використання води починається на індивідуальному рівні, що зрештою впливає на дії урядів та великих установ. На міжнародному рівні приділяється мінімальна увага місцевим справам, але є великі знання міжнародної політики. Зрештою, місцевий рівень приділяє мінімальну увагу міжнародним справам, але має широкі знання про місцеве водокористування і самоврядування. Таким чином, поєднання цих двох рівнів компенсує нестачу уваги, яку кожен рівень приділяє іншому.

3. Реалізація водної політики через нормативно-правові акти

3.1. Міжнародні водні конвенції

Конвенція (лат. conventio - договір, угода) - різновид міжнародного договору. Конкретні ознаки, за якими той чи інший договір варто називати конвенцією, виділити важко. Швидше мова йде про традиції називати договори певного типу чи змісту конвенціями. Тому конвенція - це угода між суб'єктами міжнародного права, що регулює між ними відносини через створення взаємних прав та обов'язків. Як правило, назву «конвенція» отримують багатосторонні угоди.

У світі налічується 286 транскордонних річкових басейнів [56] – табл. 1. Між двома країнами розділено 155 транскордонних річкових басейнів, між трьома і більше країнами – 100 басейнів. Близько 50 країн мають понад 75% своєї території в межах міжнародних річкових басейнів. На транскордонні річкові басейни припадає близько 54 % глобального річкового стоку. Це показує, наскільки важливою для прибережних держав є співпраця в басейні.

Таблиця 1. Наявність транскордонних річкових басейнів у світі

№	Континенти	Кількість басейнів
1	Європа	71
2	Азія	68
3	Північна та Центральна Америка	45
4	Південна Америка	39
5	Африка	63
	Всього	286

Стосовно транскордонних річкових басейнів базовими є:

- Конвенція про охорону транскордонних водотоків та міжнародних озер (ЄЕК ООН, Гельсінкі, 1992 р.) [11];
- Протокол про воду та здоров'я до Конвенції про охорону та використання транскордонних водотоків та міжнародних озер 1992 р. (1999 р.) [13];
- Конвенція про право несудноплавних видів використання міжнародних водотоків (ООН, Нью-Йорк, 1997 р.) [12].
- **Україна** приєдналася до перших двох міжнародних документів (відповідно, в 1999 р. та 2003 р.) шляхом їх ратифікації законами України [7, 9].

3.2. Міжнародні договори

Міжнародний договір - це узгоджене волевиявлення двох або більше суб'єктів міжнародних відносин про встановлення взаємних прав і обов'язків. Міжнародний договір може мати різні форми і назви: договір, угода, пакт, конвенція, трактат, протокол, обмін нотами, заключний акт та ін.

Річкові басейни не збігаються з національними кордонами і, за оцінками, 60% світових водотоків перетинають політичні кордони (транскордонні водотоки). Країни здійснюють управління водними ресурсами транскордонних водотоків, укладаючи угоди у формі договорів, у яких перелічені правничі та економічні аспекти, обов'язки сторін. Постійна палата міжнародного правосуддя ухвалює рішення щодо суперечок між країнами, включаючи судові розгляди з прав на воду.

З історії міжнародних угод щодо транскордонних вод:

1858 р. - Австрія та Баварія підписали угоду про регулювання та управління річкою Інн; 1863 р. - Бельгія і Нідерланди підписали договір про регулювання водопостачання з річки Маас; 1890 р. - Німеччина і Швейцарія підписали угоду щодо ГЕС в Райнфельдені (на р. Рейн); 1909 р. - угода, яка охоплює питання кількості та якості води, а також заснування спільного органу між Великою Британією та Сполученими Штатами Америки щодо прикордонних вод між Канадою та США.

В наш час існує близько 3600 договорів по воді, включаючи запровадження понад 150 нових, починаючи з 1950 р. Транскордонні водні угоди (договори) частіше всього фокусуються на водній інфраструктурі та якості води. Вони також охоплюють різні типи природних вод, такі як поверхневі води, підземні води, водотоки та збудовані на них греблі.

Коли водні ресурси можуть бути поділені порівну, як річка, що виступає як кордон між країнами, конфліктів, як правило, менше, ніж в угодах про поділ водних ресурсів вгору і вниз за течією. Іноді договори створюють спільні комітети чи комісії між двома чи більше країнами для нагляду за розподілом водних ресурсів та виконанням договірних угод. Прикладами двосторонніх угод є договір по р. Ганг (1996 р.) між Індією і Бангладеш, договір по басейну Великих озер (1955 р.) між США і Канадою.

• **Україна** підписала з Молдовою (на рівні урядів) в 2012 р. сучасний двосторонній договір по р. Дністер, який враховує положення Водної рамкової директиви ЄС. Договір ратифіковано Законом України в 2017 р. [5, 8].

Прикладом багатосторонньої угоди є договір по р. Меконг (1995 р.), підписаний урядами чотирьох країн: Камбоджі, Лаосу, Таїланду та В'єтнаму, які також заснували комісію річки Меконг [23].

Іншим прикладом міждержавної угоди про водні ресурси є угоди між кількома країнами про отримання фінансування від міжнародних донорів або інших країн для

проектів у галузі водних ресурсів, таких як будівництво гребель ГЕС. Так, у країнах Африки на південь від Сахари Китай за останнє десятиліття профінансував багато гідроенергетичних проектів [27].

В умовах зростаючого дефіциту води та конкуренції за водні ресурси через зміну клімату та погіршення якості води спостерігається зростання міжнародних конфліктів, пов'язаних з водою.

Директиви Європейського Союзу

Директива - тип законодавчого акту Європейського Союзу. На відміну від постанови чи рішення, що є інструментами прямої дії, директива запроваджується через національне законодавство. Вона зобов'язує державу-члена ЄС у певний термін вжити заходів, спрямованих на досягнення визначених у ній цілей.

Директиви - підпорядкований інструмент, вони повинні відображати положення договорів, але вони так само, як і договори, мають верховенство над національним правом. Тож, якщо якась країна-член ЄС не запровадила вчасно відповідну директиву до національного законодавства, вона однаково має силу закону в цій країні, і її порушення може бути оскаржено в Суді ЄС.

Так, Водна рамкова директива, повна назва Директива Європейського парламенту і Ради 2000/60/ЄС від 23 жовтня 2000 р. про встановлення рамок заходів Співтовариства в галузі водної політики, встановлює основні (рамкові) положення з досягнення країнами ЄС доброї якості води у водних об'єктах [4].

ВРД є основою для спільної політики Європейського Союзу у сфері водних ресурсів. Це базовий елемент європейських правил, що стосуються захисту поверхневих водних ресурсів: річок, водойм, перехідних та прибережних вод, а також підземних вод. Ця директива спрямована на запобігання та скорочення забруднення води, сприяння її сталому використанню, захист довкілля, покращення стану водних екосистем (водно-болотних угідь) та пом'якшення наслідків повеней та посухи.

• **Україна**, підписавши угоду про асоціацію з ЄС в 2014 р., запроваджує положення ВРД ЄС шляхом прийняття Закону України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо впровадження інтегрованих підходів в управлінні водними ресурсами за басейновим принципом» (2016 р.) [6, 19]. Після прийняття цього закону, зокрема Водний кодекс України [3] поповнився багатьма новими положеннями. Затверджено низку нормативних методичних розробок щодо ведення моніторингу вод та оцінювання їх якості.

3.3. Пакти та декларації ООН

У політиці водних ресурсів угоди та декларації є не обов'язковими цілями для досягнення загального доступу людей до води для питних та санітарних цілей. Адже ООН прийняла декларацію та два пакти, в яких проголошено повагу до всіх прав людини, включаючи права на воду та санітарію: Декларацію прав людини (1948 р.); Міжнародний пакт про громадянські та політичні права (1966 р.); Міжнародний пакт про економічні, соціальні та культурні права (1966 р.). Ці документи є глобальним дороговказом для держав світу.

В 2001 р. 191 держава-член ООН також підписали Цілі розвитку тисячоліття, яких треба було досягнути до 2015 р., що стало подальшим зобов'язанням по боротьбі з нерівністю щодо здоров'я.

Доступ до безпечної та чистої води для пиття та санітарії був повністю оголошений правом людини 28 липня 2010 р. в резолюції Генеральної Асамблеї ООН A/RES/64/292. Тобто кожна людина на планеті має право на чисту і безпечну воду.

25 вересня 2015 року всі 193 держави-члени ООН, у тому числі Україна, прийняли резолюцію Генеральної Асамблеї ООН «Перетворення нашого світу: Порядок денний в області сталого розвитку на період до 2030 року», в якій затвердили 17 цілей сталого розвитку (ЦСР) країн світу [60]. Серед них ЦСР 6 – «Чиста вода і належна санітарія».

• **В Україні** на виконання резолюції Генасамблеї ООН зі сталого розвитку та з метою забезпечення національних інтересів України щодо сталого розвитку економіки, громадянського суспільства і держави для досягнення зростання рівня та якості життя населення, додержання конституційних прав і свобод людини і громадянина в 2019 р. було підписано Указ Президента України [14]. А для виконання завдань ЦСР 6 – «Чиста

вода і належна санітарія» в 2022 р. прийнято «Водна стратегія України на період до 2050 року» [2].

3.4. Національне законодавство, стандарти та положення з управління

Правила та положення з управління водними ресурсами диктують різні національні стандарти якості води, зокрема питної. Наприклад, у США закон про безпечну питну воду уповноважує Агентство з охорони довкілля встановлювати національні стандарти безпечної питної води та розробляти правила щодо забруднювальних речовин.

В Індії Міністерство навколишнього середовища та лісів встановлює політику управління водними ресурсами. Потім Центральна рада з контролю за забрудненням довкілля та відповідні ради різних індійських штатів забезпечують дотримання вимог.

Міністерство з охорони довкілля Китаю спрямовує національні зусилля з управління та регулювання водних ресурсів через Закон про запобігання та контроль забруднення вод.

• **В Україні** Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України встановлює політику управління водними ресурсами через Державне агентство водних ресурсів України, яке є центральним органом виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері розвитку водного господарства, управління, використання та відтворення поверхневих водних ресурсів.

3.5. Програми допомоги

Деякі світові організації створили програми допомоги та спрямували дипломатичні зусилля на досягнення прогресу глобальних угод та декларацій щодо доступу до водних ресурсів.

Програми організацій при ООН

Оскільки здоров'я тісно пов'язане з доступом до питної води та каналізації, Дитячий фонд ООН (ЮНІСЕФ) та Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) сформували спільну програму моніторингу водопостачання та санітарії, орієнтовану виключно на моніторинг та звітність про прогрес у досягненні цілей у галузі води, санітарії та гігієни, як того вимагає ООН.

В 1977 р. ООН скликала конференцію з водної проблематики в Мар-дель-Плата (Аргентина) для розробки рекомендацій з національної водної політики. Згодом ООН оголосила 1980-ті роки Міжнародним десятиліттям питного водопостачання та санітарії.

У 2000 р. ООН санкціонувала створення під керівництвом ЮНЕСКО цільової групи з виконання Всесвітньої програми оцінки водних ресурсів для складання звіту про світове використання прісної води. Результати знайшли відображення у Доповіді про світовий водний розвиток [63].

У 2003 р. була створена організація ООН-вода (UN-Water) як міжвідомчий координаційний інструмент, покликаний допомогти країнам досягти своїх цілей у галузі водних ресурсів, встановлених Цілями розвитку тисячоліття, та створити глобальні рамки управління водними ресурсами [25]. Крім того, ООН оголосила 2013 р. Міжнародним роком водного співробітництва [24].

У 2018 р. ООН оголосила про початок Десятиліття водних ресурсів, яке започатковане з метою сприяння сталому розвитку та інтегрованому управлінню водними ресурсами, сприяння співпраці та партнерству на всіх рівнях та підтримці впровадження узгоджених на міжнародному рівні цілей і завдань, пов'язаних з водними ресурсами [59].

У 2023 р. відбулася глобальна конференція ООН з проблем води, покликана спонукати країни працювати спільно над розв'язанням проблем водоспоживання та кліматичної кризи [58].

Крім інтересу ООН до політики в галузі водних ресурсів на благо здоров'я людини, Екологічна програма ООН також робить свій внесок в покращення якості води у світі.

Програми неурядових організацій

Некомерційні та неурядові організації також відіграють роль у політиці водних ресурсів. Наприклад, *Всесвітня водна рада* – це міжнародний аналітичний центр, створений у 1996 р. для допомоги країнам та заінтересованим сторонам у розробці стратегій управління водними ресурсами.

Глобальне водне партнерство (ГВП - GWP) -- це міжнародна мережа, створена для сприяння інтегрованому підходу до управління водними ресурсами (ІУВР) та надання практичних рекомендацій щодо сталого управління водними ресурсами. Мережа, відкрита для всіх організацій: урядові установи, агентства ООН, банки розвитку, наукові інститути, неурядові організації та приватний сектор.

• **В Україні** Глобальне водне партнерство функціонує з 2005 р. ГВП-Україна брала участь: у проведенні Міжнародної науково-практичної конференції «Вода для всіх» (2019 р.); в адаптації показника ЦСР 6.5.1 в оновленій Екологічній стратегії (Закон України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року», 2697-VII, 2019 р.; розробленні концепції реформування управління водними ресурсами в Україні; розробленні проекту Стратегії зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року; розробленні Цільових показників для впровадження Протоколу про воду та здоров'я до Конвенції про охорону та використання транскордонних водотоків та міжнародних озер 1992 р.

4. Концепція гідрогегемонії

Концепція гідрогегемонії була висунута М. Зейтуном та Д. Уорнером у 2006 р. як аналітична парадигма, корисна для дослідження можливостей могутніх гегемоністських прибережних країн та того, як вони можуть перейти від домінування до співпраці [67].

Гідрогегемонія означає «гегемонію на рівні річкового басейну, що досягається за допомогою стратегій контролю водних ресурсів, таких як захоплення ресурсів, інтеграція та стримування. Стратегії реалізуються за допомогою багатьох тактик (наприклад, примус/тиск, укладання договорів, накопичення знань тощо), які стають можливими за рахунок експлуатації існуючої асиметрії сил у слабкому міжнародному інституційному контексті» [67]. Двома стовпами гідрогегемонії є прибережне положення та потенціал експлуатації. Гравець, який отримує контроль над ресурсом, визначається за допомогою встановленої форми гідрогегемонії на користь наймогутнішого (першого серед рівних).

У 2010 р. М. Зейтун та А. Каскао модифікували структуру моделі, включивши до неї чотири всеосяжні стовпи влади - географічну владу, матеріальну владу, переговорну силу та ідеологічну владу [29]. Таким чином, гідрогегемонію можна розуміти як гегемонію на рівні річкового басейну, яка виникає там, де контроль над транскордонними потоками консолідується найвпливовішим гравцем.

5. Інтегроване управління водними ресурсами

Інтегроване управління водними ресурсами (ІУВР) – це система управління, заснована на обліку всіх видів водних ресурсів (поверхневих, підземних та зворотних вод) у межах географічних кордонів, яка ув'язує інтереси різних галузей та рівні ієрархії водокористування, залучає всі зацікавлені сторони до прийняття рішень, сприяє ефективному використанню водних, земельних та інших природних ресурсів на користь сталого забезпечення вимог природи та суспільства у воді [39].

Основи концепції інтегрованого управління водними ресурсами закладалися у деяких країнах Європи та інших континентів на початку ХХ ст. при створенні структур управління водними ресурсами, в першу чергу таких як іспанські водні конфедерації, а пізніше французькі водогосподарські агентства, північноамериканські та канадські іригаційні райони.

Після Дублінської конференції щодо водних ресурсів та сталого розвитку (1992 р.) публікації з питань управління водними ресурсами перенасичені використанням терміну «ІУВР» та його різними інтерпретаціями.

У розумінні багатьох авторів та ідеологів ІУВР [39] – це процес скоординованого управління та розвитку водних ресурсів, що характеризується зокрема переходом (табл. 2):

- від управління в межах адміністративних кордонів до управління у межах річкового басейну або іригаційної системи (гідрографічні кордони);
- від відомчого управління до інтегрованого міжвідомчого управління;
- від одностороннього авторитарного принципу управління "згори вниз" до більш демократичного двостороннього принципу - "знизу вгору" (вимоги на воду та участь водокористувачів в управлінні) та "зверху вниз" (ліміти та підтримка водокористувачів);

- від командно-адміністративного методу до корпоративного управління за участю водокористувачів та інших бенефіціарів на всіх рівнях ієрархії управління водними ресурсами;

Таблиця 2. Ілюстрація того, що можна отримати в результаті реалізації ІУВР порівняно з командно-адміністративною системою управління водними ресурсами (за Н.Н. Мірзоєвим, НІЦ МКВК Центральної Азії)

Недоліки командно-адміністративної системи управління водними ресурсами	Досягнення від реалізації принципів і положень ІУВР
1	2
Роз'єднані, підвідомчі виконавчі органи управління без міжгалузевої координації	Наявність механізму міжвідомчої координації (шляхом створення водогосподарських рад)
Адміністративні межі управління (місцевий егоїзм при використанні водних ресурсів)	Управління на основі гідрографічних кордонів (гарантія стабільного та рівноправного водозабезпечення незалежно від місця розташування водокористувача)
Значні організаційні втрати води через неузгодженість управлінських дій на різних рівнях ієрархії	Мінімізація організаційних втрат води шляхом чіткої координації дій на всіх рівнях ієрархії управління
Часті невідповідності між курсом політики, законами та управлінням	Інтеграція між політикою, законодавством та управлінням
Жорсткі процедури, що спускаються зверху	Гнучке законодавство, що відповідає умовам, що динамічно розвиваються (демократизація суспільства і перехід до ринкових відносин)
Бюрократичні багаторівневі структури, які недостатньо фінансуються з центру	Переважно самофінансовані організації за часткової підтримки держави у питаннях розвитку
Невизначеність справжніх фінансових витрат на водогосподарські послуги	Інструменти планування та оплата на основі реальних витрат з управління
Відсутність зв'язку між наданням послуг та оплатою	Реалізація принципу «плата за послугу». Механізм окупності послуг
Відсутність стимулів водозбереження (підвищення продуктивності води)	Усвідомлення всіма членами суспільства, що вода – обмежений ресурс. Впровадження стимулів підвищення продуктивності води та водозбереження
Невизначеність справжніх витрат води через незадовільну гідрометрію	Розвиток гідрометрії. Чіткий облік водоподачі та водовідведення
Неучасть багатьох зацікавлених сторін у процесі прийняття рішень	Громадські консультації, залучення сторін до процесу ухвалення рішень
Відсутність звітності перед одержувачами послуг (водокористувачами)	Управління здійснюється за участю всіх зацікавлених сторін, послуги надаються на основі договорів
Роз'єднаність водокористувачів та їх слабкість (юридична та економічна)	Асоціації водокористувачів як юридичні особи мають чіткі права та обов'язки у взаємовідносинах з водогосподарськими органами
Збереження державного замовлення та фіксованих закупівельних цін на основні види сільгосппродукції	Вибір структури посівів визначається фермерами на основі ринкового попиту, ціни регулюються ринком
Відсутність рішень щодо більшості проблем довкілля	Захист навколишнього середовища та виділення води на потреби охорони довкілля
Відсутність єдиного обліку використання поверхневих та підземних вод, а також утилізації зворотного стоку.	Єдине планування використання поверхневих та підземних вод з урахуванням утилізації зворотного стоку.

• **Україна** рухається в руслі світових тенденцій ІУВР [6], що формалізується приєднанням до Водної конвенції [10], Протоколу про воду та здоров'я [13], імплементацією положень Водної рамкової директиви ЄС [6], прийняттям Водної стратегії до 2050 р. [2].

6. Водні конфлікти

Водний конфлікт – це конфлікт між країнами, державами чи соціальними групами за доступ до водних ресурсів. ООН визнає, що водні конфлікти є наслідком протистояння інтересів державних або приватних водокористувачів [17]. Упродовж історії людства відбувалися конфлікти, пов'язані з водою.

Як показує досвід, невоєнні водні конфлікти можуть перерости в збройне протистояння. І навпаки, під час ведення бойових дій виникають ті або інші види водних конфліктів.

Основна причина виникнення водних конфліктів - дефіцит водних ресурсів, який призводить до конфліктів на місцевому, регіональному та міждержавному рівнях.

Зміна клімату та зростання населення планети також у сукупності створюють нове навантаження на водні ресурси та підвищують ризик водних конфліктів.

Почастішали напади на цивільні системи водопостачання під час воєн, які розпочинаються з інших причин, наприклад, в Ємені, Сирії та Іраку [36].

• **В Україні** водна інфраструктура особливо потерпає від воєнних дій. Це проявилось спочатку на Донбасі в період проведення Антитерористичної операції на сході України (АТО, 2014-2018 рр.) та операції Об'єднаних сил (ООС, 2018-2022 рр.) [44], а потім під час повномасштабної російської збройної агресії, що розпочалася 24 лютого 2022 р. [17, 20, 50]. Російські агресори навіть вчинили значний акт екоциду – 6 червня 2023 р. підірвали греблю Каховського водосховища, що призвело до його втрати, як штучного водного об'єкта [62].

Конфлікти, пов'язані з водою, можна поділити на такі категорії [63]:

- *Тригер* - вода як спусковий гачок або причина конфлікту, коли виникає суперечка за контроль над водою (водними системами), або коли економічний чи фізичний доступ до води викликають насильство.

- *Зброя* - вода як зброя конфлікту, коли водні ресурси або самі водні системи використовуються як інструмент або зброя в насильницькому конфлікті.

- *Нещасний випадок (жертва)* - водні ресурси або водні системи стають навмисними або випадковими жертвами, або ж об'єктами насильства.

7. Водна безпека

За визначенням UN-Water «Водна безпека - це здатність населення гарантувати сталий доступ до достатньої кількості води прийнятної якості для підтримання засобів до існування, добробуту людини та соціально-економічного розвитку, для забезпечення захисту від водного забруднення та стихійних лих, пов'язаних з водою, а також збереження екосистем в умовах миру та політичної стабільності» [61].

Метою водної безпеки є максимальне використання переваг води для людей та екосистем. Друга мета – обмеження ризиків руйнівної дії води до прийнятного рівня. [38, 48] Ці ризики включають, наприклад, наявність занадто великої кількості води (повінь, паводок), або занадто малої - посуха та нестача води, або погану якість (забруднення) води [48].

Люди, які живуть в умовах високого рівня водної безпеки, завжди мають доступ до «прийнятної кількості та якості води для здоров'я, засобів для існування та виробництва» [38]. Тому доступ до води, санітарії та гігієни є частиною водної безпеки [47]. Деякі організації використовують термін «водна безпека» у вужчому сенсі - тільки для аспектів водопостачання.

Політики та водні менеджери прагнуть досягти результатів водної безпеки, які вирішують проблеми економічної, екологічної та соціальної справедливості. Ці результати можуть включати підвищення економічного добробуту, підвищення соціальної справедливості та зниження ризиків, пов'язаних із водою. Між різними результатами існують взаємодії та компроміси [46]. Розробники планів часто враховують результати водної безпеки для різних груп суспільства, коли розробляють стратегії адаптації до зміни клімату.

Відсутність водної безпеки

Відсутність водної безпеки є зростанням загрози для суспільства [35]. Основними чинниками, що сприяють відсутності водної безпеки, є дефіцит води, її забруднення,

зниження якості води через вплив зміни клімату, руйнівні сили води та стихійні лиха, викликані небезпечними природними явищами, бідність.

Зміна клімату впливає на водну безпеку у багатьох відношеннях. Зміна режиму випадання опадів, поява посухи, може вплинути на наявність води. Повінь може погіршити якість води. Більш сильні шторми можуть пошкодити інфраструктуру, особливо на Глобальному Півдні.

Існують різні підходи щодо вирішення проблеми відсутності водної безпеки. Наукові та інженерні підходи можуть збільшити водопостачання чи зробити водокористування ефективнішим. Фінансові та економічні інструменти можуть включати систему соціального захисту, що забезпечує доступ найбіднішим верствам населення. Управлінські та політичні інструменти, такі як обмеження попиту, можуть покращити водну безпеку [36].

Представники сфери водної політики працюють над зміцненням інститутів та інформаційних потоків, покращенням управління якістю води, скороченням нерівності та інвестуванням у водну інфраструктуру. Важливе значення має підвищення стійкості до зміни клімату послуг водопостачання та санітарії. Ці зусилля допомагають досягти сталого розвитку та скорочення бідності.

• **Україна може забезпечити дотримання основного показника водної безпеки:** «здатність гарантувати сталий доступ до достатньої кількості води прийнятної якості». Станом на 2017 р. водні ресурси (поверхневі разом з підземними) становлять в середньому: внутрішні - 55,1 км³/рік; загальні: 175,3 км³/ рік. Водозабезпеченість на одну людину: внутрішні водні ресурси – 1246 м³/рік/людину; загальні водні ресурси– 3964 м³/рік/людину [18, 42]. Тобто, в середньому водозабезпеченість на одну людину: загальними водними ресурсами, які реально можуть використовуватися, перевищують 2500 м³/рік/людину, що за індикатором водного стресу Фолькенмарк відповідає статусу «водні ресурси стабільні».

Варто відзначити, що при цьому Україна має високий коефіцієнт зовнішньої залежності водних ресурсів K_3 :

$$K_3 = W_{ВН} / W_{ЗАГ}, \%, \quad (1)$$

де $W_{ВН}$ – внутрішні водні ресурси, $W_{ЗАГ}$ – зовнішні водні ресурси.

За цим показником (66,8 %) Україна посідає 37 місце в Європі серед 50 країн. Діапазон K_3 в Європі коливається (%): від 0 (Ісландія, Данія, Андорра, Кіпр, Мальта), 0,27 (Іспанія), 0,4 (Чехія) – до 86,1 (Молдова), 87 (Нідерланди), 94,23 (Угорщина), 94,8 (Сербія) [16a].

В 2022 р. прийнято Водну стратегію України до 2050 р., що визначає основні засади державної політики у галузі використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів та спрямована на досягнення взаємної узгодженості, пов'язаної з їх використанням, підвищення рівня водної безпеки та скорочення до прийнятного рівня ризиків з управління водними ресурсами на засадах сталого інтегрованого управління водними ресурсами [2].

8. Водна дипломатія

Водна дипломатія - це пошук нових рішень, що ґрунтуються на науковій основі та враховують соціальні обмеження для широкого спектру водних проблем [49]. Інструменти водної дипломатії включають екологічну політику, стратегію управління водними ресурсами та інженерні рішення, які застосовуються в контексті окремої водної проблеми у відповідному масштабі [41]. Водні проблеми зачіпають такі зацікавлені сторони, як сільське господарство та промисловість, міські забудовники та захисники довкілля, що конкурують за обмежений та загальний ресурс доступної води. Ці проблеми також виходять за рамки фізичних, дисциплінарних та юрисдикційних кордонів [41, 52]. Через конкуруючі потреби і цілі важко знайти прийнятні рішення водних проблем.

Визнаючи, що проблеми водопостачання та якості води значно впливають на жінок, у всьому світі, все більше уваги приділяється залученню жінок у водну дипломатію [21].

Програми навчання та нарощування потенціалу для фахівців водного господарства в регіонах, що розвиваються, спрямовані на розвиток навичок, що допомагають вирішувати питання інтересів, що не збігаються.

Методичний підхід «Water-2100», який відрізняється від інших інструментів, що використовуються у водній політиці та традиційній дипломатії, полягає у розгляді проблем як взаємопов'язаної групи природних та соціальних сфер, у яких між елементами виникають конкуренція та зворотний зв'язок [41].

Природні обмеження кількості, якості та потреб екосистем взаємодіють з елементами соціальної сфери, включаючи соціальні цінності/норми, економіку та управління. Цей підхід «Water-2100» спрямований на синтез наукових та контекстуальних знань про водні ресурси у практичні рішення шляхом формулювання водних проблем як питань, які можна узгоджено вирішувати в інтересах всіх сторін.

Висновки

1) Водній політиці у світі приділяється надзвичайно велика увага. За кордоном спеціальні періодичні видання, монографії та енциклопедії насичені розглядом питань водної політики (політики водних ресурсів).

2) Виділяються напрями: гідрополітика, яка розглядає питання транскордонних водних ресурсів, та гідропсихологія, яка розглядає питання води на локальному рівні.

3) В основі водної політики лежать механізми застосування міжнародних конвенцій і договорів, оскільки країни турбуються про свою водну безпеку, особливо в транскордонних водних басейнах. Питання водних ресурсів всередині країни вирішуються на національному законодавчому рівні, в Європі – із застосуванням положень Водної рамкової директиви ЄС.

3) Після Дублінської конференції щодо водних ресурсів та сталого розвитку (1992 р.) світова водна спільнота спрямована в напрямі інтегрованого управління водними ресурсами (ІУВР).

4) ІУВР – це система управління, заснована на обліку всіх видів водних ресурсів (поверхневих, підземних та зворотних вод) у межах гідрографічних кордонів, яка ув'язує інтереси різних галузей та рівні ієрархії водокористування, залучає всі зацікавлені сторони до прийняття рішень, сприяє ефективному використанню водних, земельних та інших природних ресурсів на користь сталого забезпечення вимог природи та суспільства у воді.

5) В Україні поки що відсутнє розмаїття видань з назвою «водна політика», але в цілому, водна сфера держави рухається в руслі світових тенденцій водної політики та ІУВР шляхом приєднання до Водної конвенції 1992 року [7, 11], Протоколу про воду та здоров'я [9, 13], імплементації положень Водної рамкової директиви ЄС в законодавчу базу та в практику водних відносин [6, 19], співробітництва на транскордонних водах на сучасному рівні [5], прийняття Водної стратегії до 2050 р. [2].

Список літератури

1. *Вихрист С.М.* Механізм забезпечення дотримання Протоколу про воду та здоров'я до Конвенції ЄЕК ООН про охорону та використання транскордонних водотоків та міжнародних озер. Правничий вісник Університету "КРОК". 2013. Вип. 16. С. 70-80.

2. Водна стратегія України на період до 2050 року. Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 9 грудня 2022 р. № 1134-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1134-2022-%D1%80#Text>

3. Водний кодекс України. 1995. 213/95-ВР. Із змінами, внесеними протягом 2000-2023 рр. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80#Text>

4. Директива Європейського парламенту і Ради 2000/60/ЄС від 23 жовтня 2000 р. про встановлення рамок заходів Співтовариства в галузі водної політики. ВПУ. Документ 994_962, чинний, поточна редакція від 20.11.2014. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_962#Text

5. Договір між Кабінетом Міністрів України та Урядом Республіки Молдова про співробітництво у сфері охорони і сталого розвитку басейну річки Дністер. Договір ратифіковано Законом № 2086-VIII від 07.06.2017. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/498_165-12#Text

6. Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо впровадження інтегрованих підходів в управлінні водними ресурсами за басейновим принципом». N 1641-VIII. 2016 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1641-19#Text>

7. Закон України «Про приєднання України до Конвенції про охорону та використання транскордонних водотоків та міжнародних озер». N 801-XIV. 1999 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/801-14#Text>

8. Закон України «Про ратифікацію Договору між Кабінетом Міністрів України та Урядом Республіки Молдова про співробітництво у сфері охорони і сталого розвитку басейну річки

ISSN:2306-5680 **Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology. 2023. № 4 (70)**

- Дністер». № 2086-VIII. 2017 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2086-19#Text>
9. Закон України «Про ратифікацію Протоколу про воду та здоров'я до Конвенції про охорону та використання транскордонних водотоків та міжнародних озер 1992 року». N 1066-IV. 2003 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1066-15#Text>
10. Інтегроване управління водними ресурсами України / За ред. М.А. Хвесика. К.: ДУ ІЕПСП НАН України, 2019. 419 с.
11. Конвенція про охорону та використання транскордонних водотоків та міжнародних озер. СЕК ООН. Гельсінкі, 1992. URL: <http://consultant.parus.ua/?doc=00AXP931ED&abz=0RSKD>
12. Конвенція про право несудноплавних видів використання міжнародних водотоків. ООН, Нью-Йорк, 1997. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/MU97594>
13. Протокол про воду та здоров'я до Конвенції про охорону та використання транскордонних водотоків та міжнародних озер 1992 р. ВРУ, ратифікація від 09.07.2003, підстава - 1066-IV. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_030#Text
14. Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року. Указ Президента України № 722/2019. 2019 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019#Text>
15. Хвесик М., Левковська Л., Мандзук В. Стратегія водної політики України: перспективи реалізації. Економіка природокористування і сталий розвиток. 2021. № 10 (29). С. 6-15.
16. Хільчевський В. Водна політика: світові тенденції. Мат-ли VII Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конференції: Суспільно-географічні чинники розвитку регіонів. 3-5 листопада 2023 р., м. Луцьк. Луцьк. 2023. С. 77-79.
- 16а. Хільчевський В.К. Водні ресурси країн Європи: характеристика на основі бази даних FAO-Aquastat. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2023. № 1 (67). С. 6-17.
17. Хільчевський В.К. Водні та збройні конфлікти - класифікаційні ознаки: у світі та в Україні. Гідрологія, гідрохімія та гідроекологія. 2022. № 1(63). С. 6-19.
18. Хільчевський В.К. Характеристика водних ресурсів України на основі бази даних глобальної інформаційної системи FAO-Aquastat. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2021. № 1 (59). С. 6-16.
19. Хільчевський В.К., Гребінь В.В. Гідрографічне та водогосподарське районування території України, затверджене у 2016 р. – реалізація положень ВРД ЄС. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2017. № 1(44). С. 8-20.
20. Хільчевський В.К., Гребінь В.В. Деякі аспекти щодо стану території районів річкових басейнів та моніторингу вод під час вторгнення Росії в Україну (2022 р.). Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2022. № 3(65). С. 6-14.
21. A Path Forward for Women, Water, Peace and Security. Women in Water Diplomacy Network Nile and Beyond Global Strategy 2022-2027. Stockholm, SIWI. 2022. URL: https://siwi.org/wp-content/uploads/2022/07/wwdn-nile-and-beyond-global-strategy-2022-2027_v4.pdf
22. Abu-Zeid M. Water and sustainable development: the vision for world water, life and the environment. Water Policy. 1998. 1 (1). P. 9-19. doi:10.1016/S1366-7017(98)00002-6
23. Agreement on the cooperation for the sustainable development of the Mekong River basin. 1995. URL: <https://www.mrcmekong.org/assets/Publications/policies/agreement-Apr95.pdf>
24. Aslov S. Towards the International Year of Water Cooperation, 2013. UN Chronicle. 2013. 50 (1). P. 7–9. doi:10.18356/abf44da8-en.
25. Baumgartner T., Pahl-Wostl C. (2013). UN–Water and its Role in Global Water Governance. Ecology and Society. 2013. 18 (3). doi:10.5751/ES-05564-180303
26. Boretti A. Rosa L. Reassessing the projections of the World Water Development Report. npj Clean Water. 2019. 2 (15). P. 1–6. doi:10.1038/s41545-019-0039-9. ISSN 2059-7037.
27. Brautigam D., Hwang J., Wang L. Chinese Financed Hydropower Projects in Sub-Saharan Africa. SAIS China Africa Research Initiative. Eldis. 2015. URL: <https://www.eldis.org/document/A72589>
28. Carter N. The politics of the environment : ideas, activism, policy (3 ed.). Cambridge: Cambridge University Press. 2018. ISBN 9781108459242.
29. Cascão, A.E., Zeitoun, M. Power, hegemony and critical hydrogeopolitics. In A. Earle, A. Jägerskog, & J. Ojendal (Eds.), Transboundary water management: Principles and practice. London: Earthscan, 2010. P. 27-42.
30. Cosgrove W.J. Loucks D.P. Water management: Current and future challenges and research directions. Water Resources Research. 2015. 51(6). P. 4823–4839. doi:10.1002/2014WR016869.
31. Elgar Encyclopedia of Water Policy, Economics and Management. Ed. by: Koundouri P., Alamanos A. E-Elgar. 2024. 448 p.
32. Elhance A.P. Hydrogeopolitics: Grounds for Despair, Reasons for Hope. International Negotiation. 2000. 5 (2). P. 201–222. doi:10.1163/15718060020848730.
33. Elhance A.P. Hydrogeopolitics in the Third World: Conflict and cooperation in International River Basins. Washington, DC: US Institute of Peace Press. 1999.

34. Encyclopedia of Water Politics and Policy in the United States. Ed. by: Danver S.L., Burch J.R. CQ Press. 2011. 544 p.
35. *Gleick P.* Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh Water Resources. Oxford University Press, New York. 1993. 473 p.
36. *Gleick P., Iceland C., Trivedi A.* Ending Conflicts over Water: Solutions to Water and Security Challenges. World Resources Institute. 2020. URL: <https://www.wri.org/research/ending-conflicts-over-water>
37. *Grandi M.* Hydropolitics.. Oxford Research Encyclopedia of Environmental Science. 2020. doi:10.1093/acrefore/9780199389414.013.644
38. *Grey D., Sadoff C.W.* Sink or Swim? Water security for growth and development. Water Policy. 2007. 9 (6). P. 545–571. doi:10.2166/wp.2007.021
39. Integrated water resources management (IWRM). URL: http://www.cawater-info.net/bk/8-1_e.htm
40. International Network of Basin Organizations (INBO). URL: <https://www.inbo-news.org/en>
41. *Islam S., Gao Y., Akanda A.* Water 2100: A synthesis of natural and societal domains to create actionable knowledge through AquaPedia and water diplomacy. in Hydrocomplexity: New Tools for Solving Wicked Water Problems the Proceedings of the 10th Kovacs Colloquium. Paris, France, 2010. P. 193-197.
42. *Khilchevskiy V.K.* Water resources of Ukraine: assessment based on the FAO AQUASTAT database. Proceedings 15th International Scientific Conference on Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment. European Association of Geoscientists & Engineers. 2021.. P.1–5. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20215K2005>
43. *Khilchevskiy V., Karamushka V.* Global Water Resources: Distribution and Demand // In: Leal Filho W., Azul A.M., Brandli L., Lange Salvia A., Wall T. (eds). Clean Water and Sanitation. Encyclopedia of the UN Sustainable Development Goals. Springer. 2022. P. 240-250. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-95846-0_101
44. *Khilchevskiy V.K., Mezentsev K.V.* Water conflicts and Ukraine: Donbas region. Proceedings 15th International Scientific Conference on Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment. European Association of Geoscientists & Engineers. 2021. P.1–5. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20215K2004>
45. *Khilchevskiy V.K., Shevchenko O. L., Plichko L.V.* Hydropolitical aspects in the field of water use. Proceedings 17th International Scientific Conference: Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment, European Association of Geoscientists & Engineers. 2023. 1-5.
46. *Mollinga P.P.* Water politics and development: Framing a political sociology of water resources management. Water alternatives. 2008. 1(1). P. 7-23.
47. REACH Global Strategy 2020-2024. University of Oxford. Oxford, UK, 2020. URL: https://reachwater.org.uk/wp-content/uploads/2020/10/2020_24_REACH-Global-Strategy.pdf
48. *Sadoff C., Grey D., Borgomeo E.* Water Security. Oxford Research Encyclopedia of Environmental Science. 2020. doi:10.1093/acrefore/9780199389414.013.609
49. *Schmeier S.* What is water diplomacy and why should you care? Global Water Forum. 2018. URL: <https://www.globalwaterforum.org/2018/08/31/what-is-water-diplomacy-and-why-should-you-care/>
50. *Shumilova O., Tockner K., Sukhodolov A., Khilchevskiy V., De Meester L., Stepanenko S., Trokhymenko G., Hernandez-Aguero H.A., Gleick P.* Impact of the armed conflict between Russia and Ukraine on freshwater resources and water infrastructure // Nature Sustainability. – 2023. 6. P. 578–586. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41893-023-01068-x>
51. *Sivakumar B.* Planning and management of shared waters: hydropolitics and hydropsychology – two sides of the same coin. International Journal of Water Resources Development. 2013. 30 (2). P. 200–210. doi:10.1080/07900627.2013.841072
52. *Susskind L., Islam S.* Water Diplomacy: Creating Value and Building Trust in Transboundary Water Negotiations. Science & Diplomacy. 2012. 1 (3).
53. The Oxford Encyclopedia of Water Resources Management and Policy. Ed. in Chief: Whittington D., Oxford University Press. 2023. URL: <https://oxfordre.com/environmentalscience/page/1970>
54. Transboundary Aquifers and Groundwater Systems of Small Island Developing States: Status and Trends. United Nations Environment Programme (UNEP) / UNESCO-IHP and UNEP. Nairobi, 2016. 16 p. URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000259254>
55. Transboundary Lakes and Reservoirs: Status and Trends. United Nations Environment Programme (UNEP) / ILEC and UNEP. Nairobi, 2016. 17 p. URL: <http://geftwap.org/publications/TWAPVOLUME2TRANSBOUNDARYLAKESANDRESERVOIRS.pdf>
56. Transboundary River Basins: Status and Trends. Vol. 3. River basins. United Nations. Environment Programme (UNEP) / UNEP-DHI.. Nairobi, 2016. 342 p. URL:

- https://ciesin.columbia.edu/documents/GEF_TWAPRB_FullTechnicalReport_compressed.pdf
57. Transboundary Waters Assessment Programme. GEF TWAP. URL: <http://twap-rivers.org/>
58. UN 2023 Water Conference. URL: <https://sdgs.un.org/conferences/water2023>
59. UN. International Decade for Action on Water for Sustainable Development, 2018-2028. URL: <https://www.un.org/en/events/waterdecade/>
60. UN. The 17 Goals. Sustainable Development Goals. <https://sdgs.un.org/goals>
61. UN-Water. What is Water Security? URL: <https://www.unwater.org/publications/what-water-security-infographic>
62. *Vyshnevskiy V., Shevchuk S., Komorin V., Oleynik Yu., Gleick P.* The destruction of the Kakhovka dam and its consequences. *Water International*. 2023. 48(2). P. 1-17. DOI: 10.1080/02508060.2023.2247679
63. Water Conflict Chronology. Pacific Institute. URL: <http://www.worldwater.org/water-conflict/>
64. Water in a changing world (3rd ed.). Paris: World Water Assessment Programme (United Nations), UN-Water, UNESCO. 2009. ISBN 978-1-84407-839-4. OCLC 316311124
65. Water Policy. Website: <https://iwaponline.com/wp/issue/browse-by-year>
66. World Water Policy. Website: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/wwp2.12136>
67. *Zeitoun M., Warner J.* Hydro-hegemony – a framework for analysis of trans-boundary water conflicts. *Water Policy*. 2006. 8 (5). P. 435–460. doi:10.2166/wp.2006.054

Reference

1. *Vykhryst S.M.* Mekhanizm zabezpechennia dotrymannia Protokolu pro vodu ta zdorovia do Konventsii YeEK OON pro okhoronu ta vykorystannia transkordonnykh vodotokiv ta mizhnarodnykh ozer [Mechanism for ensuring compliance with the Water and Health Protocol to the UN/ECE Convention on the Protection and Use of Transboundary Watercourses and International Lakes]. *Pravnychiy visnyk Universytetu "KROK"*. 2013. Vyp. 16. S. 70-80.
2. Vodna stratehiia Ukrainy na period do 2050 roku [Water strategy of Ukraine for the period up to 2050]. Skhvaleno rozporiadzhenniam Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 9 hrudnia 2022 r. № 1134-r. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1134-2022-%D1%80#Text>
3. Vodnyi kodeks Ukrainy. 1995. [Water Code of Ukraine. 1995]. 213/95-VR. Iz zminamy, vnesenymy protiahom 2000-2023 rr. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80#Text>
4. Dyrektyva 2000/60/ES Yevropeiskoho parlamentu ta Rady: Pro vstanovlennia ramok diialnosti Spivtovarystva v haluzi vodnoi polityky, vid 23 zhovtnia 2000 r. [Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for Community action in the field of water policy]. VRU. Dokument 994_962, chynnyi, potochna redaktsiia vid 20.11.2014. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/801-14#Text>
5. Dohovir mizh Kabinetom Ministriv Ukrainy ta Uriadom Respubliky Moldova pro spivrobitnytstvo u sferi okhorony i staloho rozvytku baseinu richky Dnister [Agreement between the Cabinet of Ministers of Ukraine and the Government of the Republic of Moldova on cooperation in the field of protection and sustainable development of the Dniester River basin]. Dohovir ratyfikovano Zakonom № 2086-VIII vid 07.06.2017. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/498_165-12#Text
6. Zakon Ukrainy «Pro vnesennia zmin do deiaknykh zakonodavchykh aktiv Ukrainy shchodo vprovadzhennia intehrovanykh pidkhodiv v upravlinni vodnymy resursamy za baseinovym pryntsyptom» [Law of Ukraine "On Amendments to Some Legislative Acts of Ukraine Regarding the Implementation of Integrated Approaches to Water Resources Management According to the Basin Principle]. N 1641-VIII. 2016 r. URL:
7. Zakon Ukrainy «Pro pryiednannia Ukrainy do Konventsii pro okhoronu ta vykorystannia transkordonnykh vodotokiv ta mizhnarodnykh ozer» [Law of Ukraine "On Ukraine's Accession to the Convention on the Protection and Use of Transboundary Watercourses and International Lakes."]. N 801-XIV. 1999 r. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/801-14#Text>
8. Zakon Ukrainy «Pro ratyfikatsiiu Dohovoru mizh Kabinetom Ministriv Ukrainy ta Uriadom Respubliky Moldova pro spivrobitnytstvo u sferi okhorony i staloho rozvytku baseinu richky Dnister» [Law of Ukraine "On Ratification of the Agreement between the Cabinet of Ministers of Ukraine and the Government of the Republic of Moldova on Cooperation in the Field of Protection and Sustainable Development of the Dniester River Basin"]. № 2086-VIII. 2017 r. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2086-19#Text>
9. Zakon Ukrainy «Pro ratyfikatsiiu Protokolu pro vodu ta zdorovia do Konventsii pro okhoronu ta vykorystannia transkordonnykh vodotokiv ta mizhnarodnykh ozer 1992 roku» [Law of Ukraine "On the Ratification of the Protocol on Water and Health to the Convention on the Protection and Use of Transboundary Watercourses and International Lakes of 1992"]. N 1066-IV. 2003 r. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1066-15#Text>

10. Intehrovane upravlinnia vodnymy resursamy Ukrainy [Integrated management of water resources of Ukraine] / Za red. M.A. Khvesyka. K.: DU IEPSSR NAN Ukrainy, 2019. 419 s.
11. Konventsiia pro okhoronu ta vykorystannia transkordonnykh vodotokiv ta mizhnarodnykh ozer. YeEK OON. Helsinki, 1992. [Convention on the Protection and Use of Transboundary Watercourses and International Lakes]. URL: <http://consultant.parus.ua/?doc=00AXP931ED&abz=0RSKD>
12. Konventsiia pro pravo nesudnoplavnykh vydiv vykorystannia mizhnarodnykh vodotokiv [Convention on the Law of the Non-Navigational Uses of International Watercourses]. OON, Niu-York, 1997. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/MU97594>
13. Protokol pro vodu ta zdorovia do konventsii pro okhoronu ta vykorystannia transkordonnykh vodotokiv ta mizhnarodnykh ozer 1992 r. [The Protocol on Water and Health to the 1992 Convention on the Protection and Use of Transboundary Watercourses and International Lakes]. VRU, ratyfikatsiia vid 09.07.2003, pidstava - 1066-IV. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_030#Text
14. Pro tsili staloho rozvytku Ukrainy na period do 2030 roku [On the Sustainable Development Goals of Ukraine for the period until 2030. Decree of the President of Ukraine]. Ukaz Prezydenta Ukrainy № 722/2019. 2019 r. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019#Text>
15. *Khvesyk M., Levkovska L., Mandzyk V.* Stratehiia vodnoi polityky Ukrainy: perspektyvy realizatsii [Water policy strategy of Ukraine: prospects for implementation. Economics of nature use and sustainable development]. *Ekonomika pryrodokorystuvannia i stalyy rozvytok*. 2021. № 10 (29). S. 6-15.
16. *Khilchevskyy V.* Vodna polityka: svitovi tendentsii [Water policy: world trends]. *Mat-ly VII Mizhnar. nauk.-prakt. Internet-konferentsii: Suspilno-heohrafichni chynnyky rozvytku rehioniv*. 3-5 lystopada 2023 r. Luts'k, 2023. S. 77-79.
- 16a. *Khilchevskyy V.K.* Vodni resursy krain Yevropy: kharakterystyka na osnovi bazy danykh FAO-Aquastat [Water resources of European countries: characteristics based on the FAO-Aquastat database]. *Hidrolohiia, hidrokhimiia i hidroekolohiia*. 2023. № 1 (67). S. 6-17.
17. *Khilchevskyy V.K.* Vodni ta zbroini konflikty - klasyfikatsiini oznaky: u sviti ta v Ukraini [Water and armed conflicts - classification features: in the world and in Ukraine]. *Hidrolohiia, hidrokhimiia ta hidroekolohiia*. 2022. № 1(63). S. 6-19.
18. *Khilchevskyy V.K.* Kharakterystyka vodnykh resursiv Ukrainy na osnovi bazy danykh hlobalnoi informatsiinoi systemy FAO-Aquastat [Characteristics of water resources of Ukraine based on the database of the global information system FAO-Aquastat]. *Hidrolohiia, hidrokhimiia i hidroekolohiia*. 2021. № 1 (59). S. 6-16.
19. *Khilchevskyy V.K., Hrebin V.V.* Hidrografichne ta vodohospodarske raionuvannia terytorii Ukrainy, zatverdzhene u 2016 r. – realizatsiia polozhen VRD YeS [Hydrographic and water management zoning of the territory of Ukraine, approved in 2016 – implementation of the provisions of the EU WFD]. *Hidrolohiia, hidrokhimiia i hidroekolohiia*. 2017. № 1(44). C. 8-20.
20. *Khilchevskyy V.K., Hrebin V.V.* Deiaki aspekty shchodo stanu terytorii raioniv richkovykh baseiniv ta monitorynhu vod pid chas vtorhnennia Rosii v Ukrainu (2022 r.) [Some aspects regarding the state of the territory of river basin areas and water monitoring during the Russian invasion of Ukraine (2022)]. *Hidrolohiia, hidrokhimiia i hidroekolohiia*. 2022. № 3(65). C. 6-14.
21. A Path Forward for Women, Water, Peace and Security. Women in Water Diplomacy Network Nile and Beyond Global Strategy 2022-2027. Stockholm, SIWI. 2022. URL: https://siwi.org/wp-content/uploads/2022/07/wwdn-nile-and-beyond-global-strategy-2022-2027_v4.pdf
22. *Abu-Zeid M.* Water and sustainable development: the vision for world water, life and the environment. *Water Policy*. 1998. 1 (1). P. 9-19. doi:10.1016/S1366-7017(98)00002-6
23. Agreement on the cooperation for the sustainable development of the Mekong River basin. 1995. URL: <https://www.mrcmekong.org/assets/Publications/policies/agreement-Apr95.pdf>
24. *Aslov S.* Towards the International Year of Water Cooperation, 2013. *UN Chronicle*. 2013. 50 (1). P. 7–9. doi:10.18356/abf44da8-en.
25. *Baumgartner T., Pahl-Wostl C.* UN–Water and its Role in Global Water Governance. *Ecology and Society*. 2013. 18 (3). doi:10.5751/ES-05564-180303
26. *Boretti A., Rosa L.* Reassessing the projections of the World Water Development Report. *npj Clean Water*. 2019. 2 (15). P. 1–6. doi:10.1038/s41545-019-0039-9. ISSN 2059-7037.
27. *Brautigam D., Hwang J., Wang L.* Chinese Financed Hydropower Projects in Sub-Saharan Africa. SAIS China Africa Research Initiative. *Eldis*. 2015. URL: <https://www.eldis.org/document/A72589>
28. *Carter N.* The politics of the environment : ideas, activism, policy (3 ed.). Cambridge: Cambridge University Press. 2018. ISBN 9781108459242.
29. *Cascão, A.E., Zeitoun, M.* Power, hegemony and critical hydropolitics. In A. Earle, A. Jägerskog, & J. Ojendal (Eds.), *Transboundary water management: Principles and practice*. London: Earthscan, 2010. P. 27-42.
30. *Cosgrove W.J., Loucks D.P.* Water management: Current and future challenges and research directions. *Water Resources Research*. 2015. 51(6). P. 4823–4839. doi:10.1002/2014WR016869.

31. Elgar Encyclopedia of Water Policy, Economics and Management. Ed. by: Koundouri P., Alamanos A. E-Elgar. 2024. 448 p.
32. *Elhance A.P.* Hydropolitics: Grounds for Despair, Reasons for Hope. International Negotiation. 2000. 5 (2). P. 201–222. doi:10.1163/15718060020848730.
33. *Elhance A.P.* Hydropolitics in the Third World: Conflict and cooperation in International River Basins. Washington, DC: US Institute of Peace Press. 1999.
34. Encyclopedia of Water Politics and Policy in the United States. Ed. by: Danver S.L., Burch J.R. CQ Press. 2011. 544 p.
35. *Gleick P.* Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh Water Resources. Oxford University Press, New York. 1993. 473 p.
36. *Gleick P., Iceland C., Trivedi A.* Ending Conflicts over Water: Solutions to Water and Security Challenges. World Resources Institute. 2020. URL: <https://www.wri.org/research/ending-conflicts-over-water>
37. *Grandi M.* Hydropolitics.. Oxford Research Encyclopedia of Environmental Science. 2020. doi:10.1093/acrefore/9780199389414.013.644
38. *Grey D., Sadoff C.W.* Sink or Swim? Water security for growth and development. Water Policy. 2007. 9 (6). P. 545–571. doi:10.2166/wp.2007.021
39. Integrated water resources management (IWRM). URL: http://www.cawater-info.net/bk/8-1_e.htm
40. International Network of Basin Organizations (INBO). URL: <https://www.inbo-news.org/en>
41. *Islam S., Gao Y., Akanda A.* Water 2100: A synthesis of natural and societal domains to create actionable knowledge through AquaPedia and water diplomacy. in Hydrocomplexity: New Tools for Solving Wicked Water Problems the Proceedings of the 10th Kovacs Colloquium. Paris, France, 2010. P. 193-197.
42. *Khilchevskiy V.K.* Water resources of Ukraine: assessment based on the FAO AQUASTAT database. Proceedings 15th International Scientific Conference on Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment. European Association of Geoscientists & Engineers. 2021.. P.1–5. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20215K2005>
43. *Khilchevskiy V., Karamushka V.* Global Water Resources: Distribution and Demand // In: Leal Filho W., Azul A.M., Brandli L., Lange Salvia A., Wall T. (eds). Clean Water and Sanitation. Encyclopedia of the UN Sustainable Development Goals. Springer. 2022. P. 240-250. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-95846-0_101
44. *Khilchevskiy V.K., Mezentsev K.V.* Water conflicts and Ukraine: Donbas region. Proceedings 15th International Scientific Conference on Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment. European Association of Geoscientists & Engineers. 2021. P.1–5. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20215K2004>
45. *Khilchevskiy V.K., Shevchenko O. L., Plichko L.V.* Hydropolitical aspects in the field of water use. Proceedings 17th International Scientific Conference: Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment, European Association of Geoscientists & Engineers. 2023. 1-5.
46. *Mollinga P.P.* Water politics and development: Framing a political sociology of water resources management. Water alternatives. 2008. 1(1). P. 7-23.
47. REACH Global Strategy 2020-2024. University of Oxford. Oxford, UK, 2020. URL: https://reachwater.org.uk/wp-content/uploads/2020/10/2020_24_REACH-Global-Strategy.pdf
48. *Sadoff C., Grey D., Borgomeo E.* Water Security. Oxford Research Encyclopedia of Environmental Science. 2020. doi:10.1093/acrefore/9780199389414.013.609
49. *Schmeier S.* What is water diplomacy and why should you care? Global Water Forum. 2018. URL: <https://www.globalwaterforum.org/2018/08/31/what-is-water-diplomacy-and-why-should-you-care/>
50. *Shumilova O., Tockner K., Sukhodolov A., Khilchevskiy V., De Meester L., Stepanenko S., Trokhymenko G., Hernandez-Aguero H.A., Gleick P.* Impact of the armed conflict between Russia and Ukraine on freshwater resources and water infrastructure // Nature Sustainability. – 2023. 6. P. 578–586. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41893-023-01068-x>
51. *Sivakumar B.* Planning and management of shared waters: hydropolitics and hydropsychology – two sides of the same coin. International Journal of Water Resources Development. 2013. 30 (2). P. 200–210. doi:10.1080/07900627.2013.841072
52. *Susskind L., Islam S.* Water Diplomacy: Creating Value and Building Trust in Transboundary Water Negotiations. Science & Diplomacy. 2012. 1 (3).
53. The Oxford Encyclopedia of Water Resources Management and Policy. Ed. in Chief: Whittington D., Oxford University Press. 2023. URL: <https://oxfordre.com/environmentalscience/page/1970>
54. Transboundary Aquifers and Groundwater Systems of Small Island Developing States: Status and Trends. United Nations Environment Programme (UNEP) / UNESCO-IHP and UNEP. Nairobi, 2016.

16 p. URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000259254>

55. Transboundary Lakes and Reservoirs: Status and Trends. United Nations Environment Programme (UNEP) / ILEC and UNEP. Nairobi, 2016. 17 p. URL: <http://geftwap.org/publications/TWAPVOLUME2TRANSBOUNDARYLAKESANDRESERVOIRS.pdf>

56. Transboundary River Basins: Status and Trends. Vol. 3. River basins. United Nations Environment Programme (UNEP) / UNEP-DHI. Nairobi, 2016. 342 p. URL: https://ciesin.columbia.edu/documents/GEF_TWAPRB_FullTechnicalReport_compressed.pdf

57. Transboundary Waters Assessment Programme. GEF TWAP. URL: <http://twap-rivers.org/>

58. UN 2023 Water Conference. URL: <https://sdgs.un.org/conferences/water2023>

59. UN. International Decade for Action on Water for Sustainable Development, 2018-2028. URL: <https://www.un.org/en/events/waterdecade/>

60. UN. The 17 Goals. Sustainable Development Goals. <https://sdgs.un.org/goals>

61. UN-Water. What is Water Security? URL: <https://www.unwater.org/publications/what-water-security-infographic>

62. Vyshnevskiy V., Shevchuk S., Komorin V., Oleynik Yu., Gleick P. The destruction of the Kakhovka dam and its consequences. *Water International*. 2023. 48(2). P. 1-17. DOI: 10.1080/02508060.2023.2247679

63. Water Conflict Chronology. Pacific Institute. URL: <http://www.worldwater.org/water-conflict/>

64. Water in a changing world (3rd ed.). Paris: World Water Assessment Programme (United Nations), UN-Water, UNESCO. 2009. ISBN 978-1-84407-839-4. OCLC 316311124

65. Water Policy. Website: <https://iwaponline.com/wp/issue/browse-by-year>

66. World Water Policy. Website: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/wwp2.12136>

67. Zeitoun M., Warner J. Hydro-hegemony – a framework for analysis of trans-boundary water conflicts. *Water Policy*. 2006. 8 (5). P. 435–460. doi:10.2166/wp.2006.054

Water policy: global trends, situation in Ukraine

Khilchevskiy V.K.

The article is devoted to the study of the multifaceted concept of "water policy" and the main trends in the manifestation of water policy in the world, formally touching on issues related to Ukraine. Water policy in the world is given a lot of attention. Special periodicals, monographs and encyclopedias are saturated with consideration of water policy issues (water resources policy). The following directions are distinguished: hydrogeopolitics, which considers the issue of transboundary water resources, and hydrogeopsychology, which considers the issue of water at the local level. At the heart of water policy are the mechanisms of application of international conventions and treaties, as countries are concerned about their water security, especially in transboundary water basins. Issues of water resources within the country are resolved at the national legislative level, in Europe - with the application of the provisions of the EU Water Framework Directive. After the Dublin Conference on Water Resources and Sustainable Development (1992), the world water community is directed towards integrated water resources management (IWRM). IWRM is a management system based on the accounting of all types of water resources (surface, underground and return water) within hydrographic boundaries, which binds the interests of various industries and levels of the water use hierarchy, involves all interested parties in decision-making, promotes the effective use of water resources, land and other natural resources for the benefit of sustainable provision of water requirements of nature and society.

In Ukraine, as a whole, the water sphere of the state moves in line with the world trends of water policy and IWRM by joining the Convention on the Protection and Use of Transboundary Watercourses and International Lakes, the Protocol on Water and Health to the Convention on the Protection and Use of Transboundary Watercourses and International Lakes 1992, implementation of the provisions of the EU Water Framework Directive into the legal framework and practice of water relations, cooperation on transboundary waters at the current level, adoption of the Water Strategy until 2050.

Key words: water policy, hydrogeopolitics, hydrogeopsychology, integrated management of water resources, transboundary water resources, water conflicts, water security.

Надійшла до редколегії 08.10.2023

DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2023.4.2>

UDC 556.512

Chornomorets Y. O., Lobodzinskyi O.V.

Ukrainian Hydrometeorological Institute of the State Emergency Service of Ukraine and National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

CHANGE OF THE HORYN RIVER BASIN WATER BALANCE UNDER THE WARMER CLIMATE

Warmer climate caused a large complex of effects that appeared in every link of the global hydrological cycle. In most cases, these changes have a non-linear nature and occur with different intensity in hydrological and meteorological systems. Therefore, it is important to study such processes together, which will allow simultaneous detection of their mutual effects. The water balance method, when all components are calculated in the same dimensions (mm), and then compared with each other, is best suited for solving such a problem.

The increase in air temperature by 1,2°C caused significant changes in the overall structure of the Horyn River basin water balance: an increase in the expenditure parts uncertainty for the water balance components for the modern period 1991-2020. The closure error increase occurs mainly due to the cost part and its main component of total evaporation. According to Mali Vykorovychi hydrological gauge notes a decrease in the annual precipitation by 18 mm, river runoff by 21 mm, and an increase in total evaporation by 35 mm in absolute values. In the 1961-1990 according to the calculation of climatic water balance, the moisture accumulation prevailed over its utilization almost in 5 times but now, due to the increase in air temperature, their ratio has almost leveled off. Today river water regime almost moved from the excessively moistened to sufficiently moistened, and there are trends indicating the moisture consumption processes dominance in the basin over its accumulation.

Keywords: *water balance, climate warming, water runoff, the Horyn River.*

Introduction. The concept of water balance makes it possible to carry out an integrated assessment of the totality of physical processes occurring within river catchments. These processes include all stages of the water passage through individual links of the hydrological cycle with corresponding changes in its aggregate state. Thus, in this paper we will analyze both separately the components of the water balance, in particular precipitation, evaporation and runoff, as well as their mutual influence within a multi-year period. The relevance of this approach is confirmed by the recommendations [8] which indicate the use of water balances will provide a comprehensive study and management of water resources in the medium term.

The water balance is an effective tool for studying climate change. According to the latest report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [2], for the time being there are clearly recorded changes in the atmosphere, hydrosphere and biosphere associated with an increase in the concentration of carbon dioxide to levels that have not been observed over the past two million years. This caused a sharp increase in air temperature due to both the general cyclical fluctuations of dry and wet periods in nature and human activity. In turn, the increase in air temperature caused changes in regional access to water resources [10]. These changes are highly uncertain – from an increase in the level of aridity [30,35], in particular, a seasonal decrease in water availability is predicted in most parts of Europe, with the exception of the north-eastern regions – to the appearance of extreme hydrological situations with a high level of flooding of territories and other negative consequences [2, 6, 33]. Overall, modern climate models indicate potential changes in the intensity of precipitation, an increase in the number of local floods and high risks of droughts.

All the trends described above are quite relevant for the territory of Ukraine. In our country, a comprehensive study of the hydrological regime of rivers through the equations of water balance, including the basin of the Horyn River, limited to the classic paper by Kahanera, [26] as well as a reference book [28] and therefore needs significant clarifications and adaptation to the current level of scientific developments.

For this purpose, using the example of different river basins, we are trying to introduce a balance approach and identify some general patterns of the development of hydrological processes. Using the evidence of the Western Bug River basin [11] an increase in the amount of total evaporation and an increase in the closure errors in the expenditure part of the water balance to the Kamianka Buzka gauge was recorded, after that, for the Upper Dniester basin according to the Kozhemiakin and Chornomorets [14], using various approaches, the total water balances for two periods were calculated separately for the mountainous and plain sections of the rivers; closure errors increase was again noted in a consumable part. To identify the causes of the described changes in water balances on the example of the Vorskla River [1] through the water equivalent of snow, a layer of snow nutrition in the incoming part of the water balance was calculated, which for the modern period decreased by 25 mm on average in the catchment area.

The selection of the Horyn River basin as the object of research for this work is conditional upon the fact that it is located in one of the most humid plain regions of Ukraine. As our previous experience shows, in order to identify and characterize local manifestations of global climate change, they can be traced more clearly in those regions that have both a higher amplitude of fluctuations in water content within the year, and higher absolute values of total precipitation. In such cases, the planned trends manifest themselves as contrastingly as possible.

To assess the development of the processes of precipitation and redistribution of moisture over time, two same duration periods were chosen, which makes it possible to correctly compare identical samples and representativeness of the conclusions obtained. The first period 1961-1990 corresponds to the climatological standard norm and in this work is called the standard reference period, while the second period 1991-2020, we will call it the "modern period" characterizes the modern water balance in the Horyn River basin.

According to World Meteorological Organization [32] recommendations «Climatological standard normals: Averages of climatological data computed for the following consecutive periods of 30 years» and the period from 1961 to 1990 has been retained as a standard reference period for long-term climate change assessments. Similar patterns are noted in the work [23] which state that: "The highest reductions of flow appear in the wetter northern basins". The authors also point to a decrease in runoff and significant changes in its intra-annual distribution.

The objective of this study is to assess the already existing consequences that have been caused by climate change. Thus, it is based on the results of instrumental observations on a network of operating meteorological stations and hydrological gauges within the Horyn River basin and directly nearby. Precipitation and river runoff were determined from observational data, whereas evaporation was calculated using temperature and absolute humidity of the air by the Konstantinov [13] method. This method is based on the theory of turbulent diffusion and its main advantage is that it is based on the results of standard observations at meteorological stations, which ensures the availability of a sufficient amount of initial information during the entire calculation period. Accordingly, we can say that each component of the water balance is determined by independent methods.

Another important requirement for the correct calculation of the water balance is the selection of the starting point for the hydrological year. This is usually the base calculation period, which is a summer interval that contains closed periods of accumulation and consumption of water in the river basin [9]. The beginning of such a period of each year is individual. But, nevertheless, to simplify calculations mainly accepted the permanent boundaries of the hydrological year, which relate to the beginning of one of the months. For optimal determination of the beginning of the hydrological year in the Horyn River basin, we analyzed the precipitation distribution, according to which the wet period with a significant predominance of accumulation processes is conditionally stabilized in September, therefore we believe that the previous hydrological year ends in September. We also examined the dates of the snow cover appearance in the Horyn River basin for the period from 1961-2020, according to which the vast majority of cases occur in November, but in 5% they are recorded in October, which is an additional argument for electing the month of October for the beginning of the hydrological year,

since the snow reserves formed at that time can theoretically take part in the formation of high water of the current hydrological year.

Study area and input data. The Horyn River basin is located mainly within the zone of mixed forests and this territory was generally characterized by a significant dominance of moisture intake over its evaporation in the standard reference period. Under such conditions, the hydrological regime of the river referred to excessively moistened territories and was characterized by a pronounced spring flood during which about 35% of the river flow took place. For the modern period, the share of spring flooding decreased by 5-8%.

Study area. The Horyn River is a typical plain river flowing through the territory of two countries, Ukraine and the Republic of Belarus (fig. 1). It is a second-order tributary of the Dnieper and the largest tributary of the Pripjat River. The Horyn River flows on three physical and geographical zones: zone of mixed forests, zone of broad-leaved forests and a small part in the forest-steppe zone. The river basin is located in two geomorphological areas: the upper part is located in the south on the Volyn-Podolsk upland, and the middle and lower parts in the north on the Polissya lowland [26].

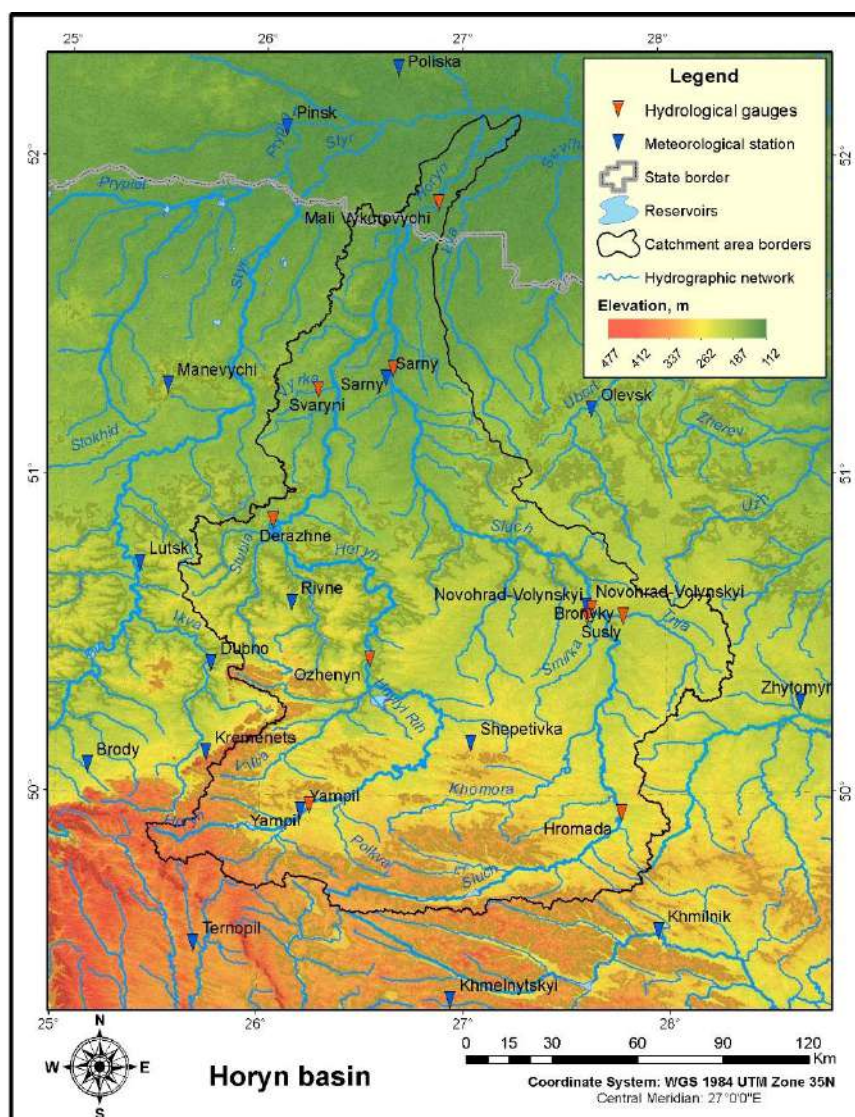


Fig. 1. Physical and geographical location of the Horyn River basin

The basin area is 27700 km², the length is 659 km. The bed of the Horyn River is moderately meandering in the upper reaches, and in the middle and lower reaches it is strongly meandering. The width of the river to the mouth of the Polkva river is mainly 3-10 m, and below it is much more of 25-60 m. The river depths range from 0,3 to 2,5 m, and in some places

exceeds 10 meters. The flow velocities on average are 0,3-0,5 m/sec. The bottom of the riverbed is mostly sandy, muddy on the stretch, and in some areas in the upper reaches the bottom of the riverbed is rocky. The overall slope is 0,33%. The largest tributary of the Horyn is the Sluch River, which flows into it north of the village of Velyun. According to our calculations, for the watershed of the hydrological gauge of Horyn – Mali Vykorovychi, which occupies about 97% of the entire territory of the Horyn River basin for the entire period of 1961-2020 selected for this work, the average annual air temperature is 7,7 °C, and the average annual precipitation is 635 mm. It ranges from 400-800 millimeters. During the warm period of the year (from April to October) more than half (about 70%) of the annual precipitation falls. The rainiest months are June and July. The daily maximum precipitation falls in the summer months and can reach 65 millimeters. The total flow of rivers is in the range of 105-145 mm/year. Its maximum values are observed in March and April, due to snow melting. The modern period is characterized by a decrease in the runoff of March and April by about 5 mm/month.

Datum dates estimation (inputs). Regular meteorological observations are carried out at separate points and characterize discrete manifestations of general meteorological processes. On the other hand, observations at hydrological gauges provide a general integral assessment of the totality of physical and geographical processes occurring within the entire above-placed river catchment. Thus, the contribution of each individual weather station to the total value of the meteorological characteristics (P, E) of the closure gates in the basin of the Horyn River is determined by the percentage of its coverage. In this regard, river reservoirs are divided by the Thyssen triangle system into separate zones of influence of each weather station. In proportion to the area of the obtained zones, meteorological characteristics are determined through the introduction of appropriate weighting coefficients.

Thataway the results of point meteorological observations were brought to the closing gates of hydrological gauges in this work. The calculation and value of the specified coefficients for rivers catchments of the Horyn River basin were presented in our previous publications [17, 18].

There are 15 meteorological stations in the basin of the Horyn River and in its close proximity, according to observations at which we collected data on temperature, absolute humidity (partial pressure of water vapor) and total precipitation. Also, nine hydrological gauges for which water balance components were calculated and its equation was compiled.

Using the weight coefficients, the amounts of precipitation, the average annual temperature and the absolute humidity of the air given to the corresponding hydrological gauges are calculated. A single observation period of 1961-2020 with a total duration of 60 years has been adopted for each of the hydrological gauges and meteorological stations. If there were omissions of observations, each of them was restored through the regression equation using analog points of the same characteristic.

Thus, the average monthly values of water consumption in 1961 and 1963, for the Sluch-Hromada hydrological gauge, as well as the average monthly climatic indicators (precipitation, temperature, water vapor pressure) and for individual months of 1978, 1988, 1991 and 2001, for the meteorological stations Yampil, Zhytomyr and Khmilnyk were restored. The significance level is 5%, the correlation coefficient of temperature and humidity is averagely 0,98-0,99; average lunar precipitation and runoff layers 0,7-0,8. Based on the results of observations and calculated characteristics, which are given by the values of the corresponding weighting coefficients in the following sections of this work, maps of the components of the water balance, as well as the climatic water balance are constructed using the Thornthwaite method [29]. The maps obtained in this way were used exclusively to visualize changes in the structure of the water balance. They cannot be used as a basis for discrete evaluation of each individual characteristic.

Reliability of input data. Assessment of the source data reliability. The reliability of the Horyn River basin water balance calculating confirmed in the fact that its each one component determined independently. As well as by the fact that the errors in calculating the number of characteristics, with the exception of the flow of small rivers, are within acceptable limits at a significance level of 5%. Before calculating the water balances, the absolute (1) and relative (2) errors of each of their components were determined:

$$\sigma_a = \pm \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \quad (1)$$

where σ_a – an average error of the arithmetic mean, σ – the mean square deviation, n – the number of terms of the series.

$$\sigma'_a = \pm \frac{C_v}{\sqrt{n}} * 100\%, \quad (2)$$

where σ'_a – a relative average error of the arithmetic mean, C_v – a coefficient of variation, n – is the number of terms of the series. It is worth noting here that evaporation was calculated based on averaged data for the basin, so the error was determined separately for each of its components, i.e., for temperature and absolute humidity of the air.

According to calculations of the table 1 all errors of the components of the water balance fall within the 95% confidence interval, with the exception of water runoff on the small rivers the Vyrka River, the Tnya River, the Smilka River and the upper reaches of the Sluch River. The absolute value of deviations is in the range of 6-8 mm, this is due to the fact that the flow of these rivers is small, sometimes it even stops completely, besides, it has decreased especially noticeably in recent years, so the errors on small rivers reach 7%.

Thus, the measurements of temperature, precipitation and humidity fully satisfy the requirements of representativeness required for such characteristics. Flow measurements in the Horyn River basin require the use of more sensitive methods for small river catchments. This has become especially relevant in recent years due to a decrease in the total amount of runoff and more intensive overgrowth of riverbeds

Table 1. Error of the average value (σ_a) determination. Level of meaning 5%

Parameter	Horyn-Yampil	Horyn-Ozhenyn	Horyn-Derazhne	Horyn-Mali Vukorovychi	Vyrka-Svaryni	Sluch-Hromada	Sluch-Sarny	Tnya-Bronyky	Smilka-Susly
Precipitation									
σ'_a , %	2,1	2,0	1,9	1,8	2,3	1,9	1,9	1,9	2,0
σ_a , mm	14	13	12	11	14	13	12	12	13
Runoff									
σ'_a , %	2,7	3,7	3,7	4,4	5,1	5,5	5,6	7,3	7,7
σ_a , mm	3,9	4,9	5,0	5,3	6,5	5,8	7,1	8,3	8,2
Temperature									
σ'_a , %	1,9	1,9	1,9	1,9	1,8	1,9	1,9	2,0	1,9
σ_a , °C	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Absolute humidity									
σ'_a , %	0,6	0,7	0,6	0,6	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6
σ_a , mbar	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Homogeneity. An important condition for conducting a statistical assessment of the initial information is its verification for uniformity, followed by the identification of certain deviations of stationary fluctuations of hydrological and meteorological processes. In this regard, according to the regulatory document SNiP 2.01.14-83 [22] adopted in Ukraine, standard parametric criteria for comparing Student arithmetic averages, comparing Fisher variance and nonparametric U-criterion for comparing inversions are mainly used. The significance level for accepting the null hypothesis is 5%. There are quite a lot of literary sources describing statistical methods, but the order of calculations in them is unchanged, in this work we used the textbook recommended in Ukraine [9] (table 2).

Climate warming in natural systems is primarily fixed through the thermal regime. This can explain the violation of the uniformity of variances by the parametric criterion U-test and the same violation by the nonparametric criterion t-test in the long-term series of observations of temperature and absolute humidity.

Table 2. Homogeneity of the datum dates for counting water balance, periods 1961-1990 and 1991-2020. Level of meaning 5% ($t_{\alpha}=2,0016$; $F_{\alpha}=1,85$; $317-U-582$)

Component	Horyn-Yampil	Horyn-Ozhenyn	Horyn-Derazhne	Horyn-Mali-Vykorovychi	Vyrka-Svaryni	Sluch – Hromada	Sluch-Sarny	Tnya-Bronyky	Smilka-Susly
Precipitation									
t *	0,6	1,0	0,3	0,8	0,2	1,3	0,3	0,9	1,7
F **	1,7	1,6	1,9	1,9	1,4	1,6	1,1	1,7	1,4
U ***	405	380	417	395	317	364	439	376	323
Runoff									
t	1,1	2,1	2,5	2,0	0,2	3,9	1,4	1,5	0,98
F	1,4	1,2	1,5	1,2	1,5	1,5	1,7	1,2	1,1
U	517	552	565	561	451	685	376	557	520
Temperature									
t	4,9	4,9	4,9	4,9	4,6	4,7	5,0	5,4	5,1
F	1,05	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
U	737	740	743	741	724	733	745	782	751
Absolute humidity									
t	4,3	5,1	4,6	4,5	4,9	4,6	4,2	2,9	3,9
F	1,3	1,3	1,2	1,1	1,1	1,3	0,9	1,1	1,1
U	702	741	721	710	743	724	703	656	692

Note. **t*** - Student's t-test, **F**** - F-test, **U***** - U-test

Since these values determine the total evaporation by the Konstantinov method, we can also talk about the presence of a regional reaction of the Horyn River basin to global climate changes due to a violation of uniformity in the long-term dynamics of total evaporation (actual evapotranspiration AET). This does not allow to use a single calculation period to assess the main components of the water balance, which is an additional argument in favor of the approach we have applied with a comparison of two same duration periods.

As will be shown below, these changes manifest themselves in the form of an increase in the absolute values of total evaporation. Unlike evaporation, the long-term dynamics of precipitation and runoff in the Horyn River basin over the two selected periods so far corresponds to a normal distribution, i.e., it has not undergone irreversible changes. The exception is the distribution of runoff in the Sluch-Hromada basin, where the hydrological regime is influenced by 86 ponds and 6 reservoirs that are located within this catchment. In addition, the lack of accuracy of flow measurements within this hydrological gauge is also indicated by a close subcritical mean square error (table 1).

Methods. For the time being, there is a very wide range of approaches in the world to determine the elements of the water balance and closing its equation. It is calculated at the global, regional and local levels and one or another method of determining its components is selected depending on the scale of the research object. For instance, the research by Zhang et al. [36] states that authors used data of global water budget data sets from in situ, satellite, reanalysis, and land surface models. Each of these sources of information has a number of its own advantages and disadvantages. Indirect methods for determining the components of the water balance provide a very large array of initial information continuously distributed over the basin area and this is their main advantage, however, direct measurement on the ground, despite the fact that it describes processes only at certain points, gives results as close to reality as possible. Generally speaking, in situ measurements are better suited to the local instantaneous study of water budget components, it is needed for detailed validation of models, whereas remote sensing is better suited to providing global averages; in that sense, both approaches complement each other.

In this work, we use in situ data, but in the future, we plan to involve satellite data and reanalysis data in such calculations.

General information on water balance. General methodological recommendations regarding the calculation of water balances based on the results of in situ observations (in situ data) are presented mainly in [8, 33].

The water balance of the territory is a manifestation of the law of conservation and transformation of matter in relation to the process of water exchange of this territory with the atmosphere. The long-term water balance of the river basin is presented in the form of an equation (3).

$$\frac{dW}{dT} = P - E - R, \quad (3)$$

where $\frac{dW}{dT}$ are changes in moisture reserves within the river basin over a certain period of time T ; P is precipitation (rain and snowfall) coming to the surface of the basin; E is total evaporation from the surface of the basin; R is runoff from the basin of surface and groundwater (river water runoff).

Water balances are compiled for periods of different duration, for instance, in [36], the water balance equation has the form (4):

$$P - E - R - TWSC = 0, \quad (4)$$

where $TWSC$ - total water storage change.

The methodology and calculations for closing the balance on the Earth scale and beyond the basins of the largest rivers through terrestrial water storage (TWS) are given in Lehmann et al. [16]. The main advantage of calculating multi-year balances is the mutual compensation of changes in moisture reserves within the catchment area, since during the multi-year period they tend to zero ($\frac{dW}{dT} \rightarrow 0$) and then the water balance equation takes the form (5) in accordance with Galushhenko [9] as well as Rasmussen et al. [25].

$$P = E + R \pm \mu, \quad (5)$$

where μ is a water balance closure, due mainly to the imperfection of the measurement processes of its components.

The ratios estimate within the climatic water balance in this work were carried out in accordance with the methodology given in the works [25, 29]. Precipitation and runoff, which are included in the resulting equation, are measured directly on the network of observation points, and the calculation of total evaporation in this work is carried out using the Konstantinov method, which belongs to the group of semi-empirical methods. This method is based on the dependence of the vertical gradients of temperature and humidity of the air on the same elements, but shifted in time, revealed by the author. Using a significant number of experimental observations and based on the turbulent diffusion equation for each individual month, Konstantinov [13] developed separate dependencies used through the introduction of inertia corrections into the corresponding characteristics. Corrections for inertia are removed from the corresponding monthly nomograms or, as in our case, from the calculation tables presented by Galushhenko [9].

Results. The main requirements for the correctness of calculating the water balance and bringing them to the average long-term value are mainly the determination of all its components by independent methods, as well as a satisfactory value of the resulting error. In the first case, as already noted above, the runoff and precipitation layers were calculated based on the results of instrumental observations at hydrological gauges and meteorological stations, and the total evaporation is determined separately through temperature and absolute humidity of the air.

Change in air temperature over two periods. Compared with the period of climatic norm, the air temperature in the basin of the Horyn River increased by 1,2°C. Within the catchment area, the distribution of the average annual air temperature repeats the general patterns characteristic of the entire flat territory of Ukraine. The main front of changes is directed mainly from the northwest to the southeast.

The overall temperature increase turned out to be quite heterogeneous in the intra-annual division. Thus, the average long-term temperature of January 2,2°C (2,1-2,6°C) and partly of

July 1,7°C increased the most in the basin of the Horyn River. These two months, together with the neighboring ones, form two conditional peaks of air temperature growth within its intra-annual distribution. In contrast to them, two periods were recorded with a relatively small (0,2-0,8°C) increase in air temperature – this is the interval from September to December inclusive and separately the month of May.

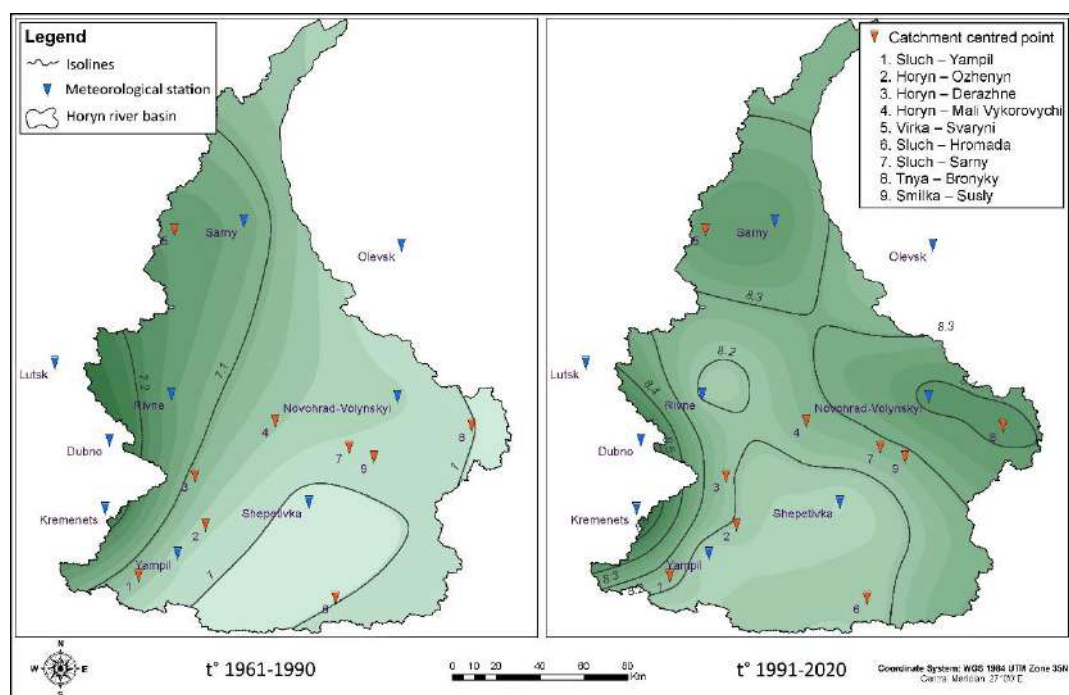


Fig. 2. Change in the average annual air temperature over two periods

Total evaporation. It is obvious that synchronously, before the change in air temperature, there were changes in the amount of total evaporation, which increased by 36 mm on average in the basin. In the internal annual context, evaporation increased the most in March (8 mm), also in July and August (6 mm), while a relatively significant increase in temperature and absolute humidity in January did not greatly increase the total evaporation from the snow surface (by only 3 mm) due to a small evaporation of the winter period under any conditions in general.

Similar to the trends in the intra-annual distribution of the water balance components (table 3) can be noted from the research of Dubois et al. [7]. It is referred about an increase in the number of days with temperatures above 0°C, which leads to a decrease in the amount of snow reserves and the depth of soil freezing. The consequences in our case are an increase in the inter-soil runoff of the winter season and a decrease in the runoff of the spring flood.

Table 3. Water balance components for the Horyn River basin

Hydrological gauge: Horyn-Mali Vykorovychi													
1961-1990	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Total
<i>P, mm</i>	40	44	44	38	34	31	46	60	90	94	70	54	644
<i>E, mm</i>	37	24	10	4	8	19	59	78	86	79	67	47	517
<i>R, mm</i>	7	8	9	9	8	19	27	13	9	9	7	7	130
<i>μ, mm</i>	-3	12	25	25	18	-7	-39	-31	-5	5	-4	0	-3
1991-2020	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Total
<i>P, mm</i>	41	41	41	35	35	37	38	62	79	95	64	57	626
<i>E, mm</i>	37	24	14	5	12	25	60	79	87	85	73	51	552
<i>R, mm</i>	6	6	7	9	10	17	18	10	8	7	6	5	109
<i>μ, mm</i>	-1	11	20	21	13	-6	-40	-27	-15	3	-15	2	-36

Precipitation amount. In parallel with the increase in total evaporation, there is a decrease in the annual amount of precipitation. In particular, an increase in annual evaporation by an average of 36 mm in the basin is accompanied by an almost commensurate decrease in precipitation by 24 mm. The reduction in precipitation is characterized by the greatest heterogeneity of the intra-annual distribution among all components of the water balance, since it has the highest amplitude of fluctuations. From their growth in February-March and September-October by 2-6 mm to a reduction in their number from November to January by an average of 3 mm, and also most of all in June by 11 mm.

River flow. This feature has a very significant effect on the formation of river flow. This is noticeable during the spring flood; we noted a similar pattern in the case of the Vorskla River [1]. Here it means that the increase in temperature and precipitation in February and March (1 - 6 mm) is accompanied by their predominant precipitation during this period in liquid form, due to which the runoff of the spring flood decreases, which can be estimated for April and May (2 - 10 mm) on small rivers the Tnya, the Smilka and the Vyrka, this period is limited mainly to April. In general, the increase in air temperature in the Horyn River basin caused a decrease in the total river flow by an average of 16 mm (21mm Horyn-Mali Vykorovychi).

Closure of the water balance equation. With regard to the water balance closure, it is worth noting that its value is allowed within 20% of the total precipitation, 10% is more acceptable, which is the case both in the Ukrainian recommendations [9] and in more modern works by Rodell et al. [27] and Dorigo et al. [5]. And the priority is always on the maximum reduction in the absolute value of the discrepancy. In this paper, two groups of water balances are actually calculated, according to the period of the climatic norm and the modern period. Calculations show that the average discrepancy of the standard reference period was 3%, whereas in the modern period it has grown to 7% in absolute value, this excess corresponds to a layer of 43 mm. The increase in the magnitude of the closure was also recorded by us for other river basins of the territory of Ukraine [1, 11, 14].

Changes in the structure of the water balance. To find out the reasons for the increase in the residual value, we will further consider the mutual effects of individual components of the water balance. Thus, on average, for the Horyn River basin, the annual precipitation of the modern period decreased by 24 mm (4%) compared to the period of the climatic norm, and the total evaporation increased by about the same 36 mm (7%). At the same time, river flow decreased by 16 mm (13%) i.e., at all hydrological gauges, without exception, there is an increase in the expenditure part (output) of the water balance, which cannot be compensated by a synchronous change in the revenue part (input) and automatically increases the total value of the balance discrepancy.

Similar changes in the structure of the water balance are described in paper [12], where the authors record a general trend towards a decrease in runoff in the water balance in the period from 1981 to 2011.

Climatic water balance. In order to find out how moisture is redistributed within the catchment area of the Horyn River, which largely determines changes in the structure of the modern water balance, we use such an approach as the dismemberment of moisture reserves of a certain territory by mutual redistribution of precipitation and total evaporation within the climatic water balance. The climatic water balance was introduced by Thornthwaite [29] as well as Muller and Grymes [20], initially for analyses of energy and moisture in the various regions.

The climatic water balance quite clearly describes the intra-annual redistribution of moisture within the river basin through the concept of water surplus and utilization/recharge (fig. 3). The general pattern of redistribution of moisture within the catchment area of the river is the dominance of one of the processes of surplus-utilization, which determines the hydrological regime of rivers. In the case of the Horyn River basin, precipitation prevails over evaporation for a long-term observation period. According to figure 3, we see how the humidification regime in the Horyn River basin has changed. The increase in air temperature caused a quantitative increase in the moisture layer, which goes to utilization, such a feature can be traced even visually. The process of increasing the value of utilization (by 22 mm on average in the basin and by 21 mm given by the Mali Vykorovychi gauge) is accompanied by a decrease in the water

surplus layer (-65 mm on average in the basin and by -57 mm according to the Mali Vykorovychi gauge).

For the period 1961-1990, the Horyn River basin was characterized by a significant predominance of water surplus (134 mm on average in the basin or 131 mm in the Mali Vykorovychi) by almost 5 times over the utilization/recharge layer (27 mm and 28 mm, respectively). But in the modern period 1991-2020, almost the alignment of the surplus layers is observed (69 mm and 74 mm) utilization/recharge (49 mm and 49 mm). So, the increase in the average annual air temperature by 1,2°C radically, very dramatically changed the humidification regime of this river basin. It means that a 17% increase in temperature caused a 44% increase in the utilization/recharge layer and a corresponding decrease in the water surplus layer by 48%.

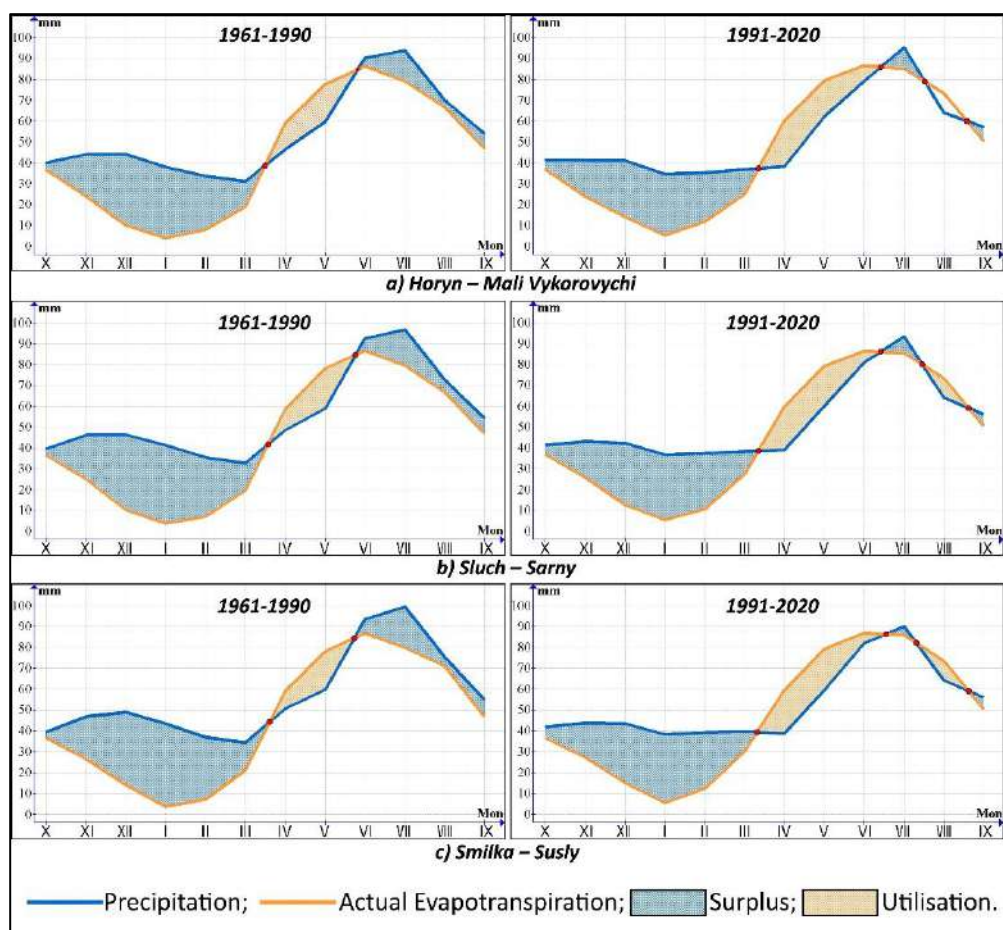


Fig. 3. Intra-annual distribution of the ratio of water surplus and utilization of individual catchments of the Horyn basin

Changes in the humidification/disposal regime in the territory of the Horyn River basin for two characteristic periods can be traced in figure 4.

The standard reference period was characterized by more intensive changes in the water surplus and utilization/recharge layers over the territory of the Horyn River basin. These changes in general outline the course of annual isotherms (figure 4) with a corresponding increase in absolute values, both air temperature and moisture reserves from the northwest to the southeast. The spatial distribution of utilization/recharge has the opposite character – a decrease in the absolute value in the same direction.

In the modern period, there is a tendency to equalize spatial changes in the layers of water surplus and utilization/recharge over the territory of the Horyn River catchment area. This is accompanied by a decrease in the total amplitude of oscillations of both characteristics, which has decreased in the modern period by one and a half to two times.

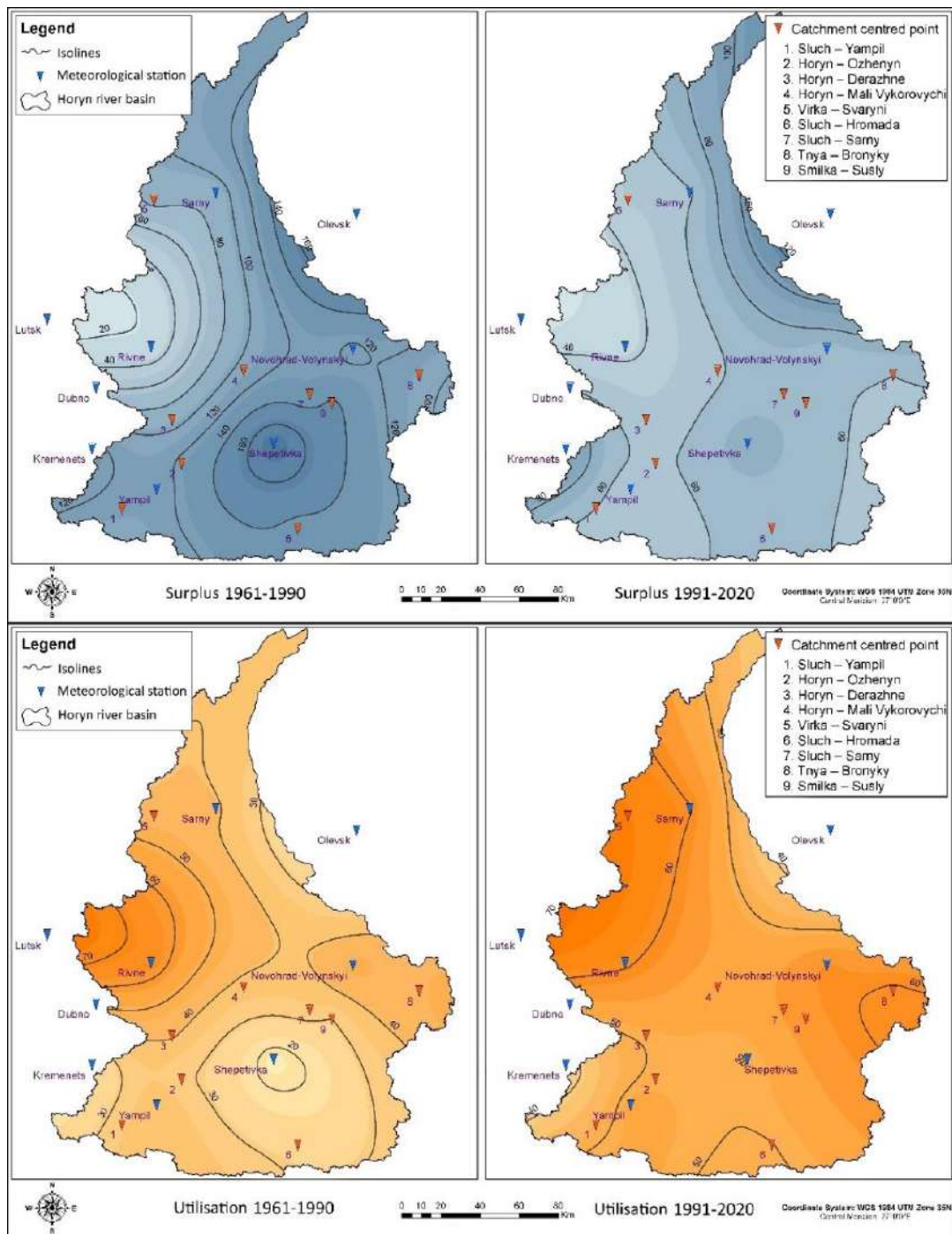


Fig. 4. Spatial distribution of the ratio of water surplus and utilization/recharge of individual catchments of the Horyn basin

Discussion. The water balance as a mechanism for studying local impacts on river basins of global climate change makes it possible to identify the mutual influences of its components. But the volume of such impacts cannot be estimated solely because of the water balance equation. Therefore, it is very important to supplement the calculations by calculating the surplus/utilization/recharge layers according to the scheme described by Thornthwaite [29] and Muller and Grymes [20] water budget analysis. This paper does not consider such a characteristic as Potential Evaporation (PE), since it is not included in the equation itself, and also for the conditions of the river basins of the Ukrainian Polissya, to which the Horyn River belongs, the ratio of the amount of heat spent on evaporation of precipitation to the radiation balance of the underlying surface according to Lipinsky et al. [3] is 0,8-1,0. This indicates that the value of Potential Evaporation (PE) in this basin is close to the value of Actual Evaporation

(AE), which we are considering in detail. In accordance with the Thornthwaite-Mather scheme [20, 29], we used only processes related to precipitation changes – total evaporation. Although, as the results of our calculations show, after leveling the surplus/utilization layers to 69 mm and 49 mm on average in the basin or 74 mm and 49 mm in the gauge, Mali Vykorovychi calculations of moisture deficiency (D) can become a rather promising direction for further research of this river basin.

Usually, when using Thornthwaite-Mather water budget analysis, Actual Evaporation (AE) is calculated using the same method. Thus, e.g., it was in the work Nugroho et al. [21]. However, in this paper, Actual Evaporation (AE) is calculated not according to the recommendations of Thornthwaite, but according to the Konstantinov method. Similarly, in research of Wescoat Jr. [31], Actual Evaporation (AE) is calculated using The Penman-Monteith equation. In our opinion, the advantage of the Konstantinov method over Thornthwaite is the absence of precipitation in the calculation scheme for determining AE. So, Thornthwaite [29] defines AE using the difference (P-RE), whereas Konstantinov through independent characteristics of temperature and partial pressure. The use of independent characteristics is an important prerequisite for calculating the water balances of rivers. The inability to use The Penman-Monteith equation is due to the absence for us today of the entire set of in suit data since 1961. And the task of this work was precisely the assessment of the components of the water balance for the same period by the same methods.

The climatic water balance, together with its other advantages, is a very visual method of assessing the effects of climate change. However, to date we have found only research by Cowell and Urban [4] in which it is compared over two periods. Although in this research, the second period is modeled for the entire XXI century. But we have both periods of observation of real data.

Thus, the use of the climatic water balance is possible with a combination of different methods of calculation, or even measurement of PE and AE, and in our opinion is an important promising method for studying climate change at the local and regional levels. For instance, in the work of Xu et al. an increase in evaporation in the Shule River Basin has been demonstrated [34]. The authors cite 13,4 mm/10 years for the period 1957-2010. In our case, this is 12 mm/10 years – the general trends of the influence of climate change on evaporation are similar, but the intensity of these processes depends on the region of the study. Let us note that an additional factor in the growth of the total evaporation is the duration of the growing season: in direct proportion. But an increase in evaporation leads to periods of increased runoff deficit [7]. In turn, additional effects occur when “Runoff-deficit exacerbation compared to precipitation deficit during droughts is a common feature of basins across Europe” [19]. A balance modeling using by SWAT+ [24] demonstrates that a decrease in precipitation and river runoff and an increase in evaporation in each of the RCP (representative concentration pathways) scenarios.

Less unambiguous conclusions regarding changes in the components of the water balance are given in the work of Kurkute et al. [15]. Using the example of the Mackenzie River and the Saskatchewan River, the authors show that the distribution of precipitation and runoff is largely adjusted by the influence of local factors (the Saskatchewan River). But at the same time, as in other cases, there is an increase in evaporation.

To compare the changes in the humidification regime of the Horyn River basin over two characteristic periods, we calculated the difference (delta) of the surplus and utilization layers (figure 5).

Changes in the humidification regime are characterized by fairly clear two opposite trends: a decrease in moisture reserves is accompanied by an increase in moisture utilization. At the same time, the decrease in moisture reserves in the Horyn-Mali Vykorovyhi closure is 57 mm, and the growth of the utilization layer is only 21 mm. The patterns we found indicate that an increase in air temperature in the Horyn River basin is accompanied by a decrease in moisture intake within 36 mm. The reasons for this phenomenon require further study, however, it can already be assumed that an increase in air temperature increases the ability of the atmosphere to retain moisture due to an increase in the value of water holding capacity and for the latitude of the Horyn River basin, this value should be within 30 mm.

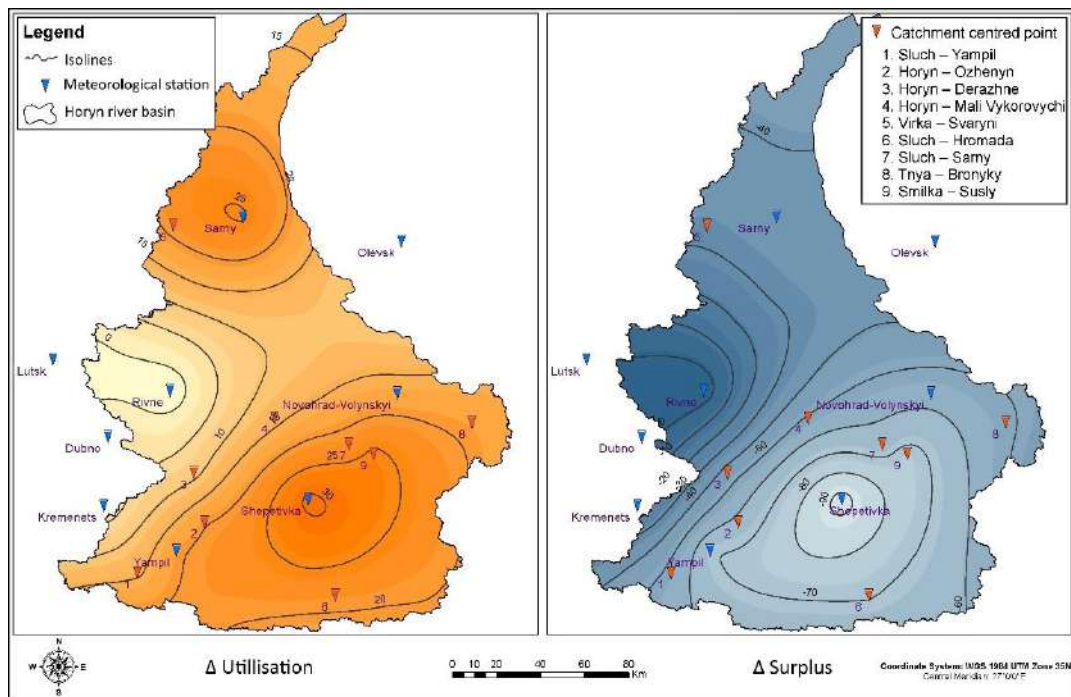


Fig. 5. Difference between the surplus and utilization layers over two characteristic periods

Conclusions. The increase in air temperature causes the following changes in the overall structure of the water balance of the Horyn River basin. In general, in the period 1961-1990, the catchment area belonged to the zone of excessive moisture. It was characterized by the predominance of precipitation over evaporation. However, in the period 1991-2020, the proportion of precipitation and evaporation almost leveled off. The humidification regime of the modern period of the rivers of the Horyn River basin is characterized by a transition from excessive to sufficient. The changes in the input and output parts of the water balance described above do not fully compensate for each other. If the average value of moisture utilization in the Horyn River basin has increased, then the opposite value of moisture replenishment has decreased. If we take the Horyn-Mali Vykorovychi closure line, the ratio will be 21 mm by 57 mm, in other words, on average, the proportion across the basin will remain the same. Such a pattern indicates that in the second period there is a significant decrease in the amount of moisture entering the river basin and this decrease is on average 43 mm.

The water balance of the Horyn River basin according to the data of the Horyn - Mali Vykorovychi blocking hydrological gauge in the modern period is characterized by a general decrease in the annual precipitation by 18 mm, an increase in total evaporation by 35 mm, a decrease in river runoff by 21 mm and, as a consequence, an increase in the total value of the equation closure due to a sharp decrease in the water surplus layer.

The results we have obtained were not obvious, especially if we consider each component separately. Thus, a comprehensive assessment of local manifestations of global climate change through changes in water balance ratios is a promising direction of research.

References

1. Chornomorets Y. O. and Lukianets O. I. Vplyv suchasnykh zmin u spivvidnoshenni snihodoshchovoho zhyvlennia richok na strukturu vodnoho balansu yikh baseiniv (na prykladi richkovoho baseinu Vorskly). [Influence of the modern changes in the snow-rain partitioning on the water balance in the rivers basins (on the Vorskla River basin example)]. *Hidrolohiia, hidrokimiia i hidroekolojiia* 2019. № 4 (55). P. 40–52. DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2019.4.3>. (in Ukrainian).
2. Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change / Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. 2022. P. 2029. DOI: <https://doi.org/10.1017/9781009157926>
3. Klimat Ukrainy [Climate of Ukraine] / za red. V. M. Lipinskoho, V. M. Babichenko. – Kyiv. : Vydvo Raievskoho, 2003. 343 s.
4. Cowell C. M., Urban M. A. The Changing Geography of the U.S. Water Budget: Twentieth-Century Patterns and Twenty-First-Century Projections. *Annals of the Association of American Geographers*. ISSN:2306-5680 **Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2023. № 4 (70)**

Geographers. 2010. Vol. 100 (4). P. 740 – 754. DOI: <https://doi.org/10.1080/00045608.2010.497117>

5. Dorigo W., et al. Closing the Water Cycle from Observations across Scales: Where Do We Stand? *Bulletin of the American Meteorological Society*. 2021. Vol.102 (10). P. 897–1935. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-19-0316.1>

6. Dottori F., et al. Increased human and economic losses from river flooding with anthropogenic warming. *Nature Climate Change*. 2018. Vol. 8 (9). P. 781–786. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0257-z>

7. Dubois, E., Larocque, M., and Gagné, S. Using a water budget model to anticipate the impact of climate change on groundwater recharge at the regional scale in cold and humid climates - example of southern Quebec (Canada). *EGU General Assembly 2021: Online*, EGU21-6039, Vienna, Austria, 19–30 April 2021. Vienna, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu21-6039>

8. Guidance document on the application of water balances for supporting the implementation of the WFD / Directorate-General for Environment (European Commission): Publications Office, 2016. P. 127. URL: <https://data.europa.eu/doi/10.2779/352735> (last accessed: 21.03.2023).

9. Hydrolohycheskye y vodno-balansovyi raschety [Hydrological and water-balance calculations] / pod red. N.H. Halushchenko. Kyiv: Vyshcha shkola, 1987. 248 s.

10. Greve, P., Gudmundsson, L., Seneviratne, S. I. Regional scaling of annual mean precipitation and water availability with global temperature change. *Earth System Dynamics*. 2018. Vol. 9 (1). P. 227–240. DOI: <https://doi.org/10.5194/esd-9-227-2018>

11. Havryliuk Yuliia, Chornomorets Yulii The influence of climate changes on the water balance in the Western Bug River basin – Kamianka Buzka. *Aerul si Apa. Componente ale Mediului*. 2017. P. 211 – 218.

12. Junfang Liu., et al. Water balance changes in response to climate change in the upper Hailar River Basin, China. *Hydrology Research*. 2020. Vol.51 (5). P. 1023–1035. DOI: <https://doi.org/10.2166/nh.2020.032>

13. Konstantinov, A. R. Isparenie v prirode [Evaporation in Nature]. L: Gidrometeoizdat. 1963. 590 p.

14. Kozhemiakin D. V., Chornomorets Yu. O. Prostorova ta chasova dynamika skladovykh vodnoho balansu baseinu richky Dnister do mista Zalishchyky. [Spatial and temporal dynamics of water balance components of the Dniester river basins to the city of Zalishchiki]. *Hidrolohiia, hidrokimiia i hidroekolohiia*. 2019. № 2 (53). S. 21 – 30

15. Kurkute S., et al. Assessment and projection of the water budget over western Canada using convection-permitting weather research and forecasting simulations. *Hydrology and Earth System Sciences*. 2020. Vol. 24 (7). P. 3677–3697. DOI: <https://doi.org/10.5194/hess-24-3677-2020>

16. Lehmann, F. et al. How well are we able to close the water budget at the global scale? *Hydrology and Earth System Sciences* 2022. Vol. 26(1). P. 35-54. DOI: <https://doi.org/10.5194/hess-26-35-2022>

17. Lobodzinskyi O. V., Danko K. Yu. Vyznachennia ta otsinka zminy typiv zhyvlennia richok baseinu r. Horyn. [Determination and assessment of the Horyn River Basin rivers feeding types changes] *Hidrolohiia, hidrokimiia i hidroekolohiia*. 2023. № 2 (68) C. 32–42. DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2023.2.4>

18. Lobodzinskyi O., et al. Assessing the impact of climate change on discharge in the Horyn River basin by analyzing precipitation and temperature data. *Meteorology Hydrology and Water Management*. 2023. Vol. 11(1). P. 93–106. DOI: <https://doi.org/10.26491/mhwm/163286>

19. Massari C., et al. Evaporation enhancement drives the European water-budget deficit during multi-year droughts. *Hydrology and Earth System Sciences*. 2022. Vol. 26 (6). P. 1527–1543. DOI: <https://doi.org/10.5194/hess-26-1527-2022>

20. Muller, R. A. and Grymes, J. M. Water budget analysis. In: *Encyclopedia of Hydrology and Lakes*. Encyclopedia of Earth Science. Springer, Dordrecht. 1998. P. 681–687. DOI: https://doi.org/10.1007/1-4020-4497-6_235

21. Nugroho A. et al. Thornthwaite. Mather water balance analysis in Tambakbayan watershed, Yogyakarta, Indonesia. The 5th International Conference on Sustainable Built Environment: Conference Proceedings, Banjarmasin, Indonesia, October 11-12, 2018 / MATEC Web Conf. Volume 280, Article Number 05007, 2019. 10 p. DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201928005007>

22. Posobie po opredeleniju raschetnykh gidrologicheskikh karakteristik [A guide to determine the calculated hydrological characteristics] / ed. T. S. Schmidt. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1984. 448 p. 22.

23. Pulido-Velazquez, D., et al. Climate change impacts on the streamflow in Spanish basins monitored under near-natural conditions. *Journal of Hydrology: Regional Studies*. 2021. Vol. 38. Article100937. 21p. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2021.100937>

24. Pulighe G., et al. Modeling Climate Change Impacts on Water Balance of a Mediterranean Watershed Using SWAT+. *Hydrology*. 2021. Vol. 8 (4). Article 157. 14 p. DOI: <https://doi.org/10.3390/hydrology8040157>

25. Rasmussen R., et al. Climate Change Impacts on the Water Balance of the Colorado Headwaters: High-Resolution Regional Climate Model Simulations. *Journal of Hydrometeorology*. 2014. Vol. 15 (3). P. 1091–1116. DOI: <https://doi.org/10.1175/JHM-D-13-0118.1>
26. Resursy poverkhnostnykh vod SSSR [Surface water resources of the USSR]. T.6. Ukrayna y Moldavyia. Vyp.2. Srednee y Nyzhnee Podneprove: / Pod red. M.S. Kahanera. Lenynhrad: Hydrometeoyzdat, 1971. 656 s
27. Rodell, M., et al. The observed state of the water cycle in the early twenty-first century. *Journal of Climate*. 2015. Vol. 28 (21). P. 8289–8318. DOI: <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-14-00555.1>
28. Spravochnyk po vodnym resursam [Directory of the water resources] / ed. B. I. Strelets. Kyiv: Urozhaj, 1987. 304 p. (in Russian).
29. Thornthwaite C. W. An approach toward a rational classification of climate. *Geographical review*. 1948. Vol. 38 (1). P. 55 – 94. DOI: <https://doi.org/10.2307/210739>
30. Water resources across Europe: confronting water stress: an updated assessment / European Environment Agency. Publications Office of the European Union. 2022. P. 132. URL: <https://data.europa.eu/doi/10.2800/320975> (last accessed: 21.03.2023)
31. Wescoat J. Water resources and hydrological management. *The International Encyclopedia of Geography* / ed. by Douglas Richardson et al. John Wiley & Sons, Ltd. 2017. P. 23 DOI: <https://doi.org/10.1002/9781118786352.wbieg0620>
32. WMO guidelines on the calculation of climate normals : No. 1203 / World Meteorological Organization (WMO). Geneva, 2017. P 29. URL: <https://library.wmo.int/idurl/4/55797> (last accessed: 18.03.2023)
33. Wriedt G, Bouraoui F. Towards a General Water Balance Assessment of Europe. Luxembourg: OP, 2009. P. 57. DOI: <https://doi.org/10.2788/26925>
34. Xu M. et al. Understanding changes in the water budget driven by climate change in cryospheric-dominated watershed of the northeast Tibetan Plateau, China. *Hydrological Processes*. 2019. Vol. 33 (33). P. 1040– 1058. DOI: <https://doi.org/10.1002/hyp.13383>
35. Zal N., Globevnik L., Austnes, K., et al. Water availability, surface water quality and water use in the Eastern Partnership countries: an indicator-based assessment. European Environment Agency. Publications Office. 2020. URL: <https://data.europa.eu/doi/10.2800/635170> (last accessed: 21.03.2023)
36. Zhang Y., et al. A Climate Data Record (CDR) for the global terrestrial water budget: 1984–2010. *Hydrology and Earth System Sciences*. 2018 Vol. 22 (1). P. 241–263. DOI: <https://doi.org/10.5194/hess-22-241-2018>

Список літератури

1. Чорноморець Ю. О., Лук'янець О. І. Вплив сучасних змін у співвідношенні сніго-дощового живлення річок на структуру водного балансу їх басейнів (на прикладі річкового басейну Ворскли). *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2019. № 4(55) С. 40-52.
2. Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change / Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. 2022. P. 2029. DOI: <https://doi.org/10.1017/9781009157926>
3. Клімат України / за ред. В. М. Ліпінського, В. М. Бабіченко. – Київ. : Вид-во Раєвського, 2003. 343 с.
4. Cowell C. M., Urban M. A. The Changing Geography of the U.S. Water Budget: Twentieth-Century Patterns and Twenty-First-Century Projections. *Annals of the Association of American Geographers*. 2010. Vol. 100 (4). P. 740 – 754. DOI: <https://doi.org/10.1080/00045608.2010.497117>
5. Dorigo W., et al. Closing the Water Cycle from Observations across Scales: Where Do We Stand? *Bulletin of the American Meteorological Society*. 2021. Vol.102 (10). P. 897–1935. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-19-0316.1>
6. Dottori F., et al. Increased human and economic losses from river flooding with anthropogenic warming. *Nature Climate Change*. 2018. Vol. 8 (9). P. 781–786. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0257-z>
7. Dubois, E., Larocque, M., and Gagné, S. Using a water budget model to anticipate the impact of climate change on groundwater recharge at the regional scale in cold and humid climates - example of southern Quebec (Canada). *EGU General Assembly 2021*: Online, EGU21-6039, Vienna, Austria, 19–30 April 2021. Vienna, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu21-6039>
8. Guidance document on the application of water balances for supporting the implementation of the WFD / Directorate-General for Environment (European Commission): Publications Office, 2016. P. 127. URL: <https://data.europa.eu/doi/10.2779/352735> (last accessed: 21.03.2023).
9. Гидрологические и водно-балансовые расчеты / под ред. Н.Г. Галущенко. Киев: Вища школа, 1987. 248 с.
10. Greve, P., Gudmundsson, L., Seneviratne, S. I. Regional scaling of annual mean precipitation and water availability with global temperature change. *Earth System Dynamics*. 2018. Vol. 9 (1). P. 227–240. DOI: <https://doi.org/10.5194/esd-9-227-2018>

11. Havryliuk Yuliia, Chornomorets Yuliia The influence of climate changes on the water balance in the Western Bug River basin – Kamianka Buzka. *Aerul si Apa. Componente ale Mediului*. 2017. P. 211 – 218.
12. Junfang Liu., et al. Water balance changes in response to climate change in the upper Hailar River Basin, China. *Hydrology Research*. 2020. Vol.51 (5). P. 1023–1035. DOI: <https://doi.org/10.2166/nh.2020.032>
13. Константинов А. П. Испарение в природе. Л.: Гидрометеиздат, 1963. 590 с.
14. Кожем'якін Д. В., Чорноморець Ю. О. Просторова та часова динаміка складових водного балансу басейну річки Дністер до міста Заліщики. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2019. № 2 (53). С. 21 – 30
15. Kurkute S., et al. Assessment and projection of the water budget over western Canada using convection-permitting weather research and forecasting simulations. *Hydrology and Earth System Sciences*. 2020. Vol. 24 (7). P. 3677–3697. DOI: <https://doi.org/10.5194/hess-24-3677-2020>
16. Lehmann, F. et al. How well are we able to close the water budget at the global scale? *Hydrology and Earth System Sciences* 2022. Vol. 26(1). P. 35-54. DOI: <https://doi.org/10.5194/hess-26-35-2022>
17. Лободзінський О.В., Данько К.Ю. Визначення та оцінка зміни типів живлення річок басейну р. Горинь. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2023. № 2 (68) С. 32–42. DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2023.2.4>
18. Lobodzinskiy O., et al. Assessing the impact of climate change on discharge in the Horyn River basin by analyzing precipitation and temperature data. *Meteorology Hydrology and Water Management*. 2023. Vol. 11(1). P. 93–106. DOI: <https://doi.org/10.26491/mhwm/163286>
19. Massari C., et al. Evaporation enhancement drives the European water-budget deficit during multi-year droughts. *Hydrology and Earth System Sciences*. 2022. Vol. 26 (6). P. 1527–1543. DOI: <https://doi.org/10.5194/hess-26-1527-2022>
20. Muller, R. A. and Grymes, J. M. Water budget analysis. In: *Encyclopedia of Hydrology and Lakes*. Encyclopedia of Earth Science. Springer, Dordrecht. 1998. P. 681–687. DOI: https://doi.org/10.1007/1-4020-4497-6_235
21. Nugroho A. et al. Thornthwaite. Mather water balance analysis in Tambakbayan watershed, Yogyakarta, Indonesia. The 5th International Conference on Sustainable Built Environment: Conference Proceedings, Banjarmasin, Indonesia, October 11-12, 2018 / MATEC Web Conf. Volume 280, Article Number 05007, 2019. 10 p. DOI: <https://doi.org/10.1051/matecconf/201928005007>
22. Пособие по определению расчётных гидрологических характеристик / под ред. Т. С. Шмидта. Л.: Гидрометеиздат, 1984. 448 с.
23. Pulido-Velazquez, D., et al. Climate change impacts on the streamflow in Spanish basins monitored under near-natural conditions. *Journal of Hydrology: Regional Studies*. 2021. Vol. 38. Article 100937. 21p. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2021.100937>
24. Pulighe G., et al. Modeling Climate Change Impacts on Water Balance of a Mediterranean Watershed Using SWAT+. *Hydrology*. 2021. Vol. 8 (4). Article 157. 14 p. DOI: <https://doi.org/10.3390/hydrology8040157>
25. Rasmussen R., et al. Climate Change Impacts on the Water Balance of the Colorado Headwaters: High-Resolution Regional Climate Model Simulations. *Journal of Hydrometeorology*. 2014. Vol. 15 (3). P. 1091–1116. DOI: <https://doi.org/10.1175/JHM-D-13-0118.1>
26. Ресурси поверхностних вод СССР. Т.6: Україна і Молдавія. Вып.2. Среднее и Нижнее Поднепровье / под ред. М.С. Каганера. Л.: Гидрометеиздат, 1971. 656 с.
27. Rodell, M., et al. The observed state of the water cycle in the early twenty-first century. *Journal of Climate*. 2015. Vol. 28 (21). P. 8289–8318. DOI: <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-14-00555.1>
28. Справочник по водным ресурсам / Под. Ред Б. И. Стрельца. Киев: Урожай, 1987. 304 с.
29. Thornthwaite C. W. An approach toward a rational classification of climate. *Geographical review*. 1948. Vol. 38 (1). P. 55 – 94. DOI: <https://doi.org/10.2307/210739>
30. Water resources across Europe: confronting water stress: an updated assessment / European Environment Agency. Publications Office of the European Union. 2022. P. 132. URL: <https://data.europa.eu/doi/10.2800/320975> (last accessed: 21.03.2023)
31. Wescoat J. Water resources and hydrological management. The International Encyclopedia of Geography / ed. by Douglas Richardson et al. John Wiley & Sons, Ltd. 2017. P. 23 DOI: <https://doi.org/10.1002/9781118786352.wbieg0620>
32. WMO guidelines on the calculation of climate normals : No. 1203 / World Meteorological Organization (WMO). Geneva, 2017. P 29. URL: <https://library.wmo.int/idurl/4/55797> (last accessed: 18.03.2023)
33. Wriedt G, Bouraoui F. Towards a General Water Balance Assessment of Europe. Luxembourg: OP, 2009. P. 57. DOI: <https://doi.org/10.2788/26925>
34. Xu M. et al. Understanding changes in the water budget driven by climate change in

cryospheric-dominated watershed of the northeast Tibetan Plateau, China. *Hydrological Processes*. 2019. Vol. 33 (33). P. 1040– 1058. DOI: <https://doi.org/10.1002/hyp.13383>

35. Zal N., Globevnik L., Austnes, K., et al. Water availability, surface water quality and water use in the Eastern Partnership countries: an indicator-based assessment. European Environment Agency. Publications Office. 2020. URL: <https://data.europa.eu/doi/10.2800/635170> (last accessed: 21.03.2023)

36. Zhang Y., et al. A Climate Data Record (CDR) for the global terrestrial water budget: 1984–2010. *Hydrology and Earth System Sciences*. 2018 Vol. 22 (1). P. 241–263. DOI: <https://doi.org/10.5194/hess-22-241-2018>

Зміна водного балансу басейну річки Горинь в умовах потепління клімату Чорноморець Ю.О., Лободзінський О.В.

Потепління клімату обумовило великий комплекс наслідків, що проявилися у кожній ланці глобального гідрологічного циклу. У більшості випадків ці зміни мають нелінійний характер та проходять з різною інтенсивністю у гідрологічних та метеорологічних системах. Тому, на нашу думку, дуже важливо вивчати такі процеси разом, що дозволить одночасно виявляти їх взаємні впливи. Для вирішення подібного завдання найкраще підходить метод водного балансу, коли всі складові обчислюються в одних і тих же розмірностях (мм), а потім порівнюються між собою.

Зростання температури повітря з періоду 1961-1990 до 1991-2020 на 1.2°C обумовлює значні зміни в загальній структурі водного балансу басейну річки Горинь. В першу чергу це зростання невизначеності у витратних частинах кожного з обчислених водних балансів для сучасного періоду 1991-2020. Збільшення нев'язки відбувається переважно за рахунок витратної частини й головної її складової - сумарного випаровування. Невизначеність підтверджується порушенням однорідності за параметричним критерієм *t-test* (Критерій Стьюдента) рядів температури та абсолютної вологості повітря. У абсолютних значеннях за даними замикального гідрологічного посту Малі Викоровичі можна простежити зниження річної суми опадів на 18 мм, річкового стоку води на 21 мм та зростання сумарного випаровування на 35 мм.

Більш чітко локальні прояви глобальних змін клімату можна побачити, якщо оцінювати воднобалансові співвідношення в межах кліматичного балансу. Тут фіксується зміна пропорції накопичення вологи (S) – виснаження/ відновлення (U/R) від 131 мм (S) – 28 мм (U/R) для 1961-1990 до 74 мм (S) 49 мм (U/R) для 1991-2020. Тобто якщо у період кліматологічної стандартно норми накопичення вологи переважало над її виснаженням майже у 5 разів, то зараз, через зростання температури повітря, їх співвідношення практично вирівнялося. Це призвело до того, що нині водний режим річки із категорії надмірно зволених може перейти у категорію достатньо зволених і намічені тенденції свідчать про можливий початок домінування процесів виснаження вологи у басейні над її накопиченням.

Ключові слова: зміни клімату; водний баланс; стік води; річка Горинь

Надійшла до редколегії 10.10.2023

DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2023.4.3>

УДК 556.16.06

Христюк Б.Ф.

Український гідрометеорологічний інститут НАН України та ДСНС України, м. Київ

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА «ICE-AUTUMN» ДЛЯ ДОВГОСТРОКОВОГО ПРОГНОЗУВАННЯ ДАТ ПОЯВИ ЛЬДОВИХ ЯВИЩ ТА ВСТАНОВЛЕННЯ ЛЬДОСТАВУ НА ВОДОСХОВИЩАХ ДНІПРОВСЬКОГО КАСКАДУ

Довгострокове прогнозування дат появи льдових явищ і встановлення льдоставу на водосховищах Дніпровського каскаду має важливе, перш за все, практичне значення, оскільки на його основі планується робота гідроенергетики, судноплавства, рибного, комунального господарств, тощо. У сучасному світі забезпечення споживачів прогнозно гідрологічною продукцією відбувається за допомогою різноманітних автоматизованих комп'ютерних комплексів і систем, які мають зручний інтерфейс для користувача. Такий підхід набув широкого використання і в Україні. Так, в Українському гідрометеорологічному центрі (УкрГМЦ) використовуються автоматизовані прогнозно-моделювальні комплекси, які дозволяють виконувати коротко- і довгострокове прогнозування перебігу стоку води під час повені на річках України. Разом з цим, автоматизована система прогнозування строків настання основних фаз льдодового режиму річок і водосховищ України була створена тільки для короткострокового прогнозування. Отже, у роботі вперше створено автоматизовану систему «Ice-Autumn» для довгострокового прогнозування дат появи льдових явищ і встановлення льдоставу на водосховищах Дніпровського каскаду, для якої програмне забезпечення написано на мовах програмування C# та C++ у середовищі Visual Studio 2022 Community Edition у вигляді Windows форм та консольних додатків. Основою

ISSN:2306-5680 Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2023. № 4 (70)

системи є прогностичні залежності, які визначено шляхом пошуку найкращого кореляційного або регресійного зв'язку між датами на постах-індикаторах та телеконнекційними показниками, а також між датами на постах-індикаторах і датами на інших постах водосховищ. Випуск прогнозів можливий один раз на рік, а саме у жовтні місяці. Тестування системи «Ice-Autumn» показало її працездатність і, відповідно, можливість її використання в оперативній роботі УкрГМЦ. Розроблено інструкцію зі встановлення системи «Ice-Autumn» на персональний комп'ютер та посібник користувача.

Ключові слова: льодові явища, льодостав, програмне забезпечення, Дніпровські водосховища, довгострокове прогнозування.

Вступ. Сучасне оперативне прогнозування гідрологічних характеристик відбувається на основі різноманітних комп'ютерних моделювальних систем та комплексів, які працюють автоматично і мають зручний інтерфейс для користувача [1-3]. Найбільш поширеними є моделювальні комплекси, які виконують прогнозування у режимі реального часу. Їхньою основою є гідрологічна модель, що працює автоматично з урахуванням прогнозу погоди. Зазвичай вони використовуються для короткострокового гідрологічного прогнозування. Основою таких комплексів є різноманітні гідрологічні моделі, які забезпечують безперервне прогнозування гідрологічних характеристик із завчасністю від 12-24 годин до 1-7 діб [3-7]. Для довгострокового прогнозування гідрологічних характеристик також створюються автоматизовані моделювальні комплекси, основою яких є як прості кореляційні і регресійні рівняння, так і математичні моделі [3, 8]. Автоматизація процесу гідрологічного прогнозування набуває особливо важливого значення для великих басейнів річок, оскільки при цьому використовуються значні обсяги гідрометеорологічної інформації з різних баз даних, які потребують аналізу, узагальнення, обробки та надання результатів прогнозування у відповідних форматах зручних для користувачів.

В оперативній діяльності Українського гідрометеорологічного центру Державної служба України з надзвичайних ситуацій (УкрГМЦ) для гідрологічного прогнозування використовуються автоматизовані прогнозно-моделювальні комплекси, які в основному були розроблені фахівцями Українського гідрометеорологічного інституту (УкрГМІ), а також Одеського державного екологічного університету (ОДЕКУ). Так, у роботах Сусідко М.М., Лук'янець О.І., Маслової Т.В., Приймаченко Н.В., Розлач В.О. та Москаленко С.О. [9-14] створено автоматизовані комплекси і басейнові системи коротко- і довгострокового прогнозування перебігу стоку води під час повені для річок р. Прип'ять, Середньої та Нижньої частини р. Дніпро, р. Дністер, р. Південний Буг, р. Західний Буг, р. Сіверський Донець, річок Закарпаття. Основою таких систем є математичне моделювання процесів формування стоку весняного водопілля і дощових паводків на річках. Аналітично-експертна система «Істер» для прогнозування щоденних, характерних декадних і місячних рівнів води суднохідної частини р. Дунай створена Христюком Б.Ф. [8]. Прогнозування у цій системі здійснюється за методом відповідних добових приростів рівнів води. Автоматизовані системи короткострокового прогнозування припливу води до Дністровського водосховища (Dniester-Influx) та паводків у басейні р. Стрий (FFS Striy) з урахуванням чисельного прогнозу параметрів погоди також розроблено Христюком Б.Ф. та ін. [15, 16]. Основою цих систем є гідрологічна модель NAM моделі Rainfall-Runoff програмного комплексу MIKE 11 (Данія) та чисельна мезомасштабна атмосферна модель WRF ARW v. 3.6.1 (США). Фахівцями ОДЕКУ, а саме Шакірзановою Ж.Р. та ін. у роботах [3, 17, 18] розроблено комплексний метод територіальних довгострокових прогнозів гідрологічних характеристик весняного водопілля рівнинних річок України і створено на його основі автоматизовані програмні комп'ютерні комплекси. Метод прогнозів шарів весняного стоку та максимальних витрат води базується на принципі поділу сукупності років на групи водності за допомогою лінійної дискримінантної функції за комплексом гідрометеорологічних чинників, які зумовлюють процеси формування весняного водопілля.

Окрім прогнозування водного стоку річок УкрГМЦ виконує прогнозування строків настання основних фаз льодового режиму річок і водосховищ України. Разом з цим, автоматизована система була створена тільки для короткострокового прогнозування його характеристик на основі методичних підходів розроблених Сусідко М.М. та ін. [19]. Довгострокове прогнозування характеристик льодового режиму водосховищ

Дніпровського каскаду довгий час залишалося поза увагою, оскільки методик для такого прогнозування не було розроблено. Зазначимо, що розроблення надійних методик довгострокових прогнозів льодового режиму водних об'єктів є складним завданням, яке у повній мірі не вирішено і дотепер. Для водосховищ Дніпровського каскаду розроблення методик довгострокового прогнозування строків появи основних фаз льодового режиму ускладнюється значною мінливістю атмосферних процесів над територією України в осінньо-зимовий період. Разом з цим, Христюком Б.Ф. та Горбачовою Л.О. у роботі [20] були розроблені методики довгострокового прогнозування дат появи льодових явищ і встановлення льодоставу на водосховищах Дніпровського каскаду за телеконнекційними показниками і отримано прийнятні результати. Отже, це надає підстави для автоматизації такого процесу прогнозування шляхом створення комп'ютерної програми.

Метою даного дослідження є створення автоматизованої системи довгострокового прогнозування дат появи льодових явищ і встановлення льодоставу на водосховищах Дніпровського каскаду для її подальшого використання в оперативній практиці УкрГМЦ.

Матеріали та методи дослідження. Каскад Дніпровських водосховищ складався з 6 водосховищ, які було побудовано впродовж ХХ століття [21]. Проте, вночі 6 червня 2023 року російськими окупантами було підірвано Каховську ГЕС і Каховське водосховище припинило своє існування [22]. Разом з цим, Кабінет міністрів України прийняв рішення щодо відбудови Каховської ГЕС та наповнення Каховського водосховища з метою забезпечення надійної експлуатації водозабору Запорізької АЕС, а також інших водозаборів комунального та промислового водопостачання і забезпечення сталої роботи енергосистеми України [23]. Окрім цього, у роботі [20] методики довгострокового прогнозування дат появи льодових явищ і встановлення льодоставу були розроблені для 6 водосховищ Дніпровського каскаду, тобто і для Каховського водосховища включно. Отже, враховуючи ці обставини для розроблення автоматизованої системи прогнозування використано відомості щодо дат появи льодових явищ і встановлення льодоставу на 36 гідрологічних постах від початку спостережень по 2020 рік включно по 6 водосховищах Дніпровського каскаду (рис. 1). Це дозволить фахівцям УкрГМЦ після відбудови Каховської ГЕС та наповнення Каховського водосховища надавати довгострокові прогнози дат появи льодових явищ і встановлення льодоставу по всьому Дніпровському каскаду. Чисельне вираження дат появи льодових явищ і встановлення льодоставу здійснювалось шляхом визначення їх відхилень від норми.

Основою методик довгострокового прогнозування дат появи льодових явищ і встановлення льодоставу на 6 водосховищах Дніпровського каскаду є регресійні залежності, які в якості предикторів містять телеконнекційні показники [20]. Ці показники визначаються Національною службою погоди (National Weather Service, NWS) Національного управління океанічних і атмосферних досліджень США (National Oceanic & Atmospheric Administration USA, NOAA) і розміщуються на сайті: https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/MD_index.php. Отже, у дослідженні використано середні місячні значення цих показників.

Створення автоматизованої системи прогнозування (АСП) відбувалося згідно наступних етапів:

- розроблення структури;
- аналіз вихідної інформації та проведення необхідних розрахунків;
- вибір мови програмування;
- створення програмного забезпечення;
- тестування АСП;
- розроблення інструкції зі встановлення АСП на персональний комп'ютер;
- розроблення посібника користувача.

У роботі при аналізі рядів спостережень використано методи математичної статистики, для побудови прогностичних залежностей застосовано методи кореляції і регресії, при визначенні ефективності отриманих залежностей – ймовірнісні математичні методи, для створення програмного забезпечення АПС – мови програмування C# та C++.

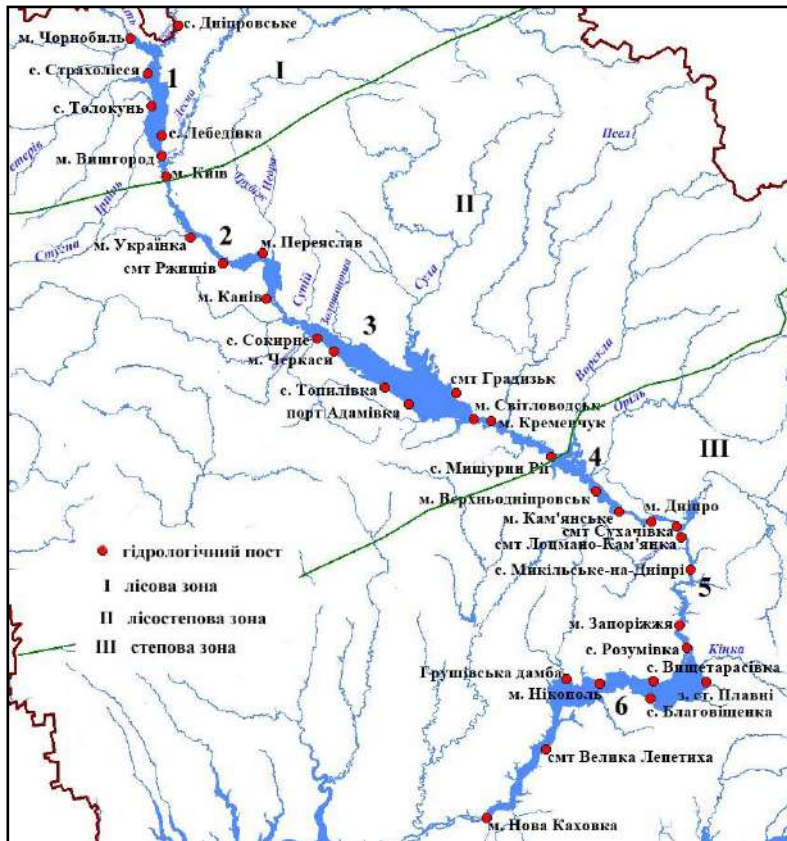


Рис. 1. Схема розташування водосховищ Дніпровського каскаду і гідрологічних постів на них (1 – вдсх Київське, 2 – вдсх Канівське, 3 – вдсх Кременчуцьке, 4 – вдсх Кам'янське, 5 – вдсх Дніпровське, 6 – вдсх Каховське наведено у межах до 06.06.2023)

Виклад основного матеріалу. Автоматизована система прогнозування повинна забезпечувати користувачу основні етапи створення прогнозної продукції: можливість виконання одного з двох різновидів прогнозів, а саме прогнозування дат появи льодових явищ і встановлення льодоставу, введення вихідної гідрометеорологічної інформації, розрахунки за прогнозними залежностями для 36 гідрологічних постів на 6 водосховищах Дніпровського каскаду, отримання результатів у вигляді прогнозних величин у необхідному для користувача форматі. Отже, відповідно до цих вимог створено блок-схему автоматизованої системи «Ice-Autumn» довгострокового прогнозування дат появи льодових явищ і встановлення льодоставу на водосховищах Дніпровського каскаду (рис. 2).



Рис. 2. Блок-схема системи «Ice-Autumn»

Випуск прогнозу дат появи льодових явищ і встановлення льодоставу на водосховищах виконується один раз на рік, а саме 20 жовтня для дат появи льодових явищ та 1 листопада для дат встановлення льодоставу. Саме тому, в блок-схемі автоматизованої системи прогнозування «Ice-Autumn» вказується не дата прогнозування, а тільки рік, в якому здійснюється випуск прогнозу.

У регресійних залежностях, які отримано у роботі [20] для довгострокового прогнозування дат появи льодових явищ і встановлення льодоставу на постах-індикаторах на водосховищах Дніпровського каскаду чисельне вираження дат здійснювалось шляхом визначення їх відхилень від умовної дати, за яку для зручності розрахунків була прийнята дата 30 листопада. Разом з цим, у практиці гідрологічного прогнозування зазвичай використовують відхилення від норми [24]. Отже, регресійні залежності були оновлені з урахуванням чисельного вираження дат через їхнє відхилення від норми, яка розрахована окремо для кожного поста-індикатора (табл. 1). Зазначимо, що унаслідок такого оновлення у регресійних залежностях змінилися лише вільні члени, що не призвело до зміни показників їхньої якості. Для довгострокового прогнозування дат появи льодових явищ і встановлення льодоставу на інших гідрологічних постах було побудовано кореляційні залежності між датами на посту-індикаторі і датами на постах, які розташовано в межах певного водосховища. Отримані кореляційні залежності для більшості гідрологічних постів характеризуються сильними зв'язками ($0,70 < r < 0,89$) (табл. 2). Разом з цим, для деяких постів такий зв'язок є середнім ($0,50 < r < 0,69$). Отже, отримані регресійні (табл. 1) і кореляційні (табл. 2) залежності дозволяють виконувати довгострокове прогнозування дат появи льодових явищ і встановлення льодоставу на 36 гідрологічних постах водосховищ Дніпровського каскаду і є основою автоматизованої системи прогнозування «Ice-Autumn».

Таблиця 1. Регресійні залежності для довгострокового прогнозування дат появи льодових явищ і встановлення льодоставу на водосховищах Дніпровського каскаду для гідрологічних постів-індикаторів

Назва поста	Прогнозне рівняння	$\bar{S}/\bar{\sigma}$	$\delta_{\text{доп}}, \%$
поява льодових явищ			
вдсх Київське – с. Страхолісся	$\Delta D_{\text{я}} = -405,7 + 14,5 \cdot NATL_{IX} + 1,13 \cdot Z500t_{IX}$	0,95	67
вдсх Канівське – м. Київ	$\Delta D_{\text{я}} = -0,80 - 12,8 \cdot AO_{VII-IX} + 2,29 \cdot EqSOI_{II}$	0,96	72
вдсх Кременчуцьке – м. Черкаси	$\Delta D_{\text{я}} = -0,54 + 6,56 \cdot EA_{VI} - 5,14 \cdot AO_{VII-IX}$	0,92	69
вдсх Кам'янське – с. Мишуричів	$\Delta D_{\text{я}} = 0,38 - 4,51 \cdot PNA_{II} - 2,34 \cdot \text{repac_slpa}_{IX}$	0,95	67
вдсх Дніпровське – м. Кам'янське	$\Delta D_{\text{я}} = -0,45 + 9,08 \cdot TAHITI_{IV} - 1,03 \cdot SOI_{IV}$	0,94	69
вдсх Каховське – с. Благовіщенка	$\Delta D_{\text{я}} = 0,33 - 5,76 \cdot EATL/WRUS_{VII-IX} + 2,36 \cdot SOI_I$	0,96	60
встановлення льодоставу			
вдсх Київське – с. Страхолісся	$\Delta D_{\text{л}} = 21,3 \cdot NATL_{IX} - 597,6$	0,88	67
вдсх Канівське – м. Переяслав	$\Delta D_{\text{л}} = 0,66 - 4,88 \cdot EA_I - 4,53 \cdot PNA_{II}$	0,89	70
вдсх Кременчуцьке – м. Черкаси	$\Delta D_{\text{л}} = 0,83 - 5,14 \cdot SCAND_V + 3,35 \cdot EAWR_{I-II}$	0,94	70
вдсх Кременчуцьке – с. Топилівка	$\Delta D_{\text{л}} = -64,8 + 17,0 \cdot TROPan_{IX} + 2,61 \cdot Niño3_{IX}$	0,94	68
вдсх Кам'янське – с. Мишуричів	$\Delta D_{\text{л}} = 90,80 - 3,46 \cdot SCAND_V - 3,41 \cdot Niño3.4_I$	0,96	64
вдсх Дніпровське – с. Микільське-на-Дніпрі	$\Delta D_{\text{л}} = -0,92 + 8,36 \cdot TAHITI_{IV} + 7,62 \cdot EA_{VI}$	0,87	61
вдсх Каховське – з.ст. Плавні	$\Delta D_{\text{л}} = -0,29 - 4,94 \cdot EATL/WRUS_{VIII} + 6,91 \cdot TAHITI_{IV}$	0,91	67

Примітка: \bar{S} – середня квадратична похибка перевірочних прогнозів; $\bar{\sigma}$ – середнє квадратичне відхилення прогнозної величини; $\delta_{\text{доп}}, \%$ – забезпеченість допустимої похибки методики; $\Delta D_{\text{я}}, \Delta D_{\text{л}}$ – розраховані відхилення дат появи льодових явищ і встановлення льодоставу від норми, дні

Таблиця 2. Кореляційні залежності між датами появи льодових явищ і встановлення льодоставу на гідрологічних постах (Y) і датами на постах-індикаторах водосховищ Дніпровського каскаду

Назва поста	Поява льодових явищ		Встановлення льодоставу	
	Залежність	r	Залежність	r
вдсх Київське - с. Дніпровське	$Y = 0,77 \cdot X + 3,37$	0,70	$Y = 0,80 \cdot X + 8,29$	0,75
вдсх Київське - м. Чорнобиль	$Y = 0,83 \cdot X + 6,71$	0,85	$Y = 0,84 \cdot X + 11,5$	0,68
вдсх Київське - с. Толокунь	$Y = 0,80 \cdot X + 9,17$	0,72	$Y = 0,80 \cdot X + 9,04$	0,75
вдсх Київське - с. Лебедівка	$Y = 0,76 \cdot X + 11,3$	0,70	$Y = 0,71 \cdot X + 11,0$	0,81
вдсх Київське - м. Вишгород	$Y = 0,66 \cdot X + 14,4$	0,73	$Y = 0,69 \cdot X + 11,3$	0,79
вдсх Канівське - м. Київ	-	-	$Y = 0,96 \cdot X + 7,63$	0,77
вдсх Канівське - м. Українка	$Y = 0,97 \cdot X + 1,16$	0,95	$Y = 0,98 \cdot X + 2,13$	0,89
вдсх Канівське - смт Ржищів	$Y = 0,82 \cdot X + 0,55$	0,74	$Y = 0,99 \cdot X + 3,50$	0,89
вдсх Канівське - м. Переяслав	$Y = 0,99 \cdot X + 1,34$	0,97	-	-
вдсх Канівське - м. Канів	$Y = 0,81 \cdot X + 0,87$	0,92	$Y = 0,97 \cdot X + 1,33$	0,97
вдсх Кременчуцьке - м. Канів	$Y = 0,92 \cdot X + 4,11$	0,87	$Y = 0,65 \cdot X + 3,79$	0,69
вдсх Кременчуцьке - с. Сокирне	$Y = 0,97 \cdot X + 2,27$	0,93	$Y = 0,91 \cdot X + 4,88$	0,81
вдсх Кременчуцьке - порт Адамівка	$Y = 0,72 \cdot X - 4,75$	0,87	$Y = 0,92 \cdot X - 0,84$	0,93
вдсх Кременчуцьке - с. Топилівка	$Y = 0,76 \cdot X - 3,55$	0,81	-	-
вдсх Кременчуцьке смт - Градизьк	$Y = 0,70 \cdot X + 0,98$	0,84	$Y = 0,74 \cdot X + 3,34$	0,74
вдсх Кременчуцьке - м. Світловодськ	$Y = 0,89 \cdot X + 2,84$	0,96	$Y = 0,83 \cdot X + 5,27$	0,90
вдсх Кам'янське - м. Кременчук	$Y = 0,59 \cdot X + 10,3$	0,59	$Y = 0,82 \cdot X + 7,23$	0,84
вдсх Кам'янське - м. Верхньодніпровськ	$Y = 0,64 \cdot X + 4,85$	0,59	$Y = 0,71 \cdot X + 0,52$	0,71
вдсх Кам'янське - м. Кам'янське	$Y = 0,65 \cdot X + 7,98$	0,62	$Y = 0,76 \cdot X + 2,27$	0,75
вдсх Дніпровське - м. Кам'янське	-	-	$Y = 0,55 \cdot X + 14,9$	0,45
вдсх Дніпровське - смт Сухачівка	$Y = 0,68 \cdot X - 0,55$	0,82	$Y = 0,77 \cdot X + 7,42$	0,73
вдсх Дніпровське - м. Дніпро	$Y = 0,82 \cdot X + 3,23$	0,86	$Y = 0,86 \cdot X + 4,86$	0,82
вдсх Дніпровське - смт Лоц. - Кам'янка	$Y = 0,76 \cdot X + 0,10$	0,78	$Y = 0,86 \cdot X + 1,29$	0,84
вдсх Дніпровське - м. Запоріжжя	$Y = 0,81 \cdot X + 8,57$	0,84	$Y = 0,86 \cdot X + 10,5$	0,83
вдсх Дніпровське - с. Микільс. на Дніпрі	$Y = 0,95 \cdot X - 0,36$	0,88	-	-
вдсх Каховське - с. Розумівка	$Y = 0,78 \cdot X + 14,41$	0,69	$Y = 0,62 \cdot X + 22,7$	0,62
вдсх Каховське - с. Плавні	$Y = 0,99 \cdot X - 0,21$	0,99	-	-
вдсх Каховське - с. Вищетарасівка	$Y = 0,96 \cdot X + 0,58$	0,97	$Y = 0,86 \cdot X + 7,11$	0,81
вдсх Каховське - с. Благовіщенка	-	-	$Y = 0,92 \cdot X + 9,50$	0,82
вдсх Каховське - м. Нікополь	$Y = 0,72 \cdot X + 7,66$	0,71	$Y = 0,86 \cdot X + 11,4$	0,78
вдсх Каховське - Грушівська дамба	$Y = 0,75 \cdot X + 10,35$	0,75	$Y = 0,90 \cdot X + 13,0$	0,81
вдсх Каховське - смт Велика Лепетиха	$Y = 0,75 \cdot X + 16,13$	0,69	$Y = 0,83 \cdot X + 17,8$	0,74
вдсх Каховське - м. Нова Каховка	$Y = 0,83 \cdot X + 19,57$	0,69	$Y = 0,65 \cdot X + 23,3$	0,62

Примітка: У та X – чисельне вираження дат появи льодових явищ і встановлення льодоставу через їх відхилення від норми

Згідно до блок-схеми АСП «Ice-Autumn» (рис. 2) була розроблена на мовах програмування C# та C++ у середовищі Visual Studio 2022 Community Edition у вигляді Windows форм та консольних додатків. Ці мови програмування є універсальними мовами програмування загального призначення, які розроблені для створення прикладного програмного забезпечення [25, 26]. Отже, характеристики цих мов, які набули широкого використання у світі дозволили створити програмне забезпечення, яке дозволяє фахівцю-прогнозісту випускати прогнози двох видів: дат появи льодових явищ і встановлення льодоставу на водосховищах Дніпровського каскаду.

Розроблено посібник користувача АСП «Ice-Autumn», у якому висвітлено послідовність її використання. Прогнозування за допомогою системи «Ice-Autumn»

можливе у жовтні місяці кожного року за наявності значень телеконнекційних індексів та паттернів на сайті NOAA – Національного управління океанічних і атмосферних досліджень США по вересень поточного року, включно. Запуск системи відбувається після активації додатку *Ice-Autumn.exe*. На екрані монітора з'являється *Form1* (рис. 3), на якій необхідно вказати рік випуску прогнозу та натиснути кнопку «Ок». Також передбачена можливість припинити роботу додатку у разі необхідності, натиснувши кнопку «Вихід».

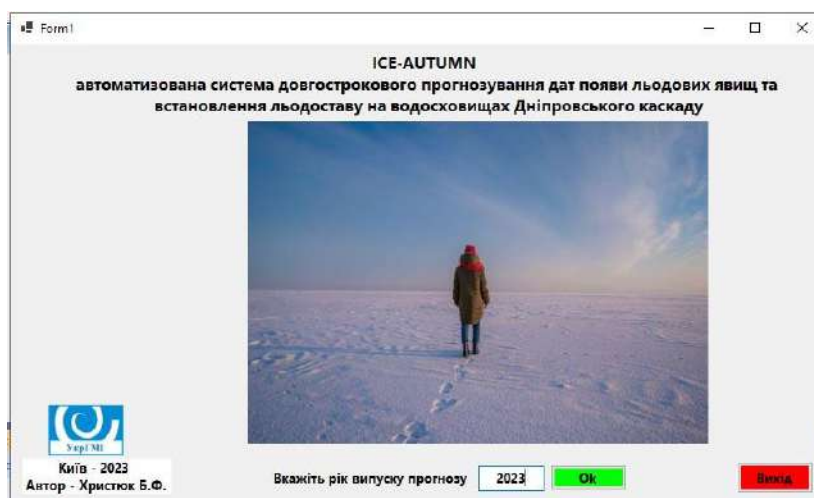


Рис. 3 Форма 1 системи «Ice-Autumn»

Рік випуску прогнозу має перебувати в межах 2000-3000 рр., у іншому випадку на екрані монітора з'явиться повідомлення «Помилкова дата» і після натискання на кнопку «Ок» відбудеться припинення роботи додатку. У випадку відсутності значень телеконнекційних індексів та паттернів за вказаний користувачем рік відбувається аварійний вихід з додатку. Після того, як буде вказано рік випуску, на екрані монітора з'являється *Form2* (рис. 4а). На цій формі необхідно вибрати вид прогнозування або припинити роботу додатку (кнопки «Поява льодових явищ», «Встановлення льодоставу» та «Вихід»), натискаючи на відповідну кнопку. Після вибору виду прогнозування на екрані монітора з'являється *Form3* (рис. 4б). У цій формі є можливість перейти до збору вихідних даних або припинити роботу додатку (кнопки «Збір вихідних даних» та «Вихід»), натискаючи на відповідну кнопку. Збір вихідних даних відбувається автоматично додатком *Raschet.exe* і полягає у копіюванні значень телеконнекційних індексів та паттернів з сайту NOAA – Національного управління океанічних і атмосферних досліджень США.

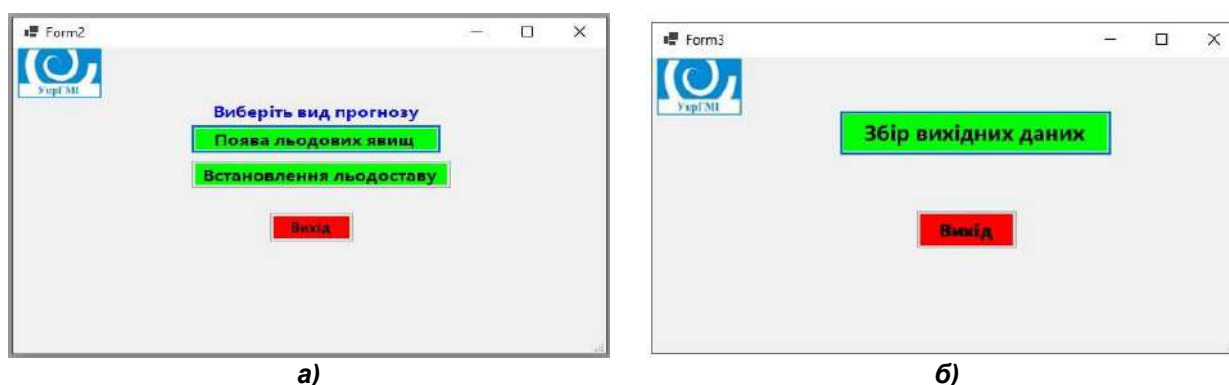


Рис. 4. Форма 2 (а) та форма 3 (б) системи «Ice-Autumn»

Після копіювання вихідної інформації на екрані монітора з'являється *Form 4* (рис. 5). У цій формі є можливість перейти до виконання розрахунків за допомогою додатку *Prog_royav.exe* або припинити його роботу (кнопки «Виконати розрахунки» та «Вихід»), натискаючи на відповідну кнопку.

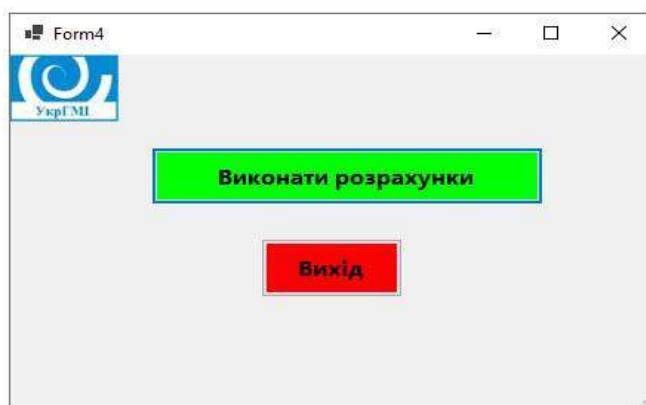


Рис. 5. Форма 4 системи «Ice-Autumn»

Розрахунки відбуваються згідно прогностичних залежностей, які наведено у табл. 1 та 2, а результат розрахунків записується до файлу «*Prognoz.txt*» (рис. 6).

```

Прогноз дат появи льодових явищ на водосховищах Дніпровського каскаду у 2023 р.
      Київське водосховище
с.Страхолисся (норма - 27.XI)      - 22.XII
р.Дніпро-с.Дніпровське           - 19.XII
р.Прип'ять-м.Чорнобиль          - 24.XII
с.Толокунь                       - 26.XII
с.Лебедівка                      - 27.XII
м.Вишгород                       - 28.XII
      Канівське водосховище
м.Київ (норма - 13.XII)          - 14.XII
м.Українка                       - 15.XII
смт Ржищів                       - 15.XII
м.Переяслав - Хмельницький      - 16.XII
м.Канів                          - 15.XII
      Кременчуцьке водосховище
м.Черкаси (норма - 15.XII)      - 08.XII
м.Канів                          - 13.XII
с.Сокирне                        - 10.XII
с.Топилівка                      - 06.XII
порт Адамівка                   - 05.XII
смт Градизьк                     - 11.XII
м.Світловодськ                 - 11.XII
  
```

Рис. 6. Фрагмент файлу «*Prognoz.txt*»

Файл результатів подається й текстовому форматі і містить прогностні дати появи льодових явищ і встановлення льодоставу на 36 гідрологічних постах водосховищ Дніпровського каскаду, а також норми для рядів спостережень на постах-індикаторах. Остання інформація надає можливість користувачу виконати первинний аналіз отриманих прогнозів.

Створене програмне забезпечення АПС «Ice-Autumn» пройшло успішне тестування шляхом виконання прогнозів за даними 2020 та 2023 років і показало його цілком адекватну працездатність (приклад на рис. 6). Програмне забезпечення працює у середовищі Windows 10 (64 біт) і має розмір 200Мб. АСП «Ice-Autumn» інсталується на диск D персонального комп'ютера.

Висновки. У сучасному світі забезпечення споживачів прогнозною гідрологічною продукцією відбувається за допомогою різноманітних автоматизованих комп'ютерних комплексів і систем, застосування яких набуло широкого використання, у тому числі, і в Україні. Отже, у роботі вперше для водосховищ Дніпровського каскаду створено автоматизовану систему «Ice-Autumn», яка дозволяє виконувати довгострокове прогнозування дат появи льодових явищ та встановлення льодоставу на 36 гідрологічних постах. Програмне забезпечення системи «Ice-Autumn» створено на мовах програмування C# та C++ у середовищі Visual Studio 2022 Community Edition у вигляді Windows форм та консольних додатків. Основою системи є методики довгострокового прогнозування дат

появи льодових явищ і встановлення льодоставу на 6 водосховищах Дніпровського каскаду, які розроблено за регресійними залежностями між датами появи льодових явищ і встановлення льодоставу на постах-індикаторах та телеконнекційними показниками, а також кореляційними залежностями між датами на постах-індикаторах і датами на постах, які розташовано в межах певного водосховища. Система «Ice-Autumn» пройшла успішне тестування, має інструкцію зі встановлення на персональний комп'ютер та посібник користувача.

Використаний у роботі підхід щодо автоматизації процесу довгострокового прогнозування дат появи льодових явищ і встановлення льодоставу на 6 водосховищах Дніпровського каскаду шляхом створення програмного забезпечення можна застосувати і для інших показників льодового режиму. Це може бути наступним етапом дослідження.

Дане дослідження виконано згідно держбюджетної теми № 5/21 "Розроблення системи довгострокового прогнозування строків настання фаз льодового режиму на водосховищах басейну р. Дніпро" Українського гідрометеорологічного інституту ДСНС України та НАН України (№ державної реєстрації 0121U108580).

Список літератури

1. Guide to hydrological practices. Volume II: Management of water resources and application of hydrological practices. WMO-No. 168. 6th ed. Geneva: World Meteorological Organization, 2009. 324 p.
2. Werner M., Schellekens J., Gijsbers P., Dijk M., Akker O., Heynert K. The Delft-FEWS flow forecasting system. Environmental Modelling & Software. 2013. Vol. 40. P. 65-77. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2012.07.010>
3. Голченко Є.Д., Шакірманова Ж.Р., Андрієвська Г.М. Довгострокове просторове прогнозування максимального весняного стоку на основі автоматизованого комп'ютерного комплексу. Наук. праці УкрНДГМІ. 2006. Вип.255. С. 228-240.
4. Loi N.K., Liem N.D., Tu L.H., Hong N.T., Truong C.D., Tram V.N.Q., Nhat T.T., Anh T.N., Jeong J. Automated procedure of real-time flood forecasting in Vu Gia – Thu Bon River basin, Vietnam by integrating SWAT and HEC-RAS models. Journal of Water and Climate Change. 2019. Vol. 10. Issue. 3. P. 535-545. DOI: <https://doi.org/10.2166/wcc.2018.015>
5. Zhang Y., Gu Z., Thé J.V.G., Yang S.X., Gharabaghi B. The Discharge Forecasting of Multiple Monitoring Station for Humber River by Hybrid LSTM Models. Water. 2022. Vol. 14. ID: 1794. DOI: <https://doi.org/10.3390/w14111794>
6. Krajewski W.F., Ceynar D., Demir I., Goska R., Kruger A., Langel C., Mantilla R., Niemeier J., Quintero F., Seo B.-C., Small S.J., Weber L.J., Young N.C. Real-Time Flood Forecasting and Information System for the State of Iowa. Bulletin of the American Meteorological Society. 2017. Vol. 98. Issue. 3. P. 539-554. DOI: <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-15-00243.1>
7. Mosavi A., Ozturk P., Chau K-w. Flood Prediction Using Machine Learning Models: Literature Review. Water. 2018. Vol. 10. Issue. 11. ID: 1536. DOI: <https://doi.org/10.3390/w10111536>
8. Христюк Б.Ф. Аналітично-експертна система прогнозування рівнів води судохідного Дунаю «Істер». Наук. праці УкрНДГМІ. 2013. Вип. 264. С. 72-81.
9. Сусідко М.М. Математичне моделювання процесів формування стоку як основа прогностичних систем. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2000. Том 1. С. 32-40
10. Лук'янець О.І., Сусідко М.М. Комплексна басейнова система прогнозування паводків у Закарпатті: методична та технологічна база її складових. Наук. праці УкрНДГМІ. 2004. Вип. 253. С. 234-249.
11. Маслоva Т.В., Сусідко М.М. Оцінювання зволоженості гірських водозборів при математичному моделюванні дощових паводків. Наук. праці УкрНДГМІ. 2007. Вип. 256. С. 233-238.
12. Дутко В.О., Соседко М.М. Із досвіду ідентифікації параметрів математичної моделі дощового стоку в залежності від орографії місцевості. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2011. № 3. С. 73-80.
13. Приймаченко Н.В. Обґрунтування системи розрахунку характеристик паводків на гірських річках басейну Дністра на основі математичного моделювання процесів формування дощового стоку: автореф. дис. ... к. геогр. н.: 11.00.07. Київ. 2010. 19 с.
14. Москаленко С.О. Прогнозування дощових паводків на річках правобережжя Прип'яті на основі моделювання процесів їх формування: автореф. дис. ... к. геогр. н.: 11.00.07. Київ. 2013. 20 с.
15. Khrystyuk B. Short-term forecasting of water inflow to Dniester reservoir using numerical weather forecast model data. Book of abstract of the XXVII Conference of the Danubian countries on

Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management, 26-28 September 2017, Golden Sands, Bulgaria. P. 44.

16. *Khrystiuk B., Gorbachova L., Shpyg V.* Verification of the automated flood forecasting system on the Stryi River. *Acta Hydrologica Slovaca*. 2022. Vol. 23(2). P. 234-240. DOI: 10.31577/ahs-2022-0023.02.0026

17. *Шакірзанова Ж.Р.* Довгострокове прогнозування характеристик максимального стоку весняного водопілля рівнинних річок та естуаріїв території України. Одеса: ТОВ «Плутон», 2015. 252 с.

18. *Шакірзанова Ж.Р., Перевозчиков І.М., Шевченко О.П.* Застосування методу територіальних довгострокових прогнозів для визначення максимальних витрат води в умовах формування весняного водопілля 2022-2023 року в басейні р. Десна. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2023. № 31. С. 5-21. DOI: <https://doi.org/10.31481/uhmj.31.2023.01>

19. *Сусідко М.М., Щербак А.В., Зеленська М.В., Данильчук В.І.* Льодовий режим рівнинних річок і водосховищ України. Система короткотермінового прогнозування його характеристик. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2007. Т. 13. С. 62-84.

20. *Khrystiuk B., Gorbachova L.* Long-term forecasting of appearance dates of ice phenomena and freeze-up at the Dnipro Cascade reservoirs by teleconnection indicators. *Acta Hydrologica Slovaca*. 2023. № 24(1). С. 24-32. DOI: <https://doi.org/10.31577/ahs-2023-0024.01.0004>

21. *Водний фонд України. Штучні водойми. Водосховища і ставки / за ред. В. К. Хільчевського, В. В. Гребеня.* К.: Інтерпрес ЛТД, 2014. 164 с.

22. *Фролова Г., Чикаренко І.* Забезпечення водопостачання територій та громад як пріоритетний напрям взаємодії державної влади та місцевого самоврядування. *Публічне управління та місцеве самоврядування*. 2023. Вип. 2. С. 91-98.

23. Про реалізацію експериментального проекту "Будівництво Каховського гідровузла на р. Дніпро. Відбудова після руйнування Каховської ГЕС та забезпечення сталої роботи Дніпровської ГЕС у період відбудови". Постанова Кабінету міністрів України від 18.07.2023, № 730. <https://www.kmu.gov.ua/npasearch?&num=730&category=3>.

24. *Настанова з оперативної гідрології. Прогнози режиму вод суші. Гідрологічне забезпечення і обслуговування / Керівний документ.* Київ: Український гідрометеорологічний центр, 2012. 120 с.

25. *Albahari B., Drayton P., Merrill B.* C# Essentials. 2nd Edition. O'Reilly, 2002. 202 p.

26. *Белов Ю.А., Карнаух Т.О., Коваль Ю.В., Ставровський А.Б.* Вступ до програмування мовою C++. Організація обчислень: навчальний посібник. Київ: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2012. 175 с.

References

1. Guide to hydrological practices. Volume II: Management of water resources and application of hydrological practices. WMO-No. 168. 6th ed. Geneva: World Meteorological Organization, 2009. 324 p.

2. *Werner M., Schellekens J., Gijssbers P., Dijk M., Akker O., Heynert K.* The Delft-FEWS flow forecasting system. *Environmental Modelling & Software*. 2013. Vol. 40. P. 65-77. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2012.07.010>

3. *Gopchenko Je.D., Shakirzanova Zh.R., Andrijevs'ka G.M.* Dvoghstrokovе prostoroвe prognozuvannja maksymal'nogo vesnjanogo stoku na osnovi avtomatyzovanogo komp'juternogo kompleksu. [Long-term spatial forecasting of the maximum spring runoff based on an automated computer complex]. *Nauk. praci UkrNDGMI*. 2006. Vyp. 255. S. 228-240.

4. *Loi N.K., Liem N.D., Tu L.H., Hong N.T., Truong C.D., Tram V.N.Q., Nhat T.T., Anh T.N., Jeong J.* Automated procedure of real-time flood forecasting in Vu Gia – Thu Bon River basin, Vietnam by integrating SWAT and HEC-RAS models. *Journal of Water and Climate Change*. 2019. Vol. 10. Issue. 3. P. 535-545. DOI: <https://doi.org/10.2166/wcc.2018.015>

5. *Zhang Y., Gu Z., Thé J.V.G., Yang S.X., Gharabaghi B.* The Discharge Forecasting of Multiple Monitoring Station for Humber River by Hybrid LSTM Models. *Water*. 2022. Vol. 14. ID: 1794. DOI: <https://doi.org/10.3390/w14111794>

6. *Krajewski W.F., Ceynar D., Demir I., Goska R., Kruger A., Langel C., Mantilla R., Niemeier J., Quintero F., Seo B.-C., Small S.J., Weber L.J., Young N.C.* Real-Time Flood Forecasting and Information System for the State of Iowa. *Bulletin of the American Meteorological Society*. 2017. Vol. 98. Issue. 3. P. 539-554. DOI: <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-15-00243.1>

7. *Mosavi A., Ozturk P., Chau K-w.* Flood Prediction Using Machine Learning Models: Literature Review. *Water*. 2018. Vol. 10. Issue. 11. ID: 1536. DOI: <https://doi.org/10.3390/w10111536>

8. *Khrystiuk B.F.* Analitichno-ekspertna systema prognozuvannja rivniv vody sudohidnogo Dunaju «Ister». [The analytical and expert system for the forecasting of the water levels of the navigable part of Danube «Ister»]. *Nauk. praci UkrNDGMI*. 2013. Vyp. 264. S. 72-81.

9. *Susidko M.M.* Matematychnе modeljuvannja procesiv formuvannja stoku jak osnova prognostychnyh system. [Mathematical modeling of flow formation processes as a basis for prognostic

ISSN:2306-5680 **Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology. 2023. № 4 (70)**

systems]. Hidrolohiya, hidrokhimiya i hidroekolohiya. 2000. № 1. S. 32-40.

10. *Luk'janec' O.I., Susidko M.M.* Kompleksna basejnova systema prognozuvannja pavodkiv u Zakarpatti: metodychna ta tehnologichna baza ii' skladovyh. [Complex basin flood forecasting system in Transcarpathia: methodical and technological base of its components]. *Nauk. praci UkrNDGMI.* 2004. Vyp. 253. S. 234-249.

11. *Maslova T.V., Susidko M.M.* Ocinjuvannja zvolozhenosti girs'kyh vodozboriv pry matematychnomu modeljuvanni doshovvyh pavodkiv. [Estimation of the moisture content of mountain catchments during mathematical modeling of rain floods]. *Nauk. praci UkrNDGMI.* 2007. Vyp. 256. S. 233-238.

12. *Dutko V.O., Sosjedko M.M.* Iz dosvidu identyfikacii' parametriv matematychnoi' modeli doshovvogo stoku v zalezhnosti vid orografii' miscevosti. [From the experience of identifying the parameters of the mathematical model of rain runoff depending on the orography of the area]. *Hidrolohiya, hidrokhimiya i hidroekolohiya.* 2011. № 3. S. 73-80.

13. *Pryjmachenko N.V.* Obg'runtuvannja systemy rozrahunku harakterystyk pavodkiv na girs'kyh richkah basejnu Dnistra na osnovi matematychnogo modeljuvannja procesiv formuvannja doshovvogo stoku: avtoref. dys. ... k. geogr. n.: 11.00.07. [Grounding of the system computation characteristics floods in the mountain river of Dnestr basin on the bases mathematical modeling of rain runoff formation processes: autoref. thesis ... PhD: 11.00.07]. Kyiv. 2010. 19 s.

14. *Moskalenko S.O.* Prognozuvannja doshovvyh pavodkiv na richkah pravoberezhzhja Pryp'jati na osnovi modeljuvannja procesiv i'h formuvannja: avtoref. dys. ... k. geogr. n.: 11.00.07. [Forecasting of rain floods on the rivers of the right bank of Pripjat based on modeling of their formation processes: autoref. thesis ... PhD: 11.00.07]. Kyiv. 2013. 20 s.

15. *Khrystyuk B.* Short-term forecasting of water inflow to Dniester reservoir using numerical weather forecast model data. Book of abstract of the XXVII Conference of the Danubian countries on Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management, 26-28 September 2017, Golden Sands, Bulgaria. P. 44.

16. *Khrystiuk B., Gorbachova L., Shpyg V.* Verification of the automated flood forecasting system on the Stryi River. *Acta Hydrologica Slovaca.* 2022. Vol. 23(2). P. 234-240. DOI: 10.31577/ahs-2022-0023.02.0026

17. *Shakirzanova Zh.R.* Dovgostrokove prognozuvannja harakterystyk maksimal'nogo stoku vesnjanogo vodopillja rivnynyh richok ta estuarii'v terytorii' Ukraïny. [Long-term forecasting of the characteristics of the maximum flow of spring of lowland rivers and estuaries in the territory of Ukraine]. Odesa: TOV «Pluton», 2015. 252 s.

18. *Shakirzanova Zh.R., Perevozchikov I.M., Shevchenko O.P.* Zastosuvannja metodu terytorial'nyh dovogostrokovykh prognoziv dlja vyznachennja maksimal'nyh vytrat vody v umovah formuvannja vesnjanogo vodopillja 2022-2023 roku v basejni r. Desna. [Application of the method of territorial long-term forecasts to determine the maximum water discharge rates under the conditions of spring flood 2022-2023 formation across the Desna basin]. *Ukraïns'kyj gidrometeorologichnyj zhurnal.* 2023. № 31. S. 5-21. DOI: <https://doi.org/10.31481/uhmj.31.2023.01>

19. *Susidko M.M., Shherbak A.V., Zelens'ka M.V., Danyl'chuk V.I.* L'odovyj rezhym rivnynyh richok i vodoshovyshh Ukraïny. Systema korotkotermynovogo prognozuvannja jogo harakterystyk. [Ice regime of plain rivers and reservoirs of Ukraine. A system of short-term forecasting of its characteristics]. *Hidrolohiya, hidrokhimiya i hidroekolohiya.* 2007. № 13. S. 62-84.

20. *Khrystiuk B., Gorbachova L.* Long-term forecasting of appearance dates of ice phenomena and freeze-up at the Dnipro Cascade reservoirs by teleconnection indicators. *Acta Hydrologica Slovaca.* 2023. № 24(1). C. 24-32. DOI: <https://doi.org/10.31577/ahs-2023-0024.01.0004>

21. *Vodnyj fond Ukraïny. Shtuchni vodojmy. Vodoshovyshha i stavky / za red. V.K. Hil'chevskogo, V.V. Grebenja.* [Water Fund of Ukraine. Artificial reservoirs. Reservoirs and ponds / eds. by V.K. Khilchevskiy, V.V. Grebin]. K.: Interpres LTD, 2014. 164 s.

22. *Frolova, H., Chikarenko, I.* Zabezpechennia vodopostachanniam terytorii ta hromad yak priorityetni napriam vzaiemodii derzhavnoi vlady ta mistsevoho samovriaduvannia. [Water supply of territories and communities as a priority interaction between public administrations and local self-government]. *Public Administration and Local Government.* 2023. Vyp. 2. S. 91-98.

23. Pro realizaciju eksperymental'nogo proektu "Budivnyctvo Kahovs'kogo gidrovuzla na r. Dnipro. Vidbudova pislja rujnuvannja Kahovs'koi' GES ta zabezpechennja staloi' roboty Dniprovs'koi' GES u period vidbudovy". [About the implementation of the experimental project "Construction of the Kakhovskiy hydroelectric station on the Dnipro River. Reconstruction after the destruction of the Kakhovskaya HPP and ensuring the stable operation of the Dniprovs'kaya HPP during the reconstruction period"]. *Postanova Kabinetu ministriv Ukraïny vid 18.07.2023, № 730.* <https://www.kmu.gov.ua/npasearch?&num=730&category=3>.

24. *Nastanova z operatyvnoi hidrolohii. Prohnozy rezhymu vod sushi.* *Hidrolohichne zabezpechennia i obsluhovuvannia* [Manual on operational hydrology. Forecasts of land water regime.

Hydrological support and maintenance] / Kerivnyj dokument. Kyiv: Ukrains'kyj hidrometeorolohichnyj tsentr, 2012. 120 s.

25. Albahari B., Drayton P., Merrill B. C# Essentials. 2nd Edition. O'Reilly, 2002. 202 p.

26. Bjelov Ju.A., Karnauh T.O., Koval' Ju.V., Stavrovs'kyj A.B. Vstup do programuvannja movoju S++. Organizacija obchyslen': navchal'nyj posibnyk. [Introduction to C++ programming. Organization of calculations: a study guide]. Kyi'v: Vydavnycho-poligrafichnyj centr "Kyiv's'kyj universytet", 2012. 175 s.

Automated "Ice-Autumn" system for long-term forecasting of appearance dates of ice phenomena and freeze-up at the Dnipro Cascade reservoirs

Khrystiuk B.F.

Long-term forecasting of appearance dates of ice phenomena and freeze-up at the Dnipro Cascade reservoirs is important, first of all, of practical importance, since on its basis is planned the work of hydropower, shipping, fisheries, utilities, etc. In the modern world, providing consumers of the predictive hydrological products is done with the help of various automated computer complexes and systems that have a convenient user interface. This approach has become widely used in Ukraine too. Thus, the Ukrainian Hydrometeorological Center uses the automated forecasting and modeling complexes that allow short- and long-term forecasting of streamflow during floods on the rivers of Ukraine. Along with this, the automated system for forecasting the appearance timing of ice regime of rivers and reservoirs of Ukraine was created only for short-term forecasting.

The main objective of this research is to create an automated system for long-term forecasting of appearance dates of ice phenomena and freeze-up at the Dnipro Cascade reservoirs for its further use in the operational practice of the Ukrainian Hydrological Center.

The software of the automated system "Ice-Autumn" for long-term forecasting of appearance dates of ice phenomena and freeze-up at the Dnipro Cascade reservoirs is written in the C# and C++ programming languages in the Visual Studio 2022 Community Edition frame in the form of Windows forms and console applications. The basis of the system "Ice-Autumn" is predictive dependencies, which were determined by finding the best correlation or regression relationships between dates at indicator gauges and teleconnection indicators, as well as between dates at indicator posts and dates at other gauges of reservoirs. Forecasts can be carried out once a year, namely on October 20 for the appearance dates of ice phenomena and November 1 for the appearance dates of freeze-up. The automated system "Ice-Autumn" allows to carried out the long-term forecasting of appearance dates of ice phenomena and freeze-up at 36 water gauges at the Dnipro Cascade reservoirs. Testing of the "Ice-Autumn" system showed its efficiency and, accordingly, the possibility of its use in the operational work of the Ukrainian Hydrometeorological Center. Instructions for installing the "Ice-Autumn" system on a personal computer and a user manual were developed.

Keywords: ice phenomena, freeze-up, software, Dnipro reservoirs, long-term forecasting.

Надійшла до редколегії 07.11.2023

DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2023.4.4>

УДК 502/504:556.53(477.83/.84)

Кузик І.Р., Таранова Н.Б.

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка

ОЦІНКА ЗАРЕГУЛЬОВАНOSTІ СТОКУ РІЧКИ СЕРЕТ

Мета дослідження – оцінити зарегульованість стоку річки Серет та визначити обсяги замуленості водосховищ в її руслі. Річка Серет – ліва притока Дністра, довжиною 242 км та площею басейну 390 км². На річці Серет створено 8 водосховищ, загальною площею водного плеса 21 км² та повним об'ємом 57,5 млн. м³. Річка Серет є однією із найбільш зарегульованих річок Західного Поділля. За результатами проведених розрахунків встановлено, що коефіцієнт зарегульованості стоку річки Серет становить 0,17; ступінь зарегульованості стоку – 0,25. Виявлено, що впродовж року річкою транспортується близько 57 тис. т наносів. За розрахунковий період експлуатації (40 років) у водосховищах річки Серет накопичується 3 млн. м³ наносів. Замуленість Тернопільського водосховища становить 3,5%, Вертелівських – 5%, Заложцівського – 10% і Верхньоівачівського – 58%, Більче-Золотецького – 65%, Скородинського – 75%. На основні одержаних результатів, можна зробити висновок, що річка Серет зазнає значного антропогенного навантаження, існують ризики деградації водотоку та зменшення енергетичного потенціалу водосховищ середньої і нижньої течії річки.

Ключові слова: річка Серет; водосховища; зарегульованість стоку; річкові наноси; замуленість.

Вступ. Сучасні тенденції глобальних і регіональних кліматичних змін безпосередньо впливають на водність річок. Особливо чутливими до зміни кліматичних параметрів є малі

та середні річки. Попри природні фактори впливу на гідрологічний режим водотоків, значну роль відіграють ще антропогенні чинники. Антропогенне навантаження на річки в основному проявляються у господарській освоєності їх басейнів та зарегульованості стоку. Якщо лісистість, розораність, заболоченість та урбанізованість – це фактори впливу на поверхневий стік басейну річки, то наявність ставків і водосховищ у руслі річки – це безпосередній вплив на русловий стік водотоку. Сукупність цих параметрів визначають геоекологічний стан річки та ступінь антропогенної трансформації її басейну.

Західне Поділля, в межах якого протікає р. Серет, характеризується високою господарською освоєністю території (розораність 62%, лісистість – 14,6%) [1] та великою кількістю штучних водойм. У Тернопільській області нараховується близько 26 водосховищ та понад 480 ставків. Загальна площа водного плеса водосховищ області складає 3580 га, а корисний об'єм 69 млн. м³ [2]. Найбільш зарегульованою в області є річка Серет, на якій розміщено 8 водосховищ, загальною площею водного плеса 2100 га [3]. При цьому, що у верхів'ї річки розташовано 5 водосховищ із повним об'ємом близько 33 млн. м³ [3]. Актуальність нашого дослідження обумовлена, насамперед, тим що подібні дослідження для річок Тернопільщини ще не проводились. А оцінка зарегульованості стоку основних водних артерій області допоможе в майбутньому уникнути екологічних проблем пов'язаних із зниженням рівня води у річках та евтрофікацією водойм.

Мета дослідження – оцінити зарегульованість стоку річки Серет та визначити обсяги замуленості водосховищ в її руслі.

Аналіз виконаних раніше досліджень. Проблематика зарегульованості стоку річок в сучасних наукових дослідження вивчається в контексті оцінки геоекологічного стану річкових систем [4, 5], антропогенного навантаження басейнових систем [6] та визначення окремих гідрологічних параметрів водотоків [7]. Методика та результати визначення коефіцієнта зарегульованості стоку річок Приазов'я, Криму, Причорномор'я представлені у дослідженні Хільчевського В.К., Гребіня В.В. [2]. Колектив цих науковців також досліджував регіональні та басейнові особливості поширення малих і великих водосховищ [8]. Розподіл ставків та водосховищ у розрізі районів річкових басейнів у своїх публікаціях висвітлював Хільчевський В.К. [9, 10]. У розрізі адміністративних областей просторовий розподіл озер та штучних водойм досліджував Ільїн Л.В. [11].

Геоекологічні дослідження річки Серет проводила Стецько Н.П. [12], геолого-геоморфологічні особливості басейну річки вивчала Костюк О. [13], вміст важких металів та гідрохімічні показники річки проаналізовано у публікації Гуменюк Г.Б., Страшнюк Д.В., Дробик Н.М. [14]. Вплив об'єктів малої гідроенергетики на якість води у річці Серет вивчали Пилипович О., Морозовська У. [15]. У 2017 році, в рамках міжнародного проекту «Громадська діяльність для ідеального навколишнього середовища в Західній Україні» [16], проводилися дослідження якості води у верхній течії річки Серет. Студенти і викладачі ТНПУ ім. В. Гнатюка спільно зі студентами Брауншвайзького технічного університету (Німеччина) дослідили вплив Малашівського сміттєзвалища на якість води у р. Серет. За результатами проведених лабораторних досліджень п'яти відібраних проб води, встановлено високий вміст нітратів, мінеральних та органічних речовин у річці.

Матеріали та методи дослідження. Матеріалами для написання статті послужили статистичні відомості Регіонального офісу водних ресурсів у Тернопільській області, паспорт річки Серет та наукові дані монографій [1, 3] і фахових статей [8, 12]. Теоретико-методологічною основою дослідження є фундаментальні положення гідрології, гідрографії, антропогенної гідрології, водно-балансових досліджень та розрахунків. У ході проведеного дослідження використано як загальнонаукові методи: систематизація та узагальнення, збір та первинна обробка інформації, статистичний, математичний; так і спеціальні методи: картографічний, розрахунково-конструктивний, оцінювання, системно-структурний, метод взаємозв'язків та взаємозалежностей тощо.

Коефіцієнт зарегулювання стоку річки штучними водоймами (k) визначали за формулою:

$$k = W_1 / W_2 \quad (1)$$

де, W_1 – це об'єм штучних водойм, млн. м³; W_2 – об'єм стоку річки млн. м³ [2].

Замулення водосховища, враховуючи середню багаторічну величину мутності річкового потоку та норму річного стоку, в середній за водністю рік визначається за формулою:

$$P_0 = p_0 \times Q_0 \times t \quad (2)$$

де, P_0 – вага завислих наносів, що транспортується річкою впродовж року, в тонах; p_0 – середня багаторічна мутність річкового потоку, $г/м^3$; Q_0 – норма річного стоку, $м^3/с$; t – час, кількість секунд в році ($31,56 \times 10^6$) [17].

Частина завислих наносів проходять транзитом через водосховище і тому вона не приймає участі в замуленні водосховища. Їхня частка, яка в основному залежить від механічного складу і ступеню зарегульованості стоку визначається за формулою:

$$\delta = \varphi \times (1 - \alpha) \quad (3)$$

де, φ - коефіцієнт крупності наносів, що враховує їх механічний склад, становить: для піщаних ґрунтів – 0,1; для лесопобічних і легкосуглибистих – 0,3; для важкосуглинистих і глинистих – 0,4 [18, с. 11], α – коефіцієнт зарегульованості стоку водосховищем, визначається за формулою:

$$\alpha = 1,3 \times q_{\text{нетто}} / Q_0 \quad (4)$$

де, $q_{\text{нетто}}$ – корисне споживання, $м^3/с$; 1,3 – коефіцієнт, який наближено враховує втрати на випаровування і фільтрацію при експлуатації водосховища [18, с. 11].

Окрім завислих наносів у водосховищі відкладаються і донні наноси. Їх враховують наближено як частину від кількості завислих наносів (для рівнинних річок $m = 0,001 - 0,1$; для гірських річок $m = 0,1 - 1,0$). Отже, вага наносів, які відкладаються у водосховищі за рік його експлуатації становить:

$$P = (P_0 - \delta \times P_0) + (m \times P_0) = P_0 \times (1 - \delta + m) \quad (5)$$

Окрім мінеральних відкладів, у водосховищах відкладаються і органічні речовини, котрі утворюються внаслідок відмирання водних рослин і тваринних організмів [17]. Кількість органічних відкладів (e) приймається в залежності від ступеню розвитку водної рослинності (при інтенсивному розвитку водної рослинності – 0,20-0,15; при середній інтенсивності – 0,15-0,10; при слабій інтенсивності – 0,10-0,05) [18, с. 11].

З врахуванням органічних відкладів, вага наносів, що відкладалась у водосховищі за рік його експлуатації, становитиме:

$$P = (1 - \delta + m) \times (1 + e) \times P_0 \quad (6)$$

Об'єм замулення водосховища (W_H) за розрахунковий період експлуатації становить:

$$W_H = \frac{(1 - \delta + m) \times (1 + e) \times P_0}{\gamma} T \quad (7)$$

де, T – розрахунковий період роботи водосховища, у роках, γ - об'ємна вага наносів, $т/м^3$ [18, с. 12].

Об'ємна вага наносів визначається за емпіричною формулою Н.Й. Дрозда:

$$\gamma = A/e + CT + B \quad (8)$$

де, e – це частка органічних відкладів у відсотках; A, B, C – коефіцієнти, що залежать від характеру ґрунтів прилягаючої до водосховища водозбірної площі річки, визначаються за даними таблиці 1 [18, с. 12]

Таблиця 1. Параметри для розрахунку об'ємної ваги наносів водосховища [18]

Ґрунти	А	В	С
Піщані	2,30	0,25	0,02
Глинисті	2,25	0,35	0,04
Пилуваті	2,00	0,45	0,07

У замуленні водосховища беруть також участь наноси, що утворюються внаслідок перероблення і розмивання берегів в процесі експлуатації водосховища. Об'єм цих наносів може досягати від 10 до 40% розрахованого об'єму наносів [18, с. 12].

Кінцевий об'єм наносів, що акумулюється у водосховищі, розраховується за формулою:

$$W_H = W_H + \Delta W_H \quad (9)$$

де, ΔW_H – об'єм наносів, що утворюються внаслідок розмивання берегів водосховища (20-40% від W_H) [18, с. 12].

Виклад основного матеріалу.

1. Загальна характеристика річки Серет та водосховищ. Річка Серет – ліва притока Дністра, протікає в межах Тернопільської області. Бере початок із джерела поблизу с. Нище Тернопільського району на висоті 368 м і тече в межах Подільської височини. Річка утворюється із злиття кількох потоків (Серет Правий, Серет Лівий, Вятима, Граберка) біля с. Ратищі. Довжина річки – 242 км, площа басейну 3900 км² (табл. 2), що становить майже 1/3 площі області. Витоки Серету та верхня його течія до міста Тернопіль мають широкі, симетричні заболочені долини (ширина долини річки становить 0,5-0,8 км, ширина заплави 0,1-0,2 км, глибина – 15-18 м). За містом Тернопіль долина Серету звужується (на окремих ділянках її ширина 0,1-0,2 км), а нижче села Буцнів стає дуже звивистою, з крутими схилами, переважно залісненими. Похил річки становить 0,9 м/км, що зумовлює повільну течію 0,3-0,5 м/с, на перекатах – до 2 м/с [3, с. 165].

Таблиця 2. Основні гідрометричні характеристики річки Серет [3, с. 162]

Назва річки	Довжина, км	Загальне падіння, м	Середній нахил, %	Щільність річкової мережі басейну, км ² /км	Площа басейну, км ²
Серет	242	230	0,9	0,44	3900

Водний режим р. Серет визначається живленням річки, в якому переважають снігові талі води. Весняна повінь починається на початку березня і триває в середньому місяць. Найбільші витрати води припадають на весну і коливаються за довжиною річки від 54 м³/с до 313 м³/с. Мінімальні рівні спостерігаються у літню межень. Термічний режим річки характеризується тим, що впродовж року температури води досить високі, особливо взимку (+2...+3°C). Це пов'язано з виходом більш теплих підземних вод, які живлять річку. Каламутність води в середньому 100-200 г/м³, під час повеней та паводків підвищується до 500-600 г/м³ і більше. Під час межені вода річки тверда і має порівняно значну мінералізацію – 350-550 мг/дм³ [1, с. 226].

Річка Серет використовується для промислового водопостачання, гідроенергетики та риборозведення. На річці Серет функціонує 8 малих ГЕС, загальною потужністю 21,57 МВт (табл. 3). Усі МГЕС – руслового типу. Найбільшою за потужністю є Касперівська МГЕС – 9,38 МВт [15].

Таблиця 3. Перелік малих ГЕС, що функціонують на річці Серет

№ з/п	Назва МГЕС	Потужність, МВт	Місце розташування	Рік введення в експлуатацію
1	Західгідроенерго	0,18	с. Горішній Івачів	2021
2	Люкс-2	0,08	с. Мишковичі	2019
3	Янівська	0,66	с. Долина	2012
4	Чортківська	0,2	м. Чортків	2018
5	Більче-Золотецька	0,63	с. Більче-Золоте	2009
6	Більче-Золотецька №2	1,44	с. Більче-Золоте	2014
7	Скородинська	9,0	с. Скородинці	1958
8	Касперівська	9,38	с. Касперівці	1963

Як уже зазначалося вище, на річці Серет побудовано 8 водосховищ (табл. 4) загальною площею водного плеса 2100 га та повним об'ємом 57,4 млн. м³ (рис. 1).

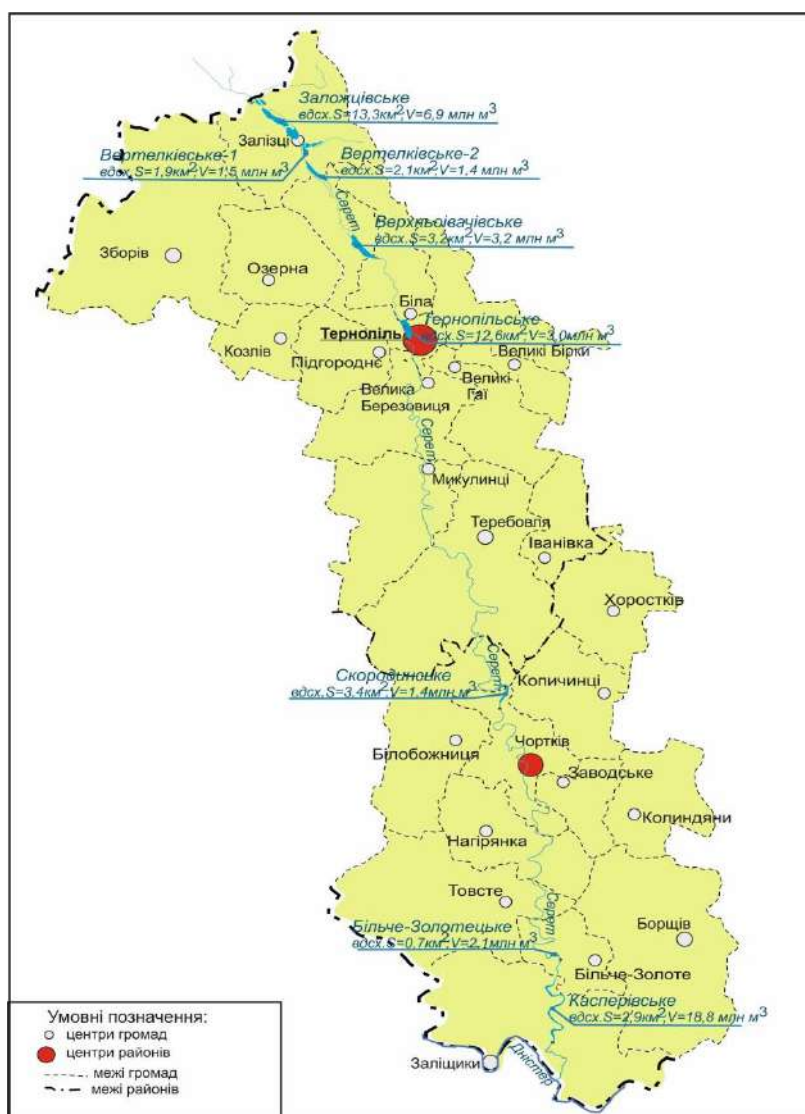


Рис. 1. Водосховища в руслі річки Серет

У басейні річки Серет знаходиться 30% усіх водосховищ Тернопільщини, що становить 72% об'єму та 58,5% площі усіх водосховищ області. Найбільшими на річці

Серет є водосховища, у верхній течії – Заложцівське (690 га), Верхньоівачівське (320 га), Тернопільське (300 га), у середній течії – Скородинське (280 га), у нижній течії – Касперівське (290 га) [7].

Таблиця 4. Гідрометричні параметри водосховищ на річці Серет

Назва водосховища	Обсяг водосховища, млн. м ³		Площа дзеркала при НПР, км ²	Глибина, м		Ширина, м	Довжина, м	НПР, м	Середній багаторічний стік, млн. м ³	Тип / цільове призначення
	повний	корисний		Максим.	Серед.					
Більче-Золотецьке	2,1	0,1	0,7	6,0	3,0	2,0	4,0	170,0	466,6	русл. / енергет.
Вертелівське-1	1,9	1,9	1,5	2,5	1,5	1,0	2,0	313,5	88,4	запл. / компл.
Вертелівське-2	2,1	2,1	1,4	2,7	1,5	1,0	2,0	314,0	88,4	запл. / компл.
Верхньо-івачівське	3,2	1,9	3,2	3,5	1,0	0,8	8,0	308,0	112,7	русл. / рекреац.
Заложцівське	13,3	12,6	6,9	2,9	2,0	1,0	1,2	318,0	58,3	запл. / компл.
Касперівське	18,8	17,7	2,9	14,0	7,0	1,0	14,0	164,0	363,6	русл. / енергет.
Скородинське	3,4	2,8	1,4	9,0	2,5	0,8	8,0	97,0	327,0	русл. / енергет.
Тернопільське	12,6	6,6	3,0	12,0	4,0	1,0	3,6	303,5	147,0	русл. / компл.

Таким чином у басейні річки Серет створено п'ять руслових і три заплавних водосховища. За цільовим призначенням Більче-Золотецьке, Касперівське та Скородинське водосховища є енергетичними, Верхньоівачівське – рекреаційне. До комплексних відноситься Тернопільське, Заложцівське та Вертелівські водосховища.

2. Розрахунок замуленості водосховищ у руслі річки Серет. На основі вище проведеного аналізу, встановлено, що повний об'єм водосховищ річки Серет становить 57,4 млн. м³. Враховуючи те, що середні багаторічні витрати води у досліджуваній річці становлять 12,1 м³/с, то об'єм стоку р. Серет становитиме 382 млн. м³. Відповідно, за формулою 1, коефіцієнт зарегульованості стоку річки Серет становить: $k = 57,4 / 382 = 0,15$.

Для визначення об'єму замулення водосховищ р. Серет необхідно знати середню багаторічну величину мутності річкового потоку, який становить 100-200 г/м³ та норму річкового стоку, для Серету – 12,1 м³/с [3]. Відповідно, за формулою 2 розрахуємо вагу завислих наносів, що транспортується річкою Серет впродовж року:

$$P_0 = 150 \times 12,1 \times 31,56 \times 10^6 = 57281 \text{ т.}$$

Для визначення ступеня зарегульованості стоку річки (формула 4), необхідно спочатку розрахувати коефіцієнт зарегульованості стоку, якщо корисне споживання за рік при сезонному регулюванні стоку становить $q_{\text{нормо}} = 1,6 \text{ м}^3/\text{с}$.

$$\alpha = 1,3 \times 1,6 / 12,1 = 0,17$$

Враховуючи те, що переважаючими типами ґрунтів у басейні річки Серет є лесоподібні і легкосуглинисті ґрунти [3], то коефіцієнт крупності наносів приймаємо 0,30. Звідси, за формулою 3, ступень зарегульованості стоку річки Серет становить:

$$\delta = 0,3 \times (1 - 0,17) = 0,25$$

Беручи до уваги, що в долині річки Серет переважають глинисті ґрунти, об'ємну вагу наносів, яка транспортується річкою, визначаємо за формулою 8 і даними таблиці 1:

$$\gamma = 2,25/15 + 0,04 \times 40 + 0,35 = 0,79 \text{ т/м}^3$$

Відповідно, виходячи із вище розрахованих параметрів, об'єм наносів, що акумулюється у водосховищі, обчислюємо за формулою 7:

$$W_n = ((1 - 0,25 + 0,01) \times (1 + 0,15) \times 57281 / 0,79) \times 40 = 2,5 \times 10^6 \text{ м}^3$$

Кінцевий об'єм наносів, що акумулюється у водосховищах р. Серет, із урахуванням наносів внаслідок перероблення і розмивання берегів (20%) становитиме:

$$W = 2,5 \times 10^6 + 0,2 \times 2,5 \times 10^6 = 3\,000\,000 \text{ м}^3.$$

Таким чином, у водосховищах вздовж річки Серет, за 40 років закумулювалось близько 3 млн. м³ наносів, що свідчить про високий рівень замуленості водосховищ. В середньому замуленість Тернопільського водосховища становить 3,5%, Вертелівських – 5%, Заложцівського – 10%, Верхньоівачівського – 58%, Більче-Золотецького – 65%, Скородинського – 75% [3].

Висновки. Отож, в ході проведеного дослідження оцінки зарегульованості стоку річки Серет, встановлено, що вага завислих наносів, що транспортується річкою у середній за водністю рік становить 57281 т; коефіцієнт зарегульованості стоку річки – 0,17, ступінь зарегульованості стоку – 0,25. Об'ємна вага наносів у р. Серет складає 0,79 т/м³. На основі одержаних даних, нами розраховано, об'єм замулення водосховищ річки Серет, за розрахунковий період їх експлуатації (40 років), який становить 3 млн. м³ наносів. З чого можемо зробити висновок, що в умовах високого антропогенного навантаження, незадовільного екологічного стану та порушення гідрохімічних показників, водосховища річки Серет мають тенденцію до забруднення і замулення, а згодом до пересихання та зникнення. Тому виникає необхідність розроблення науково обґрунтованих заходів для оптимізації природокористування та ренатуралізації басейну і долини річки Серет.

Список літератури

1. Географія Тернопільської області. Т.1. Природні умови та ресурси. За ред. проф. Сивого М.Я. Тернопіль: Крок, 2017. 504 с.
2. Хільчевський В.К., Гребінь В.В. Сучасна гідрографічна характеристика ставків в Україні – регіональні басейнові аспекти. Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія. 2020. №3 (58). С. 20-30.
3. Природні умови та ресурси Тернопільщини. За заг. ред. М.Я. Сивого, Л.П. Царика. Тернопіль: ТзОВ: «Терно-граф», 2011. 512 с.
4. Царик П., Вітенко І. Геоекологічна ситуація долини річки Гнізна. Наукові записки ТНПУ ім. В. Гнатюка. Серія: Географія. 2007. №1. С. 191-197.
5. Царик Л., Буртак О., Царик В. Геоекологічна ситуація у басейні річки Нічлава. Наукові записки ТНПУ ім. В. Гнатюка. Серія: Географія. 2018. №2. С. 147-153.
6. Царик П., Вітенко І., Царик В. Річково-басейнові системи малих річок Західного Поділля в умовах антропогенних навантажень: порівняльний аналіз. Наукові записки ТНПУ ім. В. Гнатюка. Серія: Географія. 2022. №2. С. 129-137. DOI: <https://doi.org/10.25128/2519-4577.22.2.17>
7. Кузик І.Р. Оцінка зарегульованості стоку окремих річок Західного Поділля. Матеріали звітної наукової конференції викладачів, аспірантів, магістрантів, студентів кафедри геоекології та методики навчання екологічних дисциплін та НДП «Моделювання еколого-географічних систем». Тернопіль: Редакційно-видавничий відділ ТНПУ, 2023. С. 26-31.
8. Хільчевський В.К., Гребінь В.В. Великі і малі водосховища України: регіональні та басейнові особливості поширення. Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія. 2021. №2 (60). С. 6-17. DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2021.2.1>
9. Хільчевський В.К. Сучасна характеристика поверхневих водних об'єктів України: водотоки та водойми. Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія. 2021. №1 (59). С. 17-27. DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2021.1.2>
10. Гребінь В.В., Хільчевський В.К., Сташук В.А., Чунар'єв О.В., Ярошевич О.Є. Водний фонд України. Штучні водойми. Водосховища і ставки. За ред. В.К. Хільчевського, В.В. Гребеня К.: Інтерпрес, 2014. 163 с.

11. *Ільїн Л.В.* Озера та штучні водойми України: просторова диференціація та ресурси. Український географічний журнал. 2011. №3. С. 27-32.
12. *Стецько Н.П.* Геоекологічні дослідження верхньої течії річки Серет. Наукові записки ТНПУ ім. В. Гнатюка. Серія: Географія. 2018. №2. С. 180-185.
13. *Костюк О.* Геолого-геоморфологічні особливості басейну річки Серет. Вісник Київського національного університету ім. Т.Шевченка. Серія: Географія. 2013. №1(61). С. 61-63.
14. *Гуменюк Г.Б., Страшнюк Д.В., Дробик Н.М.* Вміст важких металів і характеристика гідрохімічних показників у воді річки Серет поблизу Малашівського сміттєзвалища. Наукові записки ТНПУ ім. В. Гнатюка. Серія: біологія. 2015. №1(62). С. 84-88.
15. *Пилипович О., Морозовська У.* Вплив об'єктів малої гідроенергетики на якість води у річці Серет (лівої притоки Дністра). Географічна освіта і наука: виклики і поступ: матеріали міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 140-річчю географії у Львівському університеті (м. Львів, 18–20 травня 2023 р.). Відповідальні редактори: В. Біланюк, Є. Іванов. У 3-ох томах. Львів: Простір-М, 2023. Том 3. С. 118-122.
16. *Чеболда І., Каплун І., Кузик І.* Українсько-німецький проект «Громадська діяльність для ідеального навколишнього середовища в Західній Україні. Наукові записки ТНПУ ім. В. Гнатюка. Серія: Географія. 2017. №2 (випуск 43). С. 190-196.
17. *Сливка П.Д., Новосад Я.О., Будз О.П.* Гідрологія та регулювання стоку: навчальний посібник. Рівне: УДУВГП, 2003. 288 с.
18. Методичні вказівки до виконання водогосподарських розрахунків в курсових та розрахунково-графічних роботах з дисциплін «Гідрологія», «Інженерна гідрологія» та «Гідрологія і гідрометрія» для студентів усіх спеціальностей НУВГП денної та заочної форми навчання. За заг. ред. Сливки П.Д., Гопчака І.В. Рівне: НУВГП, 2009. 50 с.
19. *Кузик І., Блотний Ю.* Замуленість Тернопільського водосховища: геоекологічний та геохімічний аспекти. Охорона довкілля: зб. наук. статей XVIII Всеукраїнських наукових Таліївських читань. Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2022. С. 105-109.
20. *Царик В.Л., Царик Л.П., Позняк І.Б.* Екологічна небезпека зарегульованих водойм (на матеріалах Тернопільського ставу). Наукові записки ТНПУ Серія: Геог. 2017. №2. С. 140-144.

References

1. Geografija Ternopil's'koї oblasti. T.1. Prirodni umovi ta resursi [Geography of the Ternopil region. T.1. Natural conditions and resources]. Za red. prof. Sivogo M. Ternopil': Krok, 2017. 504 s.
2. *Khilchevskiy V.K., Grebin V.V.* Suchasna gidrografichna charakteristika stavkiv v Ukraїni – regional'ni basejnovi aspekti. [Modern hydrographic characteristics of ponds in Ukraine - regional basin aspects]. Hidrolohiiia, hidrokhemiiia i hidroekolohiiia. 2020. №3 (58). S. 20-30.
3. Prirodni umovi ta resursi Ternopil'shchini. [Natural conditions and resources of Ternopil region]. Za zagal'noju redakcieju M. Ja. Sivogo, L. P. Carika. Ternopil': «Terno-graf», 2011. 512 s.
4. *Tsaryk L., Vitenko I.* Geoekologichna situacija dolini richki Gnizna. [Geoecological situation of the Hnizna River Valley]. Naukovi zapiski TNPU im. V. Gnatjuka. Serija: Geog. 2007. №1. S. 191-197.
5. *Tsaryk L., Burtak O., Tsaryk V.* Geoekologichna situacija u basejni richki Nichlava. [Geoenvironmental situation in the Nichlava River basin]. Naukovi zapiski TNPU im. V. Gnatjuka. Serija: Geografija. 2018. №2. S. 147-153.
6. *Tsaryk P., Vitenko I., Tsaryk V.* Richkovo-basejnovi sistemi malih richok Zahidnogo Podillja v umovah antropogennih navantazhen': porivnjal'nij analiz. [River-basin systems of small rivers of the Western Podillja in the conditions of anthropogenic loads: a comparative analysis]. Naukovi zapiski TNPU im. V. Gnatjuka. Serija: Geografija. 2022. №2. S. 129-137.
7. *Kuzyk I.R.* Ocinka zaregul'ovanosti stoku okremih richok Zahidnogo Podillja. [Assessment of flow regulation in selected rivers of Western Podillia]. Materiali zvitnoї naukovoї konferencii vikladachiv, aspirantiv, magistrantiv, studentiv kafedri geoekologii ta metodiki navchannja ekologichnih disciplin ta NDL «Modeljuvannja ekologo-geografichnih sistem». Ternopil': Redakcijnno-vidavnicnij viddil TNPU, 2023. S. 26-31.
8. *Khilchevskiy V.K., Grebin V.V.* Veliki i mali vodoshovishha Ukraїni: regional'ni ta basejnovi osoblivosti poshirennja. [Large and small reservoirs of Ukraine: regional and basin distribution features]. Hidrolohiiia, hidrokhemiiia i hidroekolohiiia. 2021. №2 (60). S. 6-17. DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2021.2.1>
9. *Khilchevskiy V.K.* Suchasna kharakterystyka poverkhnevyykh vodnykh ob'ektiv Ukraїny: vodotoky ta vodoimy. [Modern characteristics of water bodies in Ukraine: watercourses and reservoirs]. Hidrolohiiia, hidrokhemiiia i hidroekolohiiia. 2021. №1 (59). S. 6-17. DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2021.1.2>
10. *Grebin V.V., Khilchevskiy V.K., Stashuk V.A., Chunarov O.V., Yaroshevych O.I.* Vodnyi fond Ukraїny. Shtuchni vodoimy. Vodoshovishcha i stavky. [Water Fund of Ukraine. Artificial reservoirs. Reservoirs and ponds]. Za redaktsiieju V.K. Khilchevskoho, V.V. Grebenia K.: Interpres, 2014. 163 s.

11. Ilyin L.V. Ozera ta shtuchni vodoimy Ukrainy: prostorova dyferentsiatsiia ta resursy. [Lakes and artificial water bodies of Ukraine: spatial distribution and resources]. Ukrainskyi geohrafichniy zhurnal. 2011. №3. S. 27-32.

12. Stetsko N.P. Heoekolohichni doslidzhennia verkhnoi techii richky Seret. [Geoenvironmental studies of the upper reaches of the Seret River]. Naukovi zapiski TNPU im. V. Gnatjuka. Serija: Geografija. 2018. №2. S. 180-185.

13. Kostyuk O. Heoloho-heomorfolohichni osoblyvosti baseinu richky Seret. [Geological-geomorphological peculiarities in the Seret River basin]. Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka. Serija: Geografija. 2013. №1(61). S. 61-63.

14. Humeniuk H.B., Strashniuk D.V., Drobyk N.M. Vmist vazhkykh metaliv i kharakterystyka hidrokhimichnykh pokaznykiv u vodi richky Seret poblyzu Malashivskoho smittiezvalyshcha. [Heavy metal content and hydrochemical indicators characteristic of the Seret River water near Malashivtsi landfill]. Naukovi zapiski TNPU im. V. Gnatjuka. Serija: Biolohiia. 2015. №1(62). S. 84-88.

15. Pylypovych O., Morozovska U. Vplyv obektiv maloi hidroenerhetyky na yakist vody u richtsi Seret (livoi prytoke Dnistra). [Influence of small hydro power facilities on water quality in the Seret River (left tributaries of the Dniester)]. Heohrafichna osvita i nauka: vyklyky i postup: materialy mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii, prysviachenoj 140-richchiiu heohrafii u Lvivskomu universyteti (m. Lviv, 18-20 travnia 2023 r.). Vidpovidalni redaktory: V. Bilaniuk, Ye. Ivanov. U 3-okh tomakh. Lviv: Prostir-M, 2023. Tom 3. S. 118-122.

16. Chebolda I., Kaplun I., Kuzyk I. Ukrainsko-nimetskyi proekt «Hromadska diialnist dlia idealnoho navkolyshnoho seredovyscha v Zakhidnii Ukraini». [The Ukrainian-German project «The civil activity for healthy environment the Western Ukraine»]. Naukovi zapiski TNPU im. V. Gnatjuka. Serija: Geografija. 2017. №2 (43). S. 190-196.

17. Slyvka P.D., Novosad Ya.O., Budz O.P. Hidrolohiia ta rehuliuвання stoku [Hydrology and flow regulation]: navchalnyi posibnyk. Rivne: UDUVHP, 2003. 288 s.

18. Metodichni vkazivky do vykonannia vodohospodarskykh rozrakhunkiv v kursovykh ta rozrakhunkovo-hrafichnykh robotakh z dystsyplin «Hidrolohiia», «Inzhenerna hidrolohiia» ta «Hidrolohiia i hidrometriia» [Methodical instructions for performing water management calculations in course and graphic works in the disciplines «Hydrology», «Engineering Hydrology» and «Hydrology and Hydrometry»] dlia studentiv usikh spetsialnostei NUVHP dennoi ta zaochnoi formy navchannia. Za zahalnoi redaktsiieiu Slyvky P.D., Hopchaka I.V. Rivne: NUVHP, 2009. 50 s.

19. Kuzyk I., Blotnyi Yu. Zamulenist Ternopilskoho vodoshkovyshcha: heoekolohichni ta heokhimichni aspekty. [Siltation of the Ternopil reservoir: geocological and geochemical aspects]. Okhorona dovkillia: zbirnyk naukovykh statei XVIII Vseukrainskykh naukovykh Taliivskykh chytan. Kharkiv: KhNU imeni V. N. Karazina, 2022. S. 105-109.

20. Tsaryk V.L., Tsaryk L.P., Pozniak I.B. Ekolohichna nebezpeka zarehulovanykh vodoim (na materialakh Ternopilskoho stavu). [Ecological danger of regulated water (on the materials of the Ternopil pond)]. Naukovi zapiski TNPU im. V. Gnatjuka. Serija: Geografija. 2017. № 2. S. 140-144.

Assessment of the regulated flow of the Seret River

Kuzyk I. R., Taranova N.B.

The Seret River is a 242 km long left tributary of the Dniester, flowing within the Ternopil region. The basin covers an area of 3900 km², a river slope of 0,9 and a river network density of 2,44 km²/km. The average long-term water discharge in the river is 12,1 m³/s, the water turbidity is 100-200 g/m³ and the salinity is 350-550 mg/dm³. There are 8 small hydropower plants on the river with a total capacity of 21,57 MW.

The aim of the study is to assess the regulated flow of the Seret River and determine the amount of siltation in the reservoirs in its channel. The study found that 8 reservoirs have been created on the Seret River, with a total water surface area of 21 km² and a total volume of 57,4 million m³. The Seret River is one of the most heavily regulated rivers in the Western Podillia. The Seret River basin contains 30% of all reservoirs in the Ternopil region. The upper reaches of the river are the most regulated, with 5 reservoirs with a total volume of about 33 million m³ and a usable volume of 25 million m³.

According to the results of the calculations, it was found that the coefficient of flow regulation of the Seret River is 0,17; the degree of flow regulation is 0,25. The volume weight of sediment in the Seret River is 0,79 t/m³. It was found that the river transports about 57 thousand tonnes of sediment per year. Over the estimated period of operation (40 years), 3 million m³ of sediment will accumulate in the Seret River reservoirs. The siltation of Ternopil reservoir is 3,5%, Vertelivske – 5%, Zalozhtsivske – 10%, Verkhnya Ivachyvka – 58%, Bilche-Zolotetske – 65%, Skorodynske – 75%. Based on the results obtained, it can be concluded that the Seret River is undergoing significant anthropogenic pressure, and there are risks of degradation of the watercourse and a decrease in the energy potential of the reservoirs in the middle and lower reaches of the river. Therefore, there is a need to develop scientifically based measures to optimise nature management and renaturalise the Seret River basin and valley.

Keywords: Seret River; reservoirs; flow regulation; river sediments; siltation.

Надійшла до редколегії 24.10.2023

Сарнавський С.П.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

**ЗМІНИ ВОДНО-БАЛАНСОВИХ СКЛАДОВИХ
В МЕЖАХ ЛІВОБЕРЕЖЖЯ СЕРЕДЬНОГО ДНІПРА ЗА 1961-2020 рр.**

У статті досліджено зміни водно-балансових складових в межах лівобережжя Середнього Дніпра за два кліматичні періоди: 1961-1990 та 1991-2020 рр. Аналіз даних проводився в межах 6 ключових річкових басейнів лівобережжя Середнього Дніпра - Псла, Сули, Ворскли, Трубежу, Супою та Золотоношки.

Аналіз зміни складових водного балансу за період кліматичної норми 1961-1990 рр. та сучасний кліматичний період - 1991-2020 рр. продемонстрував в цілому для даної території зменшення середніх багаторічних значень кількості опадів на -7,3 мм, річкового стоку на -5,2 мм та сумарного випаровування на -2,1 мм. Проте в межах окремих басейнів річок лівобережжя Середнього Дніпра результати мають значні відмінності: в басейнах Псла та Сули спостерігалось зростання кількості опадів на +18,4 та +0,9 мм відповідно, а в басейнах Ворскли, Золотоношки, Трубежу та Супою воно було від'ємним - від -2,2 до -51,7 мм. Протилежна ситуація спостерігалась в зростанні (зменшенні) величини сумарного випаровування у відповідних річкових басейнах. Так, в трьох найбільших річкових басейнах Псла, Сули та Ворскли воно зросло від 5,6 до 26,7 мм; у всіх інших басейнах сумарне випаровування зменшилось від -0,3 до -47,6 мм. Але попри різні зміни показників кількості опадів та сумарного випаровування спостерігається скорочення величини річкового стоку від -1,6 до -8,6 мм.

Причинами негативної динаміки показників річкового стоку є від'ємні сумарні значення кількості опадів та сумарного випаровування. І головна причина цих змін це зростання середньорічної температури повітря в межах всіх досліджуваних басейнів на +1,2 °С, яка призвела до зростання показників посушливості клімату в межах лівобережжя Середнього Дніпра на +0,9 %, а також аналогічно відбулось падіння коефіцієнту стоку на -0,9%. Відбулись зміни складових водного балансу у досліджуваному районі – більший об'єм атмосферних опадів тепер йде на сумарне випаровування, а тому відбувається втрата об'єму води, що формує річковий стік. Це яскравий приклад впливу глобального зростання температури повітря на зменшення водності річок в межах лівобережжя Середнього Дніпра.

Ключові слова: річковий басейн, складові водного балансу, багаторічні зміни, коефіцієнт стоку, коефіцієнт посушливості, лівобережжя Середнього Дніпра.

Вступ. Сучасні закономірності водного режиму річок на фоні змін клімату визначаються коливанням основних кліматичних характеристик – опадів та температури повітря, що, в свою чергу, визначає величину випаровування. Вони мають істотний вплив на хід багаторічних та внутрішньорічних коливань річкового стоку. Зокрема, внутрішньорічний перерозподіл опадів відображається у відповідних змінах річкового стоку.

Метод дослідження та вихідні дані. Основним методом при вивченні гідрологічних явищ та процесів є метод водного балансу. Цей метод полягає у дотриманні закону збереження маси в замкнутій системі - в даному випадку - надходження та витрати водної маси в середині басейну річки. Додатною частиною в даному випадку будуть виступати атмосферні опади, а витратною частиною - сумарне випаровування, водний стік та зміна запасу вологи в ґрунтах і породах [1-2]. Математичною моделлю цього методу є рівняння водного балансу, яке має наступний вигляд:

$$X = Y + Z \pm \Delta S, \quad (1)$$

де X — кількість атмосферних опадів; Y — водний стік; Z — випаровування; ΔS — зміна запасу вологи в ґрунтах і породах. Останнім членом рівняння водного балансу можна нехтувати в разі обрахунку багаторічних значень, що ми і будемо робити. Знаючи, що басейн лівобережжя Середнього Дніпра розміщується переважно в зоні лісостепу та меншою мірою в зоні північного степу та південних районах зони мішаних лісів припускаємо, що для даної території кількість опадів буде більшою за випаровування $Z < X$ [3]. Отже в цілому на території басейну формуватиметься позитивний водний баланс при якому на території лівобережжя Середнього Дніпра та басейнів, які входять до його складу існує поверхневий стік і відбувається проникнення води в ґрунти і породи.

Для обрахунку зміни водно-балансових складових лівобережжя Середнього Дніпра та його 6 басейнів ключових річок регіону - Псла, Сули, Ворскли, Трубежу, Супою та Золотоношки були використані кліматичні дані CRU TS [4] та дані спостережень гідрологічних постів: в басейні Псла – м. Суми, м. Гадяч, с. Запсілля, м. Миргород; в басейні Сули - с. Зеленківка, м. Ромни, м. Лубни, м. Прилуки, с. Олександрівка, с. Маяківка; в басейні Ворскли - с. Чернеччина, м. Кобеляки, м. Богодухів; в басейні Трубежу - м. Баришівка, м. Переяслав, м. Березань; в басейні Супою - с. Піщане, а в басейні Золотоношки - м. Золотоноша. CRU TS (Climatic Research Unit gridded Time Series) — це широко використовуваний набір кліматичних даних в квадратах по 0,5° широти на 0,5° довготи географічної сітки Землі (виняток Антарктида). Його отримують шляхом інтерполяції місячних кліматичних аномалій із розгалужених мереж спостережень метеостанцій.

Всі кліматичні та гідрологічні дані брались за два кліматичні періоди 1961-1990 рр. та 1991-2020 рр., що цілком відповідає принципу моніторингу клімату та водних ресурсів прийнятим Всесвітньою метеорологічною організацією.

Для оцінки зміни водно-балансових складових лівобережжя Середнього Дніпра та його 6 басейнів ключових річок регіону - Псла, Сули, Ворскли, Трубежу, Супою та Золотоношки проведено співставлення кліматичних та гідрологічних параметрів в межах рівняння водного балансу за два 30-річні кліматичні періоди - кліматичної норми 1961-1990 рр. та сучасного періоду 1991-2020 рр. На основі різниці складових водного балансу за два відповідні періоди обраховано зміни коефіцієнтів посушливості та стоку в досліджуваних басейнах.

Результати дослідження. *Оцінка зміни температури повітря та кількості атмосферних опадів за два кліматичні періоди.*

Відповідно до результатів розрахунків, наведених в табл.1, середня річна температура повітря в сучасний період у порівнянні з періодом кліматичної норми 1961-1990 рр. зросла на 0,9 - 1,6 °С. В середньому зростання температури в басейні лівобережжя Середнього Дніпра склало 1,2 °С. Найвище зростання значення температури відбулося в басейнах Псла - +1,6 °С, Золотоношки - +1,5°С, Трубежу - +1,3 °С. Найменші значення зростання температури спостерігались в басейнах Супою - +1,1 °С, Сули - +1,1 °С та Ворскли - +0,9 °С. В цілому по лівобережжю Середнього Дніпра у внутрішньорічному розрізі підвищення температури повітря відбулося в усі місяці року. Максимально температура зросла в січні-лютому на +1,9 - +2,6 °С, високі значення зростання середньомісячної температури відбулись в березні, липні та серпні - +1,7 °С. Загалом найшвидші тенденції у зміні середньомісячної температури повітря за два кліматичні періоди 1961-1990 та 1991-2020 рр. відбулись взимку +1,7 °С та влітку +1,6 °С, а ось весна та осінь зазнали найменших змін у середніх показниках температури, відповідно - +1,2 °С та +0,6 °С. Бачимо важливу зміну переходу середньомісячної температури повітря через нуль в березні від 0 до +1,7°С. В період 1961-1990 рр. додатні значення в березні спостерігались на заході, південному заході та півдні лівобережжя Середнього Дніпра в межах басейнів - Трубежу, Супою, Золотоношки, Оржиці та нижній течії Ворскли в межах +0,3 - +1,8 °С, а в нижній течії Сули склали - 0 °С. В період 1991-2020 рр. додатні температури березня вже спостерігались в межах майже всіх басейнів лівобережжя Середнього Дніпра, в тому числі і у середній течії Сули та Ворскли, нижній та середній течії Псла. Так зростання температури в межах прикордонних ділянок Псла в Сумах та Мерла в Богодухові склало - +2,5 та +1,9 °С відповідно. І лише у верхів'ї Сули перехід через нульове значення не відбулось, наприклад в Зеленківці температура березня в 1991-2020 рр. навіть зменшилась на -0,1 °С ніж в попередній період.

Попри глобальне зростання температури повітря протягом року зберігається звичний хід температури повітря, але переходи між місяцями в сучасному кліматичному періоді мають більші температурні зміни, що свідчить про більш виражені сезонні коливання температур порівняно з попереднім періодом (рис. 1). Тобто переходи між місяцями стають більш екстремальними. Фаза теплового періоду року розширюється за рахунок більш екстремальніших літніх температур, а кількість днів з температурою вищою за нуль розширились на увесь березень, кінець лютого та листопада, а також початок грудня. Звичайно це явище впливає на фази водного режиму та об'єму стоку річок регіону

досліджень. Розширюється період літньо-осінньої межені, скорочується період зимової межені, весняного водопілля та все частішими явищами стають паводки в усіх сезони року. Скорочується період снігонакопичення взимку, показники випаровування навпаки зростають, змінюється характер випадання опадів та їх інтенсивність.

Таблиця 1. Значення приземної середньої місячної та середньої за рік температури повітря (°C) в сучасний період (1991-2020 рр.) у порівнянні з періодом кліматичної норми (1961-1990 рр.)

Назва гідропоста	Період	Місяці												Середня за рік
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Басейн Псла														
Суми	1961-1990	-8,78	-8,17	-2,09	7,43	14,02	17,5	19,26	18,48	13,22	7,1	0,78	-3,41	6,3
	1991-2020	-4,14	-4,44	0,36	8,61	14,24	18,87	20,44	19,6	14,04	8,36	1,75	-3,72	7,8
Гадяч	1961-1990	-6,74	-5,64	-1,4	8,03	14,13	18,23	19,47	18,6	13,16	7,56	1,63	-3,03	7
	1991-2020	-3,91	-2,45	0,46	9,24	15,08	19,56	21,79	20,71	14,32	7,85	1,88	-3,49	8,4
Запсілля	1961-1990	-5,6	-5,99	-1,72	7,58	14,16	18,09	20,34	19,73	14,68	8,27	2,01	-2,73	7,4
	1991-2020	-3,49	-2,59	2,68	10,03	15,51	20,01	22,34	21,38	15,68	9,24	3,46	-1,61	9,4
Миргород	1961-1990	-6,82	-6,85	-0,35	8,52	14,52	18,29	19,48	18,77	13,48	7,67	2,68	-2,37	7,3
	1991-2020	-4,05	-3,26	1,94	9,68	15,11	19,92	21,25	20,91	15,61	9,3	2,68	-2,55	8,9
Загалом по басейну	1961-1990	-7	-6,7	-1,4	7,9	14,2	18	19,6	18,9	13,6	7,7	1,8	-2,9	7
	1991-2020	-3,9	-3,2	1,4	9,4	15	19,6	21,5	20,7	14,9	8,7	2,4	-2,8	8,6
Басейн Сули														
Зеленківка	1961-1990	-6,4	-5,7	-0,2	7,7	13,2	17,7	19,5	18,7	13,6	7,7	1,8	-4,5	6,9
	1991-2020	-4,7	-4,8	-0,3	8,2	14,2	18,8	20,1	19,6	13,7	7,9	1,4	-3,7	7,5
Ромни	1961-1990	-6,3	-6,9	-0,9	7,2	13,5	17,3	18,1	17,4	12,3	6,9	1,9	-3,8	6,4
	1991-2020	-4,3	-3,7	0,3	8,1	14,2	19,0	20,3	19,5	13,7	7,5	1,3	-3,3	7,7
Лубни	1961-1990	-6,2	-5,5	0,0	8,1	14,2	17,8	18,8	18,4	13,2	7,6	2,5	2,5	7,6
	1991-2020	-3,4	-3,8	1,5	9,1	15,1	19,5	20,7	19,9	14,3	8,0	2,3	-2,5	8,4
Прилуки	1961-1990	-6,7	-6,9	-0,7	8,5	15,3	18,8	19,7	18,7	13,7	7,8	2,2	-2,5	7,3
	1991-2020	-3,3	-3,5	1,8	9,9	15,0	18,9	20,7	19,7	14,2	8,3	2,7	-2,3	8,5
Олександрівка	1961-1990	-5,8	-5,7	0,0	9,5	15,3	18,3	19,3	18,9	14,1	8,4	2,0	-2,6	7,6
	1991-2020	-3,3	-2,8	1,5	8,9	14,1	19,4	21,2	20,8	15,1	8,6	2,9	-2,7	8,6
Маяківка	1961-1990	-5,4	-3,5	1,5	8,2	14,0	17,8	18,5	17,5	13,2	7,4	2,3	-2,2	7,4
	1991-2020	-4,5	-2,4	1,7	9,5	15,7	20,0	21,3	20,4	15,2	9,3	3,6	-1,6	9,0
Загалом по басейну	1961-1990	-6,1	-5,7	0,0	8,2	14,3	18,0	19,0	18,3	13,4	7,6	2,1	-2,2	7,2
	1991-2020	-3,9	-3,5	1,1	8,9	14,7	19,2	20,7	20,0	14,4	8,3	2,4	-2,7	8,3
Басейн Ворскли														
Чернеччина	1961-1990	-8,2	-7,3	-1,9	7,0	14,1	18,3	19,6	18,8	13,6	7,5	1,5	-4,0	6,6
	1991-2020	-4,4	-5,4	0,8	8,6	15,4	19,5	21,4	20,6	14,2	8,1	2,0	-3,2	8,1

Назва гідропоста	Період	Місяці												Середня за рік
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Кобеляки	1961-1990	-3,1	-2,7	1,8	9,4	15,8	18,7	20,7	19,9	15,5	8,8	2,4	-1,4	8,8
	1991-2020	-3,3	-2,8	1,5	9,8	15,5	19,4	21,3	20,8	15,6	9,1	2,7	-1,3	9,0
Богодухів	1961-1990	-7,1	-6,4	-1,1	8,3	14,1	18,3	19,5	19,1	13,3	7,3	1,6	-3,2	7,0
	1991-2020	-4,7	-4,6	0,8	9,4	14,6	19,0	21,3	20,7	14,4	8,3	2,5	-3,5	8,2
Загалом по басейну	1961-1990	-6,1	-5,5	-0,4	8,2	14,7	18,4	19,9	19,2	14,1	7,9	1,8	-2,8	7,5
	1991-2020	-4,2	-4,2	1,0	9,3	15,2	19,3	21,3	20,7	14,7	8,5	2,4	-2,7	8,4
Басейн Трубежу														
Баришівка	1961-1990	-4,6	-3,6	0,2	9,6	15,8	18,6	19,2	18,6	14,3	10,3	4,1	-4,5	8,2
	1991-2020	-1,4	-1,2	2,3	9,1	15,3	19,6	21,6	20,5	15,4	8,9	3,4	-1,2	9,4
Переяслав	1961-1990	-4,6	-4,5	0,3	9,1	15,0	17,6	19,0	18,8	14,0	8,2	3,3	-2,4	7,8
	1991-2020	-3,1	-2,4	2,5	10,0	15,6	19,6	20,8	20,4	15,0	9,0	3,6	-0,3	9,2
Березань	1961-1990	-5,3	-6,0	0,4	8,3	14,1	18,2	19,5	18,7	13,2	7,5	2,3	-2,1	7,4
	1991-2020	-3,8	-3,6	2,1	10,0	15,4	19,5	20,3	19,9	14,0	8,2	2,9	-1,2	8,6
Загалом по басейну	1961-1990	-4,8	-4,7	0,3	9,0	14,9	18,1	19,2	18,7	13,8	8,7	3,2	-3,0	7,8
	1991-2020	-2,8	-2,4	2,3	9,7	15,4	19,5	20,9	20,3	14,8	8,7	3,3	-0,9	9,1
Басейн Сулою														
Піщане	1961-1990	-5,2	-4,4	1,1	8,1	14,3	17,3	18,8	18,5	13,4	8,3	3,1	-2,6	7,6
	1991-2020	-4,5	-3,0	2,3	9,3	15,4	18,8	20,4	20,3	14,4	9,3	3,8	-1,6	8,7
Басейн Золотоношки														
Золотоноша	1961-1990	-4,1	-5,2	0,3	8,0	14,2	18,0	19,1	18,4	13,5	7,7	2,6	-2,2	7,5
	1991-2020	-2,5	-0,3	2,1	9,5	15,1	19,5	21,3	20,0	14,1	8,1	2,9	-2,2	9,0
Загалом в межах лівобережжя Середнього Дніпра	1961-1990	-5,5	-5,4	0,0	8,2	14,4	18,0	19,3	18,7	13,6	8,0	2,4	-2,6	7,4
	1991-2020	-3,6	-2,8	1,7	9,4	15,1	19,3	21,0	20,3	14,5	8,6	2,9	-2,2	8,7
РІЗНИЦЯ		1,9	2,6	1,7	1,1	0,7	1,3	1,7	1,7	0,9	0,6	0,4	0,5	1,2

За два кліматичні періоди змінилась і кількість опадів в межах лівобережжя Середнього Дніпра, загалом за останні 60 років вона зменшилась на -7,3 мм (табл. 2). Але в розрізі окремих басейнів помітні значні відхилення то в бік зростання кількості опадів, то в бік їх зменшення. Так, найбільш позитивна динаміка зростання кількості опадів в межах досліджуваного регіону спостерігалась в басейні Псла - +18,4 мм, особливо значне зростання частки опадів спостерігалось в басейні його притоки Хоролу - +75,2 мм, верхній та нижній течії Псла - +7,2 мм та 1,1 мм відповідно. В середній частині басейну (м/с Гадяч) спостерігалось зменшення опадів на 9,9 мм. Другим річковим басейном, де спостерігались додатні значення, був басейн Сули, але тут кількість опадів зросла всього на 0,9 мм. Позитивна динаміка в басейні Сули спостерігалась у верхній течії (+3,7 мм в с. Зеленівка та +56,6 мм в м. Ромни). В нижній течії також зросла кількість опадів при впадінні в Сулу її правої притоки Оржиці - +47 мм. В інших частинах басейну кількість опадів зменшилась - в середній течії Сули - на 4,8 мм, басейні Удаю – на 79 мм та Сліпороду – на 18 мм.

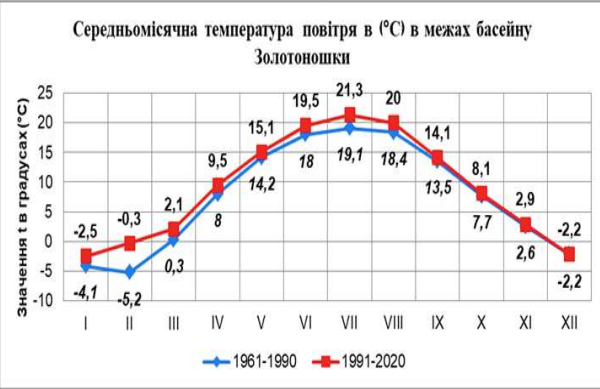
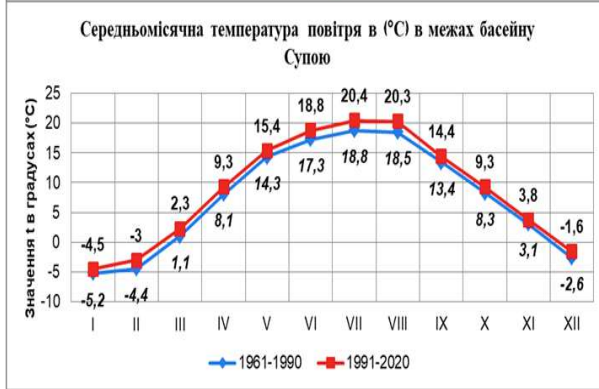
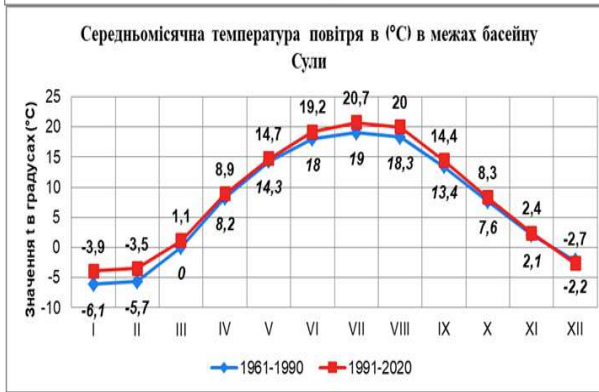
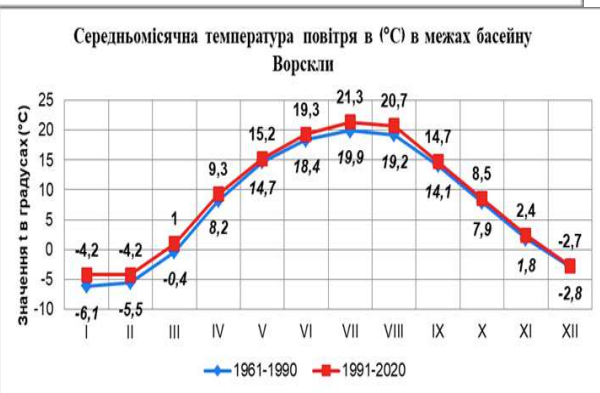
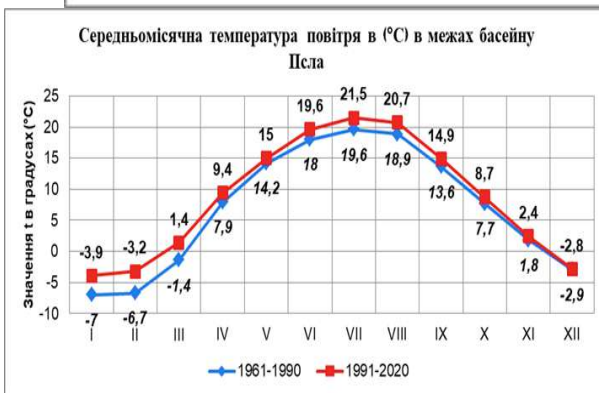


Рис. 1. Зміна середньомісячних температур повітря за два характерні кліматичні періоди 1961-1990 рр. та 1991-2020 рр. в межах лівобережжя Середнього Дніпра та його річкових басейнів

Таблиця 2. Значення місячних сум атмосферних опадів та суми за рік (мм) в сучасний період (1991-2020 рр.) у порівнянні з періодом кліматичної норми (1961-1990 рр.)

Назва гідропоста	Періоди	Місяці												Середня за рік
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Басейн Псла														
Суми	1961-1990	37,5	30,6	32,8	41,8	56,6	57,9	69,9	59,3	49,8	39,6	41,9	43,6	561,3
	1991-2020	42,5	39,7	41,7	35,8	58,6	59,8	67,3	56,4	49,7	43,8	37,8	35,6	568,5
Гадяч	1961-1990	40,2	35,2	35,4	40,1	50,2	59,9	63,9	53,6	47,7	47,4	45,9	38,9	558,2
	1991-2020	43,1	37,6	40,9	37,0	54,8	62,3	54,8	44,5	47,3	50,4	39,7	36,1	548,3
Запсілля	1961-1990	40,7	35,5	32,0	36,5	43,4	51,8	60,8	57,9	46,6	37,3	34,9	37,6	514,8
	1991-2020	41,5	38,8	36,8	37,8	48,8	57,1	61,4	51,9	42,2	33,9	32,3	33,5	515,9
Миргород	1961-1990	37,8	39,7	39,9	34,8	51,2	50,2	53,4	41,3	38,8	29,6	42,2	30,3	489,3
	1991-2020	42,1	41,2	38,7	40,4	52,6	57,3	57,0	49,5	42,2	52,3	44,1	47,0	564,5
Загалом по басейну	1961-1990	39,0	35,2	35,0	38,3	50,3	54,9	62,0	53,0	45,7	38,5	41,2	37,6	530,9
	1991-2020	42,3	39,3	39,5	37,7	53,7	59,1	60,1	50,6	45,3	45,1	38,5	38,0	549,3
Басейн Сули														
Зеленківка	1961-1990	44,6	35,3	39,0	38,7	49,8	58,6	64,5	59,6	46,6	39,7	45,4	47,3	569,2
	1991-2020	43,9	41,7	41,2	39,7	59,1	61,8	63,4	56,4	44,8	44,8	37,3	38,9	572,9
Ромни	1961-1990	33,8	36,1	32,9	44,1	49,9	58,0	59,9	59,8	42,1	31,8	37,6	36,8	522,8
	1991-2020	44,8	42,3	45,8	33,5	60,6	66,2	67,6	52,0	42,7	44,5	40,9	38,5	579,4
Лубни	1961-1990	51,8	39,2	35,9	38,1	49,1	66,1	73,9	52,5	45,7	39,7	47,0	46,2	585,0
	1991-2020	48,3	42,1	45,1	40,7	61,4	53,6	52,6	52,2	47,7	49,1	41,8	45,5	580,2
Прилуки	1961-1990	44,8	40,5	49,4	40,9	46,5	62,8	81,5	66,1	65,7	52,5	54,9	51,4	657,2
	1991-2020	43,0	41,5	44,7	40,3	59,4	63,6	63,7	49,4	44,7	47,9	39,3	40,6	578,2
Олександрівка	1961-1990	38,2	37,4	35,5	37,1	47,2	64,8	71,3	64,2	51,2	45,2	46,2	40,8	579,0
	1991-2020	42,4	38,6	36,8	39,1	52,6	64,4	56,6	53,5	43,3	47,2	38,9	47,7	561,0
Маяківка	1961-1990	39,0	39,9	37,9	37,4	44,1	54,9	60,1	48,4	40,8	38,1	41,6	39,8	521,6
	1991-2020	38,4	41,8	38,3	39,6	53,0	66,3	59,6	61,9	43,2	44,5	38,9	43,1	568,6
Загалом по басейну	1961-1990	42,0	38,1	38,4	39,4	47,8	60,9	68,5	58,4	48,7	41,2	45,5	43,7	572,5
	1991-2020	43,5	41,3	42,0	38,8	57,7	62,6	60,6	54,3	44,4	46,3	39,5	42,4	573,4
Басейн Ворскли														
Чернечина	1961-1990	45,5	35,5	34,3	41,6	49,4	59,0	62,2	59,0	48,0	43,2	46,3	45,8	569,7
	1991-2020	45,1	39,5	43,0	36,6	54,4	55,3	60,7	53,4	47,8	40,4	43,9	38,9	559,1
Кобеляки	1961-1990	37,6	37,5	34,3	35,4	55,8	49,4	47,9	31,8	32,6	35,1	32,9	38,3	468,6
	1991-2020	38,7	39,4	29,5	32,2	52,9	46,6	37,6	32,7	35,7	50,0	38,6	29,6	463,4
Богодучів	1961-1990	38,8	33,9	34,9	45,1	47,9	58,4	67,5	62,2	54,7	42,0	30,5	39,3	555,1
	1991-2020	43,4	39,7	41,3	35,4	59,5	60,8	63,3	49,6	46,4	45,0	39,0	40,9	564,2
Загалом по басейну	1961-1990	40,6	35,6	34,5	40,7	51,0	55,6	59,2	51,0	45,1	40,1	36,6	41,1	531,1
	1991-2020	42,4	39,5	37,9	34,7	55,6	54,2	53,8	45,2	43,3	45,1	40,5	36,5	528,9

Назва гідропоста	Періоди	Місяці												Середня за рік
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Басейн Трубежу														
Баришівка	1961-1990	38,5	32,7	39,2	42,1	53,7	65,5	71,7	58,4	47,2	36,2	28,4	32,5	546,0
	1991-2020	36,4	35,7	36,6	37,4	41,0	45,1	46,0	45,2	45,1	42,8	40,0	37,5	488,7
Переяслав	1961-1990	39,2	33,6	29,6	39,8	48,3	61,2	76,3	61,9	39,9	34,1	37,7	43,2	545,0
	1991-2020	38,0	37,8	39,4	39,9	42,8	46,0	47,9	46,6	45,9	45,7	43,6	41,6	515,1
Березань	1961-1990	33,8	32,6	32,5	33,5	40,1	39,8	38,8	38,9	34,4	31,6	30,5	31,3	417,8
	1991-2020	36,4	33,8	47,4	36,8	48,5	42,6	39,2	42,6	42,6	44,2	41,7	30,9	486,8
Загалом по басейну	1961-1990	37,2	33,0	33,8	38,5	47,4	55,5	62,3	53,1	40,5	34,0	32,2	35,7	502,9
	1991-2020	36,9	35,8	41,1	38,0	44,1	44,6	44,4	44,8	44,5	44,2	41,8	36,6	496,9
Басейн Супою														
Піщане	1961-1990	33,5	36,4	37,2	37,5	40,4	64,7	64,2	56,3	33,5	26,0	39,5	44,3	513,7
	1991-2020	35,8	31,5	55,6	37,1	57,0	68,4	44,2	11,9	25,7	19,1	52,3	23,4	462,0
Басейн Золотоношки														
Золотоноша	1961-1990	38,9	38,4	34,7	38,7	45,8	63,2	58,7	52,7	34,8	23,8	42,2	42,2	514,1
	1991-2020	29,0	33,5	20,6	34,6	63,8	66,9	61,8	69,1	23,2	41,5	32,3	34,7	511,0
Усереднені дані в межах лівобережжя Середнього Дніпра														
Загалом в межах лівобережжя Середнього Дніпра	1961-1990	38,5	36,1	35,6	38,8	47,1	59,1	62,5	54,1	41,4	33,9	39,5	40,8	527,5
	1991-2020	38,3	36,8	39,4	36,8	55,3	59,3	54,2	46,0	37,7	40,2	40,8	35,3	520,2
РІЗНИЦЯ		-0,2	0,7	3,8	-2,0	8,2	0,2	-8,3	-8,1	-3,7	6,3	1,3	-5,5	-7,3

В басейнах Ворскли, Трубежу, Супою та Золотоношки в цілому переважала негативна динаміка випадіння опадів в період 1961-2020 рр. Найкраща ситуація із зазначених басейнів спостерігалась в басейні Ворскли – зменшення лише на 2,2 мм. Зменшення кількості опадів, в основному, спостерігалось по основній вісі басейну - так в Чернеччині та Кобеляках вона зменшилась за 60 річний період на -10,6 мм та -5,2 мм, відповідно. Лише в межах басейну річки Мерло спостерігалась позитивне зростання кількості опадів за цей період - на +9,1 мм. В басейні Золотоношки кількість опадів скоротилась на -3,1 мм. Різке скорочення опадів в цьому басейні відбулось у зимово-весняний період - на -22,5 мм, восени на -3,8 мм, а ось найбільше зростання відбулось влітку - на 23,2 мм. В басейні Трубежу зменшення опадів склало -6 мм. Найгірша динаміка змін спостерігалась в середній течії Трубежу до -57,3 мм (м/с Баришівка) та в нижній частині басейну -29,9 мм (м/с Переяслав). Лівобережжя басейну в межах його притоки річки Недри демонструвало позитивну динаміку зростання атмосферних опадів на +69 мм. Найгірша ситуація зі зменшенням кількості атмосферних опадів спостерігалась в басейні Супою - -51,7 мм. Найбільш негативна динаміка зменшення опадів тут припала на період літньо-осінньої межени у липні-жовтні - -79,1 мм та зимової межени - -23,5 мм. А найбільше зростання відбулось в весняно-літній період з березня по червень - +38,3 мм.

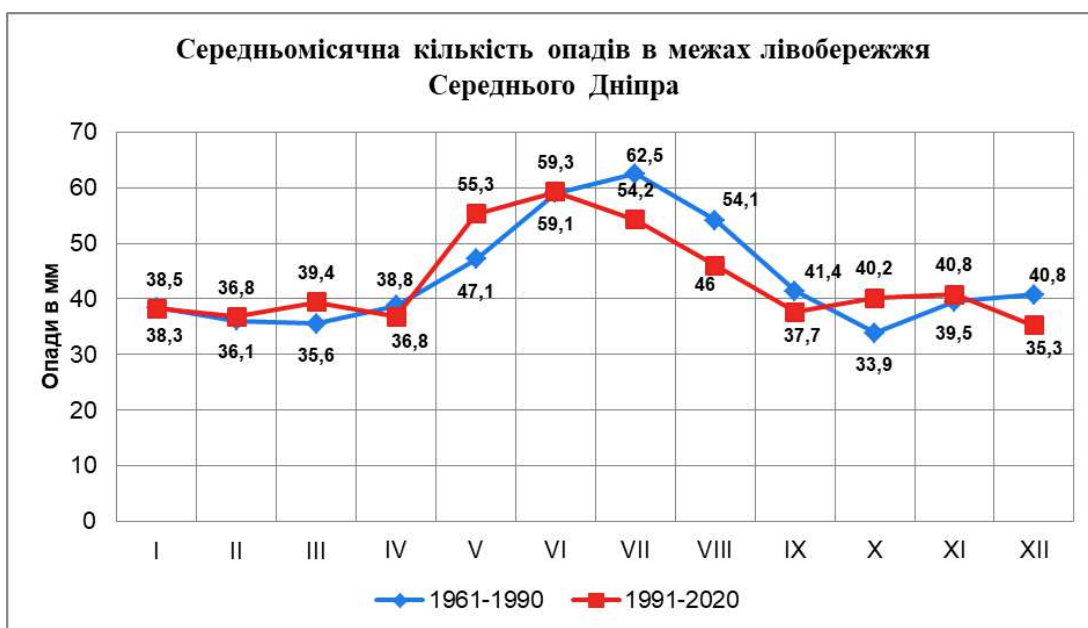
Вплив зростання температури простежується і в зміні кількості опадів: в березні 1991-2020 рр. температура зросла на 1,7 °С, що спровокувало зростання опадів в цей час на 3,8 мм. Бачимо зростання температури повітря в травні та червні до 15-19 °С, що

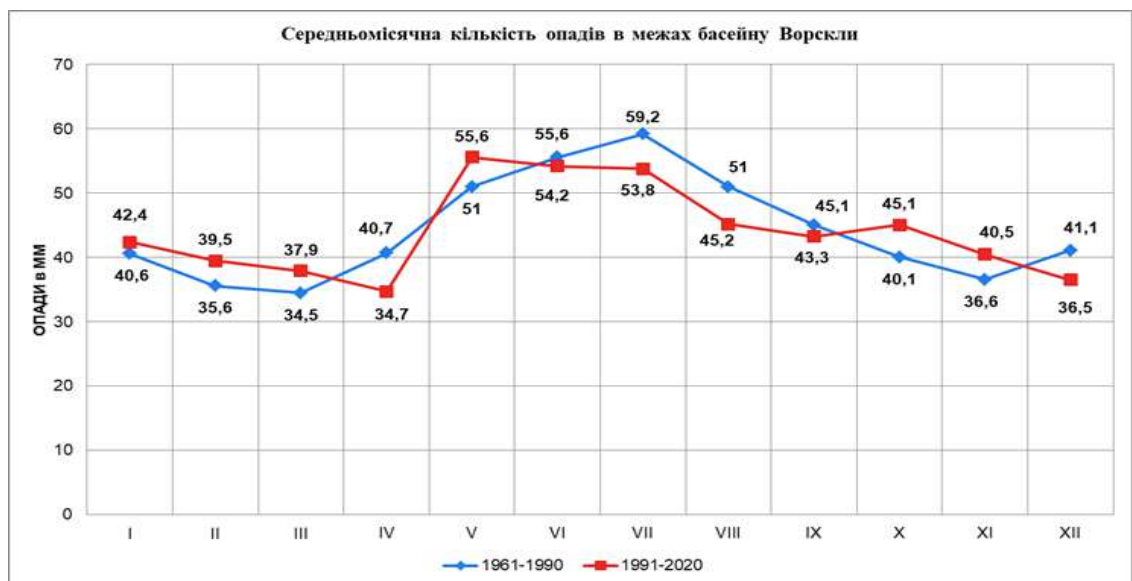
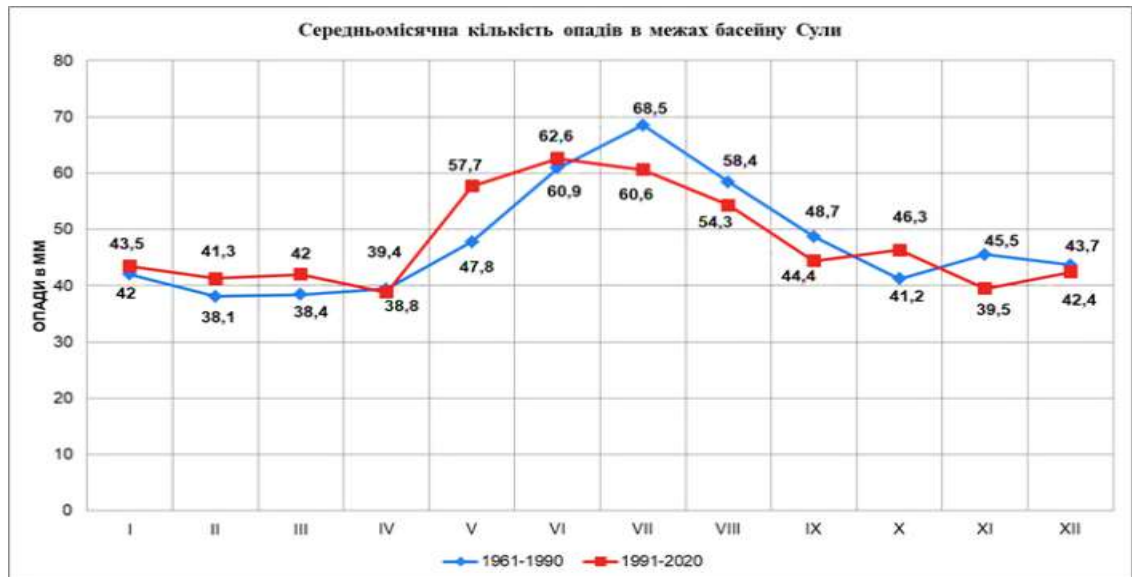
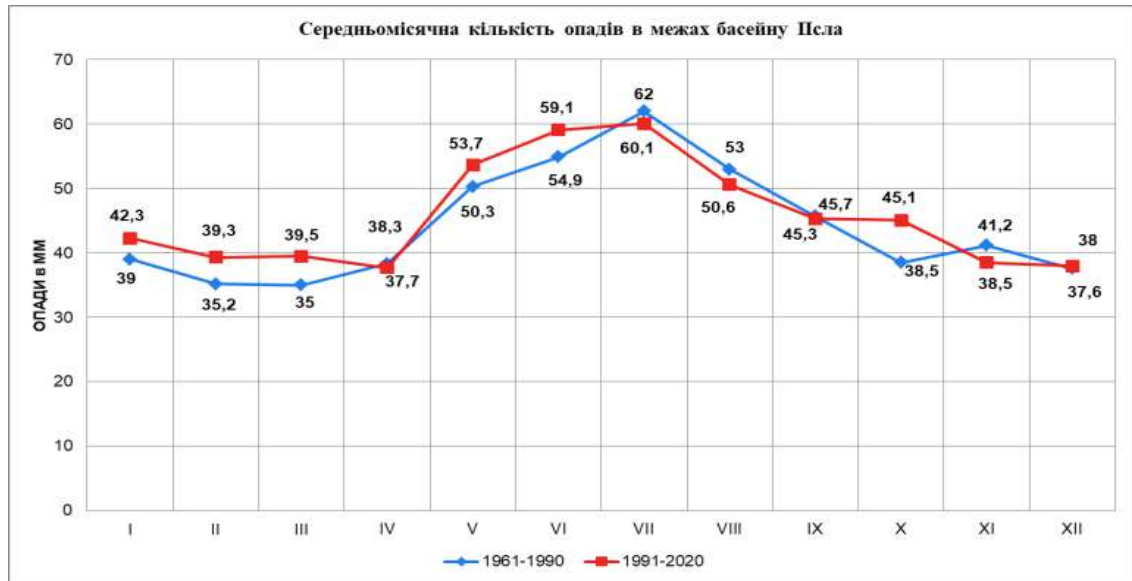
спричиняє зростання кількості водяної пари у повітрі в більш ранньому періоді та випадання більшої кількості опадів на 8,2 та 0,2 мм відповідно.

В липні-серпні та першій половині вересня спостерігаються більш спекотні дні в останній кліматичний період із температурами понад 25 °С, що призводить до зростання точки роси, а отже більшого об'єму вологи, яка потрібна для стану 100% насичення. В цей час через дефіцит вологості в повітрі, спостерігається мінімальні значення вологості ґрунту та падіння рівня ґрунтових вод. Тому в цей період, який співпадає з часом літньо-осінньої межени, кількість опадів зменшилась найбільше за увесь рік на -8,3 мм в липні, -8,1 мм в серпні та меншою мірою у вересні -3,7 мм. В попередній кліматичний період восени повітря охолоджувалось вже в другій половині вересня та провокувало більшу кількість опадів з подальшим зниженням у жовтні, коли випаровування різко зменшувалось. В останній кліматичний період спостерігається дефіцит опадів у вересні, який спровокований дефіцитом вологи за вищих температур. В жовтні та листопаді навпаки відбувається зростання опадів, спровоковане вищими значеннями температури повітря ніж у період кліматичної норми та меншого дефіциту вологи, порівнюючи з літом. Перехід клімату, що був характерним для вересня-жовтня вже спостерігається в жовтні – на початку грудня. Збільшення температури взимку провокує зменшення відносної вологості повітря та скорочення кількості опадів в межах лівобережжя Середнього Дніпра в грудні-січні на -5,5 мм та -0,2 мм, відповідно.

Порівнюючи режим випадання опадів за два періоди бачимо (рис. 2), що в період 1961-1990 рр. він був більш плавним із зимового періоду коли спостерігалась найменша кількість опадів вона поступово зростала та досягала свого піку в червні-серпні коли середні температури в районі дослідження були меншими за 20 °С. В серпні кількість опадів зменшувалась та досягала аналогічних зимовим значень в жовтні, а потім зростала до грудня-січня. В період 1991-2020 рр. бачимо звуження періоду випадання опадів влітку та зміщення піку їх випадання на травень-липень та меншу їх кількість в періоди піку 59,3 мм (раніше - 62,5 мм), що свідчить про значно вищі температури повітря та зростаючий дефіцит вологості через теплове розширення повітря. З липня відбувається поступове зниження кількості опадів з його мінімумом у вересні - це наслідок значно вищих температур в період літньо-осінньої межени через теплове розширення повітря, а значить збільшенню об'єму вологи яке воно може вмістити.

Початок рис. 2





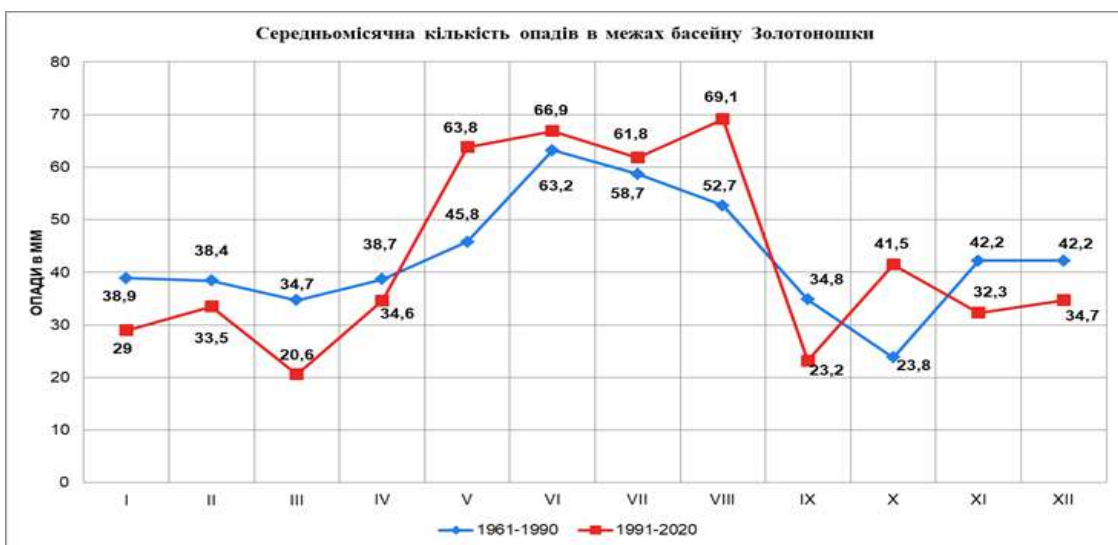
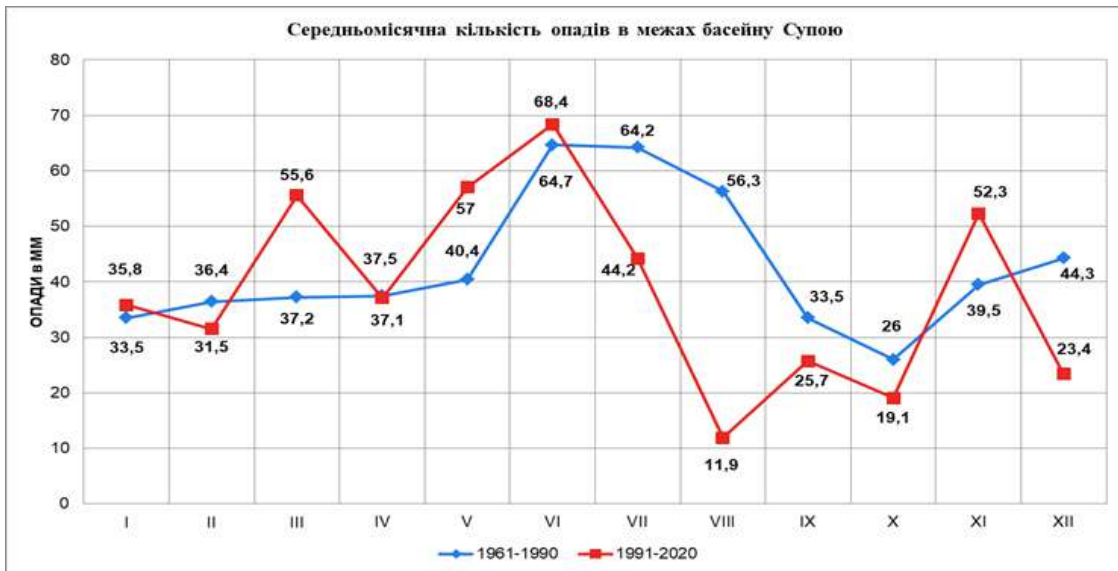
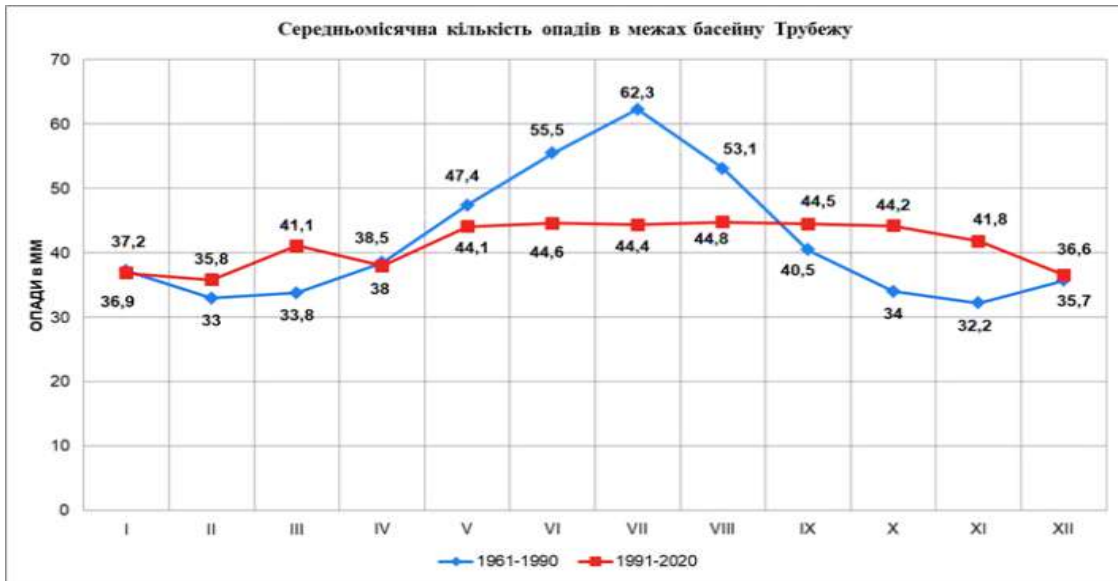


Рис. 2. Зміни кількості та режиму випадіння опадів за два характерні кліматичні періоди 1961-1990 рр. та 1991-2020 рр. в межах лівобережжя Середнього Дніпра та його річкових басейнів

Побіжними наслідками в цей час є максимальні рівні випаровування з поверхні води та ґрунту та розширення територій в межах басейну лівобережжя Середнього Дніпра з дефіцитом вологи в ґрунті. Більш різкий перепад температур восени сприяє охолодженню повітря в жовтні-листопаді, що провокує зростання опадів в останній кліматичний період в цей час. Тому, якщо в попередній кліматичний період 1961-1990 рр. виділялось два чітких мінімуми кількості опадів - в березні та жовтні, як періоди переходу між теплим та холодним періодом року, то в сучасний кліматичний період виділяється 4 мінімуми - в лютому, квітні, вересні та грудні. Це спровоковано нестабільною температурою взимку, частим переходом через 0 °С, в квітні початком дефіциту вологи після більш раннього танення снігу в лютому-березні, а у вересні - тривалим періодом дефіциту вологи.

В цілому простежується тенденція зменшення кількості опадів в західній, південно-західній, південній та південно-східній частинах басейну лівобережжя Середнього Дніпра. В той час коли в північно-східній, північній, північно-західній та центральній частинах спостерігалось зростання кількості опадів. Що цілком є спів ставним із максимальним зростанням температури повітря у відповідних регіонах і меншими значеннями зростання температури в районах зростання кількості опадів.

Оцінка часової динаміки річного та середнього місячного стоку за два кліматичні періоди. Оцінка часової динаміки середнього місячного та річного стоку в межах лівобережжя Середнього Дніпра в цілому та в розрізі окремих басейнів демонструє нам пряму залежність змін стоку від зміни кількості атмосферних опадів та сумарного випаровування. Тому, не дивлячись на зростання кількості опадів в басейнах Псла, Сули, окремих частинах басейнів Ворскли - р. Мерло та басейну Трубежу - р. Недра, ця частка зростання буде компенсуватись зростанням частки випаровування. Сумарне річне випаровування протягом останнього кліматичного періоду 1991-2020 рр. зросло більше ніж зростала частка опадів в зазначених вище басейнах, а тому сумарний шар стоку в басейнах усіх річок лівобережжя Середнього Дніпра зменшився на -5,2 мм (табл. 3). В розрізі окремих басейнів зменшення шару стоку є наступним: в басейні Псла – на 8,3 мм, Ворскли – на 7,8 мм, Сули – на 6,6 мм, Супою – на 4,1 мм, Золотоношки – на 2,8 мм та Трубежу – на 1,6 мм. Максимальне зменшення показників шару стоку відчули великі річкові басейни, які досить сильно у своєму типі живленні були зорієнтовані на снігове живлення - Псел, Ворскла й Сула, а ось значно менші - басейни Супою, Трубежу та Золотоношки, які в основному живляться підземними водами, зазнали менших втрат шару стоку. Маючи менші за площею річкові басейни річки Трубіж, Золотоношка та Супій менше залежать від значних запасів талих вод в період весняного водопілля, а тому отримують навіть більшу частку шару стоку взимку в січні та лютому у вигляді дощу чи більш частих періодів відлиг на відміну від більших за площею та більш прохолодних взимку річкових басейнів - Псла, Ворскли та Сули – рис.3.

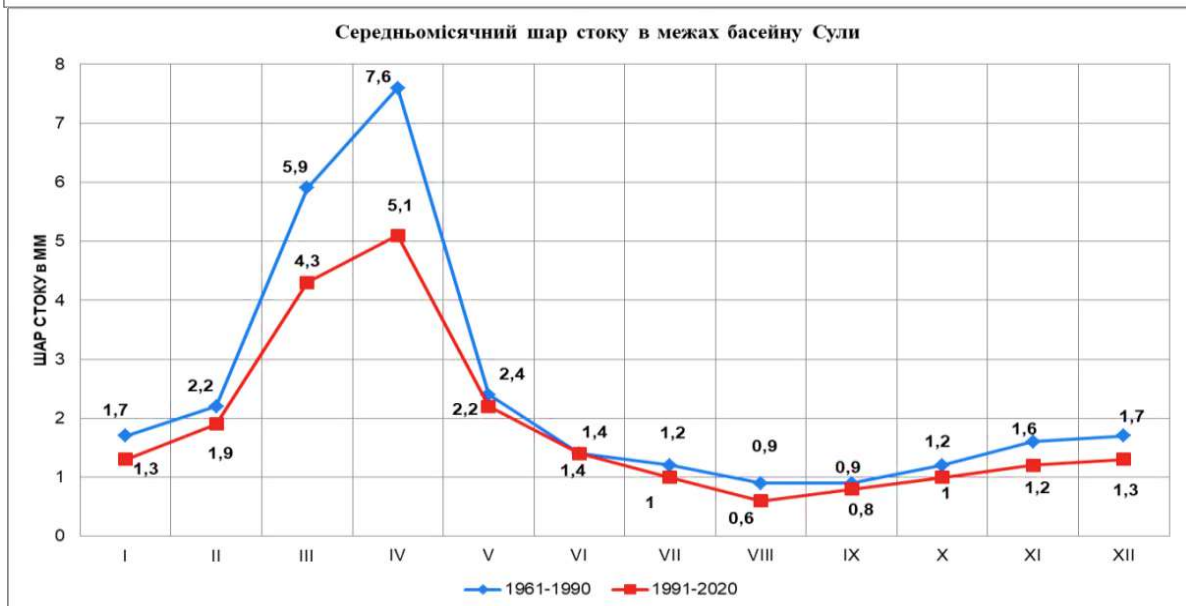
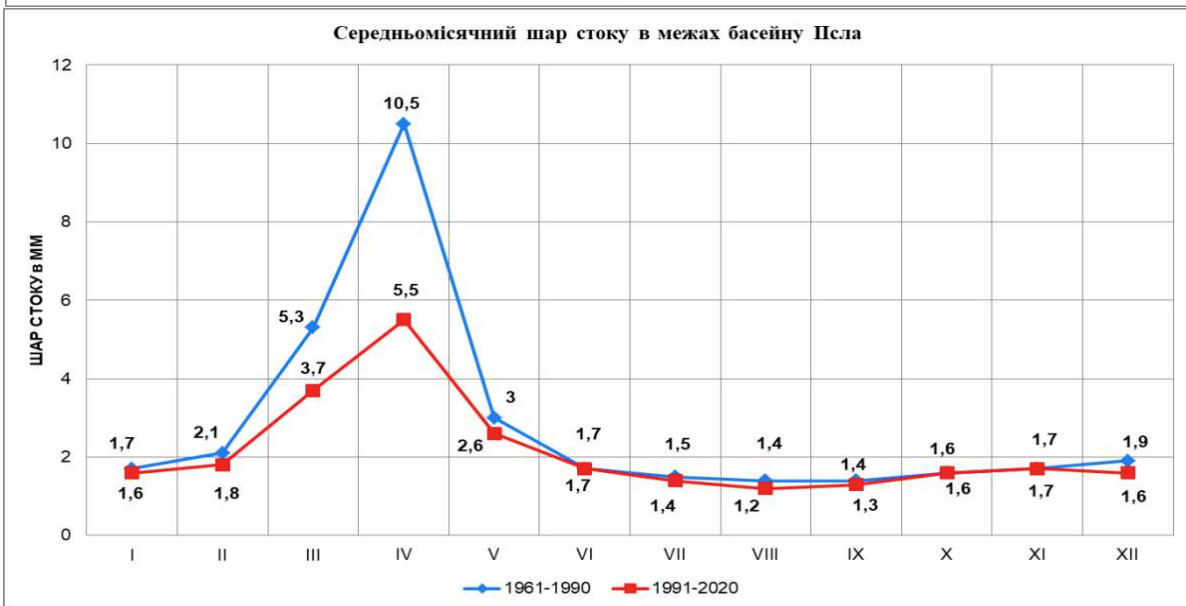
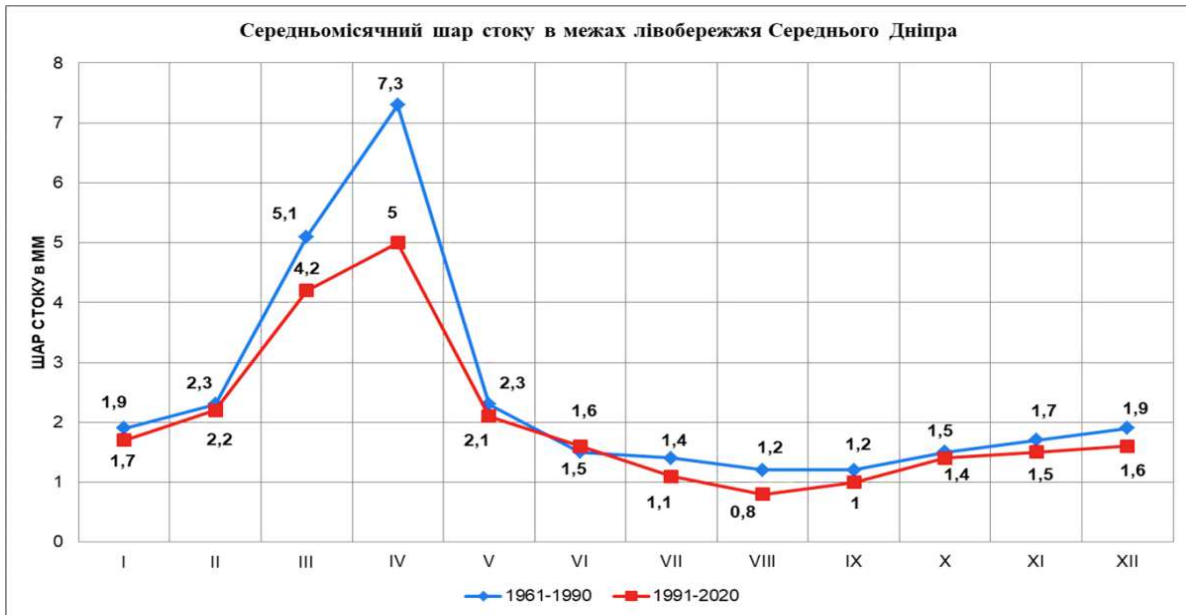
Таблиця 3. Значення середнього місячного та середнього річного стоку води (мм) в сучасний період (1991-2020 рр.) у порівнянні з періодом кліматичної норми (1961-1990 рр.)

Назва гідропоста	Періоди	Місяці												Середня за рік
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Басейн Псла														
Сули	1961-1990	1,9	2,4	5,7	12,2	3,0	1,9	1,8	1,9	2,0	2,0	2,2	2,4	39,3
	1991-2020	2,1	2,1	3,5	5,4	2,5	2,2	2,2	2,1	2,2	2,4	2,4	2,1	31,1
Гадяч	1961-1990	2,1	2,5	5,3	11,8	3,1	1,6	1,6	1,4	1,6	1,9	2,1	2,3	37,1
	1991-2020	1,9	2,2	4,8	6,6	2,8	1,7	1,4	1,3	1,4	1,9	2,1	1,8	29,8
Запсілля	1961-1990	1,7	2,0	4,0	8,7	3,6	1,6	1,3	1,2	1,2	1,4	1,6	1,8	30,0
	1991-2020	1,5	1,7	3,5	4,8	3,0	1,4	1,0	0,8	0,8	1,3	1,5	1,4	22,7

Назва гідропоста	Періоди	Місяці												Середня за рік
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Миргород	1961-1990	1,1	1,7	6,2	9,4	2,5	1,7	1,2	1,0	0,8	1,3	1,0	1,2	29,1
	1991-2020	0,9	1,1	3,1	5,1	2,1	1,4	1,0	0,8	0,7	0,7	0,8	0,9	18,4
Загалом по басейну	1961-1990	1,7	2,1	5,3	10,5	3,0	1,7	1,5	1,4	1,4	1,6	1,7	1,9	33,8
	1991-2020	1,6	1,8	3,7	5,5	2,6	1,7	1,4	1,2	1,3	1,6	1,7	1,6	25,5
Басейн Сули														
Зеленківка	1961-1990	2,1	3,3	11,9	10,5	2,3	1,9	1,9	1,2	1,6	2,1	2,6	2,1	43,6
	1991-2020	1,4	2,8	6,6	6,3	1,6	1,4	0,9	0,7	1,9	2,1	1,9	1,6	29,2
Ромни	1961-1990	1,7	2,3	6,4	9,9	2,2	1,4	1,6	1,2	1,0	1,2	1,5	1,8	32,2
	1991-2020	1,1	1,4	3,9	5,6	2,0	1,0	0,7	0,4	0,5	0,7	1,0	0,9	19,2
Лубни	1961-1990	1,6	1,8	3,8	8,4	3,6	1,4	0,9	0,8	0,8	1,0	1,4	1,6	26,9
	1991-2020	1,1	1,3	2,6	4,3	3,0	1,3	0,9	0,6	0,5	0,6	0,8	0,9	17,7
Прилуки	1961-1990	1,5	2,2	5,5	10,3	3,6	1,8	1,3	0,9	0,9	1,3	1,6	1,9	32,7
	1991-2020	1,6	2,0	5,8	8,3	3,7	2,0	1,2	0,7	0,7	1,0	1,6	1,7	30,2
Олександрівка	1961-1990	1,3	1,9	4,6	3,2	1,0	0,6	0,6	0,4	0,6	0,6	1,0	1,3	16,9
	1991-2020	1,3	2,3	4,2	3,0	1,1	1,0	0,8	0,6	0,6	0,6	1,0	1,1	17,5
Маяківка	1961-1990	1,9	1,9	3,2	3,0	1,6	1,3	1,3	1,0	0,8	1,0	1,3	1,6	19,8
	1991-2020	1,4	1,8	3,0	2,8	1,8	1,6	1,3	0,8	0,8	0,9	1,2	1,4	18,7
Загалом по басейну	1961-1990	1,7	2,2	5,9	7,6	2,4	1,4	1,2	0,9	0,9	1,2	1,6	1,7	28,7
	1991-2020	1,3	1,9	4,3	5,1	2,2	1,4	1,0	0,6	0,8	1,0	1,2	1,3	22,1
Басейн Ворскли														
Чернеччина	1961-1990	5,7	7,7	19,3	31,0	7,1	3,3	4,2	3,5	3,7	5,6	6,0	6,7	103,8
	1991-2020	4,3	5,5	16,4	24,3	7,0	4,0	3,1	2,2	2,4	5,4	5,8	4,5	84,9
Кобеляки	1961-1990	2,2	2,7	5,4	8,0	2,5	1,4	1,3	1,1	1,2	1,7	2,0	2,1	31,5
	1991-2020	1,9	2,4	4,0	5,3	2,6	1,5	1,2	0,9	0,9	1,6	1,8	1,7	25,7
Богодухів	1961-1990	1,2	2,5	7,0	6,6	1,5	1,3	1,0	0,8	1,2	1,7	1,1	1,2	27,1
	1991-2020	1,9	3,5	5,8	5,4	1,8	1,3	1,0	0,7	1,5	2,1	1,7	1,7	28,4
Загалом по басейну	1961-1990	3,0	4,3	10,6	15,2	3,7	2,0	2,2	1,8	2,0	3,0	3,0	3,3	54,1
	1991-2020	2,7	3,8	8,7	11,7	3,8	2,3	1,8	1,3	1,6	3,0	3,1	2,6	46,3
Басейн Трубежу														
Баришівка	1961-1990	1,3	1,4	3,0	4,3	1,9	1,2	1,3	0,9	0,9	1,0	1,2	1,5	19,8
	1991-2020	1,6	1,9	3,2	3,4	1,8	2,0	0,9	0,7	0,7	1,0	1,3	1,4	19,8
Переяслав	1961-1990	1,9	2,1	3,3	4,4	2,3	1,6	1,4	1,0	1,1	1,2	1,4	1,9	23,4
	1991-2020	1,5	2,0	3,2	3,5	1,6	1,3	0,8	0,6	0,6	1,0	1,2	1,3	18,7
Березань	1961-1990	1,3	1,4	3,0	4,3	1,9	1,2	1,3	0,9	0,9	1,0	1,2	1,5	19,8
	1991-2020	1,6	1,9	3,2	3,4	1,8	2,0	0,9	0,7	0,7	1,0	1,3	1,4	19,8

Назва гідропоста	Період	Місяці												Середня за рік
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Загалом по басейну	1961-1990	1,5	1,6	3,1	4,3	2,0	1,3	1,3	0,9	1,0	1,0	1,3	1,6	21,0
	1991-2020	1,6	2,0	3,2	3,4	1,7	1,8	0,8	0,6	0,6	1,0	1,3	1,4	19,4
Басейн Супою														
Піщане	1961-1990	1,2	1,4	2,3	2,7	1,1	0,9	0,8	0,7	1,0	1,3	1,1	1,2	15,5
	1991-2020	0,9	1,2	1,7	1,6	0,9	0,8	0,6	0,5	0,7	0,8	0,8	0,8	11,4
Басейн Золотоношки														
Золотоноша	1961-1990	2,1	2,1	3,7	3,3	1,9	1,6	1,4	1,2	0,9	1,2	1,4	1,6	22,3
	1991-2020	1,9	2,3	3,3	3,0	1,6	1,4	0,9	0,7	0,7	0,9	1,2	1,6	19,5
Усереднені дані в межах лівобережжя Середнього Дніпра														
Загалом в межах лівобережжя Середнього Дніпра	1961-1990	1,9	2,3	5,1	7,3	2,3	1,5	1,4	1,2	1,2	1,5	1,7	1,9	29,2
	1991-2020	1,7	2,2	4,2	5,0	2,1	1,6	1,1	0,8	1,0	1,4	1,5	1,6	24,0
РІЗНИЦЯ		-0,2	-0,1	-1,0	-2,2	-0,2	0,1	-0,3	-0,3	-0,2	-0,2	-0,1	-0,3	-5,2

В розрізі окремих місяців шар стоку зазнав найбільших змін в квітні та березні. В цілому по лівобережжю Середнього Дніпра він зменшився на -2,2 мм та -1,0 мм, відповідно, в сучасний кліматичний період. Ці зміни пов'язані із зростанням середньомісячних температур повітря в досліджуваному районі в березні на +1,7 °С, та квітні +1,1 °С, що вплинуло на більш ранній початок весняного водопілля, яке все частіше розпочинається в другу-третю декаду лютого і завершується в останню декаду березня - першу декаду квітня. Ще одним фактором зменшення шару стоку є зменшення величини атмосферних опадів в квітні на -2 мм та зростання сумарного випаровування на +0,3 мм. Також зменшення показників шару стоку спостерігається в період літньо-осінньої та зимової межени в липні-серпні та грудні по -0,3 мм. Загалом зменшення шару стоку спостерігається в межах 11 місяців року від -0,1 до -0,2 мм і лише в червні шар стоку збільшився на +0,1 мм. Головна причина такої ситуації – зворотна залежність між кількістю опадів та сумарним випаровуванням. Така залежність простежується в період - січень-лютий, травень-липень, вересень та грудень. Різниця в -0,1 мм спостерігалась в березні та жовтні, що може бути пов'язане із втратою цієї частки шару стоку на інфільтрацію води в ґрунт для поповнення об'єму води після періоду зимової та літньо-осінньої межени. Досить логічним поясненням є зростання частки шару стоку на +0,1 мм в квітні та листопаді, яке супроводжується насиченням ґрунтових вод в квітні талими водами весняного водопілля, а в листопаді - після початку випадання опадів в період осінніх дощів. І досить цікавою особливістю є різниця шару стоку із різницею кількості опадів та сумарного випаровування в межах регіону, що спостерігається в серпні, в період фази літньо-осінньої межени в межах +0,1 мм. Причиною додатної різниці між цими показниками можна пов'язати із тепловим розширенням повітря, яке спричиняє зростання температури точки роси та призводить до дефіциту вологи для випаровування та, як наслідок, зменшення кількості опадів. Тому в цей період відбувається активне випаровування води з ґрунту, що призводить до дефіциту вологи в його поверхневому шарі, але паралельно запускаються процеси капілярного підйому з глибших шарів ґрунту, які можуть посилюватись в результаті різниці температур різних за глибиною ділянок ґрунту й гірських порід, розпушуванням ґрунту кореневою системою рослин.



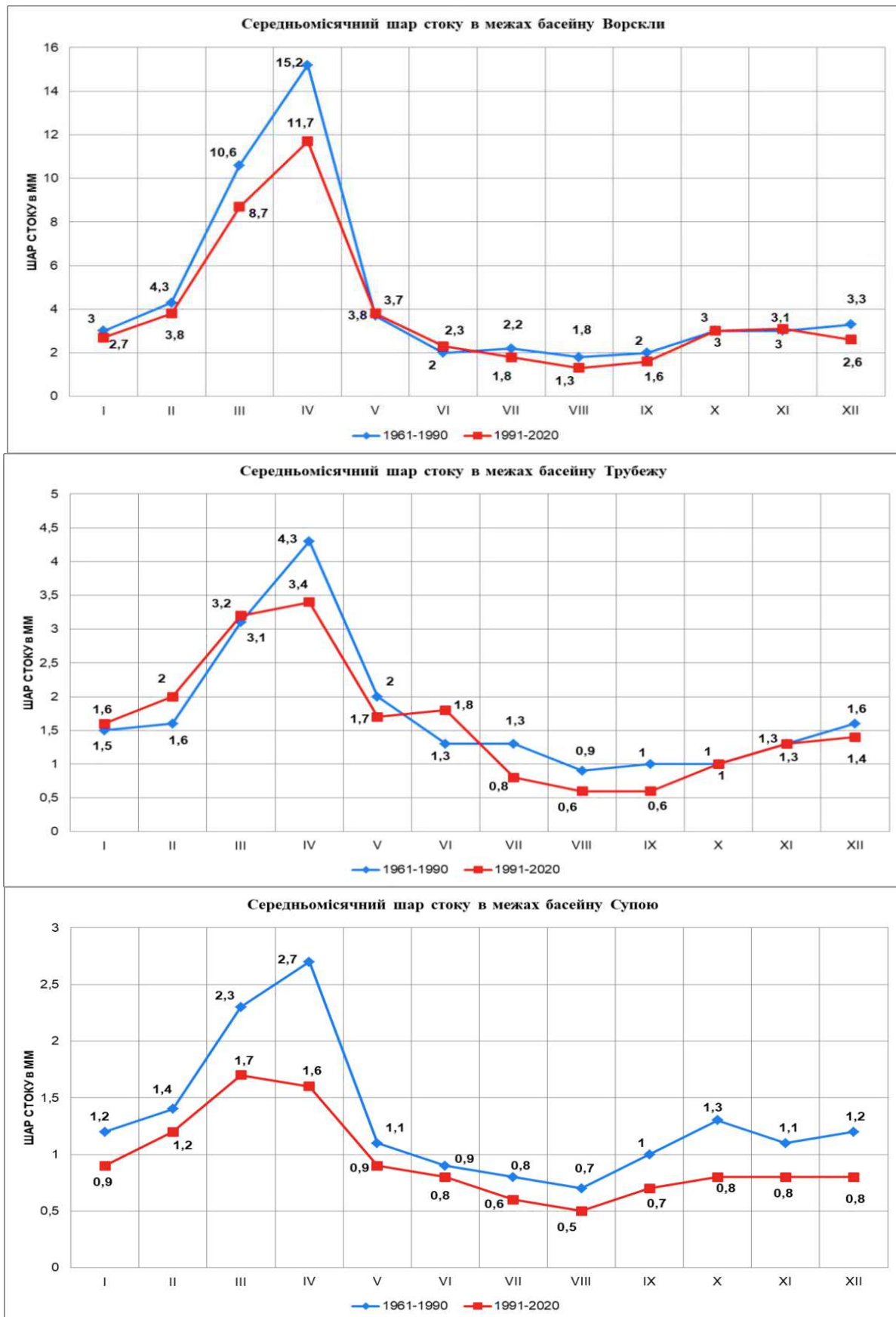


Рис. 3. Зміна середньомісячного шару стоку за два кліматичні періоди 1961-1990 рр. та 1991-2020 рр. в межах лівобережжя Середнього Дніпра та його річкових басейнів

Порівнюючи взаємозалежності шару стоку, кількість опадів, сумарного випаровування в басейнах річок лівобережжя Середнього Дніпра відзначимо, що зростання температури повітря призводить до зростання кількості опадів та ще більшого зростання випаровування, а отже зменшення шару річкового стоку. Проте в різні сезони року ці взаємозалежності мають деякі порушення складових рівняння водного балансу, які можемо розглянути у вигляді наступних взаємозалежностей в розрізі сезонів року (табл. 4):

Таблиця 4. Сезонні зміни та взаємозалежності складових рівняння водного балансу в басейнах річок лівобережжя Середнього Дніпра

Види залежностей	Рівняння водного балансу $X = Y + Z \pm \Delta S$			
	Весна	Літо	Осінь	Зима
опадів - температура	$\uparrow X = \uparrow t$;	$\downarrow X = \uparrow t$	$\uparrow X = \downarrow t$	$\downarrow X = \downarrow t$
опадів - стік	$\uparrow X = \downarrow Y$ або $\uparrow X = \uparrow Y$	$\uparrow X = \uparrow Y$	$\uparrow X = \uparrow Y$	$\uparrow X = \downarrow Y$ або $\uparrow X = \uparrow Y$
опадів-випаровування - температура	$\uparrow X + \uparrow Z = \uparrow t$	$\downarrow X + \downarrow Z = \uparrow t_{\max}$	$\uparrow X + \uparrow Z = \uparrow t$	$\uparrow X + \uparrow Z = \uparrow t$
стік-випаровування	$\uparrow Y = \uparrow Z$	$\downarrow Y = \downarrow Z$	$\uparrow Y = \uparrow Z$	$\downarrow Y = \downarrow Z$
опадів - стік - запас вологи в ґрунті, гірських породах, рослинах	$\uparrow X + \uparrow Y = \uparrow \Delta S$	$\downarrow X + \downarrow Y = \downarrow \Delta S$	$\uparrow X + \uparrow Y = \uparrow \Delta S$	$\downarrow X + \downarrow Y = \downarrow \Delta S$

Примітка : X — кількість атмосферних опадів; Y — водний стік; Z — випаровування; ΔS — зміна запасу вологи в ґрунтах і породах, t - температура повітря, t_{\max} - максимальні значення температури влітку

Кількість весняних опадів (X), зазвичай, збільшується під час більш теплої весни, коли теплове розширення повітря спричиняє більшу величину опадів ($\uparrow X = \uparrow t$). Атмосферні опади навесні також можуть зменшуватися через менше накопичення снігу ($\downarrow Y$), яке спричиняє менший стік поверхневої води ($\uparrow X = \downarrow Y$). Збільшення опадів весною супроводжується збільшенням випаровування ($\uparrow X + \uparrow Z = \uparrow t$) і стоку ($\uparrow Y = \uparrow Z$). Навесні зміна запасу вологи в ґрунтах і породах ($+\Delta S$) є додатною через надлишкове зволоження від танення снігу, яке може ще доповнюватись дощами та сприяє збільшенню максимального річкового стоку під час водопілля.

Влітку може спостерігатися дефіцит вологи через високі значення температури повітря (вищі за $20-25^{\circ}\text{C}$), що призводить до зменшення опадів ($\downarrow X = \uparrow t$). Збільшення стоку поверхневої води може бути наслідком літніх зливових опадів ($\uparrow X = \uparrow Y$). Також може спостерігатися зменшення випаровування ($\downarrow X + \downarrow Z = \uparrow t_{\max}$) у тих випадках, коли при високій температурі повітря волога надходить у атмосферу, але не досягається точка роси, а тому опади не формуються. В такі періоди коли випаровування наближається до значень опадів або перевищує їх, то стік води може бути мінімальним, і річки та інші водойми в межах їхніх басейнів можуть пересихати. Це явище спостерігається в регіонах з високим випаровуванням і недостатніми опадами, якими в сучасний кліматичний період в липні-вересні є більшість басейнів лівобережжя, особливо басейни трьох ключових річок регіону досліджень - Псла, Ворскли та Сули. В цей час запас вологи в ґрунтах і породах ($-\Delta S$) є від'ємним так як надлишкове випаровування від зростання температури повітря та дефіциту вологи в повітрі через його теплове розширення починає поглинати вологу з ґрунту. Річки в період межени переходять на споживання води з ґрунтових вод, активно поглинають запаси ґрунтової вологи в цей час рослини, а тому відбувається максимальна транспірація.

Восени опади (X) зазвичай збільшуються після більш теплої літа ($\uparrow t$), коли теплове розширення повітря зменшується і спричиняє більше опадів ($\uparrow X = \uparrow t$). В осінній сезон опади також можуть збільшуватися через збільшене стікання поверхневої води ($\uparrow X = \uparrow Y$), внаслідок збільшеної кількості опадів. Таким чином запускаються процеси все більшого

зростання вологості повітря за меншого значення його температури та скорочення дефіциту випаровування. Збільшення опадів восени може бути супроводжене збільшенням випаровування ($\uparrow X + \uparrow Z = \uparrow t$) і стоку ($\uparrow Y = \uparrow Z$). Восени зміна запасу води в ґрунтах і породах ($+\Delta S$) є додатною так як надлишкове зволоження від осінніх паводків спричинених інтенсивними опадами та зменшенням випаровування до кінця осені. Також поступово зменшується транспірація рослин в цей сезон.

Взимку через зниження температури повітря зменшуються кількість опадів та випаровування, але в період відлиг опади ($\uparrow X$) зазвичай збільшуються після морозної погоди ($\uparrow t$). Збільшення зимових опадів в період відлиг може бути супроводжене збільшенням стоку ($\uparrow X = \uparrow Y$) та збільшеною величиною випаровування ($\uparrow X + \uparrow Z = \uparrow t$). В цей час запас води в ґрунтах і породах ($-\Delta S$) є від'ємним так як взимку в більшості випадків відбуватися заморожування води в ґрунті, що спричиняє зменшення запасу води в ґрунті через утворення льоду як на поверхні ґрунту так і на поверхні водотоків та водойм.

Загалом зазначені вище взаємозалежності досить чітко прослідковуються в басейнах річок лівобережжя Середнього Дніпра і саме вони і визначили ключовий вплив на зміну складових водного балансу в межах періоду 1961-2020 рр. (табл. 5). Так, зменшення кількості атмосферних опадів спостерігалось найбільше в невеликих басейнах Золотоношки, Супою, Трубежу та значно більшому басейні Ворскли; в басейнах Сули та Псла кількість опадів зросла. Максимальне зростання кількості опадів відмічене в межах басейнів річок північно-західної частини Полтавського рівнинного ландшафтно-гідрологічного району (ЛГР), центральної частини Центральодніпровського низовинного ЛГР та басейнах річок, що розміщуються в Східноукраїнському схилово-височинному ЛГР - верхів'я Сули, Псла, річок Недри, Оржиці, Хоролу та Мерла. Слід відзначити, що річки протікають в межах більш підвищених районів Середньоруської височини, Полтавської та Яготинської рівнин. Райони з максимальним зменшенням кількості опадів розміщуються в межах Придніпровської низовини в нижніх течіях Ворскли, Псла, Сули, Золотоношки, Супою, Трубежу та в басейні Удаю.

Таблиця 5. Складові річного водного балансу та співвідношення між надходженням та витратою води в басейнах річок лівобережжя Середнього Дніпра за два періоди 1961-1990 рр. і 1991-2020 рр.

Період/ коефіцієнт	Складові середнього річного водного балансу в мм	Басейн річки						
		Псел	Сула	Ворск- ла	Трубіж	Супій	Золото- ношка	В межах лівобережжя Середнього Дніпра
1961-1990	сума атмосферних опадів X	530,9	572,5	531,1	502,9	513,7	514,1	527,5
	стік води Y	33,8	28,7	54,1	21,0	15,5	22,3	29,2
	сумарне випаровування Z	497,1	543,8	477	481,9	498,2	491,8	498,3
1991-2020	сума атмосферних опадів X	549,3	573,4	528,9	496,9	462,0	511,0	520,2
	стік води Y	25,5	22,1	46,3	19,4	11,4	19,5	24,0
	сумарне випаровування Z	523,8	551,3	482,6	477,5	450,6	491,5	496,2
Різниця за два періоди	сума атмосферних опадів X	18,4	0,9	-2,2	-6	-51,7	-3,1	-7,3
	стік води Y	-8,3	-6,6	-7,8	-1,6	-4,1	-2,8	-5,2
	сумарне випаровування Z	26,7	7,5	5,6	-4,4	-47,6	-0,3	-2,1
Коефіцієнт 1961-1990	Коефіцієнт посушливості	93,6%	95,0%	89,8%	95,8%	97,0%	95,7%	94,5%
	Коефіцієнт стоку	6,4%	5,0%	10,2%	4,2%	3,0%	4,3%	5,5%
Коефіцієнт 1991-2020	Коефіцієнт посушливості	95,4%	96,1%	91,2%	96,1%	97,5%	96,2%	95,4%
	Коефіцієнт стоку	4,6%	3,9%	8,8%	3,9%	2,5%	3,8%	4,6%

Оцінка часової динаміки сумарного випаровування за два кліматичні періоди.

Щодо зміни сумарного випаровування то воно зростало в басейнах Псла +26,7 мм, Сули - +7,5 мм та Ворскли +5,6 мм. Що пояснюється зростанням середньорічних значень температури повітря у більш північних частинах басейнів цих річок - особливо сильно в середній течії Псла, Ворскли та Сули. Від'ємні значення зміни випаровування спостерігалось в межах менших річкових басейнів Золотоношки --0,3 мм, Трубежу - -4,4 мм та Супою - -47,6 мм, що повторює картину зменшення кількості атмосферних опадів, особливо в період літньо-осінньої межени за рахунок дефіциту вологи в повітрі в цей час та при значному зростанні температури повітря за останні 30 років в таких незначних за площею замкнених водних системах. В басейні Золотоношки - +1,5°C, Трубежу - +1,3°C та Супою - +1,1°C. Співвідношення зміни кількості атмосферних опадів та випаровування визначає шар стоку в межах досліджуваних басейнів. Чим більша частка зростання випаровування та зменшення кількості атмосферних опадів тим меншим буде шар стоку в басейні річки. І найгірше таке співвідношення спостерігається в басейнах Псла, Ворскли та Сули, де, відповідно, в межах періоду 1991-2020 рр. шар стоку зменшився на -8,3 мм, -7,8 та -6,6 мм відповідно. Краща ситуація спостерігалась в басейнах Супою - -4,1 мм, Золотоношки - -2,8 мм та Трубежу -1,6 мм.

Із отриманих даних - опадів, випаровування та шару стоку можемо визначити коефіцієнти посушливості та стоку. Для цього сумарне випаровування Z треба розділити на кількість опадів X та знайти відсоткове значення, а для визначення коефіцієнту стоку скористаємось аналогічним рівнянням де шар стоку Y потрібно розділити на кількість опадів Z та $\cdot 100\%$. Дізнавшись два коефіцієнти: посушливості та стоку ми можемо бачити кліматичні зміни, які відбуваються в межах басейнів впродовж двох кліматичних періодів. Так, за період 1991-2020 рр. спостерігається загальна тенденція до збільшення коефіцієнтів посушливості та зменшення коефіцієнтів стоку в порівнянні з 1961-1990 рр. Загалом коефіцієнт посушливості в межах лівобережжя Середнього Дніпра зріс на 0,9 % і сьогодні складає 95,4 %. Зростання коефіцієнту посушливості відбулось за рахунок зменшення коефіцієнту поверхневого стоку річок на -0,9 % та складає - 4,6 %. В розрізі окремих басейнів найвищі коефіцієнти посушливості в сучасному кліматичному періоді 1991-2020 рр. спостерігаються в басейнах Супою - 97,5 %, Золотоношки - 96,2 %, Трубежу та Сули - по 96,1 %. Найкраща ситуація в Псла - 95,4 % та Ворскли - 91,2 %. Тобто бачимо, що найбільших трансформацій стоку поверхневих вод зазнають менші за площею басейни річок, а в межах більших басейнів ці тенденції менш проявляються за рахунок ефекту площі річкових басейнів. Але зрозуміло, що в межах басейнів їхніх приток ці тенденції будуть проявлятися сильніше. Тому ефект площі басейну буде стримуючим фактором швидкості зменшення стоку, і такі річки більш тривалий час будуть сильніше протистояти зміні водності. Схожі результати були отримані у подібних дослідженнях по басейнах Псла [4] та Ворскли [5]. Також аналогічні тенденції зростання температури повітря та сумарного випаровування, а також зменшення кількості атмосферних опадів та річкового стоку спостерігались в цілому в межах всього басейну Дніпра [6] та сусіднього басейну Сіверського Дінця [7]. Загалом подібні тренди характерні для більшості річкових басейнів України особливо активно з 1991-2020 рр., особливо комплексно про цю проблему останнім часом досліджували відомі українські гідрологи [8-11].

Висновки. Дослідження зміни складових водного балансу в межах лівобережжя Середнього Дніпра показали, що в регіоні дослідження відбувається глобальна зміна клімату. Вона виявляється в зростанні температури та сумарного випаровування, скороченні кількості опадів та шару стоку річок. Порівняння складових водного балансу в межах лівобережжя Середнього Дніпра за період кліматичної норми 1961-1990 рр. та сучасний кліматичний період 1991-2020 рр. продемонструвало зменшення середніх багаторічних значень кількості опадів в цілому на -7,3 мм, річкового стоку на -5,2 мм, сумарного випаровування на -2,1 мм та зростання середньорічної температури повітря на +1,2 °C. Ці зміни призвели до зростання показників посушливості клімату в межах лівобережжя Середнього Дніпра на +0,9 %, а також аналогічно відбулось зменшення коефіцієнту стоку на 0,9%. Ці дані обумовлюють трансформацію гідрологічного режиму досліджуваних річок - зміни водності, температури води, зміщення фаз водного режиму, льодових явищ на річках, скорочення об'єму вологи в ґрунті та зниження рівня ґрунтових

вод. Найсильніший вплив посушливості та зменшення шару стоку відчуватимуть найменші річки в досліджуваному річковому басейні.

Список літератури

1. Вуглинский В. С., Клейн Г. С., Образцов И. Н. и др. Методы изучения и расчета водного баланса / Под ред. Г. А. Плиткина. Ленинград : Гидрометеоздат, 1981. 394 с.
2. Козинцева Л. М., Галущенко Н. Г., Ревера О. З. и др. Гидрологические и водно-балансовые расчеты / Под ред. Н. Г. Галущенко. Киев : Вища школа, 1987. 247 с.
3. Хільчевський В. К. Баланс водний // Велика українська енциклопедія. URL: <https://vue.gov.ua/Баланс водний>
4. Harris, I., Osborn, T.J., Jones, P. & Lister, D.H. Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset. *Sci Data* 7, 109 (2020). URL: <https://rdcu.be/b3>
5. Лук'янець О.І., Гребінь В.В. Часова динаміка водно-балансових складових в басейні р. Псел. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2021. № 1(59). С. 28-36. DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2021.1.3>.
5. Чорноморець Ю.О., Лук'янець О.І. Вплив сучасних змін у співвідношенні сніго-дощового живлення річок на структуру водного балансу їх басейнів (на прикладі річкового басейну Ворскли) // *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*, 2019. № 4(55). С. 40-52. DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2019.4.3>.
6. Струтинська В.М., Гребінь В.В. Термічний та льодовий режими річок басейну Дніпра з другої половини ХХ століття. - К. : Ніка-Центр, 2010. - 194 с.
7. Bolbot H., Grebin V., Obodovskiy O., Snizhko S. Water budget elements of the Siverskiy Donets River Basin in different water runoff periods/ XX th International Conference "Geoinformatics: Theoretical and Applied Aspects" 11-14 May 2021, Kiev, Ukraine DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20215521135>
8. Гребінь В.В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз). – К. : Ніка-Центр, 2010. – 316 с.
9. Вишневський В. І. Багаторічні зміни водного режиму річок України / В. І. Вишневський, А. В. Куций. Київ: Наукова думка, 2022. 252 с.
10. Лобода Н.С., Божок Ю.В. Водні ресурси України ХХІ сторіччя за сценаріями змін клімату (RCP8.5 та RCP4.5). *Український гідрометеорологічний журнал*. 2016. № 17. С. 114-122.
11. Лук'янець О. І., Ободовський О. Г., Гребінь В.В. та ін. Просторові закономірності зміни середнього річного стоку води річок України. *Український географічний журнал*. 2021. № 1. С. 6—14. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2021.01.006>

References

1. Vuhlynskyi V. S., Klein H. S., Obratsov Y. N. y dr. Metody yzuchenyia y rascheta vodnoho balansu [Methods for studying and calculating water balance] / Pod red. H. A. Plytkyna. Lenynhrad : Hydrometeoizdat, 1981. 394 s.
2. Kozyntseva L. M., Halushchenko N. H., Revera O. Z. y dr. Hydrolohycheskye y vodno-balansovye raschety [Hydrological and water balance calculations] / Pod red. N. H. Halushchenko. Kyev : Vyshcha shkola, 1987. 247 s.
3. Khilchevskiy V. K. Balans vodnyi [Water balance] // Velyka ukrainska entsyklopediia. URL: <https://vue.gov.ua/Balans vodnyi>
4. Harris, I., Osborn, T.J., Jones, P. & Lister, D.H. Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset. *Sci Data* 7, 109 (2020). URL: <https://rdcu.be/b3>
5. Lukianets O.I., Hrebin V.V. Chasova dynamika vodno-balansovykh skladovykh v baseini r. Psel [Temporal dynamics of water balance components in the Psel river basin]. *Hidrolohiia, hidrokhiimiia i hidroekolohiia*. 2021. № 1(59). С. 28-36. DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2021.1.3>.
5. Chornomorets Yu.O., Lukianets O.I. Vplyv suchasnykh zmin u spivvidnoshenni snihodoshchovoho zhyvlennia richok na strukturu vodnoho balansu yikh baseiniv (na prykladi richkovoho baseinu Vorskly) [The influence of modern changes in the ratio of snow-rain nourishment of rivers on the water balance structure of their basins (on the example of the Vorskla river basin)] // *Hidrolohiia, hidrokhiimiia i hidroekolohiia*, 2019. № 4(55). С. 40-52. DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2019.4.3>.
6. Strutynska V.M., Hrebin V.V. Termichnyi ta lodovyi rezhymy richok baseinu Dnipra z druhoi polovyny KhKh stolittia. [Thermal and ice regimes of the rivers of the Dnipro basin since the second half of the 20th century] К. : Nika-Tsentr, 2010. 194 s.
7. Bolbot H., Grebin V., Obodovskiy O., Snizhko S. Water budget elements of the Siverskiy Donets River Basin in different water runoff periods/ XX th International Conference "Geoinformatics: Theoretical and Applied Aspects" 11-14 May 2021, Kiev, Ukraine DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20215521135>

8. Hrebin V.V. Suchasnyi vodnyi rezhym richok Ukrainy (landshaftno-hidrolohichnyi analiz). [Modern water regime of rivers of Ukraine (landscape and hydrological analysis)] K. : Nika-Tsent, 2010. 316 s.

9. Vyshnevskiy V. I. Bahatorichni zminy vodnoho rezhymu richok Ukrainy [Long-term changes in the water regime of the rivers of Ukraine] / V. I. Vyshnevskiy, A. V. Kutsyi. – Kyiv: Nakova dumka, 2022. – 252 s.

10. Loboda N.S., Bozhok Yu.V. Vodni resursy Ukrainy XXI storichchia za stsenariiamy zmin klimatu (RCP8.5 TA RCP4.5). [Water resources of Ukraine in the 21st century under climate change scenarios (RCP8.5 AND RCP4.5)]. Ukrainskiy hidrometeorologichnyi zhurnal. 2016. № 17. S. 114-122.

11. Lukianets O .I., Obodovskyi O .H., Hrebin V.V. ta in. Prostorovi zakonomirnosti zminy serednoho richnoho stoku vody richok Ukrainy. [Spatial patterns of changes in the average annual flow of water in the rivers of Ukraine] Ukrainskiy heohrafichnyi zhurnal. 2021. № 1. S. 6-14. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2021.01.006>

Changes in water balance components within the left bank of the Middle Dnipro in 1961-2020

Sarnavskiy S.P.

The article examines the changes in water balance components within the left bank of the Middle Dnipro during two hydroclimatic periods, 1961-1990 and 1991-2020. The research also covered six key river basins on the left bank of the Middle Dnipro, including Psel, Sula, Vorskla, Trubizh, Supii, and Zolotonoshka.

The examination of the modifications in the components of the water balance during the period of the climatic norm from 1961-1990 and the modern climatic period from 1991-2020 revealed a decrease in the average long-term values of precipitation in general by -7.3 mm, river runoff by -5.2 mm, and total evaporation by -2.1 mm. The amount of rain on the left bank of the Middle Dnipro was different in each river basin. In the Psel and Sula basins, there was a significant increase in precipitation, with a difference of 18.4 mm and +0.9 mm, respectively. In the Vorskla, Zolotonoshka, Trubizh and Supii basins, there was less rain by -2.2 to -51.7 mm. The opposite scenario was observed in the variation of total evaporation in the respective river basins. Thus, in the three largest river basins of the Psel, Sula and Vorskla, it increased from 5.6 to 26.7 mm, in all other basins the total evaporation decreased from -0.3 to -47.6 mm. But despite various changes in precipitation and total evaporation, there is a reduction in the volume of river runoff from -1.6 to -8.6 mm.

The negative dynamics of river runoff indicators are attributed to negative cumulative values of precipitation and total evaporation. The main cause of these changes is the increase in the average annual air temperature across all studied basins by +1.2 °C, leading to an increase in climate aridity indicators within the left bank of the Middle Dnipro by +0.9%. Similarly, there was a drop in the runoff coefficient by 0.9%. In essence, changes in water balance components in the studied area result in more water volume from atmospheric precipitation going towards total evaporation, leading to a loss of the water volume that forms river runoff. This serves as a clear example of the influence of the global increase in air temperature on the reduction of water volume in rivers within the left bank of the Middle Dnipro.

Keywords: river basin, water balance components, long-term changes, runoff coefficient, aridity coefficient, left bank of the Middle Dnipro.

Надійшла до редколегії 03.11.2023

DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2023.4.6>

УДК 556 + 626.81

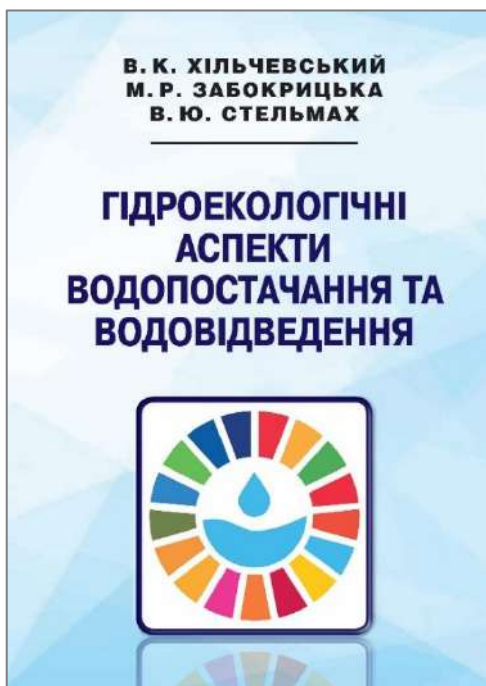
Гребінь В.В.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК З ГІДРОЕКОЛОГІЧНИХ АСПЕКТІВ ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ – СПІЛЬНИЙ ПРОЄКТ ДВОХ УНІВЕРСИТЕТІВ (2023 р.)

Представлено та проаналізовано навчальний посібник «Гідроекологічні аспекти водопостачання та водовідведення», виданий у 2023 р. В.К. Хільчевським (Київський національний університет імені Тараса Шевченка), М.Р. Забокрицькою та В.Ю. Стельмах (Волинський національний університет імені Лесі Українки). У навчальному посібнику висвітлено роль компонентів хімічного складу води у процесах життєдіяльності людини, охарактеризовано проблеми водних ресурсів і водокористування у світі та в Україні, питання цілей сталого розвитку (ЦСР-6 «Чиста вода і належна санітарія»), висвітлено основні технологічні аспекти систем водопостачання та водовідведення з певною їх ілюстрацією на прикладі міст Києва і Луцька. Навчальний посібник призначено для студентів, які навчаються за освітніми програмами «Гідрологія» та «Управління та екологія водних ресурсів» спеціальності 103 «Науки про Землю». Він може бути корисним й для студентів інших освітніх програм спеціальностей 103 «Науки про Землю» та 106 «Географія», в яких вивчають питання водних ресурсів, водопостачання та водовідведення.

Ключові слова: гідроекологічні аспекти, водопостачання, водовідведення, вода питна, стічні води.



У липні 2023 р. у видавництві «ДІА» вийшов навчальний посібник «Гідроекологічні аспекти водопостачання та водовідведення», ISBN 978-617-7785-40-7 [20]. Його авторами є Хільчевський Валентин Кирилович - доктор географічних наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України, професор кафедри гідрології та гідроекології географічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка та викладачі кафедри фізичної географії географічного факультету Волинського національного університету імені Лесі Українки – кандидат географічних наук, доцент Забокрицька Мирослава Романівна та кандидат географічних наук, старший викладач Стельмах Валентина Юріївна.

Після публікації підручника «Водопостачання і водовідведення: гідроекологічні аспекти» (В.К. Хільчевський, 1999) минуло понад 20 років [12]. За цей час відбулося багато змін у сфері дослідження водних ресурсів, оцінювання їхньої якості, водопостачання та водовідведення як у світі, так і в Україні [1, 2, 7, 10, 16, 21]. Це вимагає оновлення методичних підходів при викладанні навчального матеріалу.

У 2015 р. на Саміті ООН прийнято резолюцію Генеральної Асамблеї ООН під назвою «Перетворення нашого світу: порядок денний у сфері сталого розвитку на період до 2030 року». Для реалізації цього порядку денного було ухвалено 17 глобальних цілей сталого розвитку (ЦСР). ЦСР 6 «Чиста вода і належна санітарія» – це глобальна ціль, яка безпосередньо стосується якості водних ресурсів, водопостачання і водовідведення.

ISSN:2306-5680 Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2023. № 4 (70)

22-24 березня 2023 р. в Нью-Йорку в штаб-квартирі ООН відбулася наймасштабніша конференція з водної проблематики за 50 років – «Вода для сталого розвитку». Головним її досягненням стало ухвалення Водної програми дій, у рамках якої уряди країн світу, бізнес і громадськість оголосили про понад 700 проєктів з бюджетами у десятки млрд доларів, які спрямуються на перехід від світової водної кризи до сталого управління водними ресурсами. Міністр захисту довкілля України Руслан Стрілець, виступаючи на водній конференції ООН, відзначив, що через агресивну війну, яку 24 лютого 2022 р. розпочала Росія проти України, поряд з низкою екологічних проблем виникли й водні проблеми. На жаль, 6 червня 2023 р. російські агресори підірвали греблю Каховської ГЕС, вчинивши найбільший акт екоциду за період повномасштабного вторгнення в Україну. В цілому, в ході триваючої воєнної агресії Росії водній інфраструктурі України завдано надзвичайних збитків [11, 22].

В основу створення навчального посібника було покладено курс лекцій з гідроекологічних аспектів водопостачання та водовідведення, який автори читають студентам на кафедрі гідрології та гідроекології географічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка (освітня програма «Управління та екологія водних ресурсів») та на кафедрі фізичної географії географічного факультету Волинського національного університету імені Лесі Українки (освітня програма «Гідрологія»). Було використано сучасні публікації вітчизняних та закордонних авторів, матеріали Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) ООН тощо.

Варто зазначити, що це не перша спільна праця вчених двох університетів з водної проблематики. Вже виходили публікації, присвячені дослідженню гідрографії Луцька, локальному моніторингу, водопостачанню та водовідведенню в місті [6], хімічному аналізу та оцінюванню якості природних вод [19].

На кафедрі гідрології та гідроекології географічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка постійно ведеться робота з видання сучасної навчально-методичної літератури, пов'язаної з питаннями значення водних об'єктів для водопостачання, спрямованої на освітню програму «Управління та екологія водних ресурсів» [13-15, 17, 18].

Навчальний посібник «Гідроекологічні аспекти водопостачання та водовідведення» має 12 розділів, які умовно можна структурувати за п'ятьма частинами: роль компонентів хімічного складу води у життєдіяльності людини (розд. 1); водні ресурси та водокористування (розд. 2-3); технологічні аспекти водопостачання, нормування та контроль якості води (розд. 4-7); технологічні аспекти водовідведення, нормування та контроль складу стічних вод (розд. 8-10); водопостачання та водовідведення в містах Київ та Луцьк (розд. 11); оцінювання якості води водних об'єктів для водопостачання та екологічних цілей (розд. 12).

Роль компонентів хімічного складу води у життєдіяльності людини (розд. 1). Вивчаючи питання водопостачання, треба мати певне уявлення про основні фізіологічні процеси, які відбуваються в організмі за участю води і розчинених у ній солей. Це сприятиме розумінню необхідності дотримання вимог до якості питної води. Адже ті самі компоненти хімічного складу води, які необхідні організмові, можуть стати шкідливими токсичними речовинами, якщо перевищать гранично-допустимі концентрації – ГДК (хлориди, сульфати, нітрати, мікроелементи та ін.). Компоненти, які мають штучне походження (ксенобіотики) – пестициди, штучні радіоактивні елементи та інші у питній воді мають бути відсутніми.

Водні ресурси та водокористування (розд. 2-3). У цих розділах навчального посібника висвітлено питання, що стосуються водних ресурсів та водокористування у світі, в Європі та в Україні. Наголошується, що водні ресурси в широкому розумінні – це всі води гідросфери, включаючи води океанів і морів, річок і озер, підземні води, льодовики. Але близько 97,5 % з них – це солоня вода океанів і морів (середня солоність 35 ‰), частини підземних водоносних горизонтів і солоних озер; лише 2,5 % становить прісна вода. Більша частина прісної води (68,7 %) накопичується в крижаному і сніговому покриві Арктики і Антарктиди, а також в гірських льодовиках. Близько 30,1 % представлено прісними підземними водами. І лише 0,3 % прісної води знаходиться в легко доступних

поверхневих водних об'єктах – озерах (0,26 %) і річках (0,006 %), які в багатьох регіонах є основними джерелами водопостачання.

Обмеженість доступу до традиційних водних ресурсів вимагає пошуку нових підходів з включення так званих альтернативних джерел водних ресурсів у світову водну стратегію. В регіонах з водним дефіцитом вже сьогодні проявляється сильний імператив до залучення альтернативних джерел прісної води. Зокрема: 1) опріснення морської води і солоних підземних вод; 2) використання ґрунтових вод в регіонах, в яких наявність міжпластових підземних вод обмежена глибокими водоносними горизонтами; 3) доставка води танкерами і транспортування айсбергів; 4) мікро масштабний збір дощової води; 5) збір атмосферної вологи шляхом конденсації роси на спеціальних пристроях; 6) використання відновленої (рециркуляційної) води або оборотного водопостачання (очищення стічних вод на підприємствах без скидання стічних вод), використання сірої та зливової води; 7) збір і використання сільськогосподарських дренажних вод.

ЦСР 6 «Чиста вода і належна санітарія» – це глобальна ціль, яка безпосередньо стосується води та водних ресурсів. Моніторинг ЦСР 6 в Європейському Союзі фокусується на: а) санітарії; б) якості питної води; в) ефективності водокористування. Хоча ЄС досягнув прогресу в доступі до належної санітарії, тенденції якості води були неоднозначними протягом останніх кількох років, оскільки концентрації деяких забруднювальних речовин у поверхневих та підземних водах зростають.

Технологічні аспекти водопостачання та водовідведення, нормування та контроль якості води (розд. 4-7). Висвітлення питання починається з історії водопостачання та водовідведення. Також характеризується загальна схема водопостачання, водозабори, насосні станції та водоочисні споруди на водопровідних станціях, водопровідна мережа. Наводиться загальна характеристика системи водовідведення, споруд для очищення стічних вод.

Приділено увагу питанням якості води для водопостачання (нормування, контроль). Розглядаються фізичні та хімічні показники якості води, характеристика якості води за видами використання, серед яких найважливішим є питна вода – вода, призначена для споживання людиною (водопровідна, фасована, з бюветів, пунктів розливу, шахтних колодязів та каптажів джерел), для використання споживачами для задоволення фізіологічних, санітарно-гігієнічних, побутових та господарських потреб, а також для виробництва продукції, що потребує її використання, склад якої за органолептичними, мікробіологічними, паразитологічними, хімічними, фізичними та радіаційними показниками відповідає гігієнічним вимогам.

Питна вода не вважається харчовим продуктом. Якість води джерел водопостачання в Україні нормується ДСТУ 4808:2007 [5], питної води - ДСанПіН 2.2.4-171-10 [3] та ДСТУ 7525:2014 [4].

Відповідну якість питної води в бактеріологічному відношенні може бути підтверджено лише аналітичним шляхом. Основним санітарно-показовим організмом води є кишкова паличка. Лабораторно-виробничий контроль якості води за мікробіологічними показниками (колі-титр, коли-індекс) перед надходженням її у мережу на водопровідних станціях здійснюють згідно із ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» [3]. Так на водопроводах з поверхневим джерелом водопостачання мікробіологічний аналіз повинен виконуватися не рідше одного разу на тиждень і щоденно у весняно-осінній період за чисельності населення до 10 тис. осіб; не рідше одного разу на добу – понад 10 тис. осіб.

Характер змін якості води в результаті біологічних процесів, що відбуваються у водопровідних спорудах, є різноманітним: водопровідні споруди обростають водоростями і тваринними організмами, з'являються відклади оксиду заліза тощо. Це призводить до погіршення органолептичних показників якості води, забивання фільтрів, а також інших небажаних явищ.

Авторами навчального посібника приділено значну увагу методам очищення природних вод для водопостачання. Розглянуто основні технологічні процеси очищення води (водопідготовки): освітлення, усунення забарвленості, присмаків і запахів; пом'якшення, знесолення та опріснення; вилучення заліза, марганцю, кремнію, фтору, фторування; знезараження води хлором, озоном, сріблом та йодом; безреагентні методи

ISSN:2306-5680 Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2023. № 4 (70)

зnezараження води (термічне, ультрафіолетовим випромінюванням, ультразвуковими хвилями).

Відзначається, що серед відомих окисних методів зnezараження води найбільше практичне застосування отримало хлорування. В основному використовується рідкий хлор, але можуть застосовуватися і препарати, які містять активний хлор (хлорне вапно, гіпохлорити кальцію і натрію, хлораміни, діоксид хлору та ін.), а також активний хлор, отриманий методом електролізу на місці використання.

Основною особливістю хлору є його здатність консервувати оброблену воду протягом досить тривалих проміжків часу, а відносна доступність і дешевизна зумовили широке використання методу хлорування у світі вже на початку ХХ ст. і до нашого часу.

Застосування в практиці водопідготовки інших окисників (озону, йоду, бром, перманганату калію, пероксиду водню та ін.), як основних реагентів, стримується їхнім дефіцитом, високою вартістю, відсутністю широких спеціальних досліджень, багаторічних спостережень за дією на організм людини продуктів їхньої взаємодії з неорганічними і органічними домішками природних вод.

Технологічні аспекти водовідведення, нормування та контроль складу стічних вод (розд. 8-10). Міські стічні води – це суміш господарсько-побутових, промислових, дощових (злизових, снігових) вод, а також стічної води від поливання і миття міських територій, що надходять у міську каналізацію.

У навчальному посібнику характеризуються основні методи очищення стічних вод: механічні; хімічні; біологічні.

Особлива увага звертається на біологічні методи очищення стічних вод. Адже стічні води очищаються на спорудах, які відтворюють хід процесу самоочищення, але значно швидший, ніж у природних умовах (в ґрунтовому чи водному середовищах): полях зрошення, полях фільтрації, біологічних ставках, крапельних біофільтрах, аеротенках тощо.

Для фахівців з управління та екології водних ресурсів важливими є питання охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами [8]. Система охорони вод включає такі основні аспекти: правові; організаційні; технологічні; економічні; наукові; соціальні.

Скидання стічних вод до систем централізованого водовідведення регулюється документом, який називається «Правила приймання стічних вод до систем централізованого водовідведення» (2017 р.) зі змінами від 2021 р. [9]. Правила спрямовані на попередження та усунення забруднення поверхневих водних об'єктів, відтворення водних ресурсів і забезпечення безпечних умов водокористування. Вони є обов'язковими для виконання всіма підприємствами, установами, організаціями та громадянами – суб'єктами підприємницької діяльності, дії яких щодо скидання зворотних вод у водні об'єкти впливають або можуть вплинути на стан поверхневих вод.

До систем централізованого водовідведення приймаються стічні води, які не призводять до порушення роботи мереж водовідведення та очисних споруд, безпеки їх експлуатації та можуть бути очищені на очисних спорудах системи централізованого водовідведення відповідно до вимог [9]. Контроль за кількістю та якістю стічних вод, які скидаються до системи централізованого водовідведення або безпосередньо на очисні споруди системи централізованого водовідведення, здійснюють споживачі. Перелік забруднювальних речовин, на наявність яких робиться аналіз, та періодичність контролю встановлюються місцевими правилами приймання.

Водопостачання та водовідведення в містах Київ та Луцьк (розд. 11). В цьому розділі автори ілюструють, як функціонують системи водопостачання та водовідведення в двох містах, які відрізняються між собою як за кількістю населення (Київ – 2,95 млн, Луцьк – 243 тис.), так і за джерелами водопостачання.

В 2022 р. виповнилося 150 років київському централізованому водопроводу [15]. У наш час будівництво систем централізованого водопостачання та водовідведення є звичним явищем для міст і навіть сіл. Але для Києва другої половини ХІХ ст. спорудження і запуск 1 березня 1872 р. централізованого водопроводу із забором води з Дніпра було надзвичайною подією, яка виводила міське господарство на новий технологічний рівень. При цьому, довжина водопроводу при запуску (всього 23,3 км) й була незрівнянною з сьогоднішньою протяжністю водопровідних мереж Києва – близько 4300 км (2022 р.).

ISSN:2306-5680 **Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology. 2023. № 4 (70)**

У наш час джерелами водопостачання в Києві є р. Десна (66 %), р. Дніпро (25 %), артезіанські води (9 %) [15, 20]. Варто зазначити про такий аспект – підземна артезіанська вода, яка добувається свердловинами по всьому місту, прямо не подається споживачам. Вона змішується з водою з поверхневих джерел (дніпровською або деснянською) і в такому вигляді надходить у водопровід. Це так зване змішане водопостачання. До того ж, підземні води мають дещо вищу мінералізацію (400-600 мг/дм³) порівняно з річковими (300-320 мг/дм³). Це ж стосується і твердості (жорсткості) води.

Починаючи з 1991 р. в Києві також споруджено 203 бюветні комплекси для децентралізованого водопостачання киян підземною водою. Обсяг води, яка використовується з бювет невеликий, зовсім не співмірний з подачею питної води у централізовану водопровідну мережу. В той же час, варто зазначити, що у киян є альтернатива у забезпеченні себе якісною водою для пиття і приготування їжі.

Споруди для очищення стічних вод вперше в Києві були створені в 1894 р. і знаходилися вище міста по Дніпру. Лише в 1965 р. на лівобережжі Дніпра було споруджено 1-й блок Бортницької станції біологічного очищення стічних вод Києва, яка згодом стала називатися Бортницькою станцією аерації (БСА). БСА приймає 100 % стічних вод міста з випуском очищених стічних вод у р. Дніпро нижче Києва (в Канівське водосховище). На сьогодні на БСА виникають проблеми з досягненням нормативних показників по біогенних сполуках (азоту та фосфору – азот амонійний, нітрити, нітрати, фосфати), на досягнення яких станція не запроектована, а вимоги до них стають більш жорсткими з кожним роком.

Місто Луцьк протягом 1921-1939 рр. було столицею Волинського воєводства у складі Польщі. На початку 1930-х років в Луцьку було розпочато будівництво водопроводу з водозабором з р. Стир. В 1937 р. всі мешканці центру міста мали централізоване водопостачання. Станом на 2023 р. водопостачання Луцька здійснюється із підземних джерел п'яти водозаборів. В 1974 р. була введена в експлуатацію перша черга міських каналізаційних очисних споруд (с. Липино Луцького району Волинської обл.) зі скиданням очищених стічних вод у р. Стир нижче міста.

Оцінювання якості води водних об'єктів для водопостачання та екологічних цілей (розд. 12). Автори навчального посібника наголошують, що використовуючи водні об'єкти для водопостачання необхідні враховувати можливість їхнього забруднення - перевищення забруднювальними речовинами або показниками фізичних властивостей води гранично допустимих концентрацій, яке викликає порушення норм якості води.

Оцінювання якості води завжди базується на певних нормативах. Нормування – це встановлення у директивному порядку регламентованих величин, допустимих меж того чи іншого показника. Нормативи якості води – встановлені у директивному порядку значення показників якості води (фізичні, хімічні, біологічні), що відповідають певним вимогам, при яких надійно захищається здоров'я людини, створюються сприятливі умови для різних видів водокористування, охорони вод та екологічного благополуччя водного об'єкта. Нормативні методики оцінювання якості води – це затверджені у директивному порядку документи, в основу яких покладено нормативи якості води. Використання нормативних методик є обов'язковою умовою при проектуванні, складанні офіційних довідок та заключень тощо.

В Україні відбулося багато змін, які стосуються як моніторингу вод, так і нормативної бази оцінювання якості води для різних цілей, що зумовлено курсом на інтеграцію з методичними підходами у цій сфері в Європейському Союзі. Значним стимулом цього процесу стало підписання в 2014 р. Угоди про асоціацію між Україною та ЄС, що зумовило реформування багатьох сфер діяльності, в тому числі й пов'язаної з управлінням водними ресурсами та їхньою якістю. Завдання стало ще нагальнішим у зв'язку з наданням в 2022 р. Україні статусу країни-кандидата на вступ до ЄС.

Фахівцям необхідно знати і орієнтуватися в цих змінах на що звертається увага в навчальному посібнику. Зокрема, втратили чинність і не мають застосовуватися на території України акти санітарного законодавства, видані центральними органами виконавчої влади колишнього СРСР та Української РСР [10]. Не дивлячись на зайнятість державних органів воєнними справами, 2022 рік став насиченим на прийняття

нормативних документів по воді. Так, у цьому році було прийнято: Закон України «Про Загальнодержавну цільову соціальну програму «Питна вода України» на 2022-2026 роки» [7]; «Гігієнічні нормативи якості води водних об'єктів для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення», затверджені наказом МОЗ України [2]; зміни до додатку 2 ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною», затверджені наказом МОЗ України [3]; «Водна стратегія України на період до 2050 року», схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України [1].

Висновки

1). Навчальний посібник «Гідроекологічні аспекти водопостачання та водовідведення» (2023 р.) є актуальним та сучасним виданням з цієї тематики в Україні. Він створений з використанням міжнародних та вітчизняних літературних та нормативних джерел, а також власних напрацювань авторів.

2). Видання розраховане на студентів університетів спеціальності «Науки про Землю» освітніх програм гідрологічного профілю. Може бути корисним значно ширшому колу здобувачів вищої освіти, які вивчають водні проблеми.

Список літератури

1. Водна стратегія України на період до 2050 року / Схвалено розпорядженням КМ України від 9.12.2022 р. № 1134-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1134-2022-%D1%80#Text>

2. Гігієнічні нормативи якості води водних об'єктів для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення / Затверджено наказом МОЗ України від 02.05.2022 р. № 721. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0524-22#Text>

3. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. Київ. МОЗ України. 2010. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#Text>

4. ДСТУ 7525:2014. Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості питної води. URL: https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/1-10672-dstu_voda_pytna.pdf

5. ДСТУ 4808:2007. Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання. URL: http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=53159

6. *Забокрицька М.Р., Хільчевський В.К.* Водні об'єкти Луцька: гідрографія, локальний моніторинг, водопостачання та водовідведення. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2016. Т. 3 (42). С. 64-76.

7. Закон України «Про Загальнодержавну цільову соціальну програму «Питна вода України» на 2022-2026 роки» 2022. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/JI05633V>

8. Правила охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами. Затверджено постановою КМ України від 25.03. 1999 р. №465, зі змінами 2013 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/465-99-%D0%BF#TextX>.

9. Правила приймання стічних вод до систем централізованого водовідведення. 2017. Зі змінами, затвердженими наказом Міністерства розвитку громад та територій України від 09.11.2021 № 286. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1671-21#Text>

10. Про визнання такими, що втратили чинність, та такими, що не застосовуються на території України, актів санітарного законодавства / Розпорядження КМ України від 20.01.2016 р. № 94-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/94-2016-%D1%80#Text>

11. *Хільчевський В.К.* Водні та збройні конфлікти – класифікаційні ознаки: у світі та в Україні... Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2023. №1(63). С. 6-19

12. *Хільчевський В.К.* Водопостачання і водовідведення: гідроекологічні аспекти: підручник. К., ВПЦ «Київський університет», 1999. 319 с.

13. *Хільчевський В.К.* Гідрографія та водні ресурси Європи: навч. посібник. К: ДІА, 2023. 308 с.

14. *Хільчевський В.К.* Гідрохімічний словник. К., ДІА, 2022. 212 с.

15. *Хільчевський В.К.* Значення річок Дніпра і Десни у водопостачанні Києва – до 150-річчя київського централізованого водопроводу (1872-2022 роки). Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2022. № 2 (64). С. 6-21.

16. *Хільчевський В.К.* Моніторинг вод в Україні: методи оцінювання якості води для різних цілей у зв'язку зі змінами нормативної бази (2014-2021 рр.). Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2021. №3(61). С. 6-19.

17. *Хільчевський В.К., Гребінь В.В.* Водні об'єкти України та рекреаційне оцінювання якості води: навч. посібник. К., ДІА, 2022. 240 с.

18. *Хільчевський В.К., Гребінь В.В., Манукало В.О.* Гідрологічний словник. К., ДІА, 2022. 236 с.

19. *Хільчевський В.К., Забокрицька М.Р.* Хімічний аналіз та оцінка якості природних вод: навч. посібник. Луцьк: Вежа-Друк, 2021. 76 с.

ISSN:2306-5680 **Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology. 2023. № 4 (70)**

20. Хільчевський В.К., Забокрицька М.Р., Стельмах В.Ю. Гідроекологічні аспекти водопостачання та водовідведення: навч. посібник. К., ДІА, 2023. 228 с.
21. *Khilchevskiy V., Karamushka V.* Global Water Resources: Distribution and Demand. In: *Leal Filho W., Azul A.M., Brandli L., Lange Salvia A., Wall T.* (eds) Clean Water and Sanitation. Encyclopedia of the UN Sustainable Development Goals. Springer, 2022. P. 240-250.
22. *Shumilova, O., Sukhodolov, A. Tockner, K., Khilchevskiy, V., De Meester L, Stepanenko, S., Trokhymenko A., Hernandez-Aguero J. A., Gleick P.* Impact of the Russia-Ukraine armed conflict on water resources and water infrastructure. *Nature Sustainability*. 2023. 6. P. 578-586.

Reference

1. Vodna stratehiia Ukrainy na period do 2050 roku [Water strategy of Ukraine for the period until 2050]. Skhvaleno rozporiadzhenniam KM Ukrainy vid 9.12.2022 r. № 1134-r. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1134-2022-%D1%80#Text>
2. Hihienichni normatyvy yakosti vody vodnykh ob'ektiv dlia zadovolennia pytnykh, hospodarsko-pobutovykh ta inshykh potreb naselennia [Hygienic water quality standards of water bodies to meet drinking, household and other needs of the population]. Zatverdzheno nakazom MOZ Ukrainy vid 02.05.2022 r. № 721. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0524-22#Text>
3. DSanPiN 2.2.4-171-10. Hihienichni vymohy do vody pytnoi, pryznachenoj dlia spozhyvannia liudynoiu [Hygienic requirements for drinking water intended for human consumption]. Kyiv. MOZ Ukrainy. 2010. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#Text>
4. DSTU 7525:2014. Voda pytna. Vymohy ta metody kontroliuvannia yakosti pytnoi vody [The water is drinkable. Requirements and methods of drinking water quality control]. URL: https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/1-10672-dstu_voda_pytna.pdf
5. DSTU 4808:2007. Dzherela tsentralizovanoho pytnoho vodopostachannia. Hihienichni ta ekolohichni vymohy shchodo yakosti vody i pravyla vybyrannia [Sources of centralized drinking water supply. Hygienic and ecological requirements for water quality and selection rules]. URL: http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=53159
6. *Zabokrytska M.R., Khilchevskiy V.K.* Vodni ob'ekty Lutska: hidrohrafii, lokalnyi monitorynh, vodopostachannia ta vodovidvedennia [Water objects of Lutsk: hydrography, local monitoring, water supply and sewerage]. *Hidrolohii, hidrokhemii i hidroekolohii*. 2016. T. 3 (42). S. 64-76.
7. Zakon Ukrainy «Pro Zahalnodержavnu tsilovu sotsialnu prohramu «Pytna voda Ukrainy» na 2022-2026 roky» [The Law of Ukraine "On the Nationwide Targeted Social Program "Drinking Water of Ukraine" for 2022-2026"]. 2022. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/JI05633V>
8. Pravyla okhorony poverkhnelykh vod vid zabrudnennia zvorotnyimi vodamy [Rules for the protection of surface water from pollution by return water]. Zatverdzheno postanovoiu KM Ukrainy vid 25.03. 1999 r. №465, zi zminamy 2013 r. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/465-99-%D0%BF#TextX>.
9. Pravyla pryimannia stichnykh vod do system tsentralizovanoho vodovidvedennia [Rules for receiving wastewater into centralized sewerage systems]. 2017. Zi zminamy, zatverdzenymy nakazom Ministerstva rozvytku hromad ta terytorii Ukrainy vid 09.11.2021 № 286. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1671-21#Text>
10. Pro vyznannia takymy, shcho vtratyly chynnist, ta takymy, shcho ne zastosovuiutsia na terytorii Ukrainy, aktiv sanitarnoho zakonodavstva [On the recognition of acts of sanitary legislation as having lost their validity and as not applicable on the territory of Ukraine]. Rozporiadzhennia KM Ukrainy vid 20.01.2016 r. № 94-r. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/94-2016-%D1%80#Text>
11. *Khilchevskiy V.K.* Vodni ta zbroini konflikty – klasyfikatsiini oznaky: u sviti ta v Ukraini [Water and armed conflicts - classification features: in the world and in Ukraine]. *Hidrolohii, hidrokhemii i hidroekolohii*. 2022. № 1(63). S. 6-19.
12. *Khilchevskiy V.K.* Vodopostachannia i vodovidvedennia: hidroekolohichni aspekty: pidruchnyk [Water supply and sewerage: hydroecological aspects: textbook] . Kyiv: VPC "Kyiv University", 1999. 319 s.
13. *Khilchevskiy V.K.* Hidrohrafii ta vodni resursy Yevropy: navch. posibnyk [Hydrography and water resources of Europe: study guide]. K., DIA, 2023. 228 s.
14. *Khilchevskiy V.K.* Hidrokhimichni slovnyk [Hydrochemical dictionary]. K., DIA, 2022. 212 s.
15. *Khilchevskiy V.K.* Znachennia richok Dnipro i Desny u vodopostachanni Kyieva – do 150-richchia kyivskoho tsentralizovanoho vodoprovodu (1872-2022 roky) [The importance of the Dnipro and Desna rivers in Kyiv's water supply - to the 150th anniversary of the Kyiv centralized water supply system (1872-2022)]. *Hidrolohii, hidrokhemii i hidroekolohii*. 2022. № 2 (64). S. 6-21.
16. *Khilchevskiy V.K.* Monitorynh vod v Ukraini: metody otsiniuvannia yakosti vody dlia riznykh tsilei u zviazku zi zminamy normatyvnoi bazy (2014-2021 rr.). [Water monitoring in Ukraine: methods of assessing water quality for various purposes in connection with changes in the regulatory framework

(2014-2021)]. Hidrolohiia, hidrokhimiia i hidroekolohiia. 2021. №3(61). S. 6-19.

17. *Khilchevskiy V.K., Hrebin V.V.* Vodni obiekty Ukrainy ta rekreatsiine otsiniuvannia yakosti vody: : navch. posibnyk [Water bodies of Ukraine and recreational assessment of water quality: study guide]. K., DIA, 2022. 240 s.

18. *Khilchevskiy V.K., Hrebin V.V., Manukalo V.O.* Hidrolohichni slovnyk [Hydrological dictionary]. K., DIA, 2022. 236 s.

19. *Khilchevskiy V. K., Zabokrytska M. R.* Khimichni analiz ta otsinka yakosti pryrodnykh vod: navch. posibnyk [Chemical analysis and assessment of the quality of natural waters: study guide]. Lutsk: Vezha-Druk, 2021. 76 s.

20. *Khilchevskiy V.K., Zabokrytska M.R., Stelmakh V.Iu.* Hidroekolohichni aspekty vodopostachannia ta vodovidvedennia: navch. posibnyk [Hydroecological aspects of water supply and sewerage: study guide]. K., DIA, 2023. 228 s.

21. *Khilchevskiy V., Karamushka V.* Global Water Resources: Distribution and Demand. In: *Leal Filho W., Azul A.M., Brandli L., Lange Salvia A., Wall T.* (eds) Clean Water and Sanitation. Encyclopedia of the UN Sustainable Development Goals. Springer, 2022. P. 240-250.

22. *Shumilova, O., Sukhodolov, A. Tockner, K., Khilchevskiy, V., De Meester L, Stepanenko, S., Trokhymenko A., Hernandez-Aguero J. A., Gleick P.* Impact of the Russia-Ukraine armed conflict on water resources and water infrastructure. *Nature Sustainability*. 2023. 6. P. 578-586.

Study guide on hydroecological aspects of water supply and sewerage - a joint project between two universities (2023)

Grebin V.V.

The article presents and analyzes the study guide "Hydroecological aspects of water supply and sewerage", published in 2023 by V.K. Khilchevskiy (Taras Shevchenko Kyiv National University), M.R. Zabokrytska and V.Yu. Stelmakh (Lesia Ukrainka Volyn National University). The study guide "Hydroecological aspects of water supply and sewerage" has 12 chapters, which can be conventionally structured into five parts: the role of the components of the chemical composition of water in human life (chapter 1); water resources and water use (chapter 2-3); technological aspects of water supply, rationing and control (chapter 4-7); technological aspects of sewerage, regulation and control (chapter 8-10); water supply and drainage in the cities of Kyiv and Lutsk (Chapter 11); water quality assessment of water bodies for water supply and environmental purposes (Chapter 12). The authors of the study guide emphasize that when using water objects for water supply, it is necessary to take into account the possibility of their contamination - the excess of pollutants or indicators of the physical properties of water in maximum permissible concentrations, which causes a violation of water quality standards. In Ukraine, there have been many changes related to both water monitoring and the regulatory framework for water quality assessment for various purposes, which is due to the course of integration with methodical approaches in this field in the European Union. A significant incentive for this process was the signing of the Association Agreement between Ukraine and the EU in 2014, which led to the reform of many spheres of activity, including those related to the management of water resources and their quality.

The study guide is intended for students studying in the educational programs "Hydrology" and "Management and ecology of water resources" specialty 103 "Earth sciences". It can also be useful for students of other educational programs of specialties 103 "Earth Sciences" and 106 "Geography", in which they study issues of water resources, water supply and drainage.

Key words: hydroecological aspects, water supply, sewerage, drinking water, wastewater.

Надійшла до редколегії 19.09.2023

**ПОРЯДОК
ПОДАННЯ І ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ
ДО ПЕРІОДИЧНОГО НАУКОВОГО ЗБІРНИКА
“ГІДРОЛОГІЯ, ГІДРОХІМІЯ І ГІДРОЕКОЛОГІЯ”**

Періодичність: науковий збірник “Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія”, заснований у 2000 р., виходить 4 рази на рік. Він готується до видання на базі кафедри гідрології та гідроекології географічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

Наукова тематика збірника:

- теоретичні та експериментальні гідрологічні, гідрохімічні та гідроекологічні дослідження водних об’єктів;
- вплив кліматичних змін на елементи гідрологічного режиму;
- оцінка антропогенного впливу на водні об’єкти;
- аналіз катастрофічних гідрологічних явищ та їхній вплив на водні об’єкти;
- управління, використання та охорона водних ресурсів;
- якість води в джерелах водопостачання;
- географічні аспекти досліджень глобального гідрологічного циклу.

Приймаються до публікації рецензії на наукові видання, інформація про діяльність відомих вчених в області гідрології, гідрохімії та гідроекології, які присвячені ювілейним датам, матеріали про фахові конференції, що відбулися в Україні і за кордоном, анотації монографій і навчально-методичних видань.

Структура статті - авторам необхідно орієнтуватися на наступну рубрикацію при написанні статті:

- УДК, прізвище та ініціали автора/ів, назва установи, назва статті;
- анотація українською (мовою оригіналу);
- ключові слова;
- вступ, актуальність теми дослідження;
- аналіз виконаних досліджень за означеною темою;
- мета дослідження;
- матеріали та методи дослідження;
- виклад основного матеріалу (в тексті можливе виділення підпунктів);
- висновки;
- список літератури: оригінальний та транслітерований (References) з англійським перекладом назв;
- анотація англійською.

Мова публікацій – українська, англійська або інші офіційні мови Європейського Союзу (ст. 22 Закону України «Про забезпечення функціонування української мови як державної» від 25 квітня 2019 р). У разі публікації англійською мовою або іншими офіційними мовами Європейського Союзу стаття має супроводжуватися анотацією і переліком ключових слів українською мовою. Текст повинен бути відредагованим і оформленим без помилок.

Етичні норми – матеріал, викладений у статті має бути оригінальним, раніше не опублікованим, поданим з дотриманням академічної доброчесності. Автори несуть повну відповідальність за зміст і достовірність викладених у статті матеріалів.

Для одноосібних статей, поданих студентами, обов’язковим є відгук наукового керівника.

Рецензування статей - всі статті проходять процедуру закритого рецензування двома рецензентами-спеціалістами за темою дослідження. Авторам повідомляються результати з метою реагування на зауваження рецензентів. Редколегія залишає за собою право відхилення статей, що не відповідають вимогам до наукових публікацій або у разі негативних рецензій.

Оформлення рукопису статті:

- обсяг статті - до 14 стор. (основний текст, таблиці, рисунки, список літератури, анотації); матеріал обсягом менше 4 стор. – наукові повідомлення;
- шрифт Arial, кегль 11, Word 6-8;
- поля - всі по 2.5 см; інтервал – 1, абзац – 1,00;

• виділення шрифтами «титольної» частини статті:

УДК - кегль 11;

через інтервал - прізвище, ініціали автора – кегль 11, напівжирний, *нахилений*;

назва установи - кегль 10, *нахилений*;

через інтервал - назва статті (кегель 11, напівжирний, прописними);

через інтервал - анотація українською (мовою оригіналу) - кегль 9, *нахилений*;

через інтервал - ключові слова - кегль 9, *нахилений*;

через інтервал – основний текст статті (кегель 11).

Одиниці вимірювання величин і характеристик у статтях треба наводити згідно системи СІ. Зокрема, концентрацію хімічних компонентів у воді – в мг/дм³ (а не в мг/л).

Список літератури - оригінальний і транслітерований (References) з англійським перекладом назв розташовується після основного тексту статті (висновків) через один інтервал.

Оригінальний список літератури. Посередині друкується підзаголовок «Список літератури» (кегель 10, напівжирний), а потім у стовпчик подається оригінальний перелік джерел (також кегль 10). Оформляється згідно з ДСТУ 8302:2015 «Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання». Посилання на джерела у тексті подаються у квадратних дужках із зазначенням порядкового номера.

Транслітерований список літератури - «References». Після оригінального «Списку літератури» наводиться транслітерований латиницею список літератури із заголовком «References». Прізвища авторів – у транслітерації згідно з Постановою КМУ від 27.01.2010 № 55 «Про впорядкування транслітерації українського алфавіту латиницею». Для джерел не англійською мовою після назви роботи в квадратних дужках додається її переклад англійською мовою, наприклад:

Khilchevskiy V.K. Hidroekologichni problemy revitalizatsii richok na terytorii miskykh ahlomeratsii – mizhnarodnyi ta ukraïnskyi dosvid [Hydroecological problems of rivers revitalization on the urban ares - international and Ukrainian experience]. Hidrolohiiia, hidrokhimiiia i hidroekoloheiia. 2017. № 2(45). S. 6-13.

Анотація англійською мовою розташовується після «References» через один інтервал. Анотація подається за схемою:

• назва статті (кегель 9, напівжирний),

• прізвище та ініціали автора/ів (кегель 9, напівжирний, *нахилений*);

• розширений текст анотації англійською (2000 знаків без пробілів (кегель 9, *нахилений*);

• ключові слова - до 5-6 слів чи словосполучень, розділених крапкою з комою (кегель 9, *нахилений*).

Реферат статті – додається автором/ами для розміщення в українському реферативному журналі «Джерело». Рекомендований обсяг – 850 знаків

Приклад оформлення реферату статті:

УДК 556.012 556.522

Типізація річок та озер української частини басейну Вісли та її узгодженість з дослідженнями в Польщі / Хільчевський В.К., Гребін В.В., Забокрицька М.Р. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія, 2017. (*№ і стор. - буде представлено в редакції*).

Здійснена абіотична типізація річок, яка базується на вимогах ВРД ЄС і типологічній системі адаптованій в Польщі, дозволила виділити: для басейну Західного Бугу в межах України 5 абіотичних типів річок, в межах Польщі - 7; для басейну Сану в межах України - 4 типи річок, в межах Польщі - 10. Згідно ВРД ЄС у басейні р. Західний Буг до дуже великих річок належить, власне, Західний Буг, а до великих річок - Полтва, Рата, Луга і Ріта. У басейні р. Сан до дуже великих річок належить, власне, Сан, а до великих річок - Вишня і Завадівка (Любачівка). Для виконання типізації озер у басейні Західного Бугу на території України згідно вимог ВРД ЄС необхідно провести дослідження за комплексом показників (геологічних умов водозбору, співвідношення площі водозбору до об'єму озера, вертикальної стратифікації озерних вод).

Іл. 2. Табл. 3. Бібліогр.: 12 назв.

Ключові слова: Західний Буг, Сан, Водна рамкова директива Європейського Союзу, абіотичні типи, річка, озеро

Відомості про авторів - подаються при надсиланні статті в редколегію (окремим файлом): прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь та вчене звання, місце роботи, посада, службова адреса, контактний телефон, e-mail.

Надсилання рукопису статті на адресу редколегії здійснюється в *електронному вигляді* (з назвою файлу – прізвище автора латинськими літерами), а також у *роздрукованому вигляді* у 2-х примірниках (для рецензування), один – з підписами авторів; другий – копія першого без підпису.

Наукове видання

ГІДРОЛОГІЯ, ГІДРОХІМІЯ І ГІДРОЕКОЛОГІЯ

Періодичний науковий збірник

2023 рік

№ 4 (70)

Збережено авторський стиль та орфографію

Комп'ютерна верстка – Москаленко С.О.

Підписано до друку 30.11.2023
Формат 60x90/8. Папір офсетний.
Гарнітура Arial. Друк різнограф.
Ум. др. арк. 8,0. Обл.-вид. арк. 8,2.
Наклад 100 прим. Зам. № 52-014.



Видавництво географічної літератури “Обрії”

Свідоцтво Держкомінформ України

ДК № 23 від 30.03.2000 р.

Київ, вул. Старокиївська, 10

Тел.: (096) 882-30-30

e-mail: vgl_obrii@ukr.net

ISSN:2306-5680 Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology. 2023. № 4 (70)