

# АНАЛІЗ ВПЛИВУ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН НА ВОДНІ РЕСУРСИ УКРАЇНИ

Київ · 2021

екодія



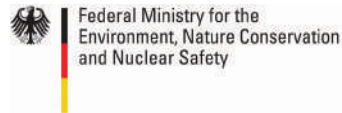
# **АНАЛІЗ ВПЛИВУ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН НА ВОДНІ РЕСУРСИ УКРАЇНИ**

Ця публікація видана у межах Ініціативи з розвитку екологічної політики й адвокації в Україні, що здійснюється Міжнародним фондом «Відродження» за фінансової підтримки Швеції, а також в рамках втілення проекту, що фінансує Федеральне міністерство екології, охорони природи та ядерної безпеки Німеччини у межах проекту Міжнародної Кліматичної Ініціативи (IKI) та за фінансової підтримки Шведського агентства міжнародного розвитку (SIDA) через Шведське товариство охорони природи (SSNC).

Думки, висновки чи рекомендації належать авторам/авторкам цієї публікації та не обов'язково відображають погляди донорів. Відповідальність за зміст публікації несе виключно ГО «Екодія».

This publication is prepared within the framework of the Environmental Policy and Advocacy Initiative in Ukraine that has been implemented by the International Renaissance Foundation and enabled by the financial support from Sweden, and also financed by Federal Ministry of the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety of Germany in the frame of the International Climate Initiative (IKI) project, and with the financial contribution by the Swedish International Development Co-operation Agency (SIDA) through the Swedish Society for Nature Conservation (SSNC).

Views, conclusions or recommendations belong to the authors of this publication and do not necessarily reflect the official position of donors. The responsibility over the content lies solely with authors of this publication — NGO “Ecoaction”.



#### Автори:

**Сніжко Сергій**, доктор географічних наук, професор, завідувач кафедри метеорології та кліматології Київського національного університету імені Тараса Шевченка;

**Шевченко Ольга**, доктор географічних наук, доцент, заступник декана географічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка з наукової роботи;

**Дідовець Юлій**, PhD з гідрології, гідрохімії, водних ресурсів, науковий співробітник Потсдамського інституту досліджень впливу клімату (Німеччина).

#### Рецензент:

**Світлана Краковська**, кандидат фізико-математичних наук, завідувачка лабораторії прикладної кліматології Українського гідрометеорологічного інституту ДСНС та НАН України, редактор-рецензент Спеціального звіту про глобальне потепління на 1,5 градуса та провідний автор Шостого оцінювального звіту Міжурядової групи експертів зі зміни клімату при ООН.

#### Координація проекту:

**Соф'я Садогурська**, фахівчиня відділу клімату та транспорту, Центр екологічних ініціатив «Екодія», [ss@ecoact.org.ua](mailto:ss@ecoact.org.ua)

**Ольга Гусакова**, фахівчиня відділу клімату та транспорту, Центр екологічних ініціатив «Екодія», [og@ecoact.org.ua](mailto:og@ecoact.org.ua)

**Коректор: Мар'яна Добоні**

**Дизайн: Оксана Щербакова**

АНАЛІЗ ВПЛИВУ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН НА ВОДНІ РЕСУРСИ УКРАЇНИ (повний звіт за результатами проекту). / Сніжко С., Шевченко О., Дідовець Ю. // Центр екологічних ініціатив «Екодія», 2021, 68 с.

Цей документ дозволено копіювати з некомерційною метою без спеціального дозволу ГО «Центр екологічних ініціатив «Екодія», однак посилання на джерело інформації є обов'язковим.

Замовник: ГО «Центр екологічних ініціатив «Екодія».

Розповсюджується безкоштовно.

© Центр екологічних ініціатив «Екодія», 2021 рік

© Сніжко Сергій, Шевченко Ольга, Дідовець Юлій 2021 рік

# ЗМІСТ

---

Вступ .....	3
Структура водних ресурсів України, їх територіальний розподіл та використання .....	6
Огляд досліджень щодо впливу зміни клімату на водні ресурси України .....	13
Особливості зміни клімату в Україні до кінця XXI ст. ....	22
Оцінка очікуваних змін кількісних характеристик водних ресурсів України під впливом зміни клімату .....	29
Аналіз ймовірної вразливості основних водокористувачів: секторальні та територіальні аспекти .....	37
Вразливість основних водокористувачів до зменшення обсягів водних ресурсів .....	44
Регулююча роль водно-болотних угідь у формуванні водних ресурсів .....	47
Рекомендації щодо адаптації водного сектора України до зміни клімату .....	51
Висновки .....	56
Перелік використаних джерел .....	60
Додаток. Словник найбільш вживаних термінів .....	64





## ВСТУП

---

70% поверхні нашої планети вкрито водою. Вода — це найпоширеніший природний ресурс, тому часто виникає хибна думка про невичерпність і загальнодоступність водних ресурсів. Проте це не так, адже придатної для споживання населенням та для функціонування більшості земних екосистем прісної води зовсім небагато, її частка у загальних водних запасах становить лише 2,53%. До того ж, не вся вода легкодоступна — дві третини міститься в льодовиках та сніговому покриві планети.

Ще одна проблема, що ускладнює водокористування — це нерівномірність просторового розподілу запасів прісної води на планеті. В багатьох регіонах нашої планети питна вода вже давно є надзвичайно дефіцитним продуктом.

Понад 2 млрд людей постійно проживають в умовах дефіциту водних ресурсів. Майже 3,4 млрд людей — 45% світового населення — не мають доступу до безпечних санітарно-гігієнічних установ. Відповідно до незалежних оцінок 40% населення Землі вже до 2030 року зіткнеться із глобальним дефіцитом води (*The United Nations World Water Development Report, 2021*).

У зв'язку з хворобами, що пов'язані зі споживанням непридатної для пиття води, щодня помирає 6000 людей, переважно це діти у віці до п'яти років (*GLOWA — Globaler Wandel des Wasserkreislaufes, 2005*).

До того ж, майже на всій планеті спостерігається посилення негативного впливу на кількісний та якісний стан водних ресурсів таких чинників як зміна клімату, землекористування, збільшення кількості населення, забруднення води, зростання споживання води.

22 мегаполіси з населенням понад 10 млн мешканців вже незабаром можуть зіткнутися з проблемою водопостачання та водовідведення. Найгірша ситуація може виникнути в Китаї, де вже нині 550 з 600 найбільших міст відчують ці проблеми (*Перга, 2011*).

Споживання води промисловістю, яке повсякчас зростає, призводить до виснаження природних водних ресурсів, зниження виробництва продовольства та до значної міграції населення до інших країн, зокрема до Європи.

Новою глобальною тенденцією сучасного розвитку є перетворення водних ресурсів на головні стратегічні ресурси, які дедалі частіше стають предметом міжнародних конфліктів, збройних сутичок і навіть війн. Тож саме недостатня кількість води перетворюється нині на головну загрозу дестабілізації низки регіонів та зростання їх уразливості.

Якщо нині одна з основних глобальних проблем світу полягає в енергетичній безпеці, то в умовах зміни клімату на передній план вийде водна безпека. Світове співтовариство трактує її як розподіл води і водоємкої продукції, в якому не виникає загрози міжнародній стабільності, водних війн, водного тероризму тощо.

Згідно з прогнозами вчених, уже в період 2035–2045 рр. об'єм прісної води, який споживає людство, зрівняється з її ресурсами (*Rodda, 1997*).

Розуміння нової глобальної проблеми поволі формується і в Україні. Прискорити цей процес мають

рішення органів державної влади, зокрема Указ Президента України від 14 вересня 2020 року № 392/2020 щодо затвердження Стратегії національної безпеки України. У даному документі, зокрема, акцентується, що в умовах зміни клімату та зростання техногенного навантаження на навколишнє природне середовище збільшується кількість та масштаби надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру, до яких належать, зокрема метеорологічні й гідрологічні посухи, наслідком яких є катастрофічне зниження водного стоку річок, а також доступність води для економіки, соціальної сфери та екосистем.

Запобігання виникненню цих надзвичайних ситуацій, які супроводжуються значними економічними збитками, розробка заходів з адаптації залежних від водних ресурсів галузей економіки, систем життєзабезпечення та цивільного захисту до зміни клімату визнані Стратегією національної безпеки України (2020) як основні напрями діяльності держави для забезпечення її національних інтересів і безпеки.

Для комплексного розв'язання проблем, пов'язаних із зміною клімату, розроблено Стратегію екологічної безпеки та адаптації до зміни клімату (2021), реалізація якої сприятиме пом'якшенню негативного впливу зміни клімату та техногенного навантаження на водні ресурси, стане поштовхом для розробки новітніх стратегій розвитку водного господарства та раціонального використання водних ресурсів, які передбачають також адаптацію до очікуваних змін клімату і базуються на сучасних наукових оцінках впливу зміни клімату на водні ресурси нашої країни.

**Метою даної публікації є узагальнення вже виконаних на основі сучасних наукових досліджень оцінок очікуваних змін кількісних характеристик водних ресурсів України під впливом зміни клімату, аналіз ймовірної вразливості основних водокористувачів, оцінка ролі водно-болотних угідь у формуванні водних ресурсів та надання рекомендацій щодо адаптації водного сектора України до зміни клімату.**





## СТРУКТУРА ВОДНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ, ЇХ ТЕРИТОРІАЛЬНИЙ РОЗПОДІЛ ТА ВИКОРИСТАННЯ

Згідно з Водним кодексом України (1995), водні ресурси — це обсяги поверхневих, підземних і морських вод відповідної території. На практиці, як в Україні, так і в багатьох країнах світу, поняття «водні ресурси» трактується у вужчому розумінні — це прісні поверхневі та підземні води, які знаходяться у водних об'єктах і використовуються або можуть бути використані людиною.

Розрізняють відновні ресурси прісних вод — річковий стік у моря та океани, який формується за рахунок атмосферних опадів у річковому басейні та живлення підземними водами та невідновні (статичні) водні ресурси — глибокі горизонти підземних вод, ступінь поповнення яких незначний у людському масштабі часу.

<sup>1</sup> FAO Aquastat. Global Information System on Water and Agriculture.  
URL:<http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/index.html?lang=en>

Кількісні характеристики водних ресурсів України, одержані різними авторами в різний час і за різними методиками розрахунку є досить суперечливими і в кожному окремому випадку потребують пояснення. Найбільш актуальною і достовірною інформацією про водні ресурси України є дослідження В.К. Хільчевського (*Хільчевський, 2021*), виконане ним на основі глобальної інформаційної системи Aquastat, яка належить Продовольчій та сільськогосподарській організації ООН (*Food and Agriculture Organization, FAO*). Узагальнені В.К. Хільчевським сучасні характеристики водних ресурсів України висвітлено в [табл. 1](#).

**Таблиця 1.**

Узагальнююча характеристика середньорічних показників відновних водних ресурсів України на основі даних глобальної інформаційної системи FAO Aquastat, 2017 р. (Хільчевський, 2021).

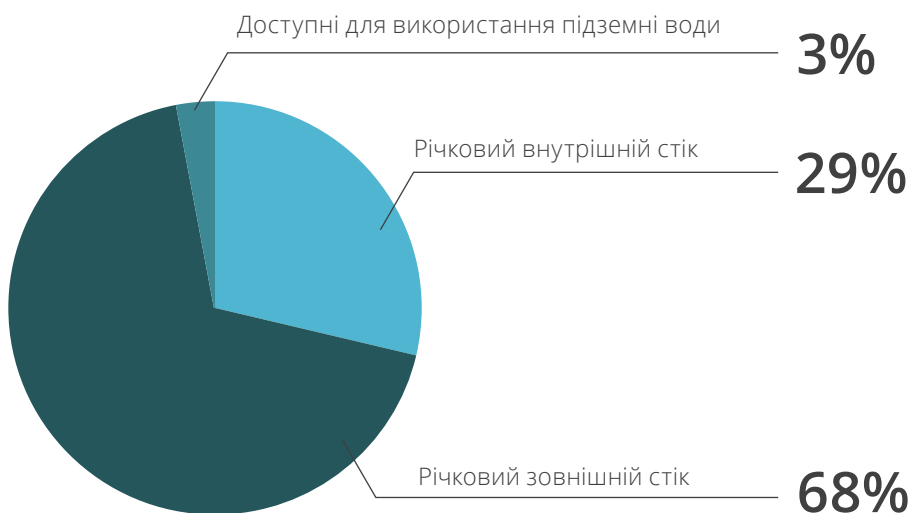
Вид водних ресурсів	Складники водних ресурсів	Об'єм, км <sup>3</sup>
Поверхневі води	Річковий стік внутрішній	50,1
	Річковий стік зовнішній (приплив в Україну)	120,2
	Сумарний річковий стік	170,3
	Річковий стік за межі України	28,9
Підземні води	Прогнозні ресурси	22,0
	Доступні для використання	5,0
Внутрішні води	Поверхневі і підземні	55,1
Загальні водні ресурси	Поверхневі і підземні	175,3

Згідно з цими розрахунками загальні відновні водні ресурси України становлять 175,3 км<sup>3</sup> на рік, з яких 97% формується за рахунок поверхневого річкового стоку і лише 3% (5 км<sup>3</sup>) за рахунок підземних вод (рис.1).

Саме тому, що підземні води, а також води озер, боліт та льодовиків використовуються порівняно мало і всі вони в процесі кругообігу води пов'язані з водами річок, під водними ресурсами великих територій і країн розуміють лише величину середньорічного стоку річок (Хільчевський та ін., 2008).

**Рис.1.**

Структура відновних водних ресурсів України (розраховано на основі середньорічних показників).



Річковий внутрішній стік з території країни становить 50,1 км<sup>3</sup>, а зовнішній — з територій сусідніх країн (Румунія, Молдова, Угорщина, Польща, Білорусь, Росія) — 120,2 км<sup>3</sup> на рік (36,1 км<sup>3</sup> із Росії й Білорусі та 84,1 км<sup>3</sup> із Румунії (50% стоку Дунаю через Кілійське гирло). Частина стоку з території України теж надходить до сусідніх країн (Польща, Словаччина, Угорщина, Румунія, Молдова).

**Поряд із водними ресурсами річок велику господарську роль відіграють запаси води в природних і штучних водосховищах. Для забезпечення господарської діяльності країни водою на річках створено 1103 водосховища, загальний обсяг яких становить 55 км<sup>3</sup> води.**

Шість великих водосховищ із загальним об'ємом 43,8 км<sup>3</sup> води побудовано на Дніпрі (*Snishko, 2001*). До великих водосховищ належить також Дністровське водосховище на р. Дністер (обсяг — 3,0 млрд м<sup>3</sup>), Краснооскольське на р. Оскол (477 млн м<sup>3</sup>), Печенізьке на р. Сіверський Донець (384 млн м<sup>3</sup>), Карачуновське на р. Інгулець (308,5 млн м<sup>3</sup>). У прісноводних озерах зосереджено 2,3 млрд м<sup>3</sup> води.

Розподіл підземних водних ресурсів на території держави нерівномірний: 65% зосереджено у північній та північно-західній частинах (Дніпровсько-Донецький та Волино-Подільський артезіанські басейни). Південна частина України має обмежені ресурси підземних вод.

Найбільші прогнозні ресурси підземних вод зосереджені у басейні Дніпра — 61%, Сіверського Донця — 12, Дністра — 9, Південного Бугу — 0,5%. Водночас розвіданість їхніх запасів лише в басейні Сіверського Донця становить близько 50%, а в інших — менше ніж 30%, зокрема у басейні Дніпра — лише 20%.

**У розрахунку на одного мешканця найбільша кількість підземних вод (5,54 м<sup>3</sup>/добу) припадає на Чернігівську область, а найменша (0,28–0,43 м<sup>3</sup>/добу) — на Дніпропетровську, Одеську, Кіровоградську, Донецьку, Миколаївську, Житомирську та Вінницьку області.**

Сумарні розвідані експлуатаційні ресурси підземних вод становлять 5,0 млрд м<sup>3</sup>/рік (15,6 млн м<sup>3</sup>/добу), що становить 26 % від прогнозних ресурсів підземних вод.

Видобуток підземних вод в Україні у 2019 р. становив 2599,2 тис. м<sup>3</sup>/добу, що становить 4% від суми прогнозних ресурсів підземних вод (наведено без урахування ресурсів АР Крим).

Підземні води становлять 13,8% у загальному водоспоживанні держави і використовуються переважно для господарсько-питного водопостачання, сільського господарства та для виробничо-технічних цілей. Із усіх міст України (474) у 77 містах водопостачання здійснюється винятково з підземних водних джерел, у 161 місті частка використання підземних вод перевищує 50 % від загального споживання води (*Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2017 році, 2018*).

**Водночас спостерігається тенденція до зниження відбору підземних вод для господарсько-побутового використання, яка спричинена зниженням економічної активності чи погіршенням якості підземних вод. Наприклад, протягом 2001–2014 рр. використання підземних вод для цих цілей знизилось на 49,6% (*Rethinking of Water Security, 2016*).**

Найбільший відбір підземних вод здійснюється в Донецькій (391,9 млн м<sup>3</sup>/рік), Луганській (385,2 млн м<sup>3</sup>/рік), Львівській (183,1 млн м<sup>3</sup>/рік), Дніпропетровській (154,5 млн м<sup>3</sup>/рік), Київській (115 млн м<sup>3</sup>/рік), Полтавській (90,3 млн м<sup>3</sup>/рік), Волинській (62,7 млн м<sup>3</sup>/рік), Чернігівській (60 млн м<sup>3</sup>/рік) областях, Автономній Республіці Крим (113,3 млн м<sup>3</sup>/рік), в яких використовується 72% від загального в Україні відбору підземних вод (*Стан підземних вод України, 2020*).

Попри те, що протягом ХХ ст. у розвинутих країнах докладалися значні зусилля для розвитку водопостачання із більш захищених від забруднення підземних вод, у більшості великих міст розвинутих країн джерелами водопостачання, так само як і в Україні, слугують зарегульовані ріки. Питне водопостачання в Україні на 80% забезпечується з поверхневих джерел, а в окремих регіонах майже на 100% (*Аналіз актуальних чинників погіршення якості питного водопостачання в контексті національної безпеки України. Аналітична записка*).

Лише в невеликих містах Західної Європи господарчо-питне водопостачання забезпечується цілком із підземних вод. У великих містах зазвичай підземні джерела лише частково покривають потреби у воді.

**Серед 20 європейських країн Україна за показником забезпеченості водними ресурсами посідає 17 місце та 124 місце в списку 181 країн світу за даними 2014 р. (*The World Bank Group, 2020*).**

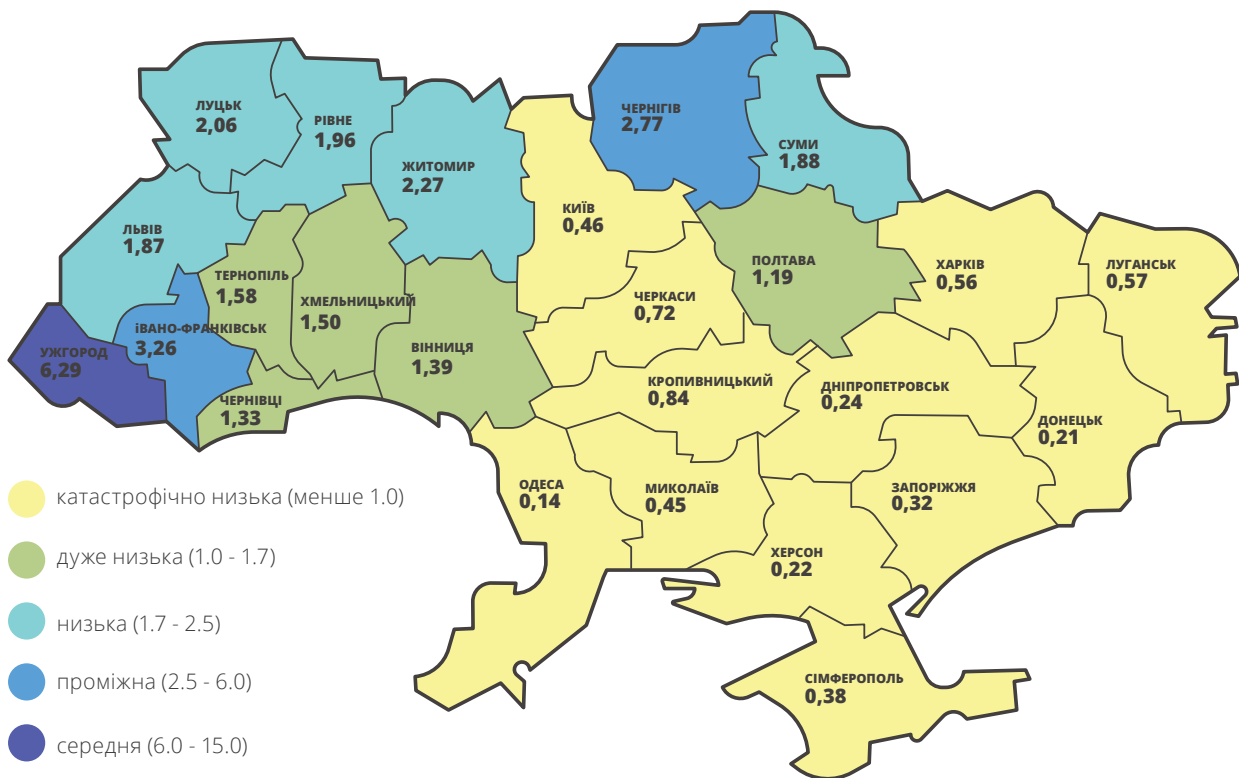
На одного жителя України припадає в середньому лише 1 тис. м<sup>3</sup> місцевого стоку, тоді як, наприклад, у Канаді цей показник становить 94,3 тис. м<sup>3</sup>, Росії — 31,0 тис. м<sup>3</sup>, США — 7,4 тис. м<sup>3</sup>, Німеччині — 1,9 тис. м<sup>3</sup> (Інформаційно-аналітична довідка, 2020).

Забезпеченість місцевими водними ресурсами по окремих областях країни відрізняється майже в 60 разів: від 0,14 км<sup>3</sup>/рік у Херсонській області, до 7,92 км<sup>3</sup>/рік — у Закарпатській. Найменш забезпеченими водними ресурсами є Донбас, Криворіжжя, АР Крим та південні області України, де зосереджені найбільші споживачі води (Інформаційно-аналітична довідка, 2020).

Згідно з міжнародною класифікацією лише Закарпатська область належить до категорії середньої забезпеченості місцевим стоком — 6,3 тис.м<sup>3</sup> на одну людину. Низька забезпеченість у Чернігівській, Житомирській, Волинській та Івано-Франківській областях — 3,3–2,0 тис.м<sup>3</sup>. В інших областях України спостерігається низька і дуже низька забезпеченість — 1,98–0,12 тис. м<sup>3</sup> на одну особу (рис. 2).

**Рис. 2.**

**Забезпеченість регіонів України місцевими водними ресурсами, тис. м<sup>3</sup>/рік на одну людину (Ромащенко та ін., 2020).**



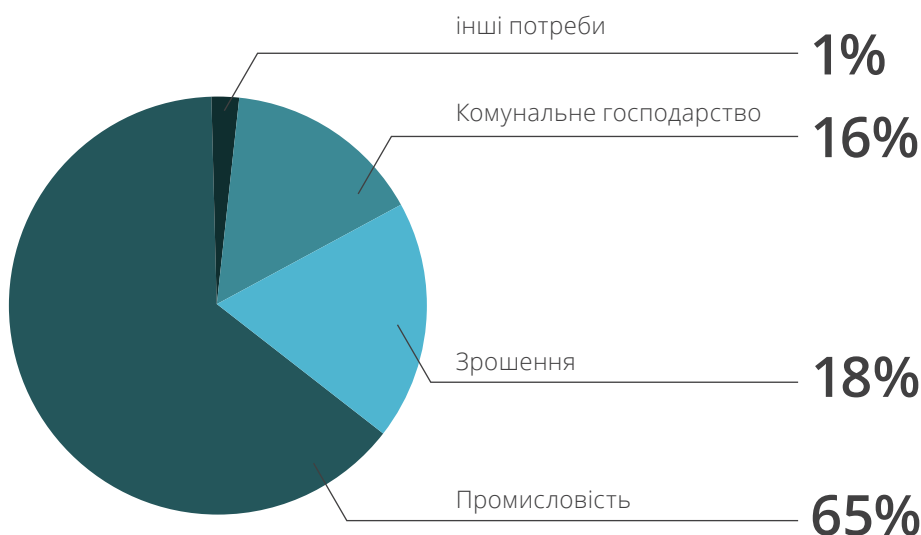
Починаючи з 1990 р. в Україні відбувається різке зниження загального водоспоживання, що обумовлено значним скороченням водоспоживання промисловістю і сільським господарством. Якщо в 1990 р. загальне водоспоживання становило 30,2 млрд м<sup>3</sup> води в рік, то в 2014 р. воно скоротилося до 11,5 млрд м<sup>3</sup> води в рік.

Найбільшими споживачами води в територіальному розрізі є Донецька (1697 млн м<sup>3</sup>), Дніпропетровська (1565 млн м<sup>3</sup>), Херсонська (1442 млн м<sup>3</sup>), Запорізька (1149 млн м<sup>3</sup>), Одеська (977 млн м<sup>3</sup>), Київська (911 млн м<sup>3</sup>) області та Київ (615 млн м<sup>3</sup>), на які припадає 72,6% сумарного обсягу забору води. Втрати води під час транспортування до споживачів в 2014 р. становило 1390 млн м<sup>3</sup> або 11,7% від водозабору (*Стан підземних вод України, 2020*).

Структура використання водних ресурсів в Україні станом на 2019 р. така (рис. 3): 65% — промисловість, 18% — сільське господарство (зрошення), 16% — комунальне господарство» (*Загальні показники використання води в Україні за 2017, 2017*).

**Рис.3.**

### Структура використання водних ресурсів в Україні



Споживання води комунальним господарством в Україні значно вище, ніж в країнах ЄС. Якщо середнє водоспоживання в 27 містах України становило 275 л на людину на добу (*Modernisierungsstrategie für die deutsche Wasserwirtschaft. Maßnahmen zur Stärkung der Präsenz der deutschen Wasserwirtschaft auf internationalen Märkten für Wasserdienstleistungen, 2013*), то в країнах ЄС ця величина становить 100–200 л на людину на добу.

В Україні централізованим господарчо-питним водопостачанням на поч. XXI ст. було забезпечено понад 80% населення, розрахункова величина питомого водоспоживання досягла в середньому 370 л/добу на 1 людину. Середньодобова подача у водопровід в розрахунку на одного мешканця Києва становить 410–450 л/доба, Харкова — 425 л/доба (*Яковлев В.В. и др., 2015*). Водночас сільські жителі, що забезпечуються децентралізовано (здебільшого за допомогою криниць, неглибоких приватних свердловин, джерел, привізної води) споживають лише 30–50 л/добу на одну людину.



Щорічно значна кількість води (15 км<sup>3</sup>) перерозподіляється по території України за допомогою магістральних каналів і водогонів. Об'єм втрат води при транспортуванні оцінюється у 2,0 км<sup>3</sup> у рік. Більше, ніж третина води, що подається у зрошувальні системи, втрачається через низький технічний рівень і зношеність гідротехнічних споруд (*Водна стратегія України на період до 2025 року (наукові основи), 2015*).

Втрати води у системах водопостачання, що забезпечують питні та господарсько-побутові потреби населення, становили у 2017 р. 748,05 млн м<sup>3</sup> води або 35,78% від забраної (*Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2017 році, 2018*).

Одним із лімітуючих факторів споживання водних ресурсів є їх якість. Об'єм стічних вод, що надходить у поверхневі водні об'єкти України перевищує 5 км<sup>3</sup> (*Портал відкритих даних. Загальні показники використання води в Україні за 2017, 2017*), що становить 10,7% ресурсів поверхневого водного стоку, який формується на території України.

У деяких областях він у десятки і навіть у сотні разів перевищує об'єм річкового стоку, що формується у маловодний рік. Більш ніж трикратне розбавлення стічних вод місцевим річковим стоком досягається тільки у північній і західній частинах України (*Экологическая геология Украины: справ. пособие, 1993*).

Підземні води теж мають обмежене використання, оскільки їм притаманна висока мінералізація. Наприклад, у Херсонській області внаслідок інтенсивної та тривалої експлуатації Херсонського родовища, водопостачання центральної й більшості частин міста Херсон здійснюється некондиційними водами верхньосарматських відкладів неогену, з мінералізацією понад 1500 мг/дм<sup>3</sup> і вмістом нітратів та амонію, що перевищує ГДК (*Стан підземних вод України, щорічник, 2020*).



## ОГЛЯД ДОСЛІДЖЕНЬ ЩОДО ВПЛИВУ ЗМІНИ КЛІМАТУ НА ВОДНІ РЕСУРСИ УКРАЇНИ

Перші оцінки щодо майбутніх змін водних ресурсів України отримані ще у 1998 р. А.І. Шерешевським (*Україна та глобальний парниковий ефект: вразливість і адаптація екологічних та економічних систем до зміни клімату, 1998*) з використанням розрахунків за моделями загальної циркуляції атмосфери GFDL, UKMO, MPI. Автор зробив висновки, що річний стік річок верхньої частини басейну Дніпра в середині XXI ст. знизиться на 2–18%, а стік решти річок басейну зросте на 20–30%. Розрахунки на основі моделі MPI навпаки засвідчили, що стік річок басейну знизиться на 7–50%.

За даними Національної метеорологічної служби Великої Британії (*Наслідки зміни клімату: Україна, 2010*) в країнах Центральної та Східної Європи, включно з Україною, стік річок у середині XXI ст. влітку зменшиться на 50%.

Гідрологи Дрезденського університету (*Pluntke et al., 2010*) оцінюють зменшення стоку в басейні Західного Бугу під впливом зміни клімату на період до 2080 року на 24,5–28%.

Оцінка можливих змін водних ресурсів України в умовах глобального потепління клімату була виконана на кафедрі метеорології і кліматології Київського національного університету імені Тараса Шевченка водно-балансовим методом (*Сніжко та ін., 2012*) із використанням

результатів прогнозування температури повітря й кількості опадів на XXI ст. за сценарієм глобального розвитку A1B, які були розраховані кліматологами УкрГМІ з застосуванням регіональної моделі REMO та даних світового кліматичного центру CRU (Краковська та ін., 2008).

**В результаті цих розрахунків було встановлено, що протягом XXI ст. в Україні (за винятком річкових басейнів у межах Українських Карпат і Закарпаття) буде спостерігатися зменшення водного стоку на 25–50%.**

Аналогічні результати отримані і вченими Одеського державного екологічного університету (Loboda et al., 2013), які з використанням водно-балансової моделі й кліматичних сценаріїв РТК4.5 та РТК8.5 (РТК – траєкторій концентрацій парникових газів) розраховували, що до середини поточного сторіччя відбудеться значне зменшення водних ресурсів рівнинної території України (до 70% на південному сході), а в зоні Українських Карпат буде спостерігатися стабілізація і навіть збільшення водних ресурсів. Аналіз змін співвідношення ресурсів вологи і тепла продемонстрував посилення посушливості клімату і розширення зони недостатнього зволоження.

Дослідження Н. С. Лободи та М. А. Козлова (Лобода и Козлов, 2020) за водно-балансовою моделлю «клімат – стік» та застосування репрезентативних траєкторій концентрацій парникових газів (РТК) засвідчили, що до 2050 р. за траєкторією РТК4.5 зміни водних ресурсів досягнуть мінус 50–60% на півдні та мінус 10% на півночі, за траєкторією РТК8.5 — мінус 60% на півдні до мінус 30–40% на півночі.

**Основною причиною зменшення водних ресурсів буде зростання ресурсів тепла на фоні переважно незначних (до  $\pm 10\%$ ) змін ресурсів зволоження. За умови розвитку подій відповідно до траєкторії РТК4.5 в Українських Карпатах (за винятком Закарпаття) можливе зростання водних ресурсів.**

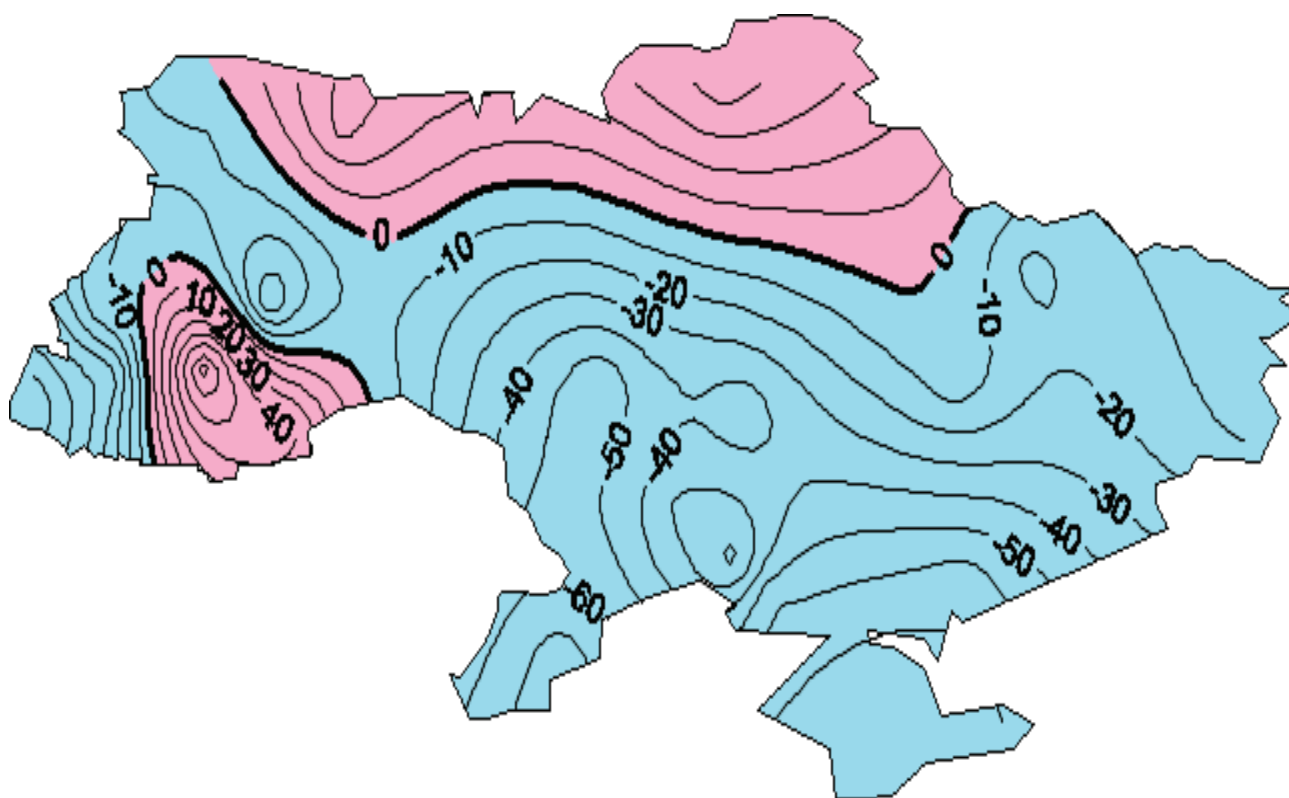
Згідно з траєкторією РТК8.5 територія зростання водних ресурсів обмежиться Буковиною. Розрахунки індексів зволоженості/посушливості засвідчили, що в Українських Карпатах збережеться зона надмірного зволоження. Однак перевищення ресурсів зволоження над випаровуванням стане меншим ніж у базовому періоді, що призведе до зниження водних ресурсів річок Українських Карпат.

Ю. В. Божок (Божок, 2015) для оцінки наслідків впливу глобального потепління на формування водних ресурсів України загалом та Північно-Західного Причорномор'я зокрема, ґрунтуючись на

водно-балансової моделі «клімат-стік», застосувала сценарії глобального потепління А1В та А2. У процесі досліджень було встановлено, що за сценарієм А1В до 2050 р. напіваридна зона розшириться на північ. У період 2031–2050 рр. зменшення водних ресурсів на півдні України досягне 60–70% (рис.4).

**Рис.4.**

**Просторовий розподіл відносних відхилень (%) норм річного кліматичного стоку за період 2031–2050 рр. у порівнянні із даними до 1989 р. (сценарій А1В) (Божок, 2015).**



Зростання стоку відбуватиметься в межах водозборів річок Прип'ять та Десна, а також у межах Українських Карпат. Водночас територія Закарпаття та річки Західний Буг, лівобережні притоки Дністра увійдуть у зону зменшення стоку.

Згідно з результатами розрахунків у Північно-Західному Причорномор'ї в період 2031–2050 рр. за сценарієм А1В очікується зменшення водних ресурсів від мінус 40% на півночі досліджуваної території до мінус 70% — на півдні.

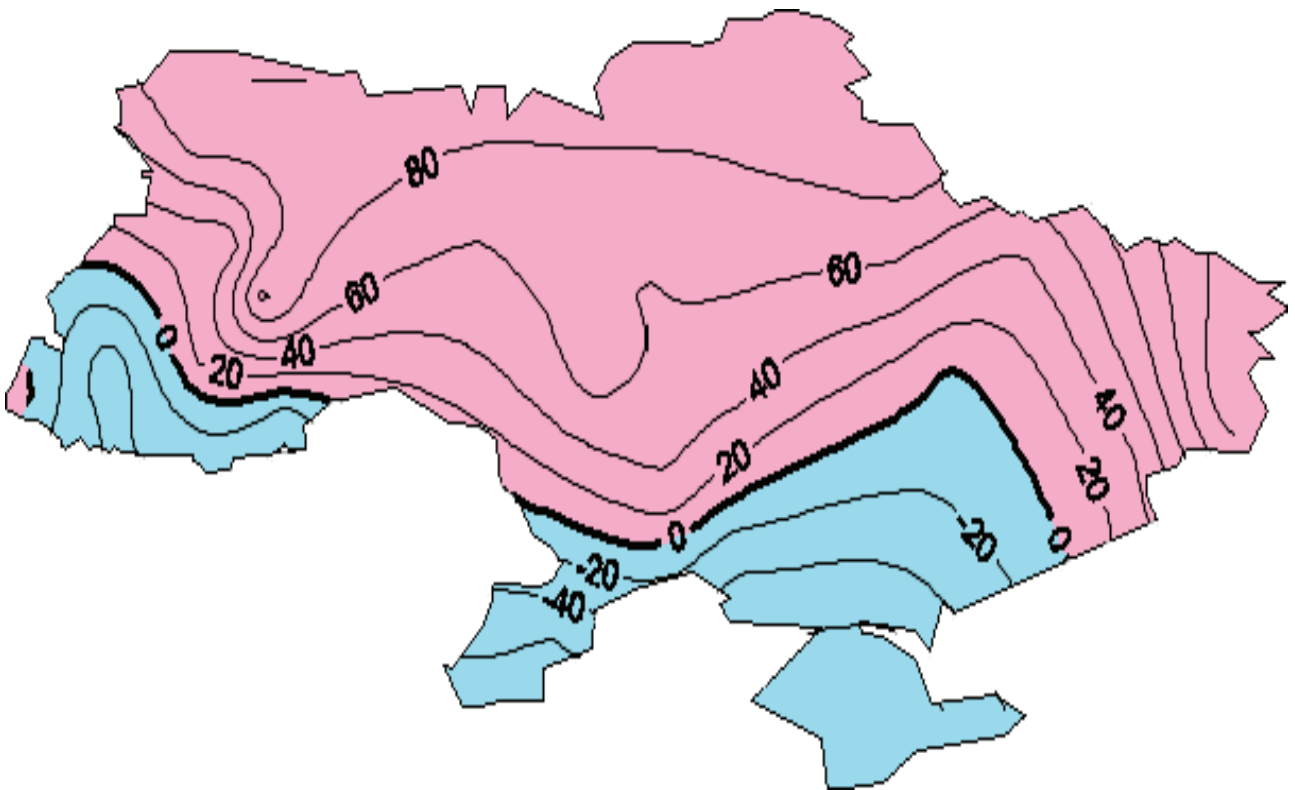
Розрахунки за сценарієм А2 засвідчили, що на більшій частині території України водні ресурси будуть зростати через збільшення опадів, і лише південна частина України та Закарпаття потрапляє в зону їх зменшення (рис. 5). У межиріччі Дунаю та Дністра таке зменшення водних ресурсів становитиме мінус 60%.

Ступінь змін водних ресурсів визначається за рекомендаціями ООН, згідно з якими зменшення середньої багаторічної величини річного стоку на 10% пов'язується із наявністю значущих змін водних ресурсів; на 50% — з руйнацією водних ресурсів; на 70% — безповоротною руйнацією. Отже, водні ресурси Північно-Західного Причорномор'я підлягатимуть у майбутньому як за сценарієм А1В, так і за сценарієм А2 руйнації та безповоротній руйнації.

Цей приклад засвідчує, що однозначну відповідь на питання про майбутнє водних ресурсів України знайти не так вже й легко: різні сценарії, навіть за умови застосування однакових вихідних даних, можуть продемонструвати геть протилежні результати.

**Рис.5.**

Просторовий розподіл відносних відхилень (%) норм річного кліматичного стоку за період 2031–2050 рр. у порівнянні із даними до 1989 р. (сценарій А2) (Божок, 2015).



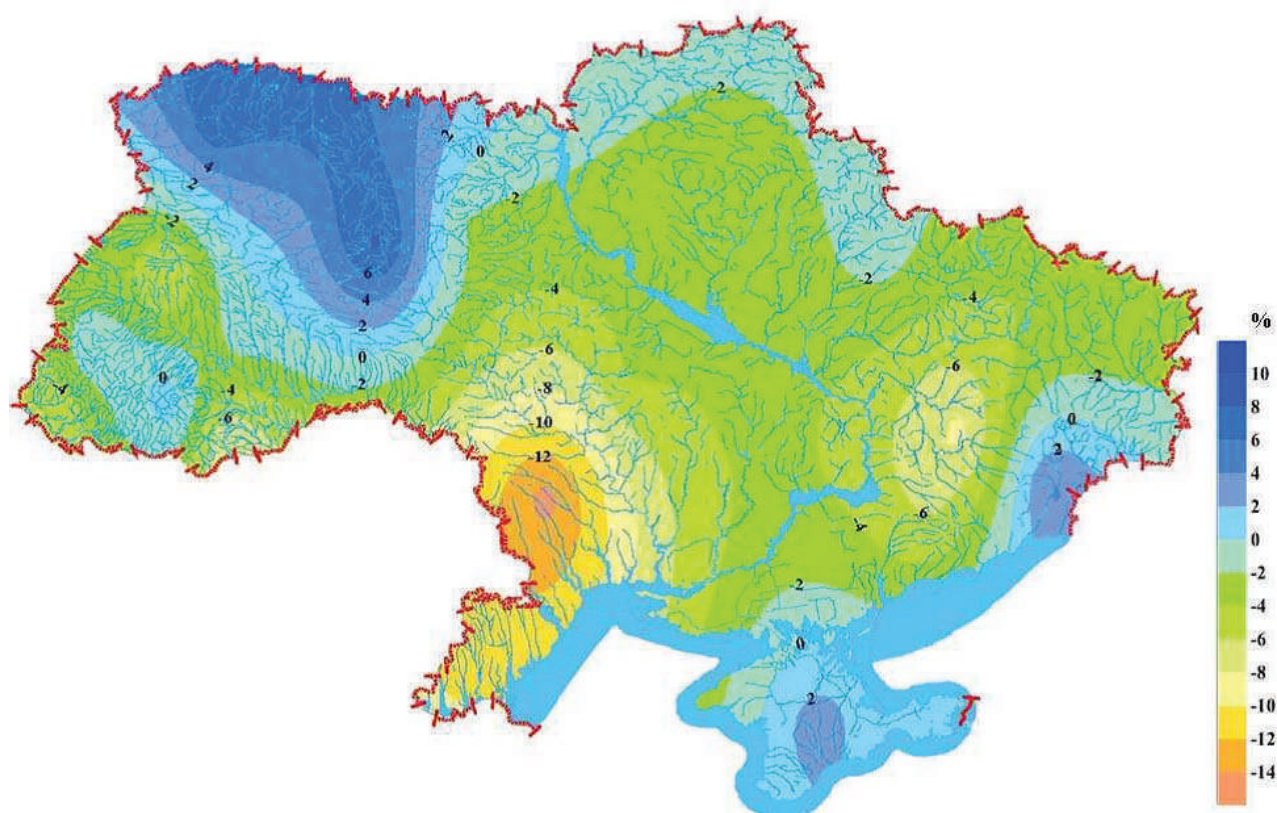
Л.О. Горбачова (Горбачова, 2014) виконала оцінку можливих майбутніх змін стоку річок України за водно-балансовим методом та гідрологічне моделювання модулем NAM RR Mike 11 за даними чотирьох регіональних кліматичних моделей (ПКМ) (сценарій А1В). Результати розрахунків дали змогу отримати проєкції середньорічного стоку води у вигляді шарів стоку (мм) для репрезентативних водозборів річок до середини XXI ст. по відношенню до базового періоду 1991–2010 рр. Це дало змогу виконати просторове узагальнення його можливих змін (%) (рис. 6). Аналіз отриманих результатів засвід-



чує, що незначне підвищення середньорічного стоку води можна очікувати на гірських річках Криму та в басейні річки Кальміус — до 2–4%. На деяких річках Полісся можливо підвищення водного стоку до 10%. Водність Карпатських річок та річок північної частини не зміниться, а на інших річках спостерігатиметься несуттєве зменшення стоку. Найбільше зниження стоку можна очікувати тільки для річок Причорномор'я.

**Рис.6.**

**Можливі майбутні зміни середньорічного стоку води (%) річок України на період 2031–2050 рр. відносно базового періоду 1991–2010 рр. за даними РКМ, сценарій А1В (Горбачова, 2014).**



Отже, Л. О. Горбачова дійшла висновку, що очікувані зміни середньорічного стоку води річок України на середину XXI ст. за даними 4 РКМ (REMO, RCA3-E, RCA3-B, RRCM) за сценарієм розвитку суспільства А1В відносно базового періоду 1991–2010 рр. найвірогідніше будуть знаходитися в межах природних коливань водності.

Беручи до уваги вищезазначені публікації та результати проектів, присвячених оцінці майбутніх змін річкового стоку в умовах зміни клімату в Україні, можна зробити висновок, що дослідження із застосуванням числових гідрологічних моделей є досить обмеженими. Більшість із них ґрунтувались на звичайному методі водного балансу й не враховували складності можливих наслідків зміни клімату на процеси гідрологічного циклу.



Часто сценарії, які були застосовані у вищезазначених дослідженнях, демонструють протилежні сигнали змін, особливо щодо опадів. Таким чином, невелика кількість застосованих кліматичних прогнозів та обмежене врахування регіональних особливостей гідрологічних умов у водно-балансових моделях призводять до результатів з високою невизначеністю.

**Використання водно-балансового моделювання водного стоку на основі даних УкрНДГМІ з використанням регіональної моделі REMO та даних світового кліматичного центру CRU за сценарієм A1B (Краковська та ін., 2008) дозволило встановити (Розробка наукових засад адаптації водного господарства України до можливих змін клімату із врахуванням гідрологічних показників основних річкових басейнів. Звіт про виконання НДР, 2011), що з 2041 року можливе припинення місцевого поверхневого стоку в маловодні роки в Херсонській, Одеській, Миколаївській, Дніпропетровській та Запорізькій областях.**

Слід мати на увазі, що йдеться про зональні водні ресурси місцевого значення, так званий «кліматичний стік», який чутливий до потепління клімату і навіть в умовах сучасного клімату періодично припиняється в посушливі роки.

Однак, варто звернути увагу на ситуацію, пов'язану зі значним скороченням поверхневого стоку в окремих регіонах, адже до 2040 р. в деяких із них прогнозується значне зменшення поверхневого стоку в зв'язку з підвищенням температури повітря та випаровування. Наприклад, у Запорізькій області «кліматичний стік» може зменшитися в 10 разів, у Дніпропетровській у 6 разів, у Миколаївській в 3,6 рази, а в Криму — в двічі.

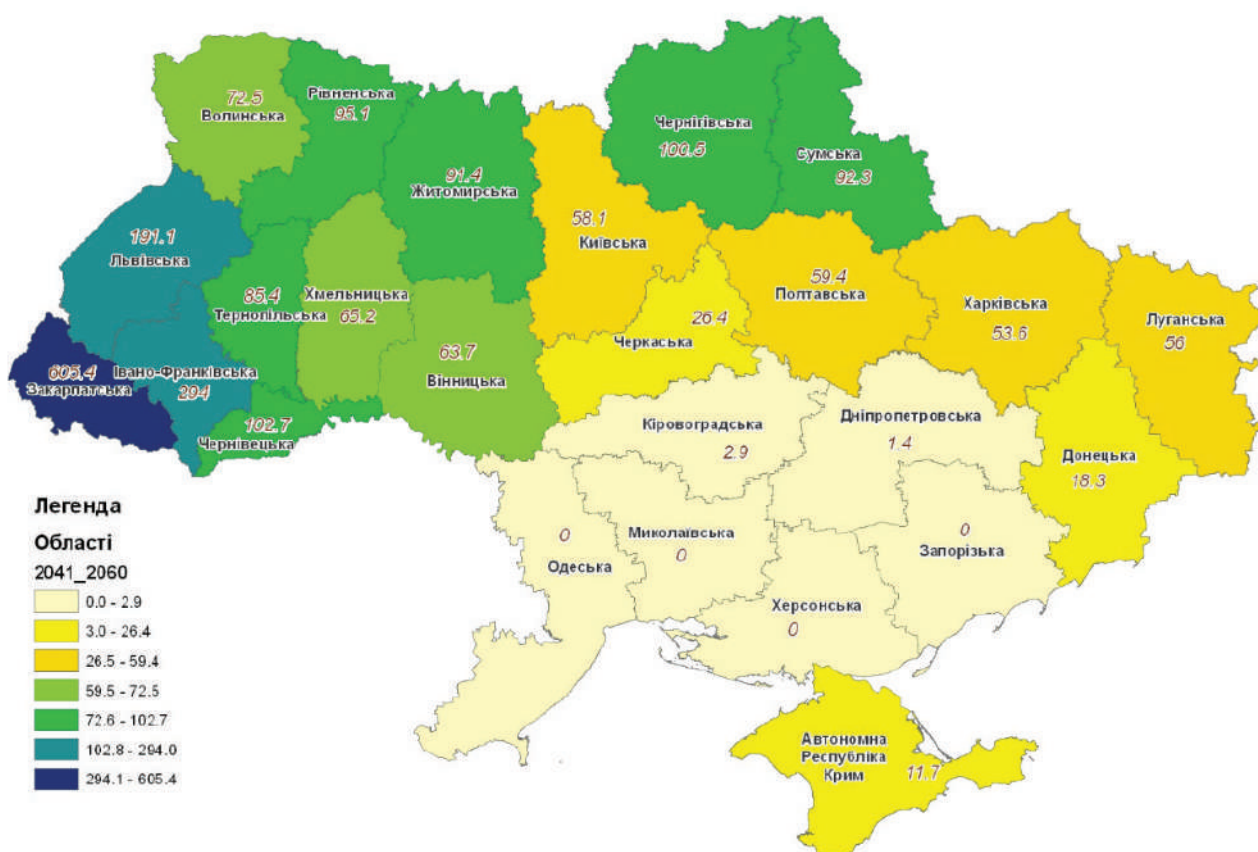
Водопостачання вказаних регіонів не залежить прямо від водних ресурсів місцевого стоку, але загальні тенденції потепління, що будуть супроводжуватися підвищенням температури повітря, величини випаровування, зменшення опадів є загрозовими для джерел водопостачання, зрошування (водосховища, ставки) та лінійної водогосподарської інфраструктури (канали, водогони). Тут можливі значні втрати водних ресурсів під час їхнього зберігання та транспортування, виникнуть додаткові затрати енергії на функціонування водогосподарських споруд та вузлів.

У наступні прогнози 20-річчя дана ситуація буде погіршуватися: місцевий поверхневий стік буде зменшуватися, буде розширюватися і зона можливого повного припинення стоку.

У 2041–2060 рр. — період середньої водності — вона охоплюватиме території Херсонської, Одеської, Миколаївської та Запорізької областей (рис. 7), а в 2061–2080 рр. до неї приєднуються Дніпропетровська, Запорізька, Кіровоградська області та АР Крим.

**Рис. 7.**

**Розподіл прогнозних водних ресурсів місцевого стоку у 2041–2060 рр. по адміністративних областях України (середній шар стоку за багаторічний період, мм) (Розробка наукових засад адаптації водного господарства України до можливих змін клімату із врахуванням гідрологічних показників основних річкових басейнів. Звіт про виконання НДР, 2011).**

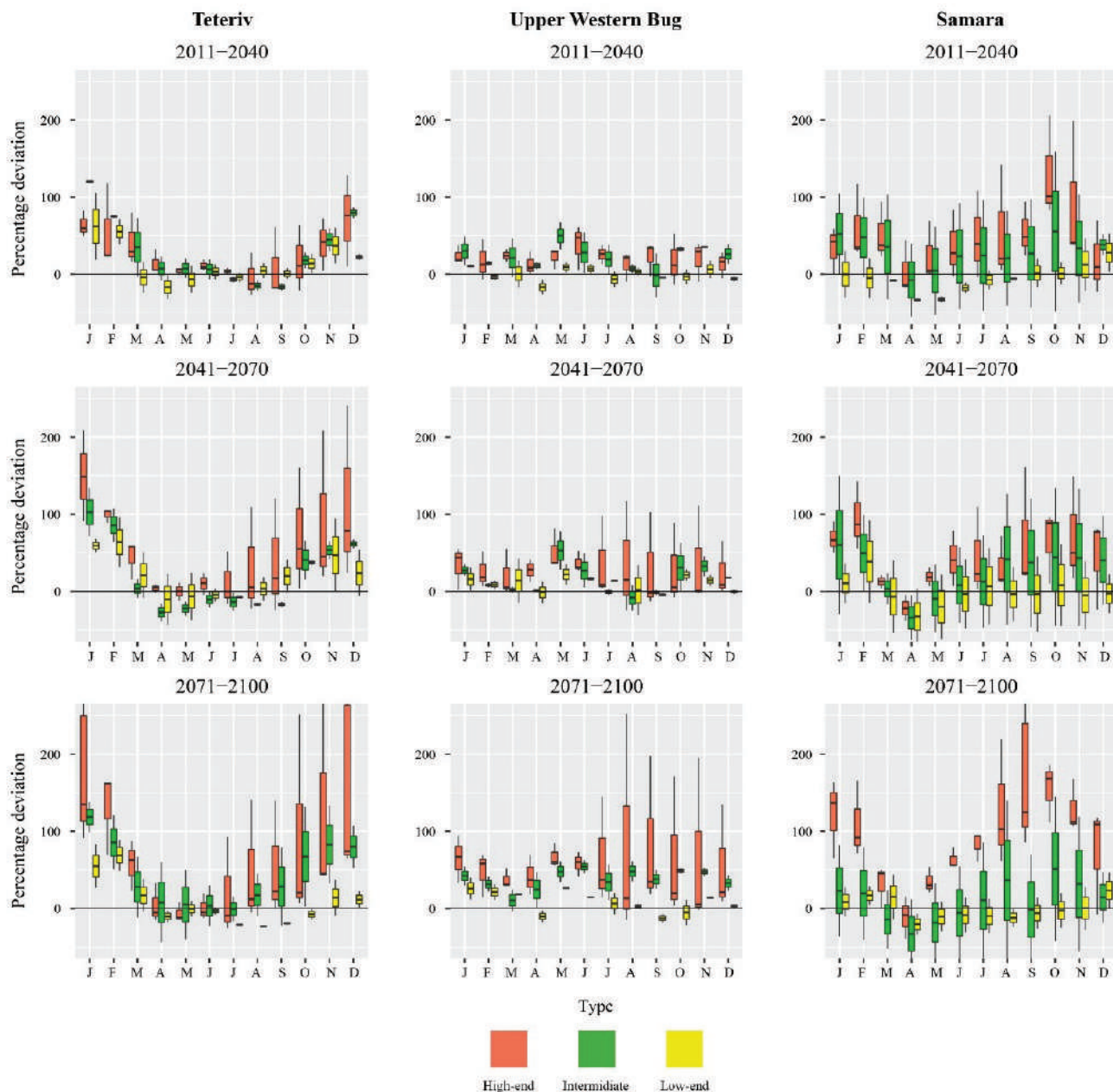


Однією з небагатьох сучасних оцінок впливу зміни клімату на водні ресурси України є спільне дослідження кафедри метеорології та кліматології Київського національного університету імені Тараса Шевченка та Потсдамського інституту досліджень впливу клімату (Didovets et al., 2017), у якому представлені результати використання чисельної еколого-гідрологічної моделі SWIM у поєднанні з 7 кліматичними проєкціями з європейського міждисциплінарного проєкту IMPRESSIONS, які базуються на різних комбінаціях глобальних кліматичних моделей, а точніше моделей загальної циркуляції атмосфери та океану (МЗЦАО) та регіональних кліматичних моделей (РКМ) із використанням РТК 4.5 та РТК 8.5.

Можливі зміни річкового стоку в різних регіонах України було оцінено для трьох часових періодів (найближчої (до 2040 р.), середньострокової (2041–2070 рр.) та довгострокової перспективи (2071–2100 рр.). Моделювання стоку здійснювалося на прикладі трьох басейнів-індикаторів — р. Тетерів, р. Самара і р. Західний Буг, подані на [рис. 8](#).

**Рис.8.**

Прогнозовані майбутні зміни (%) середніх місячних витрат води.



Зміни середніх місячних витрат води стосуються трьох річкових басейнів-індикаторів на території України для трьох часових періодів (найближчої (до 2040 р.), середньострокової (2041–2070 рр.) та довгострокової перспективи (2071–2100 рр.) і трьох кліматичних сценаріїв (high-end, intermediate, low-end) по відношенню до референтного періоду 1981–2010 рр. Лінії верхнього вікна позначають

75-й процентилю, нижнього — 25-й процентилю, середні лінії — медіану. Вертикальні лінії вказують на мінімальні та максимальні значення (*Didovets et al., 2017*).

Встановлено, що для усіх прогнозних періодів у басейні Тетерева очікується збільшення стоку в зимові місяці і ранню весну, досягаючи максимуму в березні-квітні. У літні місяці в найближчому майбутньому (до 2040 р.) не очікується змін стоку, проте в середньому (2041–2070 рр.) і віддаленому прогнозному періодах (2071–2100 рр.) очікується незначне зниження стоку (до 17%). Осіннім місяцям притаманне стійке збільшення стоку.

У басейні Західного Бугу очікується збільшення стоку, порівняно з контрольним періодом упродовж усіх сезонів із невеликим спорадичним зниженням у весняні місяці в найближчому і віддаленому майбутньому за всіма сценаріями. Збільшення річкового стоку влітку і восени, навіть у разі зниження кількості опадів у ці місяці можна пояснити затримкою стоку через високий рівень ґрунтових вод, накопичених в більш ранній період.

Результати, отримані для басейну річки Самара ([рис. 8](#)), за «low-end» сценаріями показують зменшення стоку з квітня по вересень, особливо в середньому та віддаленому прогнозних періодах. А результати за «high-end» сценаріями показують збільшення стоку майже в усі місяці. У квітні всі сценарії показують зниження стоку. Слід зауважити, що отримані результати за «high-end» та «intermediate» сценаріях характеризуються широким діапазоном невизначеностей і потребують подальшого уточнення з застосуванням інших моделей і кліматичних сценаріїв.



## ОСОБЛИВОСТІ ЗМІНИ КЛІМАТУ В УКРАЇНІ ДО КІНЦЯ ХХІ СТ.

Для оцінки майбутніх кліматичних змін на території України нами було проаналізовано проєкції клімату на ХХІ ст. на основі сучасних РТК-сценаріїв та даних глобальних і регіональних чисельних кліматичних моделей (Snizhko et al., 2020).

В якості вихідних даних для розрахунків були використані результати європейського проєкту "IMPRESSIONS" (*Impacts and Risks from High-End Scenarios: Strategies for Innovative Solutions*) на період до 2100 р.

Вибір проєкції в даному проєкті був зумовлений бажанням охопити діапазон глобальної зміни клімату від 1.1°C до 4.2°C. Підбір GCMs-RCMs моделей спочатку базувався на їхній спроможності відтворювати температуру та опади в Європі для референтного періоду. В подальшому відбір моделей відбувався в залежності від їхньої чутливості до концентрацій парникових газів. Обрані комбінації моделей охоплюють глобальне підвищення температури до 4°C (Kok et al., 2015). У розрахунках використано репрезентативні сценарії викидів парникових газів в атмосферу (*Representative Concentration Pathways (RCPs)*), які були запропоновані в п'ятій оціночній доповіді Міжурядової групи експертів зі зміни клімату. Кожен із цих сценаріїв враховує широкий спектр наукових та соціально-економічних даних, таких як зростання ВВП, населення, землекористування, змін в енергетичному секторі, зростання емісії парникових газів.



Для побудови проєкцій температури повітря в Україні в XXI ст. застосовано три сценарії: high-end (жорсткий сценарій) із використанням траєкторії РТК8.5, intermediate (помірний сценарій) із застосуванням двох траєкторій РТК8.5 та РТК4.5 та low-end (м'який сценарій) із застосуванням траєкторії РТК4.5. Розрахунки за траєкторією РТК8.5 виконувались з використанням комбінації моделей HadGEM2-ES / RCA4, CanESM2 / CanRCM4 та IPSL-CM5A-MR / WRF. Для помірною сценарію застосовано комбінацію моделей, що відповідають траєкторіям РТК8.5 та РТК4: GFDL-ESM2M / RCA4 та HadGEM2-ES / RCA4.

Для м'якого сценарію на основі траєкторії РТК4.5 використано комбінацію моделей HadGEM2-ES/RCA4 та MPI-ESM-LR/CCLM. Дана методика відбору GCM-RCM моделей та РТК була визначена в рамках проєкту IMPRESSIONS (Kok et al., 2015).

Це означає, що для розрахунків застосовано комбінацію з двох моделей, щоб отримати більш достовірну вихідну інформацію, оскільки систематичні помилки, властиві кожній окремій моделі, часто виявляються випадковими по відношенню до комбінації моделей і під час усереднення взаємно компенсуються.

Найбільш амбіційний сценарій РТК2.6 щодо мінімального зростання радіаційного форсингу 2,6 Вт/м<sup>2</sup> до кінця століття у проєкті IMPRESSIONS не використовувався.

Значення проєкцій температури (середня річна), отримані за вище наведеною методикою, для кожного вузла регулярної сітки розміром 0.5x0.5° на території України дали змогу виконати детальний просторово-часовий аналіз розподілу цих кліматичних характеристик по території України у три послідовні 30-річні часові періоди протягом 2010–2100 рр.

**Для зручності інтерпретації та наступного використання отриманих результатів застосовано регіональний підхід до структуризації та аналізу інформації. Регіональний аналіз проводився на основі офіційного регіонального поділу, запровадженого розпорядженням Державного комітету України з гідрометеорології від 20.03.1997 № 14, що застосовується Українським Гідрометцентром і передбачає виділення п'яти регіонів — північних, західних, центральних, південних та східних областей (рис. 9).**



Рис.9.

Регіональний поділ України, який використано у дослідженні<sup>2</sup>



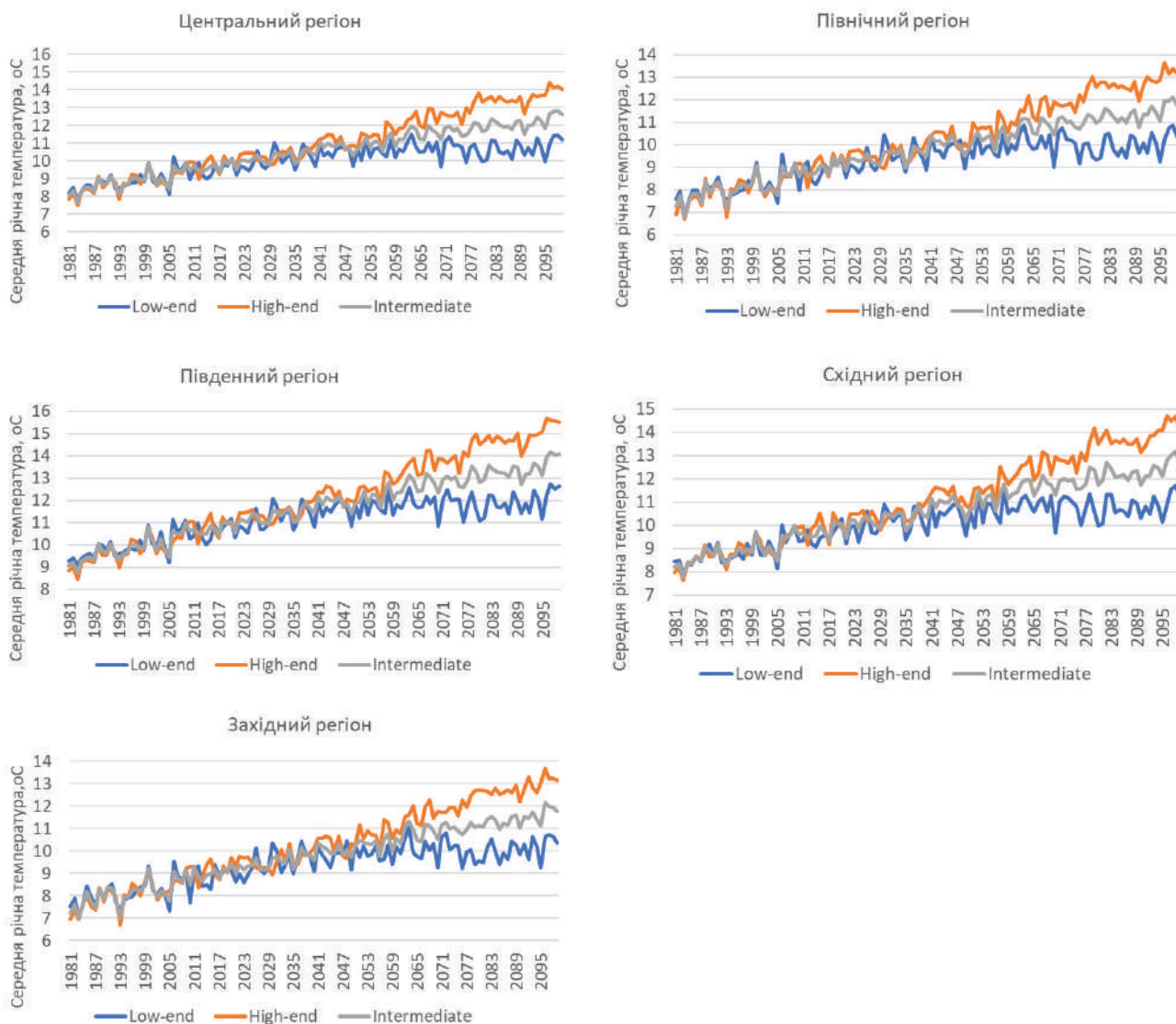
<sup>2</sup> Районування території України, згідно розпорядження Державного комітету України з гідрометеорології від 20.03.1997 №14 «Про термінологію територіального поділу України в прогнозах і попередженнях»

Для оцінки тенденцій зміни температури та опадів, спричинених зміною клімату, в якості референтного періоду було обрано період з 1981 по 2010 рік (даний період був використаний для корекції відхилень до даних реаналізу WFDEI (Weedon et al., 2014) за допомогою методу квантильного картування. Детальний опис застосованої методики описаний у дослідженні Themeßl et al., 2012 та Wilcke et al., 2013). Майбутній період поділено на три часові зрізи: найближча перспектива — 2011–2040 рр.; середня перспектива — 2041–2070 рр.; та віддалена перспектива — 2071–2100 рр.

На рис. 10 графічно висвітлено очікувані зміни температури повітря в п'яти регіонах України, які були розраховані за набором сценаріїв м'якого, помірного та жорсткого сценаріїв. Усі сценарії демонструють стабільне підвищення середньої річної температури протягом XXI ст. У референтний період (1981–2010 рр.) середньорічна температура на території України змінювалася від 8°C (північ) до 10°C (південь). Наприкінці століття очікується підвищення середньої річної температури повітря усередненої по регіонах за різними сценаріями на 2–5°C. Значення середньої річної температури повітря усередненої в регіонах будуть знаходитись у діапазоні від 10°C (північ) до 15°C (південь).

Рис. 10.

Очікувані зміни температури повітря у різних регіонах України протягом XXI ст., розраховані за трьома сценаріями зі застосуванням різних траєкторій концентрацій парникових газів.



Очікувані зміни температури повітря протягом XXI ст. у різних регіонах України подано в [табл. 2](#).

Підвищення температури повітря у найближчій перспективі (2011–2040 рр.) за м'яким сценарієм порівняно з референтним періодом (1981–2010 рр.) очікується від 1,0 (південь) до 1,1°C в решті регіонів.

У 2041–2070 рр. ці зміни стануть більш очевидними: температура може підвищитися до 1,8°C. У віддаленому майбутньому (2071–2100 рр.) середні річні температури підвищуються до 1,9–2,0°C порівняно з референтним періодом.

За помірним сценарієм середні річні температури зростуть у 2011–2040 рр. на 1,2–1,3°C, у 2041–2070 рр. на 2,3–2,4°C і в 2071–2100 рр. на 3,2–3,4°C.

**Таблиця 2.**

**Очікувані зміни (°C) середньої річної температури повітря протягом XXI століття в різних регіонах України у порівнянні з референтним періодом (1981–2010 рр.)**

Регіони України	Найближча перспектива (2011–2040 рр.)	Середня перспектива, (2041–2070 рр.)	Віддалена перспектива (2071–2100 рр.)
<b>М'який сценарій (low-end)</b>			
Західний	1,1	1,8	1,9
Північний	1,1	1,8	1,9
Центральний	1,1	1,8	1,9
Східний	1,0	1,8	1,9
Південний	1,0	1,8	2,0
<b>Помірний сценарій (intermediate)</b>			
Західний	1,2	2,3	3,2
Північний	1,2	2,3	3,2
Центральний	1,2	2,3	3,2
Східний	1,2	2,4	3,3
Південний	1,3	2,4	3,4
<b>Жорсткий сценарій (high-end)</b>			
Західний	1,3	2,8	4,5
Північний	1,4	2,9	4,5
Центральний	1,4	2,9	4,6
Східний	1,4	3,0	4,7
Південний	1,4	3,1	4,9

Відповідно до жорсткого сценарію (рис. 10) в найближчому майбутньому (2011–2040 рр.) очікується підвищення середньої річної температури повітря на 1,3–1,4°C. У середній перспективі (2041–2070 рр.) на 2,8–3,1°C, а у далекому майбутньому (2071–2100 рр.) на 4,4–4,9°C порівняно з референтним періодом (1981–2010 рр.).

Досить схожі результати досліджень були отримані українськими дослідниками і раніше на основі кліматичних сценаріїв попереднього покоління (SRES) з «IPCC Third Assessment Report (TAR)», опубліковані у 2001 р.

Вони встановили (Розроблення сценаріїв зміни кліматичних умов в Україні на середньо- та довгострокову перспективу з використанням даних глобальних та регіональних моделей, 2013), що до кінця XXI ст. середня температура підвищиться на всій території України

відносно 2001–2010 рр. для сценарію B1 з 0,7 до 3,0°C із середнім значенням  $2,0 \pm 0,8^\circ\text{C}$ , для сценарію A1B з 2,4 до 4,2°C із середнім значенням  $3,1 \pm 0,7^\circ\text{C}$  та для сценарію A2 від 2,6 до 4,6°C із середнім значенням  $3,8 \pm 0,8^\circ\text{C}$ .

За сценаріями SRES (B1, A2 та A1B) на кінець XXI ст. в Україні прогнозується підвищення річної температури в середньому на  $+3,2^\circ\text{C} \pm 0,6^\circ\text{C}$  (Краковська та ін., 2016). Максимальне потепління очікується у південному регіоні влітку (в липні на  $+4,3^\circ\text{C} \pm 0,6^\circ\text{C}$ , коли середня місячна температура сягне  $27,4^\circ\text{C}$ ) та в північному регіоні взимку (в грудні на  $+4,1^\circ\text{C} \pm 0,6^\circ\text{C}$ ), мінімальне зростання температури — в перехідні сезони (у квітні та жовтні).

Форма річного ходу загалом повертається до сучасної з зимовим мінімумом у січні, але різниці середніх температур січня і лютого стають вдвічі менші за період 2011–2030 рр. (за винятком західного регіону). Найменші в країні відхилення щодо середньої річної температури як і в стандартному та сучасному кліматичних періодах — у Карпатських горах, проте вони також зростатимуть до кінця XXI ст. (Краковська та ін., 2016).

Оцінка очікуваних змін кількості опадів була виконана також з використанням результатів європейського проекту "IMPRESSIONS" стосовно територій водозборів основних річкових басейнів України. Атмосферні опади є однією з основних складових водного балансу річкового басейну, тому така деталізація у виділенні територіальних розрахункових одиниць — річкових басейнів, є цілком правомірною.

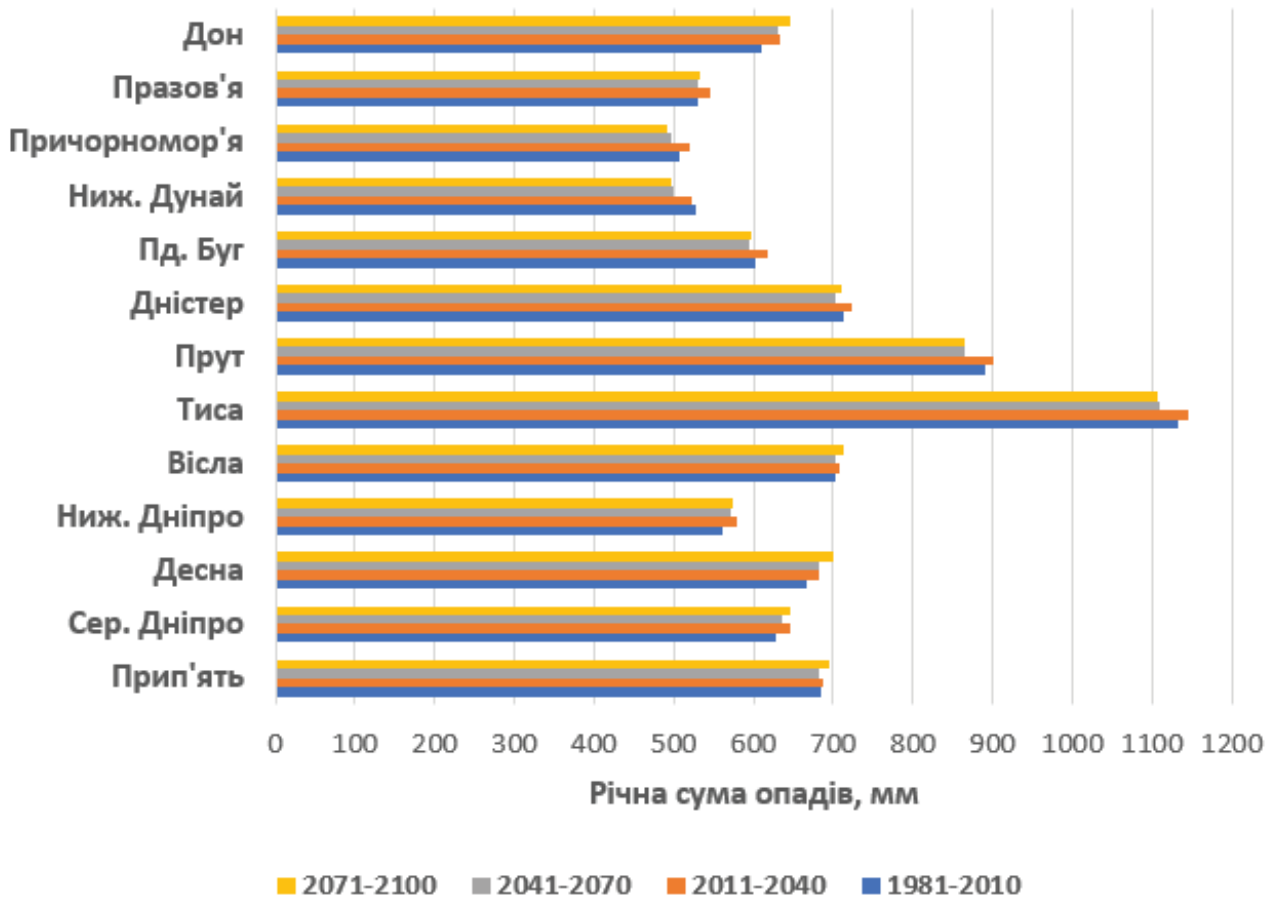
На [рис. 11](#) висвітлено зміну середньої річної кількості опадів у межах цих басейнів для трьох 30-річних періодів XXI ст. за помірним сценарієм зміни клімату.

Зміни середніх річних сум опадів протягом XXI ст. за помірним сценарієм порівняно з референтним періодом (1981–2010 рр.) у всіх річкових басейнах несуттєві (збільшення на 0,5–6%).

Схожі результати одержали вчені УкрГМІ (*Розроблення сценаріїв зміни кліматичних умов в Україні на середньо- та довгострокову перспективу з використанням даних глобальних та регіональних моделей*, 2013) для попереднього покоління кліматичних сценаріїв (SRES). Їхні розрахунки засвідчили, що для сценарію B1 прогнозується збільшення опадів до 2,3% з прикінцевим значенням  $1,8 \pm 5,1\%$ , за винятком середини століття, коли прогнозується зменшення сум опадів на -0,3%; для сценарію A1B середні значення сум опадів збільшаться на 0,3–0,5%, виняток — наступне десятиріччя, коли прогнозується зменшення опадів на -1,4%; для сценарію A2 опади в усі десятиріччя перевищують на 0,3–2,7% значення першого десятиріччя, за винятком останнього десятиліття, коли опади зменшуються на -2,9%.

Рис. 11.

Порівняння проєкцій середньої річної кількості опадів (мм) для різних розрахункових періодів XXI століття за помірним сценарієм зміни клімату в межах водозбірних територій основних річкових басейнів України з референтним кліматичним періодом (1981–2010 рр.).







# ОЦІНКА ОЧІКУВАНИХ ЗМІН КІЛЬКІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОДНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ ПІД ВПЛИВОМ ЗМІНИ КЛІМАТУ

Найдосконалішим і найсучаснішим дослідженням впливу зміни клімату на стан водних ресурсів України можна вважати дослідження міжнародного наукового колективу, до якого увійшли: Потсдамський інститут дослідження зміни клімату, Франкфуртський університет, Центр дослідження біорізноманіття та зміни клімату товариства Лейбніца у Франкфурті (Німеччина) та кафедра метеорології і кліматології Київського національного університету імені Тараса Шевченка (*Didovets et al., 2020*).

Для виконання симуляцій водного стоку річок України на період до 2100 р. у цьому дослідженні проаналізовано спроможністі відтворення річкового стоку для основних річкових басейнів України шести глобальних гідрологічних моделей: LPJmL (*Rost et al., 2008*), MATSIRO (*Pokhrel et al., 2015*), H08 (*Hanasaki et al., 2008*), WaterGAP2 (*Müller, 2017*), DBH (*Tang et al., 2007*) and PCR-GLOBWB (*Wada et al., 2014*).

Усі вказані моделі прогнозують евапотранспірацію, сніговий покрив, підґрунтовий стік, витрати води тощо, але тільки одна з них WaterGAP2 пройшла калібрування на основі гідрологічних даних Світового центру гідрологічних даних (GRDC) (*Global Runoff Data Centre, <http://grdc.bafg.de>*). Для оцінювання моделей використано базу

даних кліматичного реаналізу WATCH (*Weedon et al., 2010*). У процесі оцінювання придатності різних моделей до застосування для території України встановлено, що найкраще для симуляції стоку підходить модель WaterGAP2, яка містить п'ять модулів водокористування (зрошування, комунальне господарство, промисловість, тваринництво, охолодження TEC) та додатковий модуль GWSWUSE, який дає змогу розрахувати відбір підземних і поверхневих вод. На основі проведеного аналізу WaterGAP2 було обрано для оцінки впливу зміни клімату на річковий стік.

В якості «вхідної» інформації для гідрологічної моделі було використано кліматичні проєкції (середні добові значення температури, опадів, та сонячної радіації) з проєкту «Inter-Sectoral Impact Model Intercomparison Project» (*ISIMIP, 2020*), які були отримані з використанням глобальних моделей HadGEM2-ES, MIROC5, IPSL-CM5A-LR and GFDL-ESM2M відкориговані на основі даних реаналізу EWEMBI (*Lange, 2018; Lange, 2019*). Просторова роздільна здатність даних становить  $0,5 \times 0,5^\circ$ .

**Конкретно для цього дослідження було обрано два сценарії РТК: «м'який» сценарій РТК 2.6, який відповідно до Паризької угоди передбачає зменшення викидів парникових газів та «жорсткий» сценарій РТК 8.5, який не враховує жодних заходів з адаптації, чи пом'якшення клімату.»**

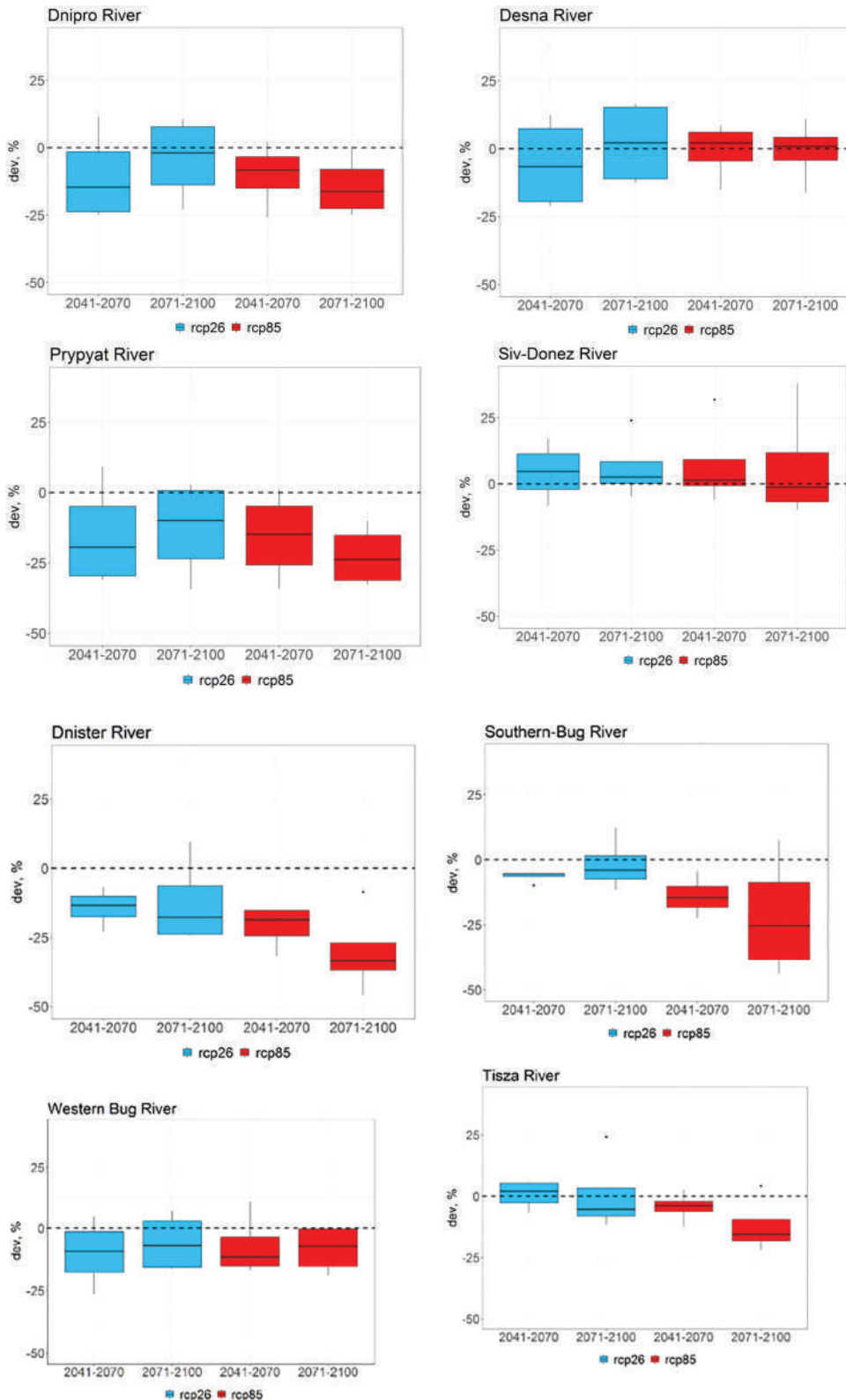
На [рис. 12](#) представлено симульовані зміни середнього річного водного стоку річок (норми стоку) восьми річкових басейнів України для двох майбутніх періодів (2041–2070 рр. та 2071–2100 рр.) за сценаріями РТК 2.6 та РТК 8.5.

Ці дані були розраховані на основі біас-коригованих даних чотирьох кліматичних моделей із проєкту ISIMIP2b з використанням гідрологічної моделі WaterGAP2. Зміни середньої величини річного водного стоку річок за сценарієм РТК 2.6 для обох майбутніх періодів будуть не значні: від -10% до +6% в п'яти басейнах (Тиса, Південний Буг, Сіверський Донець, Десна, Західний Буг). У наступних трьох басейнах — Дніпро, Прип'ять, Дністер — річковий стік знизиться у середньому на 20% в обох майбутніх періодах.

Очікувані зміни водного стоку за сценарієм РТК 8.5 порівняно з РТК 2.6 будуть значно помітнішими. Для річок більшості досліджуваних басейнів очікується суттєве зниження стоку до кінця століття.

Рис. 12.

Очікувані зміни середнього річного стоку річок восьми річкових басейнів України, які розраховані за моделлю WaterGAP2 для періодів середньої (2041–2070 рр.) та віддаленої (2071–2100 рр.) перспективи з використанням траєкторій РТК2.6 та РТК 8.5. Лінії верхнього вікна позначають 75-й перцентиль, нижнього — 25-й перцентиль, середні лінії — медіану; вертикальні лінії вказують на мінімальні та максимальні значення.



Найбільші величини зниження стоку проектується для Прип'яті, Південного Бугу та Дністра і можуть досягти значення мінус 30% в кінці століття.

З іншого боку, отримані проєкції для басейну Десни дають нам змогу говорити про стабільність норми стоку у часі, оскільки в обох періодах у середньому передбачаються несуттєві відхилення проєктованих значень від норми стоку референтного періоду.

У басейні Сіверського Донця очікується збільшення середнього річного стоку: у 2041–2070 рр. за сценарієм РТК 2.6 в середньому на 4,5%, а за сценарієм РТК 8.5 — на 7,4%; у 2071–2100 рр. за сценарієм РТК 2.6 — на 6,1%, а за сценарієм РТК 8.5 — 6,4%.

Загалом отримані результати вказують на зниження стоку більшості басейнів в середині (2041–2070 рр.) та в кінці XXI ст. (2071–2100) за обома траєкторіями концентрацій парникових газів (РТК), хоча суттєве зниження очікується тільки у разі справджуваності сценарію РТК 8.5.

## Проєкції середніх багаторічних місячних величин стоку річок Дніпра, Західного Бугу, Дністра та Прип'яті (рис.13) вказують на зниження водного стоку майже у всі місяці року в обох майбутніх періодах і за обома обраними траєкторіями.

Так, **для річок басейну Дніпра** порівняно з референтним 30-річним періодом (1981–2010 рр.) **у 2041–2070 рр. за РТК 2.6** очікується помітне зниження водності у квітні–травні на 13–19%, а в період літньої межени на 9–11%. Відповідно до **РТК 8.5** найбільше зниження водності проєктується на травень –24%, а в період літньої межени стік знизиться на 15–17%.

**Для періоду віддаленої перспективи (2071–2100 рр.) за сценарієм РТК 2.6** найбільша величина зниження стоку очікується в травні (-11%), влітку на 8–9%, а в зимові місяці, навпаки, очікується деяке збільшення стоку — до 7–8% (лютий–березень); **за сценарієм РТК 8.5** зниження водності річок буде відбуватися в усі місяці року. Найбільші зміни відносно стоку референтного періоду проєктується для травня (-24%), суттєве зменшення стоку буде і в квітні (-15%). Для літньої й осінньої межени очікується зниження стоку на 15–17%.

**У басейні Західного Бугу для періоду 2041–2070 рр. за сценарієм РТК 2.6** очікується зниження водності в усі місяці року, окрім лютого. Навесні стік зменшиться на 6–7%, влітку на 5–10%, в осінні місяці очікується досить суттєве зниження стоку на 23–28%. **За сценарієм РТК 8.5** очікується збільшення водного стоку у лютому, а в березні він залишиться без змін. Влітку стік зменшиться на 5–17%, а в осінні місяці на 18–27%.

**Для періоду 2071–2100 рр. відповідно до сценарію РТК 2.6** очікується збільшення стоку в лютому на 8%, водночас водний стік у січні та березні залишиться без суттєвих змін порівняно зі стоком референтного періоду. У літні місяці очікується зменшення стоку на 4–9%, у осінні — на 9–17%. На початок зимової межени (грудень) теж проектується зниження стоку на 14%.

**За сценарієм РТК 8.5** на початку року спостерігатиметься аналогічна до сценарію РТК 2.6 тенденція: стік у лютому може зрости на 19% при відсутності змін у січні та у березні. Навесні очікується зниження стоку до 7%, влітку — до 7–20%. В осінню межень проектується суттєве зниження стоку на 25–32%, що призведе до формування дефіциту місцевих водних ресурсів у регіоні.

**У басейні Дністра у 2041–2070 рр. за сценарієм РТК 2.6** очікується зниження водного стоку річок в усі місяці року. Найбільш відчутним дефіцит водних ресурсів у басейні згідно з цим сценарієм буде спостерігатися під час осінньої межени (зниження стоку на 15–20%), літньої межени (до -16%), та на початку вегетаційного періоду в квітні–травні (-20%). За сценарієм РТК 8.5 теж очікується суттєве зниження стоку в усі місяці року: зима — на 12–16%, весна — на 17–28%, літо на 19–24%, осінь на 24–27%.

**У період віддаленої перспективи (2071–2100 рр.) за «м'яким» сценарієм РТК 2.6** не передбачається змін стоку лише на початку року (січень, лютий), в інші місяці року стік буде зменшуватися. Суттєве зменшення водності річок очікується на початку вегетаційного періоду (квітень–травень) на 19%. Влітку водність зменшиться на 12–17%, у осінні місяці – на 16–19%. **За «жорстким» сценарієм РТК 8.5 на цей період для усіх місяців року** очікується катастрофічне зниження стоку: зима – 11–30%, весна – 23–38%, літо – 30–36%, осінь – 32–38%.

**У басейні Прип'яті у 2041–2070 рр. за сценарієм РТК 2.6** очікується зниження водного стоку річок у весняний період на 9–20%, влітку — на 10–22%, восени на 21–29%. Зниження стоку буде характерним і для початку зими: -25% у грудні та -10% у січні. Що стосується лютого, то для цього місяця прогнозується деяке збільшення стоку на 6,35%, що безпосередньо пов'язано з потеплінням клімату у зимовий період року та збільшенням змішаного живлення річкового стоку за рахунок твердих і рідких опадів.

**За сценарієм РТК 8.5** початок календарної весни (березень) характеризуватиметься незмінністю стоку відносно референтного періоду. Для інших сезонів року очікується формування чітких тенденцій до зниження стоку, часом досить різкого: квітень–травень (від -16 до -19%), літня межень (від -14 до -26%), осіння межень (від -27 до -34%), зимова межень (від -7 до -27%).

**У період віддаленої перспективи (2071–2100 рр.) за сценарієм РТК 2.6** збільшення водного стоку очікується лише у лютому до 10%,



що пов'язано з часовим зсувом настання піку весняної повені в умовах зміни клімату. Решта місяців і сезонів року будуть характеризуватися зниженням стоку. В березні за рахунок фази спаду весняної повені стік знизиться несуттєво (-2%), зате в наступні весняні місяці очікується зниження стоку до -20% у березні і до -15% у квітні. В літню межень водність річок зменшиться на 13–23%, а в осінню на 21–25%. На початок зими за цим сценарієм проектується зниження стоку на 15% у грудні та на 3% у січні.

**За сценарієм РТК 8.5** очікується суттєве зниження стоку в усі календарні сезони року: весна (на 24–27%, за винятком березня), літо (на 23–37%), осінь (на 37–43%), початок зими — грудень (на 37%) та січень (на 14%). Водночас для лютого місяця за даним сценарієм проектується суттєве підвищення водного стоку в басейні Прип'яті (на 14,3%), що однозначно призведе до формування катастрофічних паводків, здатних нанести великих збитків для економіки, інфраструктури та соціальної сфери регіону.

Відмічена тенденція щодо збільшення стоку протягом зимових місяців характерна для Десни, Тиси, Південного Бугу та Сіверського Донця протягом обох періодів і для обох РТК-траєкторій.

Усі проєкції вказують на загальне зниження стоку під час літньої межені протягом обох періодів і обох РТК-траєкторій, за винятком річок басейну Сіверського Донця, де очікується збільшення стоку у літні місяці. У більшості випадків, збільшення чи зменшення водного стоку значно помітніше у випадку застосування траєкторії РТК 8.5 порівняно з траєкторією РТК 2.6.

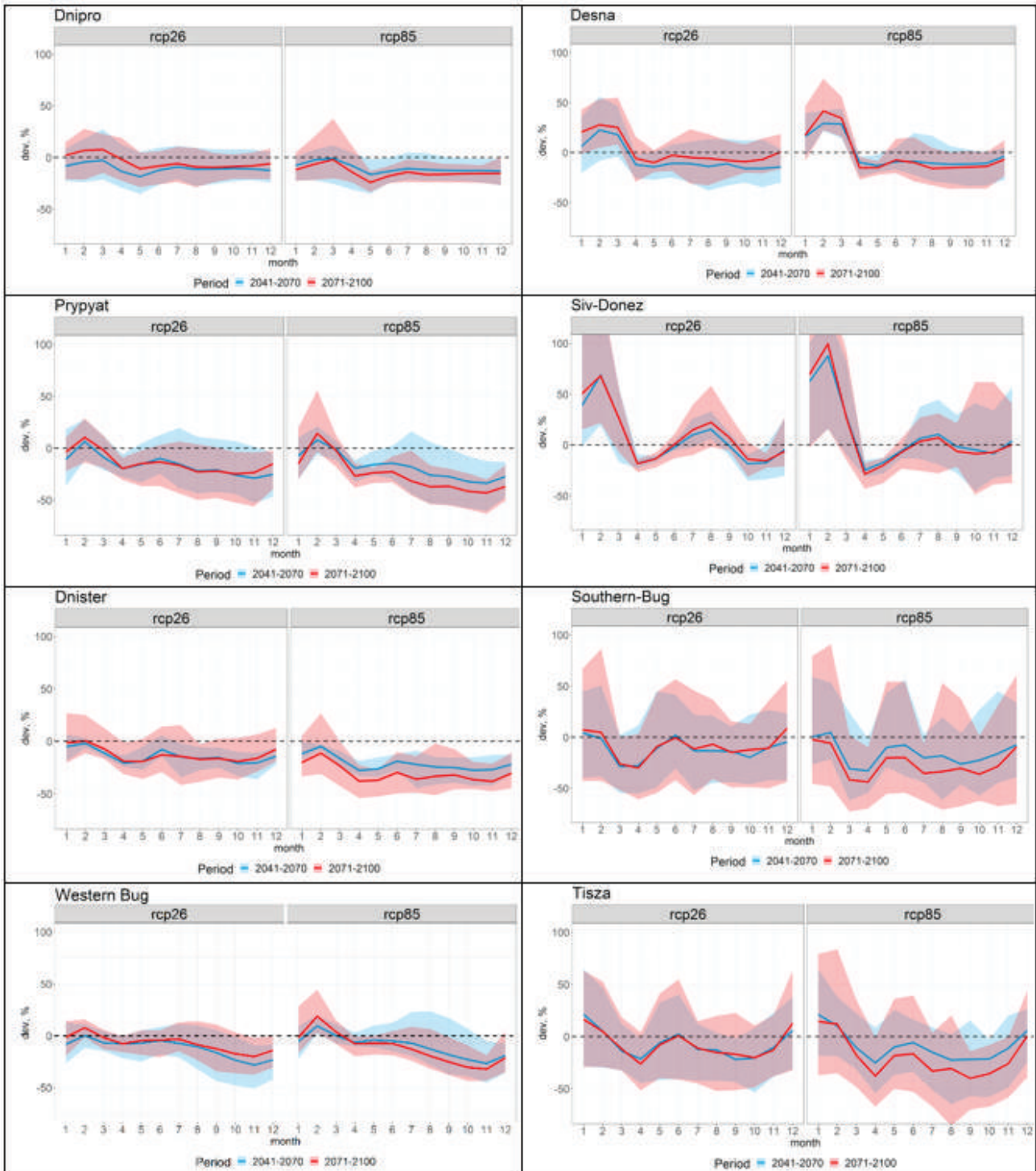
Прогнозується, що **водний стік річок у басейні Десни** збільшиться в період із січня по березень в обидва періоди за обома РТК: до 28% згідно з РТК 2.6 та до 42% згідно з РТК 8.5. У наступні місяці року проектується зменшення стоку від -3% до -16%.

**Прогнози для басейну Тиси** свідчать про збільшення водного стоку в зимові місяці протягом обох майбутніх періодів від 4% до 42% за РТК 2.6 та від 9% до 42% за РТК 8.5. У червні стік річок незначно збільшиться (на 5%), а в інші місяці зменшиться від -4% до -17% у обидва періоди згідно з РТК 2.6. У разі справджуваності жорсткого сценарію за РТК 8.5 відбудеться зниження стоку в період з квітня по листопад в діапазоні від -7% до -21% у середині століття та від 17% до 35% наприкінці поточного століття.

**У басейні Південного Бугу** в обох розрахункових періодах очікується збільшення річкового сток в січні та лютому: за сценарієм РТК 2.6 до 35% і до 30% за сценарієм РТК 8.5. У наступні місяці, навпаки, очікується зменшення стоку річок — від -3% до -26% за РТК 2.6 та від -13% до -45% — згідно з РТК 8.5 (за винятком незначного збільшення в червні згідно з РТК 2.6). Найзначніше зниження стоку передбачається наприкінці ХХІ ст. відповідно до жорсткого сценарію РТК 8.5.

Рис. 13.

Проектовані зміни середнього місячного стоку для майбутніх прогностичних періодів середньої і віддаленої перспективи за траєкторіями РТК 2.6 та РТК 8.5. Кольорові шлейфи навколо основних ліній графіка (середні ансамблеві значення) показують зону відхилення результатів, які отримані з використанням різних глобальних кліматичних моделей.



Найбільш помітне збільшення водного стоку серед усіх водозбірних басейнів очікується **у басейні Сіверського Донця**. У січні–березні водний стік річок відповідно до сценарію РТК 2.6 зросте до 69%, а за сценарієм РТК 8.5 — до 100%, а найбільша зміна стоку спостерігатиметься в лютому. В липні–серпні водний стік річок зросте до 22% згідно з РТК 2.6 та до 10% відповідно до РТК 8.5, а в інші місяці року прогнозується зменшення стоку до -28% для обох сценаріїв. Додатково було проведено аналіз симуляцій на основі ансамблю гідрологічних моделей (*LPJmL, MATSIRO, H08, WaterGAP2*) з використанням тих самих кліматичних сценаріїв. Результати також вказують, що найбільше зростання відбувається взимку (до 40 %) (*Didovets et al., 2020*).

**Отже, отримані результати вказують на зниження середнього річного стоку (норми стоку) для більшості басейнів у середині (2041–2070 рр.) та в наприкінці XXI ст. (2071–2100 рр.) за обома траєкторіями концентрацій парникових газів (РТК), хоча суттєве зниження очікується тільки у разі справджуваності сценарію РТК 8.5. Виняток становлять басейни Десни та Сіверського Донця.**

У басейні Десни до кінця поточного століття не очікується зниження середнього річного стоку: відхилення проєктованих значень від норми стоку референтного періоду не перевищують межі природних коливань стоку річок басейну.

У басейні Сіверського Донця очікується збільшення середнього річного стоку: у 2041–2070 рр. за сценарієм РТК 2.6 у середньому на 4,5%, а за сценарієм РТК 8.5 — на 7,4%; у 2071–2100 рр. за сценарієм РТК 2.6 — на 6,1%, а за сценарієм РТК 8.5 — 6,4%.

Проєкції середніх багаторічних місячних величин стоку річок Дніпра, Західного Бугу, Дністра та Прип'яті вказують на зниження водного стоку майже у всі місяці року в обох майбутніх періодах і за обома обраними траєкторіями.

Спостерігається тенденція щодо збільшення стоку протягом зимових місяців, яка характерна для Десни, Тиси, Південного Бугу та Сіверського Донця протягом обох періодів і для обох РТК-траєкторій.

Усі проєкції вказують на загальне зниження стоку під час літньої межени протягом обох періодів та обох РТК-траєкторій, за винятком річок басейну Сіверського Донця, де очікується збільшення стоку у літні місяці. У більшості випадків збільшення чи зменшення водного стоку значно помітніше у випадку застосування траєкторії РТК 8.5 порівняно з траєкторією РТК 2.6.



## **АНАЛІЗ ЙМОВІРНОЇ ВРАЗЛИВІСТЬ ОСНОВНИХ ВОДОКОРИСТУВАЧІВ: СЕКТОРАЛЬНІ ТА ТЕРИТОРІАЛЬНІ АСПЕКТИ**

---

Водно-тепловий баланс річкових басейнів є надто чутливим до кліматичних змін. Підвищення температури повітря та зміна характеру випадання опадів впливають не тільки на гідрологічний режим річок, а й на загальні запаси водних ресурсів. Кліматичні зміни збільшують частоту повеней та посух, що робить вразливим сільське господарство, енергетику, транспорт та соціальну сферу, адже вони залежать від водних ресурсів. В умовах зміни клімату виникає потреба в зменшенні потенційно можливих ризиків та збитків, а також у створенні стратегії адаптивних заходів ув управлінні водними ресурсами. Для цього конче необхідна достовірна інформація про зміни обсягів водних ресурсів у майбутньому, яка може бути отримана лише з застосуванням сучасних кліматичних та гідрологічних моделей.

## Північний регіон.

До 2040 р. у північній частині України не передбачається різких кліматичних змін: зростання температури не перевищить 1,1–1,4°C за усіма сценаріями, а сумарна кількість річних опадів не зміниться. Середній річний стік у басейнах Десни, Прип'яті, Верхнього Дніпра залишиться без помітних змін. У внутрішньорічному розподілі стоку річок цього регіону спостерігатиметься незначне збільшення стоку у зимові місяці і ранньою весною з максимумом у березні–квітні. Влітку очікується зменшення стоку, втім воно не буде суттєвим щодо референтного періоду 1981–2010 рр.

Протягом 2041–2070 рр. очікується підвищення середньої річної температури повітря в регіоні від 1,8 до 2,3°C за умови незмінної кількості опадів. Це може привести до зниження середнього річного стоку річок басейну Прип'яті у середньому на 15%. Стік р. Десни та її приток залишиться стабільним. Незначні зміни стоку, які передбачаються (від -0,5% до -5,5%), перебувають в межах природних коливань стоку.

Не зміниться норма водного стоку річок басейну Десни і в наступному 30-річному періоді 2071–2100 рр. Відхилення від норми референтного періоду складуть лише від -0,89% до 2,05%.

Зменшення водного стоку р. Прип'ять наприкінці століття буде знаходитися в діапазоні від -12 до -23% (середні прогнозні оцінки), що не призведе до надто критичної ситуації у водному секторі. Однак, аналізуючи результати симуляції внутрірічного розподілу водного стоку для річок північного регіону України, слід враховувати очікуване зменшення водного стоку в період літньої межени за різними сценаріями від 9% до 37%, що може бути відчутним для аграрного сектору економіки, комунального господарства, рекреаційно-туристичної сфери.

**Водночас збільшення водного стоку на річках Полісся у лютому до 14% загрожує формуванням стійких весняних паводків, які можуть призвести до значних збитків у регіоні (руйнування берегів річок та прибережних споруд, затоплення на тривалий час інфраструктурних об'єктів та їхнього руйнування, виніс радіоактивних осадів із затопленої території, прилеглої до 30-кілометрової зони аварії ЧАЕС).**

## Західний регіон.

До 2040 р. не очікується значних змін гідрологічного режиму річок регіону.



У період 2041–2070 рр. коливання величин середнього річного водного стоку р. Західний Буг будуть знаходитися у діапазоні від -10% до +6%. Тобто річна норма стоку річок цього басейну буде знаходитися в межах природних коливань стоку. Протягом року стік не залишиться однорідним. В окремі місяці стік може зменшуватися до -28 % за РТК 2.6 та до -30 % за РТК 8.5. Найбільше зниження стоку очікується під час осінньої межени за обома сценаріями. Це призведе до формування дефіциту водних ресурсів у сільських громадах Львівської та Волинської областях.

Стік річок басейну Тиси в цей період теж буде знаходитися в межах багаторічної норми. Відхилення складе лише від +0,7 до -4,0%. Проте внутрішньорічний розподіл стоку може суттєво змінитись. Його особливістю буде значне підвищення водного стоку у річках басейну в зимові місяці протягом обох майбутніх періодів із 4% до 42% за РТК 2.6 та з 9% до 42% — за РТК 8.5. Така особливість майбутнього гідрологічного режиму проявиться у формуванні катастрофічних паводків на гірських річках і може призвести до значних економічних збитків у цьому регіоні в усіх галузях господарства та у сільських громадах Закарпатської області.

**Спеціальні дослідження щодо оцінки впливу зміни клімату на ризик повені, проведені нами (*Didovets et al., 2019*) на річках Карпатського регіону засвідчили про значне збільшення інтенсивності катастрофічних повеней у басейні Тиси наприкінці поточного століття (2071–2100 рр.) порівняно з контрольним періодом (1981–2010 рр.) у межах від 4,5% до 62%.**

### **Центральний і південний регіони.**

До 2040 р. суттєвої зміни гідрологічного режиму річок у басейні Дніпра не передбачається, оскільки зміни гідрокліматичних параметрів очікуються незначними. В наступних розрахункових періодах передбачається деяке зниження водного стоку в басейні, в середньому до -20%. Результати симуляції вказують на рівномірний характер змін стоку протягом року за обома сценаріями і в обох періодах. Зменшення стоку в окремі місяці буде помірним від -18% за РТК 2.6 та до -24% за РТК 8.5. Із січня по березень можливе невелике збільшення стоку до 7% у 2071–2100 рр. згідно з РТК 2.6.

У басейні Південного Бугу протягом 2041–2070 рр. норма річного стоку залишиться майже без змін. Відхилення річної величини стоку від природної норми становитиме лише кілька відсотків. Проте наприкінці XXI ст. за обома сценаріями проектується суттєве зниження середнього річного стоку річки: від -20% за РТК2,6 до -30% за РТК8.5 Найпомітнішим стане зниження стоку під час літньої та осінньої межени від -3% до -26% за РТК 2.6 та від -13% до -45%

згідно з РТК 8.5 (за винятком незначного збільшення в червні згідно з РТК 2.6). Особливо значне зниження стоку очікується наприкінці XXI ст. згідно з жорстким сценарієм РТК 8.5.

Особливої уваги потребують водні ресурси малих річок, водний стік яких поступово зменшується, а з середини століття може зовсім припинитися.

Таке зниження водного стоку в басейні Південного Бугу стане без перебільшення серйозним викликом для населення сіл і міст, які тут розташовані й орієнтовані на водопостачання поверхневими водами. Наприкінці століття сформується ситуація стійкого дефіциту водних ресурсів у регіоні, що значно обмежить розвиток секторів економіки, які залежать від водних ресурсів.

Водночас слід звернути увагу на очікуване збільшення водного стоку в січні та лютому — на 30–35%. Цей науковий факт варто враховувати для планування і проведення заходів з акумулювання надлишку водного стоку цих місяців для подальшого використання в періоди жорсткого водного дефіциту.

Проекції середніх багаторічних місячних величин стоку Дністра вказують на стійке зниження норми водного стоку до кінця поточного століття. У 2041–2070 рр. середній річний стік зменшиться на 15–20%, а в 2071–2100 рр. на 20–30%. Протягом року зниження водного стоку буде спостерігатися в усі місяці в обох майбутніх розрахункових періодах в діапазоні від -2% до -20% згідно з РТК 2.6 та від -5% до -35% згідно з РТК 8.5. Без змін залишиться тільки стік протягом лютого місяця.

**Така ситуація загрожує різким погіршенням водопостачання міст і сіл регіону, обмежить розвиток аграрного сектора, погіршить санітарно-гігієнічні умови рекреаційних зон Причорномор'я. Особливо загрозовою є ситуація для комунального та промислового водопостачання міста Одеси, для якого р. Дністер є основним джерелом водопостачання.**

Особливу увагу в цей період варто приділити підтримці нормальному функціонуванню інфраструктури водогосподарського комплексу Херсонської та Одеської областей, де очікується припинення місцевого стоку. Найкритичніша ситуація з водопостачанням (т.з. водний стрес) настане, в першу чергу, в північній і центральній частинах Одеської області. Найбільший дефіцит води буде спостерігатися в Арцизькому, Татарбунарському, Кілійському районах Одеської області, де відсутні джерела прісної води. Вже зараз населення 170 сіл області користується привозною водою.

Питне водопостачання у Одеській області майже на 80 % забезпечується за рахунок поверхневих джерел (*Регіональна доповідь, 2016*). Одеський водопровід одержує воду з поверхневих джерел ріки Дністер, Кілійський та Вилківський з ріки Дунай, Болградський з озера Ялпуг. Саме тому якість води у поверхневих водних об'єктах є вирішальним чинником санітарного та епідеміологічного благополуччя населення.

У зв'язку з різким зменшенням місцевих водних ресурсів навантаження на основне джерело водопостачання м. Одеси (р.Дністер) та на підземні водні ресурси буде зростати. В цьому зв'язку варто звернути особливу увагу на поступове погіршення якості води р. Дністер, вода якого за якісними показниками не відповідає навіть III класу якості води поверхневих джерел. З цієї причини очисні споруди Одеського водозабору на р. Дністер не завжди забезпечують стабільну якість питної води, що має відповідати ГОСТу 28-74-82 «Вода питна» (*Лоєва і Моцаренко, 2000*).

Заходи з охорони від забруднення потребують і джерела сільськогосподарського водопостачання та зрошення земель, рибогосподарські водойми та об'єкти рекреаційного призначення, до яких належать придунайські озера, зокрема оз. Ялпуг, яке до того ж є джерелом питного водопостачання для м. Болград.

У Херсонській області в зв'язку зі збільшення попиту на воду значно зросте експлуатація підземних водних горизонтів, тому варто провести заходи з метою попередження забруднення підземних вод. Реальною загрозою для них є господарські об'єкти, поверхневі приймачі рідких та твердих відходів, склади пального, отрутохімікатів та мінеральних добрив. Особлива небезпека погіршення якості води існує на територіях Голопристанського, Цюрупинського та Каховського районів, де експлуатаційний водоносний горизонт не має природної захищеності. Вже нині в зв'язку з гострим дефіцитом питної води для господарсько-питного водопостачання тут використовуються підземні води з мінералізацією до 2,0–4,0 г/дм<sup>3</sup>. Використовуються навіть підземні води з четвертинних відкладень, які не відповідають стандарту щодо бактеріологічних показників. Стабільне погіршення якості підземних вод спостерігається на території Іванівського, Генічеського (території, що примикають до Запорізької області), східної частини Каховського, Горностаївського і Білозерського районів. Інтенсивна експлуатація водних ресурсів сприяє перетіканню мінералізованих вод із суміжних водоносних горизонтів.

**Отже, одним із основних напрямів адаптації має бути забезпечення задовільної якості основних джерел водопостачання регіону шляхом проведення заходів з охорони та раціонального використання водних джерел.**

Тому основними адаптаційними заходами для водного господарства цих областей слід вважати раціональне використання наявних водних ресурсів та їхній захист від забруднення. Варто вже зараз розпочати проведення рішучих заходів із метою подолання несанкціонованого відбору водних ресурсів із поверхневих і підземних джерел, заохочувати маловодні технології в регіоні.

Водно-балансові прогнози розрахунки свідчать, що протягом XXI ст. у межах вище перерахованих територій буде значно зростати величина випаровування, що призведе до зниження рівнів води у водосховищах та зменшення об'ємів води (Обухов та ін., 2012). Це серйозна загроза для стабільності акумульованих запасів води в водосховищах та ставках. Варто зазначити, що на споживання цих джерел води зорієнтовано тисячі водокористувачів різних галузей господарства.

Лише в Миколаївській області (44 водосховища загальною площею 7,55 тис. га, загальний об'єм яких становить 369,46 млн м<sup>3</sup>) постраждають водокористувачі, які користуються водою з Ташлицького, Софіївського, Октябрського, Олександрівського, Щербанівського, Степовського, Катеринівського водосховищ. Можна перелічити ще низку подібних джерел водокористування у інших областях, які формуються за рахунок місцевого водного стоку і поступово, у зв'язку із потеплінням, можуть вичерпатися.

Варто вводити нові альтернативні джерела водопостачання, не ігноруючи заходи з опріснення морської води чи перекидання водного стоку з інших регіонів, наприклад із басейну Дунаю.

**У планах з адаптації має враховуватися, що найбільша кількість водних ресурсів України (58%) зосереджена в річках басейну Дунаю у прикордонних районах України, де потреба у воді не перевищує 5% від її загальних запасів. Тому споживання вод даного регіону (Дунай та притоки) можливе і для задоволення потреб споживачів інших регіонів України (особливо до промислово розвинутого Нижнього Придніпров'я) з урахуванням міжнародних угод про використання транскордонних водотоків (Ромащенко та ін., 2017).**

Одночасно з плануванням (у разі потреби) нової інфраструктури транспортування води, варто проводити заходи щодо мінімізації втрат у наявних системах водопостачання, адже щорічні втрати води під час її транспортування становлять аж 2,0 км<sup>3</sup>, (12,1 % від загального забору води) і співставляються з річною потребою держави у господарсько-питному водозабезпеченні, а потреби на зрошення перевищує майже вдвічі (Водна стратегія, 2015).

У разі планування перенаправлення водних ресурсів з одних регіонів до інших слід уникати будівництва відкритих транспортних систем (канали, водосховища), оскільки згідно з отриманими нами даними про збільшення температури повітря та випаровуваності на території України втрати води під час транспортування лише за рахунок її випаровування будуть дуже значними. За умови зростання температури повітря на 1°C водоутримуюча здатність повітря зростає орієнтовно на 7% (*Baumgartner and Liebscher, 1990*), що призводить до зростання потенційного випаровування. Згідно з розрахунками (*Ромащенко та ін., 2020*) зростання середньомісячної температури повітря на 1°C підвищує потенційне сумарне за місяць випаровування (без урахування інших факторів) на 9%.

## Східний регіон.

У басейні Сіверського Донця до 2040 р. не передбачається істотних змін стоку. У 2041–2070 рр. проєкції для Сіверського Донця вказують на незначне збільшення стоку: 4–7% за різними сценаріями. Тобто суттєвих змін стоку в цьому регіоні в цей період не буде. Наприкінці століття (2071–2100 рр.) очікується збільшення стоку за обома сценаріями в середньому до +6%. На основі цього можна зробити висновок про незмінність і певною мірою незначне збільшення середнього річного стоку річки.

Становлять значний інтерес результати проєкцій середніх місячних витрат води річки. За даними проєкцій за сценарієм РТК 2.6 водний стік річок басейну зростає в січні–березні до 69%, а за сценарієм РТК 8.5 — до 100%. Найбільша величина стоку буде спостерігатися в лютому. В липні–серпні водний стік річок зростає до 22% згідно з РТК 2.6 та до 10% згідно з РТК 8.5, а в інші місяці року прогнозується зменшення стоку до -28% для обох сценаріїв. Така особливість внутрірічного розподілу водного стоку збережеться протягом обох розрахункових періодів.

**Результати довгострокового прогнозу водного стоку для східного регіону України свідчать про стабільність водних ресурсів у цьому регіоні і, зокрема, про їхнє збільшення в окремі місяці й сезони року.**



## **ВРАЗЛИВІСТЬ ОСНОВНИХ ВОДОКОРИСТУВАЧІВ ДО ЗМЕНШЕННЯ ОБСЯГІВ ВОДНИХ РЕСУРСІВ**

---

В Україні до галузей, які є найбільшими водокористувачами, належать енергетика, металургія та сільське господарство. У енергетиці використовуються значно більші обсяги водних ресурсів, ніж у металургії — 70 % від всіх ресурсів, що використані промисловістю, припадає саме на енергетику (*Левковська і Сундук, 2014*). Теплова та атомна енергетика активно використовують воду для своїх потреб, а гідроенергетика взагалі не може без неї функціонувати. В металургії майже всі етапи виробничого циклу (від видобутку залізної руди до виплавки сталі і охолодження техніки) потребують значної кількості води. Виробництво 1 т сталі потребує 15–20 м<sup>3</sup> води. Відповідно, райони розташування потужних металургійних підприємств — це території потужного споживання води та значного навантаження на водні об'єкти (*Левковська і Сундук, 2014*).



Агропромисловий комплекс є значним споживачем водних ресурсів, адже, вирощування культур потребує великих обсягів води (особливо в південних областях України, де наявний значний дефіцит водних ресурсів). Збільшення частоти та інтенсивності посух, днів із суховіями та інших несприятливих явищ, призводить до зростання потреби зрошувати сільськогосподарські угіддя і робить сільське господарство ще більш вразливим до зменшення обсягів водних ресурсів.

Комунальне господарство, як і промисловість та сільське господарство, також виступає вагомим споживачем водних ресурсів.

**Зменшення водного стоку річок, а також зниження рівня інших водних об'єктів суттєво впливає на функціонування водного транспорту: незначне зниження рівнів призводить до підвищення собівартості перевезень, а зниження до критичних значень може призвести до повного припинення роботи водного транспорту.**

Зміна клімату (зокрема, температурного режиму) в комплексі зі зниженням рівнів води в річках і плавневих системах може суттєво вплинути як на природну іхтіофауну, так і на рибне господарство. Підвищення температури води може негативно позначитися на розмноженні і розвитку багатьох видів риб — особливо рідкісних, з одночасною появою теплолюбних інвазивних видів. За даними досліджень (*Стратегічні напрями адаптації до зміни клімату в басейні Дністра, 2015*) обмілінням і скороченням площі плавневих озер у період посушливих років, що почастишали, пояснюється зниження чисельності фітофільних видів — плітки, коропа, карася та деяких інших.

Відповідно, вище зазначені галузі будуть найбільш вразливими до зменшення обсягів водних ресурсів і потребуватимуть першочергового впровадження заходів адаптації та нових технологій із метою належного функціонування в умовах кліматичних змін.

**Окремо слід зазначити, що зменшення обсягів водних ресурсів вплине не лише на функціонування галузей економіки, але й може призвести до обмеження водопостачання населення.**

Питне водопостачання в Україні на 80 % забезпечується з незахищених від техногенного забруднення поверхневих джерел, а в окремих регіонах майже на 100 % (*Аналіз актуальних чинників погіршення якості питного водопостачання в контексті національної безпеки України, 2013*).

Використання води з поверхневих джерел підвищує ймовірність погіршення її якості (скиди стічних вод підприємств, поширення інфекцій), а прогнозоване зменшення водного стоку — до зменшення кількості. Зниження рівня підземних вод, пересихання колодязів і джерел, що є основними джерелами водопостачання в сільській місцевості та в невеликих містечках призведе до погіршення постачання водою індивідуальних домогосподарств.

Вразливість основних водокористувачів також посилюється унаслідок значних втрат води під час транспортування (що є наслідком зношеності виробничих фондів), а також — за рахунок погіршення якості води, що відбувається завдяки антропогенним, так і природним чинникам. Вразливість окремих галузей економіки до зменшення обсягів водних ресурсів посилюється завдяки наявності в Україні надзвичайно висоководоемних виробництв, а також водоемних технологій, які потребують води у 2–6 разів більше, ніж технології розвинених країн Європи і Америки (*Аналіз актуальних чинників, 2013*).



## РЕГУЛЮЮЧА РОЛЬ ВОДНО-БОЛОТНИХ УГІДЬ У ФОРМУВАННІ ВОДНИХ РЕСУРСІВ

Водно-болотні угіддя — це природні комплекси боліт, заплавлених луків і лісів, а також плавні та мілководні водойми чи їх ділянки глибиною до шести метрів. Це унікальні екосистеми, які відіграють значну роль у біосфері. Вони виконують такі важливі функції, як акумулювальна, біологічна, ландшафтна, газорегуляторна, геохімічна, гідрологічна та кліматична. Ще одна важлива функція боліт пов'язана з водним балансом планети. Болота — це найважливіший компонент гідрологічної мережі та найбільший резервуар прісної води. Ця функція боліт особливо важлива в країнах з рівнинним ландшафтом. Покриваючи лише 6% поверхні Землі, болота містять — 11% світових запасів прісної води (*Okii and Kanae, 2006*). До того ж, болота працюють як фільтр. Залежно від типу і глибини торф'яного покладу пропускна здатність (води) боліт становить 100–685 м<sup>3</sup>/добу/га. Болота фільтрують численні й небезпечні забруднення, які потрапляють у поверхневі води із забруднених атмосферних опадів, ґрунтів і водозборів, промислових і побутових стоків.

Важливу роль відіграють болота в формуванні хімічного складу річкових вод (*Hattermann et al., 2008*). Річки, що беруть початок із верхових боліт, що живляться атмосферними опадами, мають води гідрокарбонатно класу. Вони містять дуже мало мінеральних речовин, проте збагачені органічними речовинами (*Свергузова и Сапронова, 2012*).

Водно-болотні угіддя (далі — ВБУ) забезпечують широкий спектр гідрологічних та екосистемних послуг, а також впливають на добробут населення. До основних аспектів впливу належать:

- збереження біорізноманіття;
- пом'якшення повеней;
- регулювання річкового стоку;
- захист прибережних районів від штормів;
- покращення якості води;
- живлення підземних водоносних горизонтів;
- циркуляція поживних речовин і створення первинної продукції, болота є середовищем життя тварин і рослин, що використовуються як ресурс;
- отримання паливної деревини з високопродуктивної рослинності, що росте на межі боліт;
- регулювання місцевого клімату шляхом охолодження в результаті випаровування води тощо.

Проте характер і цінність цих послуг точно невстановлена і остаточно незрозуміла: нині з'являється все більше даних, які свідчать, що такі узагальнення не можна застосовувати до всіх гідрологічних ситуацій і типів водно-болотних угідь.

Попри вплив водно-болотних угідь на формування водних ресурсів зумовлюється особливостями конкретного об'єкту, є певні загальні закономірності.

**1. Регулювання стоку.** ВБУ є важливими резервуарами води, що наповнюються протягом вологого періоду, і часто мають запас води, який використовується в посушливі періоди.

Є дані про те, що вплив ВБУ на зміни річкового стоку і гідрологічний режим річок варіюється залежно від типів водноболотних угідь і місця їх розташування. Наприклад, у ВБУ, розташованих у верхів'ях річок і в торф'яних болотах, відбувається збільшення, зменшення або стабілізація стоку. Водночас ВБУ розташовані у верхів'ях збільшують мінливість стоку, збільшуючи піки паводків і знижуючи стік під час посушливого сезону. У той час як заплави зменшують мінливість стоку, в основному за рахунок зменшення піків повеней (*Finlayson et al., 2005*).

**2. Вплив на водний баланс.** Аналіз елементів водного балансу свідчить, що опади, які випадають за теплий період на болотах у середні за зволоженістю та посушливі роки витрачаються на випа-

ровування і транспірацію, і не потрапляють в річки. Стік з боліт формується в основному за рахунок надходження води із зовнішніх водозборів і за рахунок акумульована обсягів весняної повені. Таким чином, внаслідок підвищеного випаровування і транспірації з поверхні, болота зменшують середню величину стоку: з заболочених територій в ріки надходить менше стоку, ніж з незаболочених земель. (Свергузова и Сапронова, 2012). Вплив заболоченості на мінімальний стік, особливо у зоні недостатнього зволоження, проявляється у зменшенні величини меженного стоку (Гребінь, 2010).

Головна стаття витрат води в болотах – це випаровування з поверхні болота, включаючи транспірацію рослинністю. Водно-болотні угіддя випаровують більшу кількість води, ніж інші типи наземних угідь – орні землі, пасовища чи ліси. Внесок випаровування у витрати води з болота сягає 100% для низинних безстічних боліт улоговинного залягання в аридній зоні і становить близько 50% для боліт в північних районах надмірного зволоження.

Співвідношення складових водного балансу болота змінюється в часі. Зміна умов живлення і витрати вологи в болоті призводить, згідно рівняння водного балансу, до коливань рівня ґрунтових вод, що зазвичай знаходиться близько від поверхні болота і швидко реагує на зміни складових водного балансу. Це і визначає водний режим боліт.

**3. Пом'якшення повеней.** Заплавні ВБУ майже завжди зменшують частоту повеней, їх інтенсивність та/або затримують їх у часі. Проте за даними (Finlayson et al., 2005) деякі ВБУ, розташовані у верхів'ях рік, можуть підвищувати інтенсивність повеней. Басейни великих рік характеризуються значно більшими регулюючими можливостями, ніж басейни невеликих рік (Finlayson et al., 2005).

**4. Підземні води.** Багато ВБУ існують завдяки тому, що вони розташовані на твердих ґрунтах або скелястих породах і непов'язані з підземними водами. З іншого боку, багато ВБУ пов'язані з підземними водами і підживлюються ними, зокрема водами з джерел і озер. В одних випадках водноболотні угіддя можуть вносити менш вагомий внесок в поповнення запасів підземних вод, ніж інші типи угідь. В інших випадках (наприклад на заплавах, розташованих на піщаних ґрунтах), поповнення водних запасів відбувається під час паводків. Напрямок руху води між водноболотним угіддям і іншими угіддями може змінюватися всередині одного і того ж водноболотного угіддя, наприклад, як це відбувається уздовж багатьох річкових приток залежно від сезону і місцевих гідрологічних умов.

**5. Вплив на клімат.** Чеські дослідники (Pokorný et al., 2016) за допомогою термовізійної зйомки встановили, що різниця температур у сучасному культурному ландшафті в ясний сонячний день між заболоченими ділянками та осушеними територіями сягає до 20°C. Цим

незаперечним фактом вони підкреслюють роль водно-болотних угідь у регулюванні температури повітря за допомогою випаровування. У дослідженні наведено розрахунки трансформації сонячної енергії ( $Wm^{-2}$ ), яка надходить на водно-болотну поверхню і витрачається на низку процесів: розчинення-осадження солей, розпад-рекомбінація молекули води в біологічних процесах та випаровування-конденсація. Описано прямий вплив водно-болотних угідь на регіональний клімат через зменшення градієнтів температури та роль водяної пари та хмар у зменшенні проходження сонячної радіації.

**Дослідники зазначають, що осушення заболочених територій у північній півкулі за останні 260 років призвело до більшого радіаційного форсингу приземного шару атмосфери, ніж випромінювання, спричинене збільшенням парникових газів в атмосфері за той самий період ( $1-3 Wm^{-2}$  від 1750 р. до сьогодні) (Pokorný et al., 2016).**

Це ще раз підкреслює, що зміна клімату відбувається не лише за рахунок парникового ефекту внаслідок викидів парникових газів, але і через знищення природних екосистем, які прямо впливають на клімат та кругообіг води. Дослідники відмічають, що зараз важливо підтримувати та відновлювати природні рослинні структури, такі як водно-болотні угіддя та ліси, для того, щоб серйозно зменшити потепління клімату.

---

#### **Основні аспекти впливу прогнозованих змін клімату для ВБУ:**

---

- багато прибережних ВБУ зміняться унаслідок прогнозованого підвищення рівня моря, посилення штормів і приливних хвиль, змін в інтенсивності й частоті штормів і подальших змін гідрологічного режиму і транспортування наносів;
  - зменшення кількості опадів може посилити проблеми, пов'язані з підвищенням потреб у воді, проте в тих регіонах, де кількість опадів зростає, навантаження на ВБУ може зменшитися;
  - зростання температури повітря вплине на випаровування, що є головною статтею витрат води в болотах у водному балансі.
- 

Варто зазначити, що хоча спостерігаються загальні закономірності впливу ВБУ на формування водних ресурсів, для оцінки впливу конкретного об'єкту на водні ресурси регіону є потреба в детальному аналізі на основі натурних експериментів. В останні десятиліття такі дослідження на болотах України не проводилися.





# РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО АДАПТАЦІЇ ВОДНОГО СЕКТОРА УКРАЇНИ ДО ЗМІНИ КЛІМАТУ

Отримані у даному дослідженні результати свідчать, що зміна клімату матиме суттєвий вплив на водні ресурси України. Оскільки основним джерелом водних ресурсів в Україні є води поверхневого річкового стоку, то вплив клімату на цю категорію природних вод найчастіше проявляється у формуванні двох протилежних тенденцій:

- тенденція до зменшення водного стоку з території України і, відповідно, до зменшення запасів місцевих водних ресурсів;
- збільшення водного стоку в окремі сезони та місяці року на окремих територіях, формування катастрофічних паводків та повеней.

Ґрунтуючись на цьому, рекомендації щодо адаптації водного сектора України мають враховувати саме ці основні тенденції можливих змін водних ресурсів України під впливом зміни клімату.

Зміна клімату породжує концептуальну проблему для менеджерів водного господарства, вносячи невизначеність в майбутні гідрологічні умови. Рішення про адаптацію в більшості випадків варто ухвалювати, ймовірно, до того, як стане зрозуміло в який спосіб гідрологічні режими можуть насправді змінюватися. Саме тому в процесі управління водними ресурсами в умовах зміни клімату варто обирати підхід, заснований на сценаріях зміни клімату, тобто такий варіант, який запропоновано в даному звіті.

Цей підхід застосовується на практиці в розвинутих країнах світу. Другий підхід до розв'язання проблеми невизначеності, відомий як «адаптивне управління», передбачає розширене використання коштів на ті заходи з управління водними ресурсами, які відносно є порівняно стійкими до невизначеності. До таких заходів, наприклад, відносяться заходи зі скорочення попиту на воду, які мінімізують вплив зміни клімату.

У такий самий спосіб деякі гнучкі стратегії регулювання паводків, допускають тимчасовий розлив річок і зменшують розмір збитків у результаті паводків. Ця стратегія адаптації є стійкішою до невизначеності, ніж традиційні заходи протипаводкового захисту.

Реагування в галузі управління водними ресурсами на зміну клімату може включати розробку нових підходів до оцінки і проектування систем, а також неструктурні методи, засновані на механізмах, як-от Рамкова Водна директива Європейського Союзу.

У [табл. 4](#) висвітлено коротке узагальнення варіантів адаптації, орієнтованих на попит і пропозицію і розроблення з метою забезпечення водопостачання в звичайних умовах і в умовах посухи.

**Таблиця 4.**

**Деякі варіанти адаптації водопостачання, орієнтовані на попит і пропозицію**

Орієнтовані на пропозицію	Орієнтовані на попит
Розвідка і видобуток підземних вод	Підвищення ефективності водокористування шляхом повторного використання води
Збільшення ємностей шляхом будівництва водосховищ і гребель	Скорочення попиту на воду для зрошення шляхом зміни строків вирощування культур, їхнього асортименту, методу зрошення і розмірів оброблюваної площі
Опріснення морської води	Скорочення попиту на воду для зрошення шляхом імпорту сільськогосподарської продукції
Збільшення об'ємів накопичення дощових вод тому числі шляхом активних впливів на хмари	Заохочення практики сталого використання водних ресурсів
Перекидання води	Розширене використання економічних стимулів, враховуючи облік витрат води і встановлення ціни на неї з метою сприяння збереженню водних ресурсів

Варіанти, орієнтовані на пропозицію, як правило передбачають збільшення корисного об'єму водосховищ або забору води з водотоків і в такий спосіб можуть мати несприятливі наслідки для навколишнього середовища.

Варіантам, орієнтованим на попит, може не вистачати практичної ефективності, позаяк вони спираються на спільні дії окремих осіб.

Часто проводять відмінність між автономною і плановою адаптацією.

**Автономна адаптація** — це адаптація, яка не являє собою свідому реакцію на кліматичні впливи, але є результатом змін, спрямованих на задоволення потреб, що змінилися, реалізацію нових завдань і очікувань, які попри те, що вони спеціально не призначені для розв'язання проблем зміни клімату, можуть пом'якшити вплив зміни клімату.

**Планова адаптація** є результатом обміркованих політичних рішень і конкретно враховує зміну і мінливість клімату, але до теперішнього часу реалізовувалася нечасто. Керуючі водними ресурсами в декількох країнах, включаючи зокрема Нідерланди, Австралію, Німеччину, США та Бангладеш, почали безпосередньо шукати рішення для подолання проблеми наслідків зміни клімату як частину своєї звичайної роботи з регулювання паводків та забезпечення водопостачання. Така адаптація зазвичай проводиться за допомогою внесення змін у методики і регламенти, такі, як проектно-конструкторські нормативи або розрахунок нормативів з урахуванням зміни клімату.

Варіантами **автономної адаптації** є головним чином є розширення або інтенсифікація наявної діяльності з управління ризиками та підвищення продуктивності, і тому вже доступні для сільськогосподарських підприємств. Стосовно до водних ресурсів вони включають:

- вибір видів сільськогосподарських рослин із підвищеною стійкістю до теплового шоку і посух;
- зміна методів зрошення, зокрема кількість, терміни або технологію;
- розроблення та ухвалення ефективних водних технологій для «Збору врожаю» води, збереження ґрунтової вологи (наприклад, збереження пожнивних залишків), і зменшення замулювання і вторгнення солоних вод;
- покращення управління водними ресурсами для запобігання заболочування, ерозії та вимивання;
- зміна графіків сільськогосподарських культур, тобто термінів, або розташування культивування рослин.

**Додаткові стратегії адаптації можуть включати зміни в землекористуванні, які враховують нові агрокліматичні умови.**

Рішення за **плановою адаптацією** мають бути зосереджені на розвитку нової інфраструктури, програм та установ, які будуть підтримувати, заохочувати, координувати і максимально використувати вигоди нових принципів управління і землекористування. Це може бути досягнуто, переважно шляхом поліпшення управління, зокрема врахування зміни клімату в програмах із розвитку; збільшення інвестицій в інфраструктуру зрошення і технології ефективного водокористування; забезпечення відповідної інфраструктури перевезень та зберігання; перегляд умов землекористування. Може виникнути потреба в плановій адаптації та координації політики в межах численних установ для сприяння адаптації до зміни клімату, зокрема там, де продуктивність, яка знижується, негативно позначається на обробі малородючих земель сприяє впровадженню неприйнятних методів культивування, посилюючи у такий спосіб не лише деградацію земель, а й споживання ресурсів, зокрема води.

Технологічні варіанти для розробки в рамках розширених наукових досліджень і розробок включають традиційну селекцію і біотехнологію в цілях підвищення стійкості сільськогосподарських і кормових культур, великої рогатої худоби, лісонасаджень і рибних ресурсів до таких кліматичних стресів, як посуха і повені.

**Поліпшення управління водними ресурсами.** Зменшення, збільшення або посилення мінливості в забезпеченості водою може привести до конфліктів між водокористувачами (сільське господарство, галузі промисловості, екосистеми і поселення).

Водогосподарські організації, що визначають норми використання води, будуть відігравати основну роль у регулюванні соціальної напруги у випадку зміни водозабезпеченості, а також у розподілі вигод і втрат у різних секторах суспільства.

Суспільним інститутам варто шукати кращі способи водорозподілу, застосовуючи такі принципи, як справедливість і ефективність. Ці параметри мають також враховувати управління міжнародними басейнами, а також басейнами поверхневих і ґрунтових вод.

**Для протидії додатковому стресу, спричиненого зміною клімату, важлива участь громадськості в плануванні використання водних ресурсів, особливо щодо поглядів на цінність води, значення і роль, яку відіграватиме повторне споживання води у майбутньому, і внесок, який суспільство готове внести до пом'якшення наслідків впливів, пов'язаних із водою.**

Аби реалізувати політику, що ґрунтується на принципах комплексного управління водними ресурсами, варто прагнути до кращої координації між різними органами державної влади, а також слід проаналізувати інституційні та правові межі для спрощення реалізації заходів адаптації.

Зміна клімату позначиться на всіх зацікавлених сторонах, пов'язаних з процесом управління водними ресурсами, включаючи користувачів. Тому всі вони повинні бути інформовані про можливі впливи на систему з тим, щоб прийняти належні рішення і бути готовими оплатити пов'язані з цим витрати.

Адаптацію до змін у забезпеченості водою та якості води варто проводити не лише водогосподарським організаціям, а й окремим користувачам водних ресурсів. До них належать промисловість, сільськогосподарські підприємства (особливо ті, хто використовує воду для поливу) та окремі споживачі.

**Комплексне споживання водних ресурсів має стати інструментом для визначення заходів з адаптації до зміни клімату, але поки що цей інструмент перебуває на початковій стадії його створення.**

Успішні стратегії комплексного використання водних ресурсів (зокрема, наведені у Butterworth I. et al., 2010) включають, серед іншого, таке:

- опитування громадської думки,
- реорганізацію процесів планування,
- координацію землеустрою та використання водних ресурсів,
- визнання зв'язку між кількістю і якістю водних ресурсів,
- спільне використання поверхневих і ґрунтових вод,
- охорону і відновлення природних систем і облік чинника зміни клімату.



## ВИСНОВКИ

---

Отже, виходячи з вище викладеного, слід підкреслити, що велика частина території України вже нині характеризується низьким рівнем забезпеченості водними ресурсами і високим ступенем вразливості до кліматичних змін.

Водні ресурси України залежать від річкового стоку води з територій прилеглих країн (76,6%) і тільки орієнтовно їх четверта частина формується в межах країни (23,4%).

Загальні відновні водні ресурси України становлять 175,3 км<sup>3</sup> на рік, з яких 97% формується за рахунок поверхневого річкового стоку і лише 3% (5 км<sup>3</sup>) за рахунок підземних вод. Найбільша кількість водних ресурсів (58%) зосереджено в басейні Дунаю в прикордонних районах України, де потреба у воді не перевищує 5% від її загальних запасів.

Прогнозні ресурси підземних вод становлять всього 22,0 км<sup>3</sup>/ рік, з яких 26% становлять розвідані експлуатаційні запаси підземних вод (близько 5,0 км<sup>3</sup>/ рік). Тобто в структурі доступних водних ресурсів частка підземних вод складає усього 3%, їх використання часто обмежується незадовільним хімічним складом (підвищена мінералізація). Так, наприклад, у Херсонській області внаслідок інтенсивної та тривалої експлуатації Херсонського родовища, водопостачання центральної та більшості частин міста Херсон здійснюється некондиційними водами верхньосарматських відкладів неогену, з мінералізацією понад 1500 мг/дм<sup>3</sup> і вмістом нітратів та амонію, що перевищує ГДК.



Водночас частка підземних вод у загальному водоспоживанні держави становить 13,8%. Вони використовуються переважно для господарсько-питного водопостачання, сільського господарства та для виробничо-технічних цілей. Із загальної кількості міст України (474) у 77 містах водопостачання здійснюється з підземних водних джерел, а у 161 місті використання підземних вод перевищує 50 %.

Серед 20 європейських країн Україна за показником забезпеченості водними ресурсами займає 17 місце. Значна частина території країни характеризується низькою і дуже низькою забезпеченістю водними ресурсами. На одного жителя України припадає лише 1 тис. м<sup>3</sup> місцевого стоку, тим часом, у Канаді цей показник становить 94,3 тис. куб. м, Росії — 31,0 тис. куб. м, США — 7,4 тис. куб. м, Німеччині — 1,9 тис. куб. м.

Забезпеченість місцевими водними ресурсами по окремих областях країни відрізняється майже в 60 разів: від 0,14 км<sup>3</sup>/рік у Херсонській області, до 7,92 км<sup>3</sup>/рік — у Закарпатській. Найменш забезпечені водними ресурсами є Донбас, Криворіжжя, Крим та південні області України, де зосереджені найбільші споживачі води.

З огляду на наявні результати моделювання, слід очікувати збільшення дефіциту водних ресурсів у зоні нестійкого землеробства — в південних регіонах України вже до середини XXI ст.

Водночас водний сектор України зіткнеться з проблемою руйнівного впливу вод у зв'язку з посиленням паводкового режиму річок, особливо у Карпатському регіоні (басейни Дунаю, Дністра).

Проекції середніх багаторічних місячних величин стоку річок Дніпра, Західного Бугу, Дністра та Прип'яті вказують на зниження водного стоку майже у всі місяці року в обох майбутніх періодах і за обома обраними траєкторіями. Деякий виняток становить невелике збільшення стоку в лютому або ж у лютому-березні. Відмічена тенденція щодо збільшення стоку протягом зимових місяців характерна для Десни, Тиси, Південного Бугу та Сіверського Донця протягом обох періодів і для обох РТК-траєкторій.

**Усі проєкції вказують на загальне зниження стоку під час літньої межени протягом обох періодів і обох РТК-траєкторій, за винятком річок басейну Сіверського Донця, де зниження стоку не очікується, а, навпаки, певне його збільшення. У більшості випадків, збільшення чи зменшення водного стоку значно помітніше у випадку використання траєкторії РТК 8.5 у порівнянні з траєкторією РТК 2.6**

Період віддаленої перспективи (2071–2100 рр.) за РТК 8.5 характеризується більш суттєвими змінами у порівнянні з серединою століття.

Проекції величин річкового стоку у басейні Західного Бугу вказують на зменшення стоку в усі місяці, за винятком лютого.

В окремі місяці стік може зменшуватися до -28 % за РТК 2.6 та до -30 % за РТК 8.5. Найбільше зниження стоку очікується під час осінньої межени за обома сценаріями.

Невелике збільшення стоку у лютому очевидно пов'язано з часовим зсувом настання піку весняної повені в умовах зміни клімату.

Подібні, але певною мірою посилені закономірності очікуваних змін були отримані і для басейну річки Прип'ять із загальним зменшенням норми стоку до кінця століття до -29% за РТК 2.6 і до -43% за РТК 8.5, за винятком збільшення стоку в лютому для обох РТК-траєкторій, коли проєктується збільшення стоку до 10% за РТК 2.6 та до 14% за РТК 8.5.

Прогнозується, що водний стік річок у басейні Десни зросте в період з січня по березень в обидва періоди за обома РТК: до 28% згідно з РТК 2.6 та до 42% згідно з РТК 8.5. В наступні місяці року проєктується зменшення стоку від -3% до -16%.

Прогнози для басейну Тиси свідчать про збільшення водного стоку в зимові місяці протягом обох майбутніх періодів з 4% до 42% за РТК 2.6 та з 9% до 42% за РТК 8.5. У червні стік річок незначно зросте (на 5%), а в інші місяці зменшиться від -4% до -17% у обидва періоди згідно з РТК 2.6. У разі справдження жорсткого сценарію за РТК 8.5 відбудеться зниження стоку в період з квітня по листопад в діапазоні від -7% до -21% у середині століття та від 17% до 35% наприкінці поточного століття.

Відповідно до отриманих проєкцій за обома сценаріями (РТК 2.6 та РТК 8.5), у басейні Дністра буде спостерігатися зниження водного стоку в усі місяці року в обох майбутніх розрахункових періодах, за винятком лютого місяця в 2070–2100 рр. відповідно до РТК 2.6 (нульові зміни). Зниження стоку проєктується в діапазоні від -2% до -20% згідно з РТК 2.6 та від -5% до -35% згідно з РТК 8.5. Відповідно до РТК 8.5 стік річок басейну Дністра суттєво знизиться наприкінці століття.

У басейні Південного Бугу в обох розрахункових періодах очікується збільшення річкового стоку в січні та лютому: за сценарієм РТК 2.6 до 35% і до 30% за сценарієм РТК 8.5. У наступні місяці року, навпаки, очікується зменшення стоку річок від -3% до -26% за РТК 2.6 та від -13% до -45% згідно з РТК 8.5 (за винятком незначного збільшення в червні відповідно до РТК 2.6). Особливо значне зниження стоку очікується наприкінці XXI ст. відповідно до жорсткого сценарію РТК 8.5.

Результати симуляції водного стоку в басейні Дніпра свідчать про рівномірний характер змін стоку протягом року за обома сценаріями і в обох періодах. Ці зміни характеризуються помірним зменшенням стоку до -18% за РТК 2.6 та до -24% за РТК 8.5. Виняток становить період із січня по березень з невеликим збільшенням до 7% у 2070–2100 рр. згідно з РТК 2.6.

Найбільш помітне збільшення водного стоку в окремі місяці серед усіх водозбірних басейнів очікується у басейні Сіверського Донця. У січні–березні водний стік річок відповідно до сценарію РТК 2.6 зростає до 69%, а за сценарієм РТК 8.5 — до 100%, а найбільша величина стоку буде спостерігатися в лютому. В липні–серпні водний стік річок зростає до 22% відповідно до РТК 2.6 та до 10% згідно з РТК 8.5, а в інші місяці року прогнозується пониження стоку до -28% для обох сценаріїв.

До основних аспектів впливу водно-болотних угідь на формування водних ресурсів належать: вплив ВБУ на річковий та підземний стік, вплив на покращення якості води. Також окремі об'єкти ВБУ можуть знижувати ризики та негативні впливи, які пов'язані з повеннями. Аспекти впливу ВБУ на водні ресурси визначаються особливостями водного балансу цих об'єктів, в якому основною статтею витрат води є випаровування, а також залежать від низки чинників, зокрема характеристики об'єкту, місця розташування у водозбірному басейні, кліматичні особливостей та рельєф території тощо.

Водно-болотні угіддя суттєво впливають на регіональний клімат через зменшення градієнтів температури та роль водяної пари і хмар у зменшенні проходження сонячної радіації.

Для оцінки впливу конкретного об'єкту ВБУ на водні ресурси регіону потрібен детальний аналіз на основі натурних експериментів, а для визначення шляхів та методів відновлення даного об'єкту — здійснення моделювання зі застосуванням сучасних програмних продуктів.

# ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

The United Nations World Water Development Report 2021. VALUING WATER / UN, FAO, UNDP, UNIDO, Unesco [et al.], Paris, 2021. 206 pp.

GLOWA — Globaler Wandel des Wasserkreislaufes / GLOWA — Global Change and the Hydrological Cycle. Berlin, 2005. 44 P.

Перга Т. (2011). Міжнародні водні конфлікти — нова загроза стабільному розвитку. Зовнішні справи. №4. С.34–38.

Rodda J. C. On The Problems of Assessing The World's Water Resources Springer, Berlin, Heidelberg: Springer, Berlin, Heidelberg, 1997. P. 13–32.

Водний кодекс України : кодифікований закон України від 13 червня 1995 р. № 214/95-ВР // Відомості Верховної Ради.

Хільчевський В. К. (2021). Характеристика водних ресурсів України на основі бази даних глобальної інформаційної системи FAO Aquastat. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. №1(59). — С.6–16.

Хільчевський В.К. [та ін]. Загальна гідрологія: підручник. — К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008. — 399 с.

Snishko S. (2001). Wasserwirtschaftliche und oekologische Situatuon im Dnipro-Einzugsgebiet. Hydrologie und Wasserbewirtschaftung. №. 45. P. 2–7.

Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2017 році. — Київ, 2018. — 383 с.

Rethinking of Water Security for Ukraine based on results of National Policy Dialogue Rethinking of Water Security for Ukraine. URL: [https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cee\\_files/regional/rethinking-water-security-ukraine-2016.pdf](https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cee_files/regional/rethinking-water-security-ukraine-2016.pdf) (accessed: 14.05.2021).

Стан підземних вод України, щорічник. — Київ: Державна служба геології та надр України, Державне науково-виробниче підприємство «Державний інформаційний геологічний фонд України», 2020. — 127 с.

Аналіз актуальних чинників погіршення якості питного водопостачання в контексті національної безпеки України. Аналітична записка / Національний інститут стратегічних досліджень [Електронний ресурс]. URL: <https://niss.gov.ua/doslidzhennya/nacionalna-bezpeka/analiz-aktualnikh-chinnikiv-pogirshennya-yakosti-pitnogo> (дата звернення: 14.05.2021).

The World Bank Group. Renewable internal freshwater resources per capita (cubic meters). URL: <https://data.worldbank.org/indicator/ER.H2O.INTR.PC> (accessed: 14.05.2021).

Інформаційно-аналітична довідка про стан водних ресурсів держави та особливості сільськогосподарського виробництва в умовах змін клімату [Електронний ресурс]. URL: [http://naas.gov.ua/upload/iblock/78a/Інформаційна\\_довідка\\_4.05.2020-конвертирован.pdf](http://naas.gov.ua/upload/iblock/78a/Інформаційна_довідка_4.05.2020-конвертирован.pdf) (дата звернення: 14.05.2021).

Ромашенко М. [та ін.]. (2020). Вплив сучасних кліматичних змін на водні ресурси та сільськогосподарське виробництво. Меліорація і водне господарство. (1). — С. 5–22.

Загальні показники використання водних ресурсів України. Набори даних. 2017 [Електронний ресурс]. URL: <https://data.gov.ua/data-set/2054e342-fd89-4419-b130-685a9d042990> (дата звернення: 14.05.2021).

Modernisierungsstrategie für die deutsche Wasser-wirtschaft Maßnahmen zur Stärkung der Präsenz der deutschen Wasserwirtschaft auf internationalen Märkten für Wasserdienstleistungen. 2013. 317 pp.

Яковлев В. В., Лищина В. Д. (2015). Источники водоснабжения Харькова и перспективы использования лучевых водозаборов. Проблемы охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки. № 37. С. 106–126.

Водна стратегія України на період до 2025 року (наукові основи) /за ред. М.І. Ромащенко, М.А. Хвесика, Київ, 2015. 46 с.

Шнюков Е. [и др.]. Экологическая геология Украины: Справочное пособие / Е. Шнюков, В. Шестопалов, Е. Яковлев, и др., Киев: Наукова думка, 1993. 407 с.

Україна та глобальний парниковий ефект: вразливість і адаптація екологічних та економічних систем до зміни клімату / Букша І. Ф., Гожик П.Ф., Ємельянова Ж. Л., Трофимова І.В., Шерешевський А.І. — Київ, Видавництво Агентства з раціонального використання енергії та екології, 1998. 210 с.

Наслідки зміни клімату: Україна. Національна метеорологічна служба Великої Британії. Міністерство закордонних справ та у справах Співдружності. 2010. — 20 с.

Pluntke T. [et al.]. Hydrologic effects of climate change in the Western Bug basin. Proceedings of the International Conference "Global and regional climate changes" (16–19 November 2010).

Сніжко С. [та ін.]. (2012). Оцінка можливих змін водних ресурсів місцевого стоку в Україні в XXI столітті. Водне господарство України. № 6 (102). — С. 8–16.

Краковська С. [та ін.]. (2008). Верифікація даних світового кліматичного центру (CRU) та регіональної моделі клімату (REMO) щодо прогнозу приземної температури повітря за контрольний період 1961–1990 рр. — Наук. праці УкрНДГМІ. № 257. — С. 42–60.

Loboda N. S., Bozhok Y. V. (2017). Water resources of Ukraine in the XXI century under climate change scenarios (RCP4.5 AND RCP8.5). Ukrainian Hydrometeorological Journal. № 17. P. 114–122.

Лобода Н., Козлов М. (2020). Оцінка водних ресурсів річок України за середніми статистичними моделями траєкторій змін клімату RCP4.5 та RCP8.5 у період 2021–2050 роки. Український гідрометеорологічний журнал. (25). — С. 93–104.

Божок Ю. В. Річний та межений стік річок північно-західного причорномор'я в умовах змін клімату: дис. канд. геогр. наук / Божок Ю. В. — Одеса, 2015. — 300 с.

Горбачова Л. (2014). Оцінка можливих майбутніх змін водного стоку річок України (на середину XXI століття). Культура народів Причорномор'я. № 267. — С. 89–94.

Розробка наукових засад адаптації водного господарства України до можливих змін клімату із врахуванням гідрологічних показників основних річкових басейнів / Звіт про виконання НДР Державне агентство водних ресурсів України. — Київ, 2011. — 119 с.

Didovets I. [et al.]. (2017). Assessment of Climate Change Impacts on Water Resources in Three Representative Ukrainian Catchments Using Eco-Hydrological Modelling. Water. № 3 (9). P. 204.

Snizhko S. [et al.]. (2020). Assessment of changes in the main climatic parameters over the territory of Ukraine during the XXI century according to scenarios based on representative concentration pathways (RCP). European Association of Geoscientists & Engineers. P. 1–5. DOI: 10.3997/2214-4609.202056032.

Kok K. [et al.]. (2015). Evaluation of existing climate and socio-economic scenarios. EU FP7 IMPRESSIONS Project Deliverable D2.1.

Гнатюк Н. В. Проекції температури повітря та кількості опадів в Україні в XXI столітті: дис. канд. геогр. наук / Гнатюк Н. В. — Київ, 2017. — 180 с.

- Weedon G. P. [et al.]. (2014). The WFDEI meteorological forcing data set: WATCH Forcing Data methodology applied to ERA-Interim reanalysis data. *Water Resources Research*. № 9 (50). P. 7505–7514.
- Themessl M. J., [et al.]. (2012). Empirical-statistical downscaling and error correction of regional climate models and its impact on the climate change signal. *Climatic Change* 112: 449-468, DOI 10.1007/s10584-011-0224-4.
- Wilcke, R. A. I. [et al.]. (2013). Multi-variable error correction of regional climate models. *Climatic Change*, 120, 871–887, <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0845-x>.
- Розроблення сценаріїв зміни кліматичних умов в Україні на середньо-та довгострокову перспективу з використанням даних глобальних та регіональних моделей / Звіт про науково-дослідну роботу. УкрГМІ. — Київ, 2013. — 135 с.
- Краковська С. [та ін.]. (2016). Проекції змін приземної температури повітря за даними ансамблю регіональних кліматичних моделей у регіонах України в XXI столітті // Наукові праці УкрНДГМІ. № 268. — С. 33–44.
- Didovets I. [et al.]. (2020). Climate change impact on water availability of main river basins in Ukraine. *Journal of Hydrology: Regional Studies*. (32). P. 2214–5818. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2020.100761>
- Rost S. [et al.]. (2008). Agricultural green and blue water consumption and its influence on the global water system. *Water Resources Research*. № 9 (44).
- Pokhrel Y. N. [et al.]. (2015). Incorporation of groundwater pumping in a global Land Surface Model with the representation of human impacts. *Water Resources Research*. № 1 (51). P. 78–96.
- Hanasaki N. [et al.]. (2008). An integrated model for the assessment of global water resources – Part 1: Model description and input meteorological forcing. *Hydrology and Earth System Sciences*. № 4 (12). P. 1007–1025.
- Schmied H. M. Evaluation, modification and application of a global hydrological model. Frankfurt Hydrology Paper 16, Institute of Physical Geography, Goethe University Frankfurt, Frankfurt am Main, Germany. 2017. 216 pp.
- Tang Q. [et al.]. (2007). The Influence of Precipitation Variability and Partial Irrigation within Grid Cells on a Hydrological Simulation. *Journal of Hydrometeorology*. № 3 (8). P. 499–512.
- Wada Y., Wisser D., Bierkens M. F. P. (2014). Global modeling of withdrawal, allocation and consumptive use of surface water and groundwater resources. *Earth System Dynamics*. № 1 (5). P. 15–40.
- Weedon, G. P. [et al.]. The WATCH forcing data 1958–2001: A meteorological forcing dataset for land surface and hydrological models. 2010. WATCH Tech. Rep. 22, 41 pp. ISIMIP. The Inter-Sectoral Impact Model Intercomparison Project [WWW Document]. URL <https://www.isimip.org/> (accessed: 1.05.2021).
- Lange S. (2018). Bias correction of surface downwelling longwave and shortwave radiation for the EWEMBI dataset. *Earth System Dynamics*. № 2 (9). C. 627–645.
- Lange, S. Earth2Observe, WFDEI and ERA-Interim data Merged and Bias-corrected for ISIMIP (EWEMBI) [Data set]. 2019. GFZ Data Services. <https://doi.org/10.5880/pik.2019.004>
- Didovets I. [et al.]. (2019). Climate change impact on regional floods in the Carpathian region. *Journal of Hydrology: Regional Studies*. (22). P. 100590.
- Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Одеській області у 2015 році. (2016). [Електронний ресурс]. URL: <https://mepr.gov.ua/files/docs/%D0%9E%D0%94%D0%95%D0%A1%D0%AC%D0%9A%D0%90%20%D0%9E%D0%91%D0%9B%D0%90%D0%A1%D0%A2%D0%AC.pdf>.



- Лоєва І.Д. [та ін.]. (2000). Водні ресурси Одеської області і стратегія їх раціонального використання. *Вода и здоровье* –: Сб. науч. ст. Одесса: ОЦНТЭИ, 2000. С. 201-204.
- Обухов Є. [та ін.]. (2012). Порівняльні розрахунки випаровування з водної поверхні Каховського водосховища в сучасних умовах. *Вісник Одеського державного екологічного університету*. (13). С. 187–195.
- Ромащенко М. [та ін.]. (2017). Стан та шляхи підвищення водозабезпеченості південного регіону України водними ресурсами річки Дунай. *Меліорація і водне господарство*. № 105. С. 12–21.
- Baumgartner A., Liebscher H. *Lehrbuch der Hydrologie Bd. 1*. Gebr. Borntraeger. Berlin Stuttgart. 1990. 673 P.
- Ромащенко М. [та ін.]. (2020). Вплив сучасних кліматичних змін на водні ресурси та сільськогосподарське виробництво. *Меліорація і водне господарство*. № 1. — С.5–22. <https://doi.org/10.31073/mivg202001-235>
- Левковська Л. В., Сундук А. М. (2014). Безпека водних ресурсів України: аналіз, оцінка, пріоритети забезпечення. *Економіка природокористування і охорони довкілля*. — С. 71–75.
- Стратегічні напрями адаптації до зміни клімату в басейні Дністра [Електронний ресурс]. URL: <https://www.osce.org/files/f/documents/4/d/320221.pdf> (дата звернення: 15.05.2021).
- Аналіз актуальних чинників погіршення якості питного водопостачання в контексті національної безпеки України». Аналітична записка [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.niss.gov.ua/articles/1037/> – назва з екрану.
- Oki T., Kanae S. (2006). Global hydrological cycles and world water resources. *Science*. 313. P. 1068–1072.
- Hattermann F. F. [et al.]. (2008). Modelling wetland processes in regional applications. *Hydrological Sciences Journal*. 53:5. P. 1001–1012. DOI: 10.1623/hysj.53.5.1001.
- Свергузова С. В., Сапронова Ж. А. Введение в гидрологию: учеб. пособ. — Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. —118 с.
- Finlayson M. [et al.]. Millennium Ecosystem Assessment, 2005. Ecosystems and Human well-being: wetlands and water. / M. Finlayson, C. Lévêque, G. Randy Milton, G. Peterson, D. Pritchard [et al.], Washington, DC, 2005. 80 pp.
- Гребінь В. В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз). — Київ: Ніка-Центр, 2010. — 316 с.
- Бабиков Б.В. (2018). Гидрологическая роль болот и водное питание рек. *Лесной журнал*. 5. — С. 38–47.
- Pokorný J. [et al.]. (2016). Indirect and Direct Thermodynamic Effects of Wetland Ecosystems on Climate. In: Vymazal J. (eds) *Natural and Constructed Wetlands*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-38927-1\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-319-38927-1_7).
- Butterworth I. [at al.] (2010). Finding practical approaches to Integrated Water Resources Management. *Water Alternatives* 3(1): 68–81

# СЛОВНИК НАЙБІЛЬШ ВЖИВАНИХ ТЕРМІНІВ

**Болото** — надмірно зволожена земельна ділянка із застоюним водним режимом, шаром торфу у 30 см і більше та специфічним рослинним покривом

**Болото верхове, болото оліготрофне** — тип болота, що формується в умовах бідного мінерального живлення на вододілах і терасах річок із піщаними ґрунтами, які здебільшого живляться за рахунок атмосферних опадів.

**Болото низинне, болото евтрофне** — тип болота, що формується в умовах багатого мінерального живлення у заплавах річок, улоговинах, по берегах озер та під час заростання водойм. Живлення відбувається переважно ґрунтовими водами.

**Болото перехідне, болото мезотрофне** — тип болота, що формується на ділянках як з ґрунтовим, так і з атмосферним живленням, часто в улоговинах терас і на льодовикових відкладах. Болото перехідне є проміжною ланкою у процесі природного розвитку боліт між болотами низинними і болотами верховими.

**Використання води** — процес вилучення води для використання у виробництві з метою отримання продукції та для господарсько-питних потреб населення, а також без її вилучення для потреб гідроенергетики, рибництва, водного, повітряного транспорту тощо.

**Випаровування** — природний процес надходження водяної пари в атмосферу з поверхні водних об'єктів, снігу, льоду, ґрунту, рослинного покриву

**Виснаження вод** — зменшення величини поверхневого стоку чи запасів підземних вод нижче припустимих меж

**Витрати води** — об'єм води, що протікає через живий переріз водотоку за одиницю часу. Одиниці вимірювання — м<sup>3</sup>/с, на малих річках — дм<sup>3</sup>/с.

**Відбирання** — відбирання води з джерела або постійно, або тимчасово таким способом, за якого: а) вода перестає бути частиною природних ресурсів певної території; б) її перекидають в інше джерело в межах певної території.

**Відновні ресурси прісних вод** — річковий стік у моря та океани, який формується завдяки атмосферним опадам у річковому басейні та живлення підземними водами.

**Внутрішньорічний розподіл річкового стоку** залежить від зміни співвідношення елементів водного балансу протягом року і характеризує зміну стоку води за місяцями, сезонами або фазами гідрологічного режиму у відсотках (%) від річних значень.

**Внутрішньорічний розподіл стоку** — розподіл величин стоку за календарними періодами чи сезонами року.

**Вода для водопостачання** — вода, зазвичай оброблена, що надходить у водорозподільчу систему чи у регульоване вмістище.

**Води** — всі води (поверхневі, підземні, морські), що входять до складу природних ланок кругообігу води.

**Водне господарство** — галузь економіки, що вивчає облік, планування та управління комплексного споживання водних ресурсів, охороною їх від забруднення і вичерпання, а також транспортуванням до місць споживання чи використання. Водне господарство істотно впливає на розвиток і розміщення продуктивних сил; має величезне значення для створення необхідних соціальних і побутових умов життя населення. Виходячи з основного завдання галузі — забезпечення усіх споживачів інших галузей економіки країни та населення водою в необхідній кількості та відповідної якості, — водне господарство поділяють на такі підгалузі (компоненти водогосподарського комплексу): водопостачання промисловості, населених пунктів, сільськогосподарського виробництва; зрошення земель та обводнення посушливих районів; гідроенергетика; водний транспорт; рибне господарство, рекреація.

**Водний баланс** — співвідношення надходження та витрати води з урахуванням зміни її запасів протягом певного проміжку часу для певного об'єкта. Водний кадастр — зведення даних про кількісні та якісні показники водних ресурсів та їхнє використання, укладене в регіональному, басейновому, державному плані.

**Водний кодекс України** — законодавчий акт, що регулює водні відносини на території країни. Завдання Водного кодексу України: регулювання правових водних відносин з метою забезпечення збереження та науково обґрунтованого раціонального використання поверхневих і підземних вод для потреб населення і галузей економіки, відтворення водних ресурсів, охорона вод від забруднення, вичерпання та засмічення, запобігання шкідливій дії вод, поліпшення стану водних об'єктів, а також охорона прав підприємств, установ, організацій і громадян на водокористування.

**Водний об'єкт** — зосередження природних вод на поверхні суші чи в літосфері, яке має характерні форми поширення і риси гідрологічного режиму та належить до природних ланок кругообігу води.

**Водні ресурси** — це придатні для використання запаси поверхневих і підземних вод якої-небудь території чи держави

**Водні ресурси загальнодержавного значення** — всі підземні води України, а також поверхневі води, які поширюються за межі адміністративних областей та державних кордонів.

**Водні ресурси місцевого значення** — річки, озера і ставки, які не виходять за межі адміністративних областей та державних кордонів.

**Водність** — відносна характеристика стоку за певний проміжок часу порівняно з його середньою багаторічною величиною чи величиною стоку за інший період того самого року.

**Водовідведення** — відведення стічних вод за межі населеного пункту чи підприємства за допомогою каналізації.

**Водозабезпеченість** — ступінь відповідності потреби у воді фактичному забезпеченню водоспоживача (біотичного угруповання, місцевості, населеного пункту, підприємства тощо). Виражається в одиницях об'єму.

**Водозбір** — частина земної поверхні та товща ґрунтів і гірських порід, звідки вода надходить до водного об'єкта.

**Водозбірна площа, водозбірний басейн** — площа, що дронується природним шляхом до водного об'єкта чи окремої його точки (пункту).

**Водокористування** — використання водних об'єктів і систем водопостачання для задоволення потреб населення і народного господарства у воді.

**Водокористування господарсько-питне** — використання водних об'єктів для господарсько-питного водопостачання, а також для водопостачання підприємств харчової промисловості.

**Водокористування загальне** — водокористування без застосування споруд або технічних пристроїв, що впливають на якість води.

**Водокористування рибогосподарське** — використання водних об'єктів для існування, розмноження та міграції риб та інших водних організмів із метою рибництва.

**Водокористування спеціальне** — водокористування із застосуванням споруд чи технічних пристроїв, що впливають на якість води. Водокористувач — юридична або фізична особа, яка здійснює водокористування.

**МЗЦАО** — модель загальної циркуляції атмосфери та океану (глобальна кліматична модель, General Circulation Model (GCM)).

**Місцевий стік** — стік, що сформувався у межах однорідного фізико-географічного району

**Невідновні (статичні) водні ресурси** — глибокі горизонти підземних вод, ступінь поповнення яких незначний у людському масштабі часу.

**Підземні води** — води, що знаходяться нижче рівня земної поверхні у товщах гірських порід верхньої частини земної кори в усіх фізичних станах. Вирізняють води зони аерації, ґрунтові і артезіанські.

**Поверхневий стік** — стік води з земної поверхні.

**Поверхневі води** — води, що течуть чи перебувають у стані спокою на поверхні суші.

**Повінь** — щорічно повторювана фаза водного режиму, яка характеризується найбільшою кількістю води в річці та максимальними рівнями, що часто стає стихійним лихом.

**Прісна вода** — природна вода водних об'єктів, що має низьку концентрацію солей (менше 1 г/дм<sup>3</sup>) та яку зазвичай вважають придатною для забирання й оброблення, щоб підготувати питну воду.

**РКМ** — Регіональна кліматична модель.

**РТК** — Репрезентативні траєкторії концентрацій парникових газів (Representative Concentration Pathway — RCP).

**Радіаційний форсинг** – це зміни у енергетичному балансі Землі, що відбуваються під впливом певних чинників (наприклад, в результаті зміни концентрації в атмосфері вмісту парникових газів або аерозолів, зміни кількості сонячної радіації, що надходить на земну поверхню, зміни альbedo поверхні, тощо).

Завантажити публікацію:  
<http://bit.ly/vodnist>







