

Брич В.Я.,
д-р екон. наук, професор, директор Навчально-наукового інституту
інноватики, природокористування та інфраструктури,
Гунько С.І.,
заступник директора Навчально-наукового інституту
інноватики, природокористування та інфраструктури,
викладач кафедри агробіотехнологій,
Питуляк М.Р.,
канд. геогр. наук, доцент,
доцент кафедри екології і охорони здоров'я,
Питуляк М.В.,
канд. геогр. наук, доцент,
доцент кафедри агробіотехнологій,
Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СТАЛОГО ВОДОКОРИСТУВАННЯ В ПОДІЛЬСЬКОМУ РЕГІОНІ В КОНТЕКСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ ЄВРОПЕЙСЬКОЇ ЕКОЛОГІЧНОЇ КОНЦЕПЦІЇ ВОДНОГО СЛІДУ

Brych V.Ya.,
dr.sc.(econ.), professor, director of the Educational and Scientific
Institute of Innovation, Natural Resource Management and Infrastructure,
Hunko S.I.,
deputy director of the Educational and Scientific Institute
of Innovation, Natural Resource Management, and Infrastructure,
lecturer at the department of agro-biotechnology,
Pytuliak M.R.,
cand.sc.(geogr.), assoc. prof., associate professor
at the department of ecology and health protection,
Pytuliak M.V.,
cand.sc.(geogr.), assoc. prof., associate professor
at the department of agro-biotechnology,
West Ukrainian National University, Ternopil

IMPROVING THE EFFICIENCY OF SUSTAINABLE WATER USE IN PODILLIA REGION IN THE CONTEXT OF IMPLEMENTING THE EUROPEAN ENVIRONMENTAL WATER FOOTPRINT CONCEPT

Постановка проблеми. Політика України у сфері водокористування регулюється Водною Стратегією України на період до 2050 року, що визначає основні засади державної політики у галузі використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів, а також спрямована на досягнення взаємної узгодженості, пов'язаної з їх використанням, підвищення рівня водної безпеки та скорочення до прийняттого рівня ризиків з управління водними ресурсами на засадах сталого інтегрованого управління водними ресурсами.

У тому числі вона має бути орієнтована на забезпечення економічного зростання і створення конкурентоспроможної ринкової економіки, поліпшення структури національної економіки на основі інноваційної моделі розвитку та істотне зниження водоемності валового внутрішнього продукту. Слід зазначити, що національна Водна Стратегія розроблена на виконання вимог Угоди про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами- членами, з іншої сторони, затвердженим постановою Кабінету Міністрів України від 25 жовтня 2017 р. № 1106, в якій наша країна взяла на себе зобов'язання щодо імплементації положень Директиви 2000/60/ЄС Європейського Парламенту і Ради «Про встановлення рамок діяльності Співтовариства в галузі водної політики» від 23 жовтня 2000 р. [1].

У Водній Стратегії України, серед іншого, зазначено проблеми, пов'язані з національним водним слідом, звертається увага на високу водоемність національного промислового та сільськогосподарського виробництва, відсутність закріплення в нормативно-правових актах термінів, що визначають гідрологічний режим, необхідний для досягнення та підтримання екологічних цілей, визначених для певного району річкового басейну, режим підземних вод, необхідний для досягнення та підтримання «доброго» кількісного стану певного масиву підземних вод, і співвідношення між обсягом щорічного природного відновлення водних ресурсів водного об'єкта та обсягом забору води з нього для цілей водокористування. А тому в ній визначено Стратегічну Ціль 1. Забезпечення рівного доступу до якісної і безпечної для здоров'я людини питної води і належних санітарно-профілактичних заходів, що дасть змогу отримати такі результати, як зменшення ризиків виникнення захворювань населення, пов'язаних із споживанням питної води неналежної якості; залучення інвестиційних ресурсів до оптимізації централізованого водопостачання та водовідведення, а також очищення міських стічних вод, що стануть невід'ємними складовими частинами комплексних планів просторового розвитку територій територіальних громад, генеральних планів населених пунктів, детальних планів територій тощо; зменшення потенційних збитків, що можуть бути завдані водним екосистемам, рибному господарству внаслідок шкідливого біологічного та фізичного (теплого) впливу на водойми; забезпечення заощадження прісноводних ресурсів за рахунок зменшення втрат води, підвищення рівня водоефективності промислового та сільськогосподарського виробництва і сфери житлово-комунального господарства, поліпшення ефективності обліку води та нагляду (контролю) за додержанням вимог щодо здійснення спеціального водокористування [1].

Основними рушійними силами у сфері сталого водоспоживання повинні стати:

- подальше поглиблення теоретичного базису щодо низки реформ в сфері водокористування;
- розробка Національної концепції політики сталого споживання водних ресурсів та раціонального їх використання;
- імплементація ідеології «зеленої» економіки в секторальній політиці та стратегії економічного зростання тощо;
- визначення критеріїв екологізації споживчої політики в структурі пріоритетів сучасної секторальної політики України;
- формування свідомого менталітету екологобалансованого водоспоживання та водокористування;
- активізація дієвих важелів переходу до сталого споживання та виробництва через запровадження інструментів аудиту, сертифікації водогосподарських об'єктів тощо;
- подальший розвиток секторального партнерства та міжнародної підтримки [16, с. 154].

У підсумковому документі Саміту «Перетворення нашого світу: порядок денний у сфері сталого розвитку до 2030 року» було ухвалено 17 цілей сталого розвитку (ЦСР) та 169 завдань. Серед них завдання 6.4, яке передбачає до 2030 року суттєве підвищення ефективності використання водних ресурсів у різних секторах економіки, забезпечення стабільного водозабору та постачання прісної води для зменшення кількості людей, які страждають від її дефіциту. Показник 6.4, що визначає рівень водного стресу, дозволяє оцінити частку вилученої прісної води у відсотках від загальних доступних ресурсів.

За даними ФАО, обсяг води, придатний для використання людством, оцінюється у 9000–14000 км³, що становить лише 0,001 % від усіх водних ресурсів планети. Із цього обсягу людство використовує близько 3600 км³ води, а ще близько 2400 км³ необхідно для збереження екологічної рівноваги у басейнах річок та озер. Таким чином, потенціал використання водних ресурсів є доволі обмеженим.

Проблема не в тому, що вода використовується, а в тому, що вона не в повному обсязі або не тієї якості повертається в навколишнє середовище. Водний слід – це саме той інструмент, який дає можливість виробити систему заходів щодо використання водних ресурсів та обґрунтування об'ємів забруднених водних ресурсів [16, с. 156].

Упродовж останніх десятиліть підвищення ефективності водокористування, особливо в сфері сільськогосподарського виробництва, було однією з основних цілей міжнародного співтовариства в області вирішення водних проблем. Всесвітня водна рада, Всесвітній фонд дикої природи та інші наукові організації в останні роки з цією метою використовують в своїх дослідженнях концепцію водного екологічного сліду. Ця концепція з середини 1990-х рр. розробляється за ініціативою ФАО і ЮНЕП групою фахівців під керівництвом Ар'єн Хоекстра в університеті Twente, Нідерланди. Ар'єн Хоекстра, засновник концепції водного сліду, трактує його як загальний обсяг прісної води, необхідний для виробництва товарів та послуг, споживаних окремою особою, спільнотою або бізнесом. Він розглядає водний слід як інструмент для оцінювання та управління використанням прісної води з урахуванням її кількісного споживання, забруднення та розподілу у просторі й часі.

Водний слід включає синю, зелену та сіру складові, які відображають: споживання поверхневої та підземної води (синій водний слід); використання дощової води (зелений водний слід); обсяг води, необхідний для розбавлення забруднень (сірий водний слід).

За Ар'єном Хоекстрою, водний слід – це індикатор впливу діяльності людини на водні ресурси, який дозволяє оцінювати екологічну, економічну та соціальну стійкість використання води. Його розрахунок і аналіз сприяють ефективнішому використанню прісноводних ресурсів та мінімізації впливу на довкілля.

У науковій літературі використовується також таке поняття, як віртуальний водний слід. Ним позначають величину обсягів води, акумульованої в виробленій продукції і яка переміщується торговими та іншими потоками. Це не фізичний обсяг водозабору, а розрахункова величина валового водоспоживання, витрачена на виробництво певного продукту і її переміщення [19].

Аналіз основних досліджень і публікацій. Питаннями використання водних ресурсів займалися як вітчизняні, так і зарубіжні вчені: A.Y. Hoekstra, A.K. Chapagain, M.M. Aldaya, M.M. Mekonnen, Carole Dalin [20–25]. Сучасні проблеми водокористування, охорони та відтворення водних ресурсів висвітлено в наукових роботах Левківського С. С. та Падуну М.М. [12], Шувара А.М. [3] та інших [14]. Дослідження водного сліду, водного стресу в контексті сталого водокористування представлено в публікаціях Скрипчука П.М. [15], Судук О.Ю. [16; 17]. Аналіз глобальних водних ресурсів та водних об'єктів України подано в публікаціях Хільчевського В.К. [18; 19]. Регіональні аспекти водокористування і охорони водних об'єктів висвітлено у публікаціях [4; 10; 11; 13].

Незважаючи на значні наукові доробки, питання використання екологічного стану водних ресурсів в контексті сталого розвитку залишається актуальним.

Постановка завдання. Метою статті є дослідження ефективності та динаміки сталого водокористування в Подільському регіоні, системно-структурний аналіз водних ресурсів в контексті реалізації Європейської екологічної концепції водного сліду.

Виклад основного матеріалу дослідження. Блакитний водний слід областей Подільського регіону формує обсяг водних ресурсів, які використовуються з поверхневих і підземних джерел для різних господарських потреб і водопостачання населення. Загальний обсяг водозабору в цих областях впродовж останніх п'яти років характеризується чітко вираженим спадом у Тернопільській і Вінницькій областях (рис. 1). У Хмельницькій області спостерігається збільшення обсягів загального водозабору у 2021 р. (111,0 млн м³), зменшення у 2022 р. (96,9 млн м³) і підвищення у 2023 р. (104,7 млн м³). У 2022 р. в усіх областях регіону прослідковується тенденція до зменшення обсягів використання водних ресурсів, що, на нашу думку, пов'язується з повномасштабними військовими діями країни агресора. Динаміку обсягів споживання водних ресурсів за 2020–2022 рр. в цьому регіоні нами проаналізовано у [3].

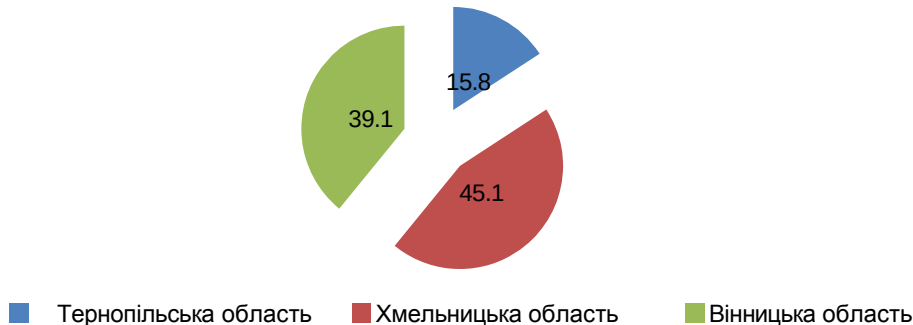


Рис. 1. Загальний обсяг блакитної води використаний в усіх областях регіону (%)
Джерело: побудовано на основі [7-9]

Обсяги блакитної води, яка використовується для різних видів господарської діяльності в областях регіону, характеризується певними відмінностями, що пов'язане в основному соціально-економічними чинниками, а саме – розмірами території, кількістю населення, рівнем економічного розвитку.

Загальний обсяг блакитної води, використаної в усіх областях впродовж 2023 р., становив 231,77 млн м³. Найбільша частка використаної води припадає на Хмельницьку область – 104,5 млн м³ (45,1 %), а найменша – на Тернопільську – 36,5 млн м³ (15,8 %). Обсяг води, яка використовується у Вінницькій області, становить 90,7 млн м³ (39,1 %).

Загальний водозбір у всіх трьох областях демонструє поступове зменшення з 2019 до 2022 року. Це може свідчити про зменшення потреб у воді через оптимізацію водокористування або впровадження водозберігаючих технологій. Можливим є вплив кліматичних чинників, а саме таких як менша кількість доступних водних ресурсів через посуху. У 2023 році у Вінницькій області спостерігається помітне зростання водозабору (на 3,14 млн м³ порівняно з 2022 роком), що не характерно для загального тренду (рис. 2).

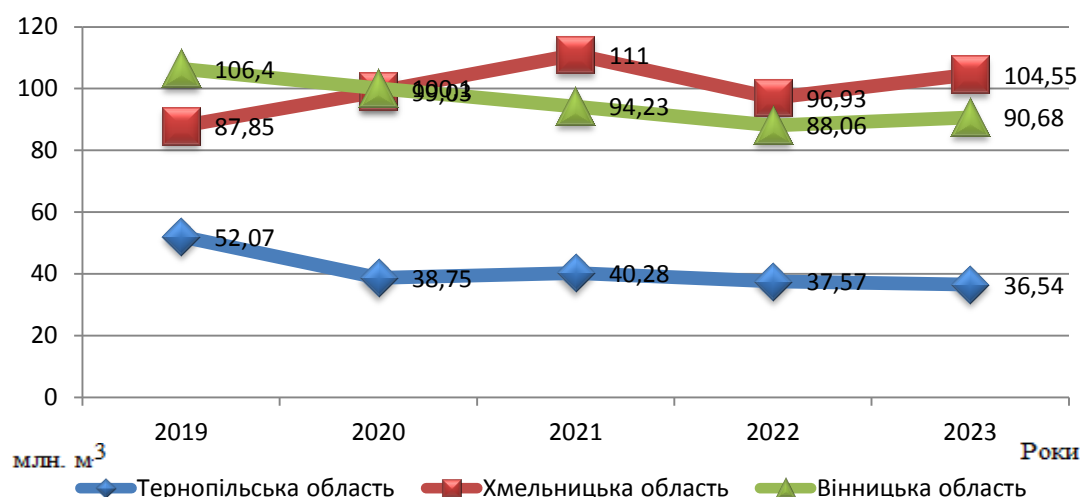


Рис. 2. Динаміка блакитного водного сліду (загальний водозабір) в областях Подільського регіону (млн м³)

Джерело: побудовано авторами на основі [7-9]

У Тернопільській області загальний водозабір зменшився з 52,07 млн м³ у 2019 році до 36,54 млн м³ у 2023 році. Найбільший спад відбувся між 2019 і 2020 роками.

У Хмельницькій області загальний водозабір досяг максимуму у 2021 році (111,01 млн м³), після чого знизився до 104,54 млн м³ у 2023 році. Зростання у 2021 році спричинене збільшенням поверхневого водозабору, зокрема на виробничі потреби. Попри коливання, водозабір залишається найвищим серед областей Подільського регіону.

У Вінницькій області загальний водозабір поступово зменшувався з 106,4 млн м³ у 2019 році до 88,06 млн м³ у 2022 році. У 2023 році показник зріс до 90,68 млн м³, що може бути пов'язано зі збільшенням водозабору для виробничих потреб.

Обсяг використаної блакитної води формується за рахунок поверхневих і підземних вод. Динаміка цих складових нами була проаналізована за 2020–2022 рр. і з'ясовані певні геопросторові відмінності [3].

Найбільша частка вод з підземних джерел використовується у Тернопільській області і становить 54,4 %. Цей показник нижчий у Хмельницькій області – 40,4 %, найменше води з підземних джерел використовується у Вінницькій області – 17,3 % (станом на 2022 р.) (рис. 3-5).

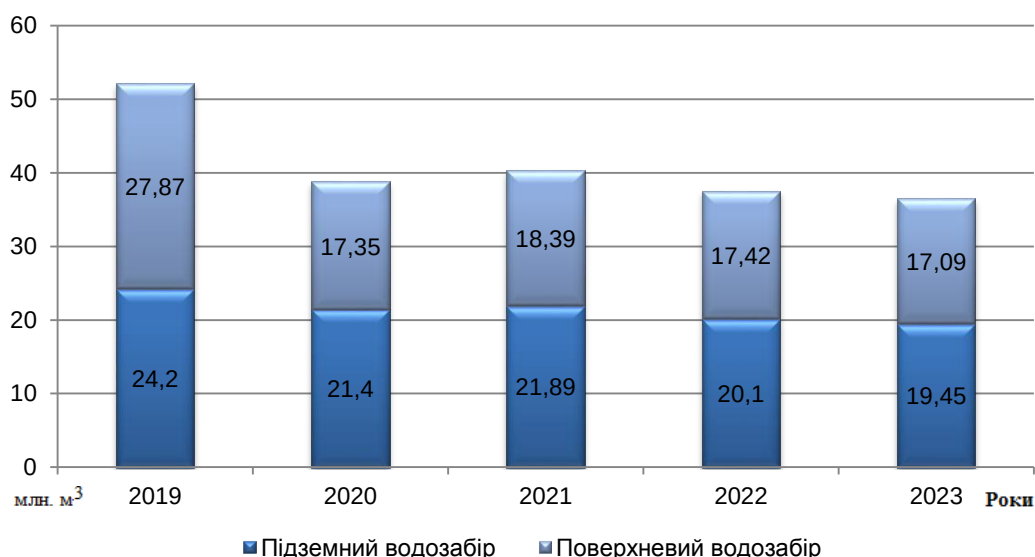


Рис. 3. Динаміка блакитного водного сліду (поверхневий і підземний водозабір) у Тернопільській області (млн м³)

Джерело: побудовано авторами на основі [8]

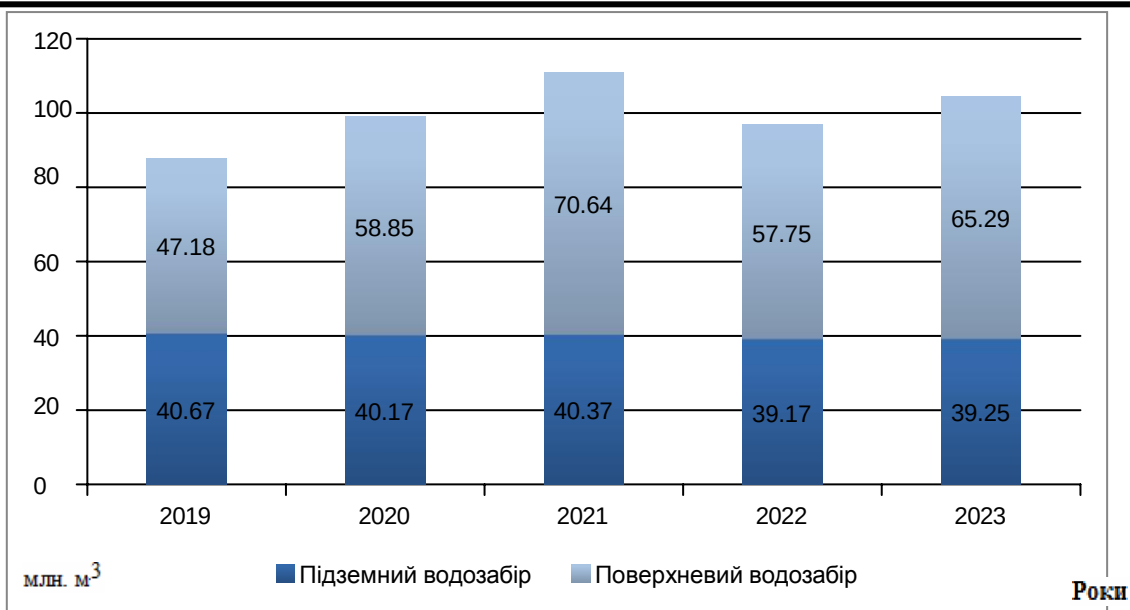


Рис. 4. Динаміка блакитного водного сліду (поверхневий і підземний водозабір) у Хмельницькій області (млн м³)

Джерело: побудовано авторами на основі [9]

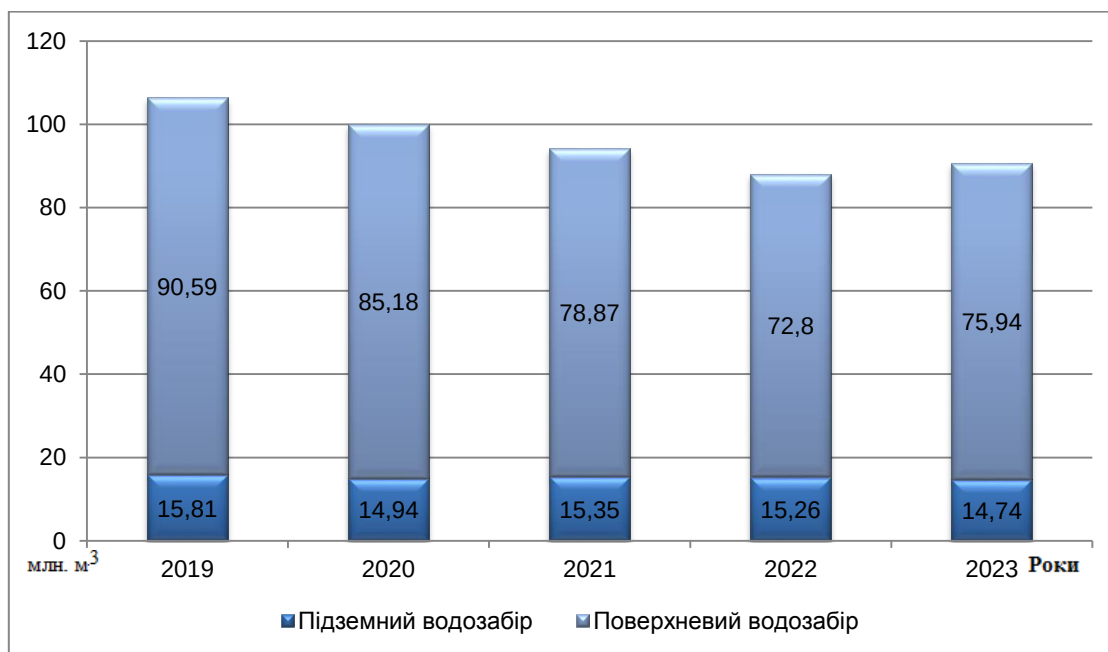


Рис. 5. Динаміка блакитного водного сліду (поверхневий і підземний водозабір) у Вінницькій області (млн м³)

Джерело: побудовано авторами на основі [7]

У Тернопільській області величина підземного водозабору впродовж 2020-2022 рр. залишалась майже незмінною – 21,4-20,1 млн м³ (54-52 %). У Хмельницькій області обсяги підземного водозабору у два рази більші ніж у Тернопільській (39,1-40,4 млн м³), хоча частка в загальній структурі водозабору становить 40,4 %. У Вінницькій області обсяги підземного водозабору також незначні, в порівнянні із Тернопільською областю, вони ще менші і становлять 15,0-15,3 млн м³. Відповідно, частка від загального водозабору становить всього 17,3 %.

Станом на 2023 р. частка підземного водозабору в загальному обсязі блакитної води суттєво не змінилася і становить у Тернопільській області 53,2 %, Хмельницькій – 37,5 % і Вінницькій – 16,3 %.

Основний обсяг блакитного сліду для областей Подільського регіону становить водоспоживання на виробничі та побутово-питні потреби.

Структура споживання свіжої води характеризується регіональними особливостями як в межах всього Подільського регіону, так і в межах кожної області зокрема (рис. 6).

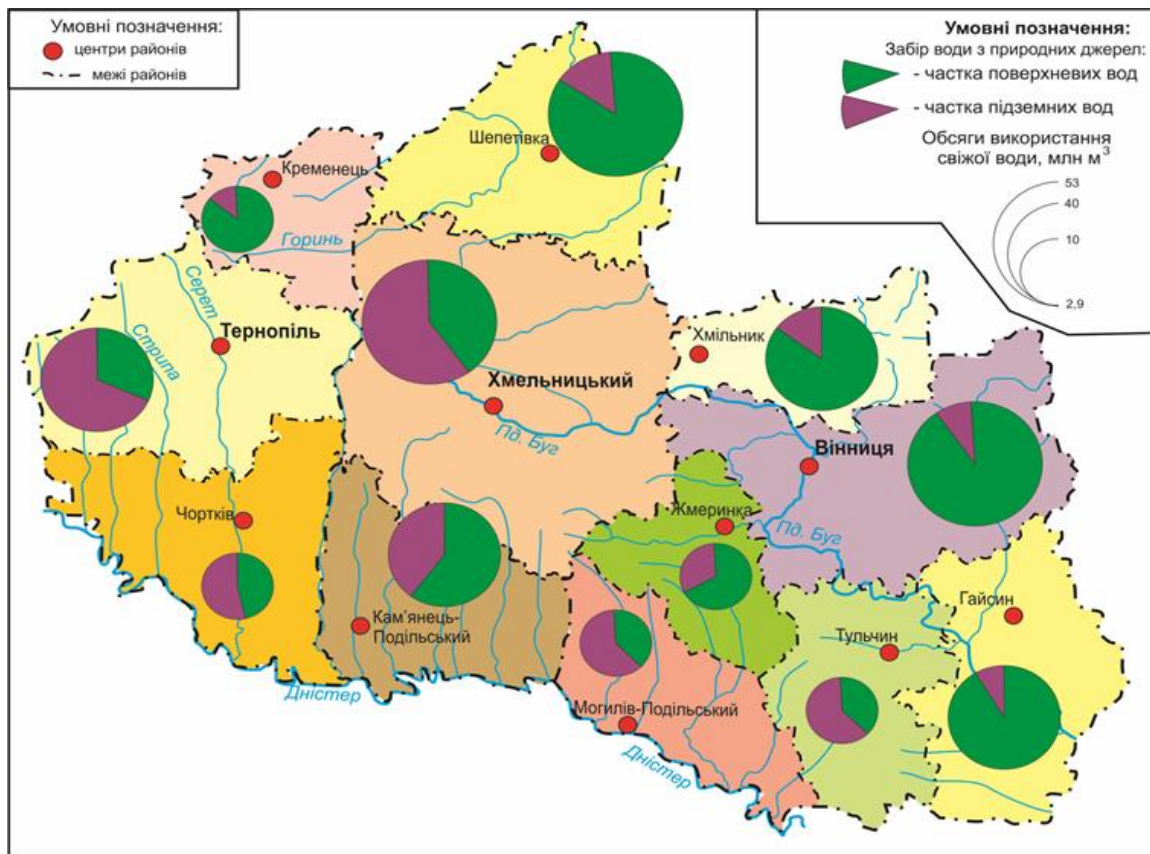


Рис. 6. Структура водозабору адміністративних районів Подільського регіону

Джерело: [3]

У Вінницькій області найбільша частка свіжої води від загального обсягу ($70,98 \text{ млн м}^3$) станом на 2023 р. використовувалась на виробничі потреби – $46,8 \text{ млн м}^3$, менша на питні та санітарно-гігієнічні потреби – $20,86 \text{ млн м}^3$. На зрошення використовувалося $2,1 \text{ млн м}^3$. Упродовж 2022–2023 рр. обсяг блакитного сліду в області дещо зменшився. Найменший обсяг спостерігався в 2022 р. ($69,23 \text{ млн м}^3$).

У Хмельницькій області простежується така ж закономірність, щодо блакитного сліду. Обсяг свіжої води, яка використовується на виробничі потреби, складає $53,42 \text{ млн м}^3$ і є найбільшим, на питні і санітарно-гігієнічні потреби – $27,17 \text{ млн м}^3$. На зрошення в області використовується $1,71 \text{ млн м}^3$.

У Тернопільській області співвідношення між складовими блакитного сліду майже однакове – $15,4 \text{ млн м}^3$ води використовується на виробничі потреби і $14,2 \text{ млн м}^3$ – на питні і санітарно-гігієнічні потреби.

Водокористування на потреби галузей господарства Подільського регіону в 2022 році становило $76,9 \text{ млн м}^3$, в тому числі: промисловість – $38,3 \text{ млн м}^3$; сільське господарство – $20,7 \text{ млн м}^3$; комунальне господарство – $16,1 \text{ млн м}^3$; інші галузі – $1,8 \text{ млн м}^3$.

Сірий водний слід є показником забруднення прісних вод, які можуть бути пов'язані з виробництвом продукції. Він визначається як обсяг прісної води, необхідної для засвоєння навантаження забруднюючих речовин на основі існуючих стандартів якості навколишнього середовища [15].

У публікації «Unconventional Water Resources» (нетрадиційні водні ресурси) зазначається, що однією із альтернативних водних технологій заміщення джерел прісної води є використання відновленої (рециркуляційної) води або оборотного водопостачання (очищення стічних вод на підприємствах без скидання стічних вод), використання сірої та зливової води [26].

Відновлена або рециркуляційна вода – це вода, отримана в процесі обробки (очищення) стічної води, яка може бути використана повторно для різних цілей. Найпоширенішою є система оборотного водопостачання на промислових підприємствах – замкнена система, яка дозволяє повторно використовувати стічні води, які пройшли через очисні споруди підприємства. Концепція оборотного

водопостачання підприємства виключає скидання промислових стічних вод у водні об'єкти або міську каналізацію. Сіра вода (grey water) – частина господарсько-побутових стічних вод.

Сфера застосування відновленої сірої води – не питне використання. Вона є ефективною для: зрошення сільгоспугідь, міських парків і полів для гольфу; поповнення поверхневих і підземних водних об'єктів; охолодження агрегатів ТЕС; змішування бетону; автомийок; промивання туалетів.

Близько 50-ти країн світу використовують стічні води для зрошення (на них припадає 10 % площі зрошуваних земель). Завдання полягає в переході від неконтрольованої іригації до планового і безпечного використання стічних вод [27].

Упродовж 2019–2023 рр. в областях Подільського регіону скидання зворотних вод відбувалося тільки у поверхневі водні об'єкти.

У Вінницькій області забір води з природних джерел зменшився за 2019–2023 роки на 15,7 млн м³ (з 106,4 до 90,7 млн м³), що вказує на поступове скорочення водокористування. Скид зворотних вод також знизився (на 11,1 млн м³), що може бути пов'язано з покращенням очищення води або зменшенням промислового споживання. Відсоток повернення води в навколишнє середовище залишався відносно стабільним із незначним зростанням (56,1 % у 2019 та 56,5 % у 2023 роках) (табл. 1).

Таблиця 1

**Повернення в навколишнє природне середовище забраної з природних джерел води
(сірий водний слід)**

Показники	Од. вим.	2019	2020	2021	2022	2023
Вінницька область						
Забрано води з природних джерел	млн м ³	106,4	100,1	94,2	88,1	90,7
Скинуто зворотних вод у поверхневі водні об'єкти	млн м ³	59,7	52,6	52,9	49,8	48,6
Повернення в НПС забраної з природних джерел води	%	56,1	52,5	56,1	56,5	56,5
Хмельницька область						
Забрано води з природних джерел	млн м ³	87,9	99,0	111,0	96,9	104,5
Скинуто зворотних вод у поверхневі водні об'єкти	млн м ³	46,3	44,2	48,3	35,4	54,7
Повернення в НПС забраної з природних джерел води	%	52,6	44,6	43,5	36,6	52,3
Тернопільська область						
Забрано води з природних джерел	млн м ³	52,1	38,8	40,3	37,5	36,5
Скинуто зворотних вод у поверхневі водні об'єкти	млн м ³	38,8	30,8	30,9	28,1	28,6
Повернення в НПС забраної з природних джерел води	%	74,4	79,4	76,6	75,0	78,3

Джерело: складено авторами на основі [7-9]

У Хмельницькій області забір води мав хвилеподібну динаміку: від 87,9 млн м³ у 2019 році до максимуму 111,0 млн м³ у 2021 році, потім спад у 2022 і знову зростання у 2023 році. Скид зворотних вод також був нестабільним: найменший показник у 2022 році (35,4 млн м³), найбільший – у 2023 році (54,7 млн м³), що, можливо, пов'язане з перепрофілюванням підприємств та переміщенням нових із зони бойових дій. Повернення води в навколишнє природне середовище демонструє загальну тенденцію до зниження сірого водного сліду в Подільському регіоні у 2019–2022 роках (з 52,6 % до 36,6 %), але в 2023 році повернулося до рівня 52,3 %.

У Тернопільській області забір води зменшився протягом 2019–2023 років на 15,6 млн м³ (з 52,1 до 36,5 млн м³), що свідчить про зменшення споживання природних водних ресурсів. Скид зворотних вод також зменшився, хоч і меншою мірою – на 10,2 млн м³ за той самий період. Відсоток повернення води залишається найвищим серед областей (від 74,4% у 2019 р. до 78,3 % у 2023 р.).

У структурі зворотних вод, скинутих у поверхневі водні об'єкти, станом на 2023 р. в усіх областях Подільського регіону найбільшу частку займають нормативно очищені води (у Вінницькій – 52,1 %, Тернопільській – 53,4 %, Хмельницькій – 57,8 % областях). Дещо меншою є частка нормативно чистих вод (у Вінницькій – 47,0 %, Тернопільській – 40,8 %, Хмельницькій – 41,1 % областях). Частка забруднених вод коливається в межах від 0,88% у Вінницькій до 5,8 % у Тернопільській областях (рис. 7).

Зелений водний слід – це обсяг води, який використовується для вирощування рослин, зокрема дощова вода, що поглинається ґрунтом і утримується корінням для підтримання врожаю. Це один із трьох компонентів водного сліду (поряд із блакитним і сірим слідами), що фокусується на природному і стійкому використанні водних ресурсів без шкоди для екосистем.

Основною ідеєю зеленого водного сліду є максимізація ефективності використання природної дощової води, аби зменшити потребу в штучному зрошенні та мінімізувати вплив на довкілля. Він відіграє важливу роль у сільському господарстві та забезпечує баланс між споживанням води і її природним відновленням. Однак зміни клімату та зменшення кількості опадів ставлять перед регіоном нові виклики у раціональному управлінні водними ресурсами.

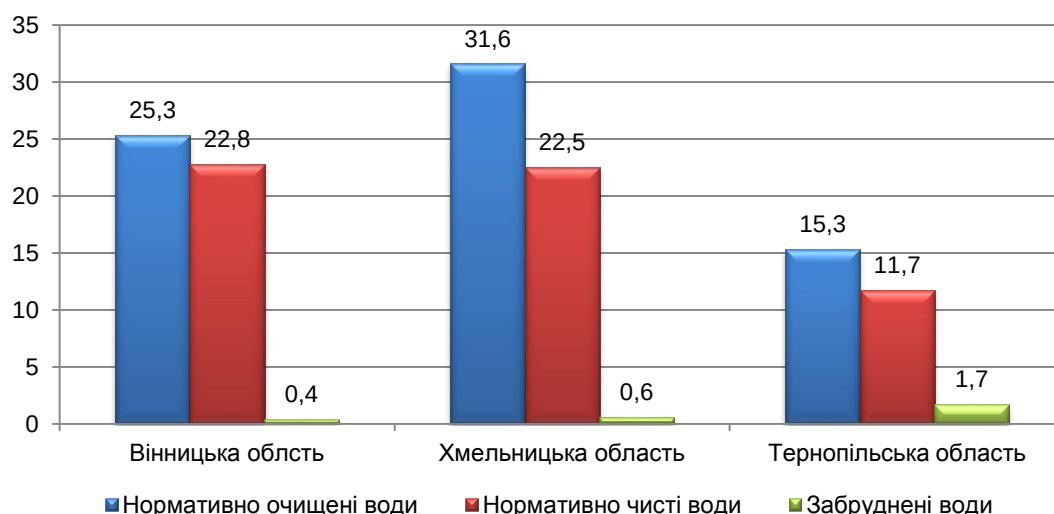


Рис. 7. Структура скинутих зворотних вод у поверхневі водні об'єкти (млн м³)

Джерело: побудовано авторами на основі [7-9]

Опади є важливим кількісним відображенням зеленого водного сліду. Впродовж останніх років спостерігається тенденція до зменшення кількості опадів не тільки в Подільському регіоні, але і в Україні. На основі аналізу показників [5] нам вдалося прослідкувати певні особливості розподілу опадів.

За період з 2019–2021 рр. річна сума опадів в областях Подільського регіону коливалась від мінімального значення 340 мм у Вінницькій області (2019 р.) до 563 мм у Тернопільській (2021 р.) [6]. Найменші суми опадів спостерігалися у всіх областях у 2019 р.: Хмельницька область – 403 мм, Тернопільська область – 449 мм, Вінницька – 340 мм [6] (рис. 8).



Рис. 8. Динаміка річної суми опадів в Подільському регіоні (мм)

Джерело: побудовано авторами на основі [5; 6]

Найбільші показники суми опадів зафіксовані 2021 р.: Тернопільська область – 563 мм, Хмельницька і Вінницька області – 504 мм відповідно. Динаміка розподілу річної суми опадів (2019–2021 рр.) дає підстави говорити про збільшення цього показника в усіх областях, починаючи з 2019 р.

Найбільша кількість опадів за даний період випадала у Тернопільській області (2019 р. – 449 мм, 2020 р. – 546 мм, 2021 р. – 563 мм), а найменша – у Вінницькій області (2019 р. – 340 мм, 2020 р. – 481 мм, 2021 р. – 504 мм) [6], що є закономірним, оскільки в напрямку на схід збільшується континентальність клімату. Як зазначається у публікації [2], загальна річна кількість опадів за даними АМСЦ Тернопіль впродовж 2015–2021 рр. в Тернопільській області зменшилась і становить 564 мм.

Разом з тим, є певні відмінності в областях регіону щодо режиму випадання опадів, 70 % річної суми випадає в літній період. Найбільша кількість опадів випадає в травні–червні (85-100 мм) в усіх областях. Максимальні показники опадів спостерігаються в цей період у Тернопільській області – 130 мм (рис. 9-11).

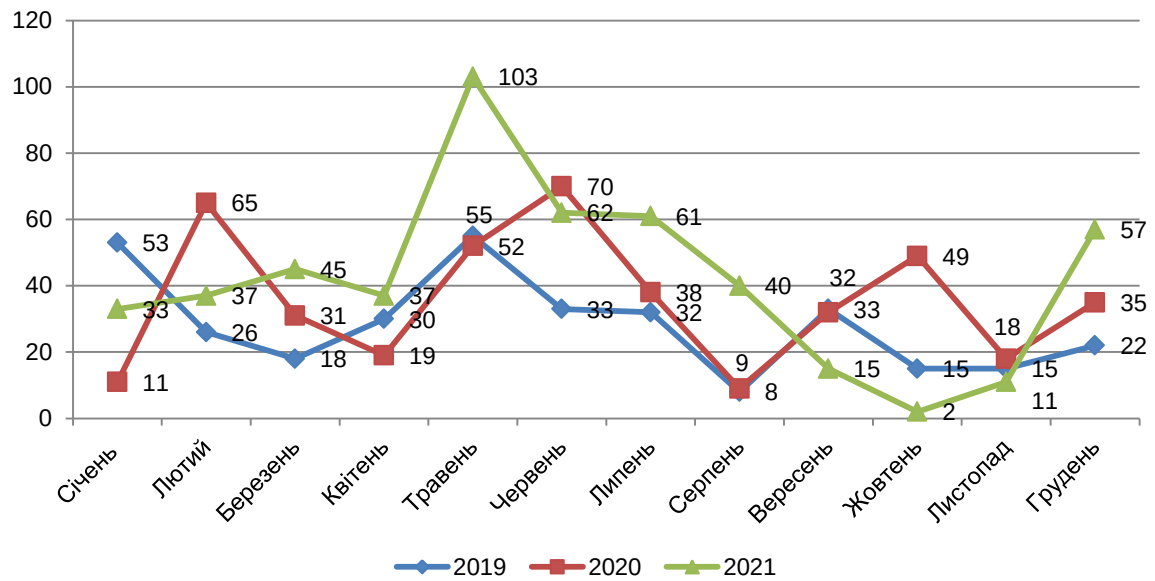


Рис. 9. Розподіл опадів у Вінницькій області (мм)

Джерело: побудовано авторами на основі [5; 6]

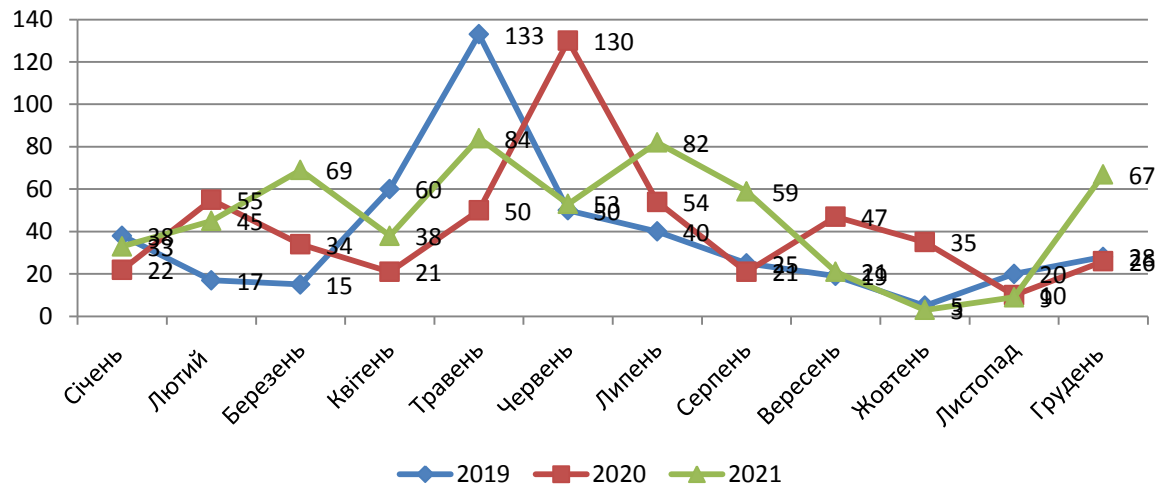


Рис. 10. Розподіл опадів у Тернопільській області (мм)

Джерело: побудовано авторами на основі [5; 6]

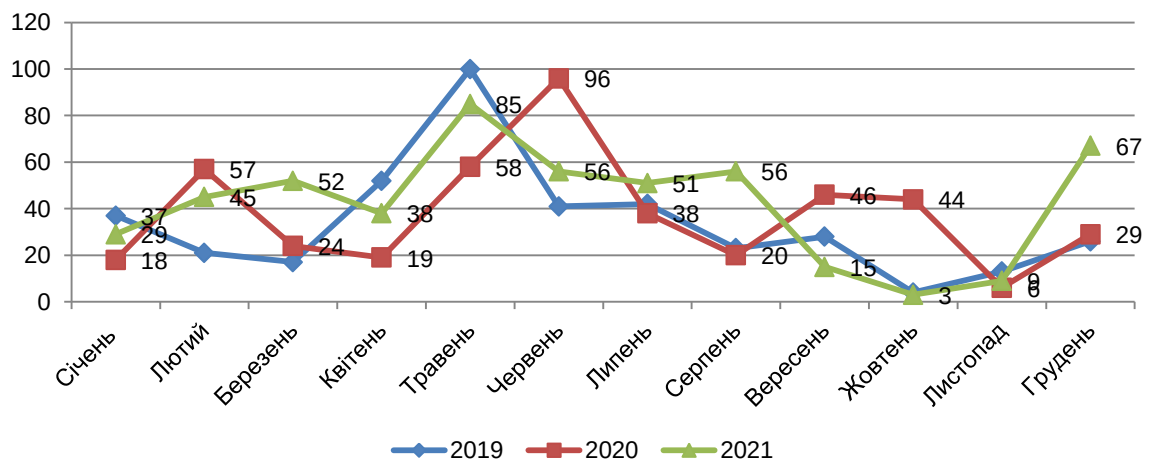


Рис. 11. Розподіл опадів у Хмельницькій області (мм)

Джерело: побудовано авторами на основі [5; 6]

Часто опади мають локальний, зливовий характер. Це не сприяє накопиченню вологи і засвоєнню її рослинами. Тому важко оцінити величину зеленого сліду. Подільський регіон уже стикається зі змінами клімату, що призводять до нерівномірності опадів, посух та ерозії ґрунтів.

Використання стратегій, спрямованих на підтримання зеленого водного сліду, може допомогти зберегти екологічну стійкість регіону та підвищити продуктивність сільського господарства навіть за складних кліматичних умов.

Раціональне управління зеленим водним слідом у Подільському регіоні – це не лише крок до сталого розвитку, а й важлива умова для збереження екологічного балансу та економічної стабільності регіону.

Посушливі періоди змушують аграріїв використовувати блакитний водний слід (води з річок, ставків чи підземних джерел), що може виснажувати ресурси регіону.

Висновки з проведеного дослідження. Водний слід є важливим індикатором сталого використання водних ресурсів. Для збереження природного балансу та забезпечення водної безпеки необхідно активно працювати над зменшенням усіх трьох компонентів водного сліду. Це вимагатиме співпраці на всіх рівнях – від місцевих громад до міжнародних організацій.

У Подільському регіоні впродовж 2019–2023 років спостерігається тенденція до зменшення загального водозабору (блакитного водного сліду), особливо у Вінницькій та Тернопільській областях. У Хмельницькій області відзначаються коливання – максимальний обсяг водозабору в 2021 році (111 млн м³) із подальшим спадом у 2022 році та частковим відновленням у 2023 році (104,7 млн м³). Це може бути наслідком змін у виробничій діяльності та впровадженням водозберігаючих технологій. Скорочення водного сліду у 2022 році може бути обумовлене військовими діями, економічним спадом та технологічними трансформаціями. У Подільському регіоні основні зміни у загальному водозаборі зумовлені коливаннями в поверхневому водозаборі, тоді як підземний водозабір залишається стабільним.

Зниження скидів зворотних вод (сірий водний слід) вказує на потенційні покращення у водоочищенні або зменшення обсягів використання води в промисловості. Показник повернення води є найстабільнішим у Вінницькій області, а у Хмельницькій області – найбільш мінливий. У всіх областях спостерігається скидання значних обсягів зворотних вод у поверхневі водні об'єкти, що впливає на високу частку повернення забраної з природних джерел води в навколишнє середовище. Найвищий цей показник в Тернопільській області, що викликає особливу тривогу щодо стану водних ресурсів.

Ці висновки підкреслюють важливість раціонального використання водних ресурсів, модернізації водоочисних технологій та адаптації регіональної водної політики відповідно до принципів сталого водокористування.

Література

1. Водна Стратегія України на період до 2050 року. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1134-2022-p> (дата звернення: 03.06.2024).
2. Барна І. М., Софінська О. Регіональні тренди глобальної зміни клімату на території Тернопільської області. *Наукові записки ТНПУ ім. В. Гнатюка. Серія: географія*. 2022. № 1(52). С. 43–50.
3. Водні ресурси Подільського регіону та їх використання / Шувар А.М., Питуляк М.Р., Питуляк М.В., Гулько С.І., Кузик І.Р. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2024. Вип. 41. С. 19–32.
4. Гідрологічні заповідні об'єкти Тернопільського Придністер'я: екологічна роль та використання / Питуляк М. Р., Питуляк М. В., Кузик І. Р., Стецько Н. П., Хом'як Н. В., Жулканич Б.М. *Екологічні науки*. 2022. № 6(45). С. 139–143.
5. Головний сайт для агрономів. URL: <https://superagronom.com/blog/871-analiz-pogodnih-umov-v-ukrayini-v-2021-rotsi> (дата звернення: 03.06.2024).
6. Державний облік водокористування. *Державне агентство водних ресурсів України*. URL: <https://www.davr.gov.ua/derzhavnij-oblik-vodokoristuvannya> (дата звернення: 03.06.2024).
7. Екологічний паспорт Вінницької області. URL: <https://www.vin.gov.ua/upr-ter/stan-dovkillia/239-ekologichni-pasporty> (дата звернення: 03.06.2024).
8. Екологічний паспорт Тернопільської області. URL: https://ecology.te.gov.ua/media/uploads_2022.pdf (дата звернення: 03.06.2024).
9. Екологічний паспорт Хмельницької області. URL: <https://www.adm-km.gov.ua/wp-content/uploads/2022/> (дата звернення: 03.06.2024).
10. Калин Б. М., Непиталюк С. А. Аналіз водогосподарсько-екологічних проблем Хмельницької області. *Науковий вісник ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2020. № 92. С. 87–92.
11. Кузик І. Р., Бицюра Л. О. Порівняльний аналіз структури водокористування адміністративних районів Подільського регіону. *Подільські читання-2023: комунікаційні стратегії для реалізації геоекологічних ініціатив та проєктів* : матеріали міжнародної наук.-практ. конф. (2-3 листопад 2023 р.). / За ред. Л.П. Царика. Тернопіль : ТНПУ, 2023. С. 95–99.

12. Левківський С. С., Падун М. М. Раціональне використання і охорона водних ресурсів : підруч. для студ. вузів. Київ : Либідь, 2006. 280 с.
13. Питуляк М. Р. Питуляк М. В. Сучасний стан та особливості використання водних ресурсів Хмельницької області. *Наукові записки ТНПУ ім. В. Гнатюка. Серія: географія*. 2019. № 2(47). С. 156-163.
14. Сахарнацький В. В. Еколого-економічна оцінка використання водних ресурсів України в контексті сталого розвитку. *Збалансоване природокористування*. 2023. № 3. С. 76-82.
15. Скрипчук П. М., Судук О. Ю. Водний слід: баланс, збитки, екологічна сертифікація. URL: https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/30907/1/Skrypchuk%20P.M._Vodni%20resursy.pdf (дата звернення: 03.06.2024).
16. Судук О. Ю. Концептуальні підходи до формування ефективних проектних рішень на засадах превентивного захисту водних ресурсів. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Серія «Економіка»*. 2016. Випуск 1(73). С. 151-159.
17. Судук О. Ю. Аналіз та визначення індикатора водного стресу в Україні в умовах глобалізації. *Екологічний менеджмент*. 2018. № 2. С. 61-66.
18. Хільчевський В. К. Сучасна характеристика поверхневих водних об'єктів України: водотоки та водойми. *Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія*. 2021. № 1(59). С. 17-27.
19. Хільчевський В. Глобальні водні ресурси: виклики XXI століття. *Вісник КНУ імені Тараса Шевченка. Географія*. 2020. № 1/2(76/77). С. 6-15.
20. Groundwater depletion embedded in international food trade / Dalin Carole and others. *Nature*. 2017. Vol. 543. № 7647. P. 700-704. URL: <https://www.nature.com/articles/nature21403> (дата звернення: 03.06.2024).
21. Hoekstra A. Y., Chapagain A. K. *Globalization of Water: Sharing the Planet's Freshwater Resources*. Blackwell Publishing, Oxford, UK, 2008. 11 p.
22. Hoekstra Arjen Y. *The Water Footprint of Modern Consumer Society*. London, United Kingdom, Routledge, 2013. 294 p.
23. Hoekstra Arjen Y., Mekonnen Mesfin M. Imported water risk: the case of the UK. *Environmental Research Letters*. 2016. Vol. 11. № 5. URL: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/11/5/055002> (дата звернення: 03.06.2024).
24. Mekonnen M. M., Hoekstra A. Y. The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. *Hydrology and Earth System Sciences*. 2011. Vol. 15. № 5. P. 1577-1600.
25. Mekonnen M. M., Hoekstra A. Y. Four billion people facing severe water scarcity. *Science Advances*. 2016. Vol. 2. № 2. e1500323. URL: <http://advances.sciencemag.org/content/2/2/e1500323.full> (дата звернення: 03.06.2024).
26. Unconventional Water Resources. URL: <https://inweh.unu.edu/projects/unconventional-water-resources/> (дата звернення: 03.06.2024).
27. UN World Water Development Report 2017. URL: <https://www.unwater.org/publications/un-world-water-development-report-2017> (дата звернення: 03.06.2024).

References

1. The Verkhovna Rada of Ukraine (2022), "Water Strategy of Ukraine for the period up to 2050", available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1134-2022-p> (access date June 03, 2024).
2. Barna, I.M. and Sofinska, O. (2022), "Regional trends of global climate change in the Ternopil region", *Naukovi zapysky TNPU im. V. Hnatiuka. Serii: heohrafiia*, no. 1(52), pp. 43-50.
3. Shuvar, A.M., Pytuliak, M.R., Pytuliak, M.V. et al. (2024), "Water resources of Podillia region and their use", *Liudyna ta dovkillia, Problemy neoekologii*, Iss. 41, pp. 19-32.
4. Pytuliak, M.R., Pytuliak, M.V., Uzyk, I.R. et al. (2022), "Hydrological Protected Areas of Ternopil's Dniester Region: Ecological Role and Use", *Ekolohichni nauky*, no. 6(45), pp. 139-143.
5. "The main site for agronomists", available at: <https://superagronom.com/blog/871-analiz-pogodnih-umov-v-ukrayini-v-2021-rotsi> (access date June 03, 2024).
6. State Agency of Water Resources of Ukraine (2020), "State accounting of water use", available at: <https://www.davr.gov.ua/derzhavnij-oblik-vodokoristuvannya> (access date June 03, 2024).
7. "Environmental passport of Vinnytsia region", available at: <https://www.vin.gov.ua/upr-ter/standovkillia/239-ekolohichni-pasporty> (access date June 03, 2024).
8. "Environmental passport of Ternopil region", available at: https://ecology.te.gov.ua/media/uploads_2022.pdf (access date June 03, 2024).
9. "Environmental passport of Khmelnytsky region", available at: <https://www.adm-km.gov.ua/wp-content/uploads/2022/> (access date June 03, 2024).
10. Kalyn, B.M. and Nepyaliuk, S.A. (2020), "Analysis of water management and environmental problems of Khmelnytsky region", *Naukovyi visnyk LNUVMB imeni S.Z. Gzhytskoho. Serii: Silskohospodarski nauky*, no. 92, pp. 87-92.
11. Uzyk, I.R. and Bytsiura, L.O. (2023), "Comparative analysis of the structure of water use in administrative districts of Podil region", *Podilski chytannia - 2023: komunikatsiini stratehii dlia realizatsii*

heoekolohichnykh initsyativ ta proektiv: materialy mizhnarodnoi nauk.-prakt. konf. [Podilski readings-2023: communication strategies for the implementation of geo-environmental initiatives and projects : materials of the international scientific-practical conference], (Ternopil, 2-3 November 2023), TNPU, Ternopil, Ukraine, pp. 95-99.

12. Levkivskiy, S.S. and Padun, M.M. (2006), *Ratsionalne vykorystannia i okhrona vodnykh resursiv* [Rational use and protection of water resources], high-school textbook, Lybid, Kyiv, Ukraine, 280 p.

13. Pytuliak, M.R. and Pytuliak, M.V. (2019), "Current state and peculiarities of water resources use in Khmelnytsky region", *Naukovi zapysky TNPU Im. V. Hnatiuka, Seriya: heohrafiia*, no. 2(47), pp. 156-163.

14. Sakharnatskyi, V.V. (2023), "Ecological and economic assessment of water resources use in Ukraine in the context of sustainable development", *Zbalansovane pryrodokorystuvannia*, no. 3, pp. 76-82.

15. Skrypchuk, P.M. and Suduk, O.Yu. "Water footprint: balance sheet, losses, environmental certification", available at: https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/30907/1/Skrypchuk%20P.M._Vodni%20resursy.pdf (access date June 03, 2024).

16. Suduk, O.Yu. (2016), "Conceptual approaches to the formation of effective design solutions based on preventive protection of water resources", *Visnyk Natsionalnoho universytetu vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannia*, Issue 1(73), pp. 151-159.

17. Suduk, O.Yu. (2018), "Analysis and definition of water stress indicator in Ukraine in the context of globalization", *Ekolohichniy menedzhment*, no. 2, pp. 61-66.

18. Khilchevskiy, V.K. (2021), "Modern characteristics of surface water bodies of Ukraine: watercourses and reservoirs", *Hidrolohiia, hidrokhimiia, hidroekolohiia*, no. 1(59), pp. 17-27.

19. Khilchevskiy, V. (2020), "Global water resources: challenges of the XXI century", *Visnyk KNU imeni Tarasa Shevchenka. Heohrafiia*, no. 1/2(76/77), pp. 6-15.

20. Hoekstra, A.Y. and Chapagain, A.K. (2008), *Globalization of Water: Sharing the Planet's Freshwater Resources*, Blackwell Publishing, Oxford, UK, 11 p.

21. Mekonnen, M.M. and Hoekstra A.Y. (2011), "The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products", *Hydrology and Earth System Sciences*, Vol. 15, no. 5, pp. 1577-1600.

22. Hoekstra, Arjen Y. (2013), *The Water Footprint of Modern Consumer Society*, Routledge, London, United Kingdom, 294 p.

23. Mekonnen, Mesfin M. and Hoekstra, Arjen Y. (2016), "Four billion people facing severe water scarcity", *Science Advances*, Vol. 2, no. 2, available at: <http://advances.sciencemag.org/content/2/2/e1500323.full> (access date June 03, 2024).

24. Hoekstra, Arjen Y. and Mekonnen, Mesfin M. (2016), "Imported water risk: the case of the UK", *Environmental Research Letters*, Vol. 11, no. 5, available at: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/11/5/055002> (access date June 03, 2024).

25. Dalin, C. et al. (2017), "Groundwater depletion embedded in international food trade", *Nature*, Vol. 543, no. 7647, pp. 700-704, available at: <https://www.nature.com/articles/nature21403> (access date June 03, 2024).

26. Unconventional Water Resources, available at: <https://inweh.unu.edu/projects/unconventional-water-resources/> (access date June 03, 2024).

27. United Nations (2017), *UN World Water Development Report 2017*, available at: <https://www.unwater.org/publications/un-world-water-development-report-2017> (access date June 03, 2024).

Брич В.Я., Гулько С.І., Питуляк М.Р., Питуляк М.В.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СТАЛОГО ВОДОКОРИСТУВАННЯ В ПОДІЛЬСЬКОМУ РЕГІОНІ В КОНТЕКСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ ЄВРОПЕЙСЬКОЇ ЕКОЛОГІЧНОЇ КОНЦЕПЦІЇ ВОДНОГО СЛІДУ

Мета. Аналітичне дослідження ефективності та динаміки сталого водокористування в Подільському регіоні, системно-структурний аналіз водних ресурсів в контексті реалізації Європейської екологічної концепції водного сліду.

Методика дослідження. Для дослідження сталого водокористування використано систему загальнонаукових та спеціальних методів і підходів, а саме: системно-структурного аналізу, статистичний, узагальнення і систематизації, порівняльний, геоінформаційний, картографічний, моделювання. Метод системно-структурного аналізу використано для аналізу показників водних ресурсів в контексті складових водного сліду в регіоні. Картографічне моделювання застосовано для виявлення геопросторових особливостей обсягів поверхневого і підземного водозаборів. Статистичний метод дає можливість проаналізувати і зробити висновки про динаміку використання водних ресурсів в контексті сталого розвитку. Метод аналізу і синтезу було застосовано при дослідженні міжнародного досвіду впровадження водного сліду та його адаптації до умов Подільського регіону. Таке поєднання методологічних основ допоможе створити цілісне дослідження, яке базується на сучасних підходах до управління водними ресурсами та сприяє адаптації європейських екологічних принципів сталого водокористування до умов України.

Результати дослідження. Досліджено складові водного сліду Подільського регіону, їх сучасний стан та динаміку. Встановлено територіальні відмінності в структурі блакитного та сірого водного сліду адміністративних областей Подільського регіону. Встановлено загальну тенденцію динаміки

водоспоживання у всіх областях регіону та її галузеву структуру. Обсяги блакитної води, яка використовується для різних видів господарської діяльності в областях регіону, характеризується певними відмінностями, що пов'язане в основному соціально-економічними чинниками, а саме – розмірами території, кількістю населення, рівнем економічного розвитку. Проведено аналіз складових сірого водного сліду. З'ясовано, що у структурі зворотних вод, скинутих у поверхневі водні об'єкти, станом на 2023 р. в усіх областях Подільського регіону найбільшу частку займають нормативно очищені води (52,1 % – 57,8 %).

Наукова новизна результатів дослідження. Встановлено, що індикатором водного сліду в регіоні є обсяги використання та екологічний стан водних ресурсів. Дані про обсяги водозабору та використання води в різних галузях дозволяють формувати цільові програми скорочення водоспоживання та покращення управління водними ресурсами. Це може слугувати прикладом для інших регіонів. Результати дослідження дозволяють виявити області, в яких спостерігається зменшення обсягів водозабору через впровадження водозберігаючих технологій або ефективніше управління водними ресурсами.

Практична значущість результатів дослідження. Можливості використання сірої води, описані у дослідженні, є перспективним напрямом стабілізації гідроекологічної ситуації в регіоні, що сприятиме впровадженню міжнародних практик та технологій для переходу до сталого водокористування.

Ключові слова: стале водокористування, концепція водного сліду, блакитний водний слід, сірий водний слід, водокористування.

Brych V.Ya., Hunko S.I., Pytuliak M.R., Pytuliak M.V.

IMPROVING THE EFFICIENCY OF SUSTAINABLE WATER USE IN PODILLIA REGION IN THE CONTEXT OF IMPLEMENTING THE EUROPEAN ENVIRONMENTAL WATER FOOTPRINT CONCEPT

Purpose. The aim of the article is an analytical study of the effectiveness and dynamics of sustainable water use in the Podillia region, as well as a systemic and structural analysis of water resources in the context of the implementation of the European ecological concept of the water footprint.

Methodology of research. The research on sustainable water has been utilized a set of general scientific and specialized methods and approaches, including systemic and structural analysis, statistical analysis, generalization and systematization, comparative analysis, geoinformation method, cartographic modelling, and modelling techniques. Systemic and structural analysis has been applied to evaluate water resource indicators in the context of the components of the water footprint in the region. Cartographic modelling has been used to identify the geospatial features of surface and groundwater extraction volumes. Statistical method has enabled the analysis and conclusions on the dynamics of water resource use in the context of sustainable development. Analysis and synthesis methods have been employed to study international practices for implementing the water footprint and adapting them to the conditions of Podillia region. This methodological combination aims to create comprehensive research based on modern approaches to water resource management and facilitate the adaptation of European environmental principles of sustainable water use to Ukraine's conditions.

Findings. The components of the water footprint in Podillia region, their current state, and dynamics were examined. Territorial differences in the structure of the blue and gray water footprints in the administrative areas of the Podillia region were identified. A general trend in water consumption dynamics across all regional areas and its sectoral structure was established. The volumes of blue water used for various economic activities in the region's areas have certain differences, mainly influenced by socio-economic factors such as territorial size, population density, and levels of economic development. The study has analysed the components of the gray water footprint. It was determined that, as of 2023, the largest share of return waters discharged into surface water bodies in all areas of Podillia region consisted of normatively treated waters (52.1%–57.8%).

Originality. It was established that the water footprint indicator in the region is the volume of use and the ecological state of water resources. Data on the volume of water abstraction and water use in various sectors allow the formation of targeted programs to reduce water consumption and improve water resources management. This can serve as an example for other regions. The results of the study allow identifying areas in which a decrease in water abstraction is observed due to the introduction of water-saving technologies or more efficient water resources management.

Practical value. The possibilities of utilizing gray water described in the study represent a promising direction for stabilizing the hydroecological situation in the region, contributing to the adoption of international practices and technologies for transitioning to sustainable water use.

Key words: sustainable water use, water footprint concept, blue water footprint, gray water footprint, water management.