

УДК 338.43 : 631.1

## МЕТОДОЛОГІЯ ОЦІНКИ СПОЖИВАННЯ ВІРТУАЛЬНОЇ ВОДИ З УРАХУВАННЯМ ОСОБЛИВОСТЕЙ ОРГАНІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

О.Ю. Судук

кандидат сільськогосподарських наук

*Національний університет водного господарства та природокористування,  
(Україна, м. Рівне; e-mail: o.y.suduk@nuwm.edu.ua)*

Статтю присвячено дослідженню та обґрунтуванню теоретико-методологічних засад оцінки споживання віртуальної води з урахуванням особливостей органічного виробництва з використанням інструменту «водний слід», що дає змогу приймати правильні управлінські рішення щодо раціонального використання водних ресурсів у аграрній сфері, зокрема в органічному сільськогосподарському виробництві.

Водний слід як інструмент, дає можливість всебічно оцінити відношення споживача або виробника до використання прісноводних систем: є комплексним показником оцінювання обсягів водоспоживання і рівня забруднення водних ресурсів за всіма якісними компонентами; не є індикатором локального впливу на навколишнє природне середовище, водоспоживання і забруднення водних ресурсів, оскільки цей вплив залежить від вразливості місцевої водної системи і кількості води, що використовують споживачі і забруднювачі прісноводної системи. Інструмент водний слід дає точну інформацію про те, як вода використовується для різних цілей; є основою для формулювання висновків про стійке і обґрунтоване використання водних ресурсів та їх розподіл, а також основою для оцінки екологічних, соціальних та економічних наслідків на регіональному рівні.

На основі адаптованої методики проведено оцінку водного сліду органічного землеробства України. У більшості регіонів, що характеризуються низькою водозабезпеченістю, цей показник є високим унаслідок вирощування сільськогосподарських культур зі значним водоспоживанням. Загалом, реалізація запропонованої методики дасть можливість забезпечити продовольчу, екологічну безпеку об'єкта дослідження та підвищити конкурентоспроможність галузі.

**Ключові слова:** віртуальна вода, водний слід, випаровування, органічна продукція, традиційне землеробство, водні ресурси, зелена економіка, зелена вода, оцінка, синя вода.

**Постановка проблеми.** Наявність прісної води в задовільних кількостях і належної якості є необхідною умовою для розвитку людства і природних екосистем. У багатьох частинах світу надмірне споживання прісної води і її забруднення, що спричинено антропогенною діяльністю, мають величезний тиск на доступність водних ресурсів, а також на продовольчу безпеку, якість навколишнього природного середовища, економічний розвиток і соціальний добробут населення. Проблеми сьогодення, зумовлені дефіцитом прісної води, можуть посилитися в майбутньому через збільшення потреби у водних ресурсах, зниження їх доступності та якості. Науковці стверджують, що в перспективі зросте і залежність людства від водних ресурсів, що призведе до порушення продовольчої безпеки та екологічної стійкості природних ресурсів, зокрема і в найбільш водоемній галузі — сільському господарстві [1, 2]. Тому важливо напрацювати методику, яка надасть можливість оцінити використання водних ресурсів, у т.ч. і неявищих, як у традиційному, так і в органічному сільськогосподарському виробництві.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблеми розвитку водного господарства, механізмів управління та оцінювання водогосподарського комплексу розглядали такі вчені, як В.А. Голян, І.Л. Головинський, Л.М. Грановська, В.І. Данілов-Данільян, Н.Б. Закорчевна, М.М. Паламарчук, В.Г. Пряжинська, В.А. Сташук, М.А. Хвесик, О.В. Яроцька, А.В. Яцик та ін. [1–2]. Основні аспекти оцінювання використання неявищих водних ресурсів у всіх галузях економіки висвітлено у працях багатьох іноземних вчених, зокрема J.A. Allan, A.Y. Hoekstra, A.K. Chapagain, A. Garrido, M.M. Aldaya, A.E. Ercin, M. Falkenmark, P.W. Gerbens-Leenes, H. Yang, M.M. Mekonnen [3–14].

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Проте інноваційні аспекти розвитку водогосподарської та сільськогосподарських галузей потребують корегування у напрямі формування системи оцінювання використання неявищих водних ресурсів для органічного сільськогосподарського виробництва як цілісної системи у структурі природокористування, охорони довкілля та якості життєзабезпечення на основі сучасних методологій.

**Метою статті** є формування основоположних засад системи оцінювання використання водних ресурсів для органічного виробництва з урахуванням забезпечення сільського господарства оптимальними обсягами водних ресурсів.

**Матеріали та методи.** Формування методичної бази оцінки водного сліду в аграрному секторі економіки, на нашу думку, слід здійснювати в кілька етапів, а саме: визначити синій, зелений та сірий водний слід; встановити відповідний рівень просторово-часової експлікації; сформувати базу даних для окремих споживачів і підприємств розглянути прямий і/або непрямий водний слід, а для країн — водний слід у середині країни (національний).

Важливим елементом інформаційно-аналітичної складової реалізації стратегії розвитку сільського господарства на засадах «зеленого зростання» є система критеріїв та індикаторів, які передбачають оцінку екологічно орієнтованого розвитку, кількісне визначення всіх типів водного сліду та їх ранжирування.

**Викладення основного матеріалу досліджень.** Вперше поняття віртуальної води ввів британський еколог Джон Аллан [3], під яким розумів обсяг води, необхідний для виробництва товару або надання послуг. Суміжне поняття — «Водний слід» (WF) запропонував професор Університету Твенте Арйен Хоекстра [4]. Цей інструмент, окрім кількісної оцінки, дає можливість оцінити й якісні показники.

Виділяють три види віртуальної води:

1) «зелені» водні ресурси — це дощова вода, яка, зазвичай, випаровується під час виробництва, в т.ч. у процесі вирощування сільськогосподарських культур;

2) «сині» водні ресурси — поверхнева або ґрунтова вода, яка випаровується під час виробництва продукції;

3) «сірі» водні ресурси — це обсяг води, необхідний для розведення забруднюючих речовин, що надходять у природні водні екосистеми впродовж процесу виробництва, до критеріїв якості води, яка відповідає світовим і національним стандартам [4].

Загалом, структурні елементи водного сліду наведено на рис. 1 [4].

Водний слід є інструментом, який дає можливість всебічно оцінити відношення споживача або виробника до використання прісноводних систем. Він є комплексним показником, що надає змогу визначити обсяг водоспоживання і забруднення водних ресурсів за всіма якісними компонентами; не є індикатором локального впливу на навколишнє природне середовище, водоспоживання і забруднення водних ресурсів, оскільки цей вплив залежить від вразливості місцевої водної системи і кількості води, що використовують споживачі прісноводної системи. Інструмент «водний слід» дає точну інформацію про те, як вода використовується для різних цілей. Він є основою для формулювання висновків про стійке і обґрунтоване використання водних ресурсів та їх розподіл, а також є основою для оцінки екологічних, соціальних та економічних наслідків на регіональному рівні.

Інструмент «водний слід» дає можливість:

- зрозуміти розподіл водних ресурсів у просторі та часі для потреб промисловості, сільського господарства і водоспоживання домогосподарств;



Рис. 1. Структурні елементи водного сліду [4]

- оцінити стійкість та ефективність використання водних ресурсів;

- визначити напрями стратегічного розвитку водного та сільського господарства на локальному, регіональному, національному та глобальному рівнях у рамках індивідуального або колективного підходів.

Оскільки сільське господарство загалом та органічне виробництво зокрема є водоемкою галуззю, на органічній продукції часто позначається значний водний слід. Так, за оцінками експертів 86% у водному сліді людства належить сільськогосподарському сектору (Hoekstra & Chapagain, 2008) [8].

Аналіз методик оцінки водного сліду залежно від масштабів і локації наведено у табл. 1 [9, 10]. Мінімальна просторова роздільна здатність малих водозборів налічує близько 100–1000 км<sup>2</sup>, але за потреби і за наявності даних, розрахунки можна проводити на місцевому рівні. Тобто йдеться про визначення водних слідів органічних ферм, районів або певних галузей (рівень В, С) (табл. 1).

Для розрахунку водного сліду вибирають один конкретний рік або декілька років, але як

альтернативу використовують середні значення з урахуванням умов клімату (визначається як середнє значення за 20 останніх років). Систематизацію основних типів водного сліду за масштабом наведено в табл. 2 [11, 12].

Оцінку водного сліду можна застосовувати як для органічних однорічних, так і для багаторічних культур (дерева можна вважати багаторічними культурами). Загальний водний слід процесу вирощування органічних сільськогосподарських культур і дерев ( $WF_{proc}$ ) є сумою «зеленого», «синього» та «сірого» компонентів і розраховується за формулою [4]:

$$WF_{proc} = WF_{proc,green} + WF_{proc,blue} + WF_{proc,gray} \quad (1)$$

Всі водні сліди виражаємо на одиницю продукції, а саме в обсязі води на масу органічної продукції, тобто в м<sup>3</sup>/т, що еквівалентно л/кг.

Синій водний слід є показником, що характеризує використання синьої води, тобто поверхневих або підземних вод.

Під поверхневим використанням води розуміють [13]:

Таблиця 1

Аналіз методики оцінки водного сліду

Рівень	Просторова експлікація	Часова експлікація	Дані про використання води	Типова методика оцінки водного сліду
Рівень А	глобальний	річний середній	літературні джерела і бази даних щодо типових витрат води та за рівнями забруднення під час виробництва продукції	підвищення обізнаності; попередня ідентифікація компонентів загального водного сліду; проведення глобальних прогнозів витрат води
Рівень В	національний, регіональний, конкретний водозбір	річний за місяцями	літературні джерела і бази даних щодо типових витрат води на національному, регіональному або рівні водозбору	попередня ідентифікація розподілу водних ресурсів в просторі та часі; визначення основних місць ідентифікації; прийняття рішення про розподіл водних ресурсів
Рівень С	невеликий дренаж або конкретне поле	місячний за днями	емпіричні дані; база даних щодо витрат води та рівнів забруднення навколишнього природного середовища в конкретному місці	база знань для визначення водного сліду, оцінка стійкості сліду; формулювання стратегії щодо скорочення водних слідів унаслідок локальних впливів

Класифікація водного сліду відповідно до масштабу

№	Тип водного сліду	Характеристика водного сліду
1.	водний слід першого «кроку»/процесу	основний елемент у розрахунку загального водного сліду
2.	водний слід проміжного або кінцевого «продукту» (товару або послуги)	сукупність водних слідів різних стадій процесу виробництва органічного продукту
3.	водний слід окремого споживача	сума водних слідів різних продуктів, які використовуються цим споживачем
4.	водний слід громади	сума окремих водних слідів членів громади
5.	водний слід виробника	сума водних слідів продуктів, що виробляються підприємством
6.	водний слід географічної області (адміністративна одиниця, водозбірна площа або річковий басейн)	сума водних слідів усіх процесів, що відбуваються в певній географічній області
7.	загальний водний слід споживача	сума його прямих і непрямих водних слідів
8.	зовнішній водний слід споживання людьми	визначається відповідно до значень імпорту продукції (імпорт віртуальної води) та обсягів водного сліду в країні-експортері

\* Складено на основі [11, 12].

- обсяг води, що випаровується з поверхні басейну річки;
- обсяг води, яка включена в продукт;
- обсяг води, яка не повертається до початкового джерела водозбірної площі;
- обсяг води, яка не повертається в той самий період часу що і її, використання, наприклад, водні ресурси використовуються в дефіцитний період, а повертаються в басейн річки у вологий період.

В основному, синій водний слід формується на основі першого компонента. Тому часто спостерігається, що водоспоживання прирівнюється до випаровування, але, на нашу думку, інші три компоненти також мають бути відображені в оцінці обсягів синьої води. Упродовж року поверхневі і ґрунтові води можуть бути використані для зрошення, для промислових або побутових цілей. Але в певний період не може споживатися більше води, ніж доступно. Синій водний слід відображає кількість води, доступної впродовж певного періоду часу для споживання. Синій водний слід процесу органічного виробництва розраховується як сума синьої води, що випарувалася, синьої води, яка була включена безпосередньо в продукт, та невикористаного у виробничому процесі зворотного водного потоку. Останній компонент відноситься до частини зворотного водного потоку, недоступного для повторного використання у тому самому басейні або повернутого в інший басейн чи в інший період часу.

$$WF_{proc\ blue} = \frac{CWU_{blue}}{Y} \quad (2)$$

Зелений водний слід органічного виробництва є показником використання зеленої води. Він визначається як сума зеленої води, що випарувалася, та зеленої води, спожитої рослиною впродовж життєвого циклу.

Різниця між синім і зеленим водними слідами є значущою, оскільки різні компоненти спричиняють і різні гідрологічні, екологічні і соціальні наслідки. Так, економічні втрати від використання поверхневих і підземних вод у розрізі органічного виробництва відрізняються від наслідків та збитків, зумовлених унаслідок використання дощової води.

Зелений водний слід органічного виробництва ( $WF_{proc, green}$ , м<sup>3</sup>/т) розраховується як відношення компоненти зеленої води, що споживається органічними сільськогосподарськими культурами ( $CWU_{green}$ , м<sup>3</sup>/га), до врожайності ( $Y$ , т/га).

$$WF_{proc\ green} = \frac{CWU_{green}}{Y} \quad (3)$$

Для визначення врожайності однорічних органічних культур використовують базу статистичних даних. Щодо багаторічних органічних насаджень, слід враховувати їх середню річну врожайність впродовж всього життєвого циклу культури.

«Зелений» і «синій» компоненти водного сліду, що позначилося на органічному виробництві ( $CWU$ , м<sup>3</sup>/га), визначаються як сума щоденного випаровування ( $ET$ , мм/добу) шляхом

розрахунку «зеленої» і «синьої» евапотранспірації з використанням моделей вирощування врожаю та моделей водного балансу ґрунту [4, 7].

Для визначення евапотранспірації зеленої та синьої води під час вирощування органічних сільськогосподарських культур доцільно застосовувати модель CROPWAT, яку запропонувала продовольча сільськогосподарська організація FAO (FAO, 2010) [15, 16].

Потреба у воді, що забезпечує отримання оптимального органічного врожаю, розраховується у спосіб множення еталонної евапотранспірації зерна ( $ET_0$ ) на коефіцієнт урожайності ( $K_c$ ):

$$CWR = K_c \times ET_0. \quad (4)$$

Прогнозується, що потреби органічних сільськогосподарських культур повністю задовольняються на такому рівні, що фактична евапотранспірація зерна ( $ET_c$ ) буде дорівнювати потребі органічного врожаю у воді:

$$ET_c = CWR, \quad (5)$$

$ET_0$  — швидкість евапотранспірації з контрольної поверхні без води. Орієнтована культура є гіпотетичною поверхнею з широким зеленим трав'яним покривом із специфічними стандартними характеристиками. Отже, єдиним чинником, що впливає на  $ET_0$ , є кліматичні параметри. Вказаний показник відображає випаровування у певному регіоні в конкретний період року і не враховує особливості врожаю та характеристики ґрунту.

Евапотранспірація в ідеальних умовах відрізняється від евапотранспірації врожаю, оскільки аеродинамічні властивості стійкості врожаю відрізняються від властивостей трави, яка використовувалася як еталон. Коефіцієнт ( $K_c$ ) інтегрує всі ці властивості й надає можливість врахувати характеристики польових культур та їх відмінність від еталонної трави. Коефіцієнт врожаю змінюється впродовж життєвого циклу сільськогосподарської культури.

Значення  $K_c$  для різних культур упродовж періоду вирощування органічного врожаю визначається за допомогою методики з літературних джерел [3]. Також  $K_c$  можна обчислити як суму  $K_{cb}$  та  $K_e$ , де  $K_{cb}$  — є коефіцієнтом базального посіву, а  $K_e$  — коефіцієнтом випаровування ґрунту. Коефіцієнт базової культури визначається як відношення евапотранспірації зерна до еталонної евапотранспірації ( $ET_c / ET_0$ ), за умови, якщо поверхня ґрунту — суха, але транспірація відбувається з потенційною швидкістю. Тому  $K_{cb} \times ET_0$  є транспірацією складовою  $ET_c$ , до якої входить залишковий компонент.

Альтернативою CROPWAT є AQUACROP (FAO, 2010e) [17], модель вирощування культури, яка краще імітує врожайність в умовах водного стресу і окремо враховує значення коефіцієнтів  $K_{cb}$  і  $K_e$ .

Ефективні опади ( $P_{eff}$ ) є частиною загальної кількості опадів, що зберігаються в ґрунті як потенційно доступна волога для забезпечення потреб органічного врожаю. Цей показник, зазвичай, є меншим, ніж загальна кількість опадів, оскільки не всі опади можуть «споживатися» врожаем, наприклад, унаслідок поверхневого стоку або просочування у ґрунт. Існують різні способи оцінки величини ефективних опадів.

Потреба в зрошуванні ( $IR$ ) розраховується як різниця між потребою у воді для вирощування органічного врожаю та ефективними опадами. Потреба в зрошуванні дорівнює нулю, якщо величина ефективних опадів є більшою, ніж потреба у воді для вирощування органічного врожаю. Тобто:

$$IR = \max(0, CWR - P_{eff}). \quad (6)$$

У цьому разі вимоги щодо зрошування повністю забезпечені. Випаровування зеленої води ( $ET_{green}$ ) залежить від кількості опадів. Цей показник визначається як мінімальне значення від величини загальної евапотранспірації зерна ( $ET_c$ ) та ефективних опадів ( $P_{eff}$ ). Випаровування зрошувальної води ( $ET_{blue}$ ) визначається як загальна евапотранспірація врожаю за мінусом ефективних опадів ( $P_{eff}$ ), але вона дорівнює нулю у тому разі, якщо ефективні опади перевищують евапотранспірацію врожаю:

$$ET_{green} = \min(ET_c, P_{eff}), \quad (7)$$

$$ET_{blue} = \max(0, ET_c - P_{eff}). \quad (8)$$

Усі водні потоки виражаються в мм/день або в мм/період. Сірий водний слід органічного виробництва є показником ступеня забруднення прісної води і визначається як обсяг прісної води, необхідний для розведення забруднюючих речовин до природних фонових концентрацій і забезпечення відповідної якості поверхневих вод згідно із світовими та національними стандартами. Як згадувалося раніше, в умовах органічного виробництва рівень забруднення водних ресурсів буде мінімальним, оскільки така дана сільськогосподарська практика забороняє внесення різноманітних мінеральних добрив (окрім органічних), гербіцидів, пестицидів тощо. В органічному сільськогосподарському виробництві основним забруднювачем природного походження є азот (унаслідок внесення органічних добрив). Отже, значення асиміляційної ємності, що покладено в основу

розрахунку сірого сліду, буде мінімальним, фактично нульовим.

Сірий водний слід розраховується шляхом ділення навантаження забруднюючих речовин ( $L$ , маса/час) на різницю еталонного показника якості води в розрізі конкретного забруднювача (максимальна допустима концентрація  $C_{max}$ ) і його природної концентрації у водоймі ( $C_{nat}$ ).

$$WR_{proc\ grey} = \frac{L}{C_{max} - C_{nat}} \quad (9)$$

Природною концентрацією забруднюючої речовини ( $C_{nat}$ ) є концентрація речовини у водоймі, що не зазнає антропогенного навантаження. Для техногенних речовин, які в природному стані не трапляються у водоймах, вона дорівнює нулю. Сірий водний слід слугує індикатором потужності процесу асиміляції. Концентрації забруднюючих речовин у поверхневих водах, як правило, визначаються з екологічних міркувань. На нашу думку, недоцільно розраховувати сірий водний слід під час виробництва органічної сільськогосподарської продукції, оскільки вимивання природного азоту за цих умов буде мінімальним.

Проведемо розрахунок водного сліду органічного рослинництва України, використовуючи наведену вище методику (табл. 3).

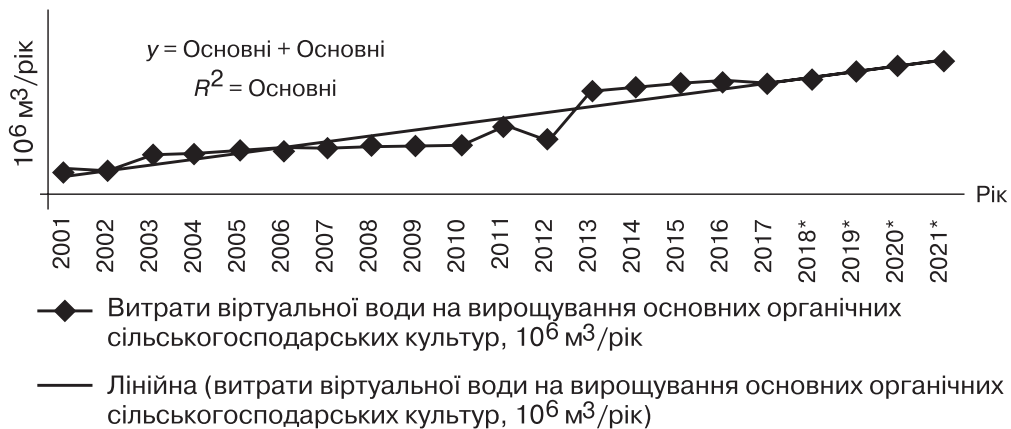
В органічному виробництві, як і в традиційному, спостерігається домінування витрат води на вирощування зернових (понад 50%) та олійних (12,7%) культур. Так, основні посівні площі цих культур розміщуються в південних та східних регіонах України, де в маловодні періоди року спостерігається дефіцитом води, що обумовлює потребу у проведенні додаткових досліджень та формуванні відповідної стратегії, яка надасть змогу забезпечити продовольчу, екологічну та водну безпеку вказаних регіонів.

Отже, спостерігається стрімке підвищення водного сліду від органічного рослинництва в Україні з  $711,4 \times 10^6$  у 2001 р. до  $3480,8 \times 10^6 \text{ м}^3/\text{рік}$  у 2016 р. Прогнозується, що в 2021 році витрати віртуальної води на вирощування органічних сільськогосподарських культур зростуть на 19,3% і становитимуть  $4152,06 \times 10^6 \text{ м}^3/\text{рік}$ , що потребує проведення оцінки використання водних ресурсів в органічному виробництві за регіональним і басейновим принципом з метою забезпечення їх стійкості.

Таблиця 3

Динаміка водного сліду основних груп органічних сільськогосподарських культур в Україні впродовж 2001–2016 рр.

Рік	Водний слід основних органічних сільськогосподарських культур, $10^6 \text{ м}^3/\text{рік}$						
	зернові	бобові	фрукти	виноград	олійні	овочі	інші культури
2001	324,2	12,8	5,5	1,0	104,4	14,6	248,8
2002	351,0	13,9	6,2	1,1	106,1	15,8	265,5
2003	535,6	21,2	11,3	1,6	157,1	25,5	414,3
2004	561,0	22,2	12,4	1,6	159,9	27,5	431,7
2005	639,4	25,3	13,4	1,6	161,2	30,0	455,6
2006	644,5	25,5	14,3	1,6	170,1	30,6	460,5
2007	670,4	26,5	15,7	1,7	182,1	32,2	461,0
2008	729,9	28,9	17,4	1,9	182,4	35,4	498,1
2009	736,0	29,1	18,3	2,0	208,1	36,1	498,5
2010	738,8	29,2	18,4	2,0	211,0	37,1	498,5
2011	1016,5	40,2	20,0	2,5	258,9	41,6	702,2
2012	865,2	34,2	21,3	2,2	234,3	42,9	527,0
2013	1595,3	63,1	35,4	4,1	444,3	62,1	977,1
2014	1780,0	70,4	33,2	4,8	404,7	65,8	1009,7
2015	1715,0	67,8	37,3	4,6	461,6	66,8	1050,9
2016	1785,9	70,6	33,8	4,1	444,4	63,4	1078,6



**Рис. 2.** Динаміка водного сліду органічного рослинництва в Україні за 2001–2021 рр.

\*Погнозні дані витрат віртуальної води на вирощування основних органічних сільськогосподарських культур.

У 2017 р. з України внаслідок експорту 170 тис. т зернових культур і гороху, з позначкою про їх органічне походження, сформувалися віртуальні водні потоки обсяг  $359,21 \times 10^6 \text{ м}^3/\text{рік}$ , що істотно перевищили експортні водні потоки 2016 р. ( $316,95 \times 10^6 \text{ м}^3/\text{рік}$ ) і 2015 р. ( $190,17 \times 10^6 \text{ м}^3/\text{рік}$ ). Основним регіоном збуту цієї продукції в 2015–2017 рр. були країни ЄС — 93–95% сукупного експорту, а також Швейцарія — близько 5% щорічно. Таке стрімке нарощування експортного потенціалу України також потребує проведення додаткового дослідження щодо оцінки сформованих віртуальних водних потоків унаслідок експорту й імпорту

органічної сільськогосподарської продукції та їх впливу на стійкість деяких басейнів річок України.

**Висновки.** Всі існуючі підходи до оцінки використання водних ресурсів для виробництва сільськогосподарської продукції не враховують специфіку органічного виробництва. Запропонована нами методика дасть можливість на основі сучасних світових підходів обґрунтувати використання водних ресурсів у органічному сільському господарстві і тим самим сприятиме забезпеченню продовольчої, екологічної безпеки об'єкта дослідження та підвищенню конкурентоспроможності галузі загалом.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Хвесик М.А., Головинський І.Л., Яроцька О.В. Продуктивність водоресурсних джерел України: теорія і практика : монографія [за заг. ред. Б.М. Данилишина]. К.: РВПС, 2007. 412 с.
2. Голян В.А. Інституціональне середовище водокористування: сучасний стан та механізми вдосконалення: [монографія]. Луцьк: Твердиня, 2009. 592 с.
3. Allan, J. A. Virtual water — the water, food, and trade nexus: Useful concept or misleading metaphor? // Water International. 2003. 28 (1). pp. 106–113.
4. Hoekstra A.Y., Chapagain A.K., Aldaya M.M., Mekonnen M.M. The Water Footprint Assessment Manual. Setting the Global Standard; London, 2011. 120 p.
5. Живая планета-2008. [Електронний ресурс]: Всемирный фонд дикой природы. URL: <http://www.wwf.ru> (дата обращения 15.08.2018).
6. Aldaya M.M., Allan J.A., Hoekstra A.Y. Strategic importance of green water in international crop trade // Ecological Economics. 2010. 69 (4). pp. 887–894.
7. Falkenmark M., Rockström J. Balancing Water for Humans and Nature: The New Approach in Ecohydrology. London: Earthscan, 2004. 228 p.
8. Hoekstra A.Y., Chapagain A.K. Globalization of Water: Sharing the Planet's Freshwater Resources. Blackwell Publishing: Oxford, 2008. 224 p.
9. Gerbens-Leenes P.W., Hoekstra A.Y. The water footprint of sweeteners and bio-ethanol from sugar cane, sugar beet and maize. Value of Water Research Report; Netherlands: Delft, 2009. 278 p.
10. Yang H., Zhou Y. and Liu J. Land and water requirements of biofuel and implications for food supply and the environment in China // Energy Policy. 2009. 37(5). pp.1876–1885.
11. Mekonnen M.M., Hoekstra A.Y. A global and high-resolution assessment of the green, blue and grey water footprint of wheat // Hydrology and Earth System Sciences. 2010. 14. pp.1259–1276.
12. Mekonnen M.M., Hoekstra A.Y. Water conservation through trade: the case of Kenya // Water International. 2014. 39 (4). pp. 451–468.

13. Chapagain A.K., Hoekstra A.Y. The global component of freshwater demand and supply: An assessment of virtual water flows between nations as a result of trade in agricultural and industrial products // *Water International*. 2008. 33(1). pp. 19–32.
14. Aldaya M., Garrido A., Llamas M., Varelo-Ortega C., Novo P., Casado R. Water footprint and virtual water trade in Spain. *Water Policy in Spain* CRC Press; Netherlands: Leiden, 2010. pp. 49–59.
15. FAO CROPWAT 8.0 model. [Electronic source]: Food and Agriculture Organization of the United Nations. CROPWAT. 2010. URL: [http://www.fao.org/nr/water/infores\\_databases\\_cropwat.html](http://www.fao.org/nr/water/infores_databases_cropwat.html). (дата звернення 18.07.2018)
16. FAO FAOSTAT database. [Electronic source]: Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT. 2010. URL: <http://faostat.fao.org> (дата звернення 20.07.2018)
17. FAO AQUACROP 3.1. [Electronic source]: Food and Agriculture Organization of the United Nations. AQUACROP. 2010 URL: <http://www.fao.org/nr/water/aquacrop.html> (дата звернення 20.07.2018).

#### Інформація про автора

**Судук Олена Юріївна** — кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри менеджменту, Національний університет водного господарства та природокористування (Україна, 33000, м. Рівне, вул. Соборна 11; e-mail: o.y.suduk@nuwm.edu.ua).

Suduk O. Yu.

Ph.D. in Agricultural Sciences

National University of Water and Environmental Engineering  
(Ukraine, Rivne; e-mail: o.y.suduk@nuwm.edu.ua)

#### METHODOLOGY OF EVALUATING THE CONSUMPTION OF VIRTUAL WATER CONSIDERING THE FEATURES OF ORGANIC PRODUCTION

*The article is devoted to the study and substantiation of the theoretical and methodological foundations for assessing the consumption of virtual water taking into account the features of organic production using the water trace tool, which allows you to make the right management decisions on the rational use of water resources in the agricultural sector, particularly in organic agricultural production.*

*Water should be a tool that makes it possible to comprehensively assess the attitude of the consumer or producer to the use of freshwater systems: it is a comprehensive indicator of assessing the volume of water consumption and the level of pollution of water resources for all quality components; It is not an indicator of local environmental impact, water consumption and water pollution, since this impact depends on the vulnerability of the local water system and the amount of water used by consumers and pollutants of the freshwater system. The water footprint tool provides accurate information on how water is used for various purposes; is the basis for drawing conclusions about the sustainable and reasonable use of water resources and their distribution, as well as the basis for assessing the environmental, social and economic impacts at the regional level.*

*Based on an adapted methodology, an assessment of the water footprint of organic farming in Ukraine has been carried out. In most regions characterized by low water availability, this indicator is high due to the growing of crops with significant water consumption. In general, the implementation of the proposed methodology will ensure food, environmental safety of the object of study and increase the competitiveness of the industry.*

**Keywords:** *virtual water, water footprint, evaporation, organic products, traditional agriculture, water resources, green economy, green water, estimation, blue water.*

#### REFERENCES

1. Khvesyuk, M.A., Holovynskyi, I.L. & Yarotska, O.V. (2007). *Produktyvnist vodoresursnykh dzherel Ukrainy: teoriia i praktyka* [Productivity of water resource sources of Ukraine: theory and practice: monograph]. Danylyshyn B.M. (Ed.). Kyiv: RVPS. 412. (In Ukr.).
2. Holian, V.A. (2009). *Instytutsionalne seredovyshche vodokorystuvannia: suchasnyi stan ta mekhanizmy vdoskonalennia* [Institutional environment of water use: modern state and mechanisms of improvement]. Lutsk: Tverdynia. 592. (In Ukr.).
3. Allan, J.A. (2003). Virtual water — the water, food, and trade nexus: Useful concept or misleading metaphor? *Water International*, 28 (1), 106–113.
4. Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Aldaya, M.M. & Mekonnen, M.M. (2011). *The Water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard*. London: Earthscan. 120.



5. *Zhyvaia planeta-2008*. [Electronic source]. Vsemirnyi fond dikoi prirody: [Living Planet 2008. World Wildlife Fund]. URL: <https://www.wwf.ru> (date of access: 15.08.2018).
6. Aldaya, M.M., Allan, J.A. & Hoekstra, A.Y. (2010). Strategic importance of green water in international crop trade. *Ecological Economics*, 69 (4), 887–894.
7. Falkenmark, M. and Rockström, J. (2004). *Balancing Water for Humans and Nature: The New Approach in Ecohydrology*. London: Earthscan. 228.
8. Hoekstra, A.Y. & Chapagain, A.K. (2008). *Globalization of Water: Sharing the Planets Freshwater Resources*. Blackwell Publishing: Oxford. 224.
9. Gerbens-Leenes, W. & Hoekstra, A.Y. (2009). *The water footprint of sweeteners and bio-ethanol from sugar cane, sugar beet and maize*. (Value of water research report; No. 38). Netherlands: Delft. 44.
10. Yang, H., Zhou, Y. & Liu, J.G. (2009). Land and water requirements of biofuel and implications for food supply and the environment in China. *Energy Policy*, 37 (5), 1876–1885.
11. Mekonnen, M.M. & Hoekstra, A.Y. (2010). A global and high-resolution assessment of the green, blue and grey water footprint of wheat. *Hydrology and Earth System Sciences*, 14, 1259–1276.
12. Mekonnen, M.M. & Hoekstra, A.Y. (2014). Water conservation through trade: the case of Kenya. *Water International*, 39 (4), 451–468.
13. Chapagain, A.K. & Hoekstra, A.Y. (2008). The global component of freshwater demand and supply: An assessment of virtual water flows between nations as a result of trade in agricultural and industrial products. *Water International*, 33 (1), 19–32.
14. Aldaya, M., Garrido, A., Llamas, M., Varelo-Ortega, C., Novo, P. & Casado, R. (2010). *Water footprint and virtual water trade in Spain*. *Water Policy in Spain CRC Press*. Netherlands: Leiden. 49–59
15. *FAO CROPWAT 8.0 model*. [Electronic source]: Food and Agriculture Organization of the United Nations. CROPWAT. 2010. URL: [http://www.fao.org/nr/water/infores\\_databases\\_cropwat.html](http://www.fao.org/nr/water/infores_databases_cropwat.html). (дата звернення 18.07.2018)
16. *FAO FAOSTAT database*. [Electronic source]: Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT. 2010. URL: <http://faostat.fao.org> (дата звернення 20.07.2018)
17. *FAO AQUACROP 3.1*. [Electronic source]: Food and Agriculture Organization of the United Nations. AQUACROP. 2010 URL: <http://www.fao.org/nr/water/aquacrop.html> (дата звернення 20.07.2018).

#### Author

**Suduk Olena Yuriivna** — Ph.D. in Agricultural Sciences, Associate Professor of Department of Management, National University of Water and Environmental Engineering (Ukraine, 33000, Rivne, 11 Soborna st.; e-mail: o.y.suduk@nuwm.edu.ua)

**Публікація містить результати досліджень, проведених при грантовій підтримці  
Державного фонду фундаментальних досліджень за конкурсним  
проектом Ф-76/36-2018/6-06 («Інформаційне забезпечення розвитку  
конкурентоспроможного органічного сільського господарства України  
в умовах євроінтеграції»)**