

НЕБЕЗПЕКА СТВОРЕННЯ ДЕФІЦИТУ ВОДНИХ РЕСУРСІВ У РЕГІОНАХ УКРАЇНИ В УМОВАХ УРБАНІЗАЦІЇ

Васютинська К.А., Барбашев С.В., Кімінчиджи М.І.

Одеський національний політехнічний університет

пр. Шевченка, 1, 65044, м. Одеса

e.a.vasutinskaya@opu.ua

Стаття присвячена формуванню інтегрального показника дефіциту водних ресурсів і визначенню характеру його співвідношення з індексом урбанізації в регіональному розрізі, що є важливим складником системи кількісного оцінювання ризиків втрат стійкості природними водними об'єктами. У статті показано, що комплекс урбанізаційних процесів зумовлює стрімке зниження якості та кількості водних ресурсів, що обмежує їх придатність до використання.

Актуальність роботи визначена тим, що сформована можливість проведення кореляцій між характером використання водно-ресурсного потенціалу, умовами створення дефіциту водних ресурсів і рівнем екологічної урбанізації регіонів України за допомогою індексу екологічної урбанізації. Запропонований та розрахований інтегральний показник дефіциту водних ресурсів.

Проведено ранжування регіонів України та виділені групи областей із загрозами виснаження ресурсів поверхневих і підземних водних джерел. Проведений аналіз зв'язків коефіцієнту дефіциту води у співвідношенні до рівня використання свіжої води залежно від індексу екологічної урбанізації дозволив виявити поєднання природних та урбогенних негативних факторів виснаження водних ресурсів для південних областей України. Позитивними аспектами урбанізації зумовлені низькі рівні показників споживання населенням свіжої води в областях з високим рівнем екологічної урбанізації.

Досить високий рівень кореляції між показниками водного дефіциту та індексом екологічної урбанізації показав, що екологічна урбанізація регіонів є важливим фактором створення дефіциту як підземних, так і поверхневих вод. Встановлений різний характер експлуатації водних джерел населенням та об'єктами господарської діяльності як передумова регіональної диференціації урбогенного впливу на природні водні об'єкти.

Пропонується використовувати інтегральний показник дефіциту води для оптимізації водокористування в програмах сталого розвитку регіонів України. Застосування інтегральних показників дефіциту води та індексу екологічної урбанізації може підвищити ефективність управління регіональними системами водного господарства, що базується на басейнових принципах.
Ключові слова: водні ресурси, дефіцит води, водний об'єкт, урбанізація, інтегральний показник, індекс, регіони України.

The risk of a water scarcity in the Ukraine regions in urbanization terms. Vasiutynska K., Barbashev S., Kiminchydzhy M.

The objective of this study was the formation of an integral indicator of water scarcity and the determination of the nature of its relationship with the urbanization index for Ukraine regions. This index defined as an important component of the system of quantitative risk assessment of loss of stability by natural water bodies.

The article shows that global urbanization and environmental degradation cause a rapid decrease in the quality and quantity of water resources, which limits their usability. The relevance of the topic is determined by the fact that it became possible to carry out correlations between the type of the water resources consumption, the conditions for the shortage of water resources and the level of ecological urbanization of Ukraine regions by means of ecological urbanization index.

An integral indicator of water scarcity was proposed and calculated. The ranking of Ukraine regions was carried out, groups of regions with threats of depletion of surface and underground water sources were identified. The analysis of the relation between the water deficit coefficient in link to the level of freshwater consumption depending on the ecological urbanization index defined a link of natural and urbogenic negative factors of water resources depletion for Ukraine southern regions. The positive aspects of urbanization are caused the low levels of freshwater consumption by the population in areas with a high level of ecological urbanization.

A sufficiently high level of correlation between the water deficit indicator and the ecological urbanization index shows that the environmental urbanization of regions is an important factor of deficit of both groundwater and surface water. The different types of the exploitation of water resources by the population and objects of economic activity has been established as a precondition for regional differentiation of the urbogenic impact on natural water bodies.

The article's authors propose to take into account the integral indicator of water scarcity in order to work out the region's programs of sustainable development of Ukraine regions. The application of integral indicators of water scarcity and the ecological urbanization index to enhance the regional water resource management based on basin principles. *Key words:* water resources, water scarcity, water body, urbanization, integral indicator, index, Ukraine regions.

Постановка проблеми. Проблема збереження та раціонального використання водних ресурсів стає все гострішою для України та інших країн світу, що обрали шлях сталого розвитку. Забезпечення належного екологічного стану водно-ресурсного потенціалу є актуальним для всіх регіонів країни, в яких

водогосподарські і гідроекологічні проблеми поглиблюються природним дефіцитом водних ресурсів, їх нерівномірним розподілом. Виснаження та антропогенно-техногенне забруднення практично всіх поверхневих водних об'єктів та значної частини підземних вод зумовлено комплексним впливом урбанізаційних процесів, який поширюється далеко за межі селітебних територій.

Встановлення характеру залежності між показниками рівня споживання регіонального водного ресурсу та рівнем урбанізації адміністративних областей дозволить наблизити до європейських правила користування водними ресурсами, їх екологічно спрямоване відновлення та захист.

Актуальність дослідження визначена тим, що сформована можливість встановлення кореляцій між показниками незбалансованості водокористування та урбогенним навантаженням території регіонів України через розрахований авторами цієї статті індекс екологічної урбанізації. Розвиток методів оцінювання складних регіонально диференційованих урбогенних впливів актуальний для досягнення сталого розвитку міст, областей і збереження їх природного водно-ресурсного потенціалу.

Мета дослідження – визначення інтегрованого кількісного показника дефіциту водних ресурсів регіонів країни та встановлення характеру його залежності від інтегрального показника урбанізації.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Дослідження умов створення дефіциту водних ресурсів є надважливим для сталого розвитку регіонів і відповідає принципам Водної стратегії України на період до 2025 року [1], основним положенням Директив ЄС у сфері якості води та управління водними ресурсами [2], які увійшли до Угоди про асоціацію між Україною та Європейським Союзом.

Застосування індикаторів урбогенного впливу на природні водні об'єкти відповідає стратегічним цілям і завданням, визначеним Законом України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року», а саме завданню «зменшення негативного впливу процесів урбанізації на навколишнє природне середовище» (Ціль 2 – «Забезпечення сталого розвитку природно-ресурсного потенціалу України») [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В усьому світі збільшення антропогенного навантаження на водні ресурси та погіршення їх якості здебільшого пов'язують з урбанізацією. Нині в світі більше 56% населення проживає в містах, а до 2050 року концентрація містян може збільшитися до 70% [4].

Попит зростаючого населення на продовольство, житло і енергію створює величезний тиск на водні ресурси. Якість води в усьому світі погіршується насамперед через інтенсивну сільськогосподарську діяльність, зумовлену швидкою урбанізацією. Авторами роботи [5] показані взаємозв'язки водоко-

ристування, землекористування та якості води через чутливість водних об'єктів до внесення поживних речовин, особливо сполук нітрогену, зафіксований різний рівень забруднення водних об'єктів різними видами землекористування. Важливим результатом роботи було розроблення індикаторної оцінки впливу землекористування на мінливість якості води із застосуванням індексів забруднення ландшафту біогенами.

Прямий або непрямий вплив урбанізації на водні системи досліджений у низці робіт, зокрема, загальне значення для якості води має забудова територій водорозділу та його фрагментація [6], а негативні наслідки змін рослинного покриву зафіксовані у роботі [7]. Вивченню проблеми створення дефіциту води внаслідок зростаючого водоспоживання присвячене дослідження, викладене в роботі [8]. Авторами роботи [9] визначені небезпеки виснаження підземних вод в урбанізованих мегаполісах світу.

Питання дефіциту води знайшли відображення у розробках вітчизняних науковців, у яких розглядаються проблеми довгострокового прогнозування водогосподарського балансу [10] для врахування дефіциту водних ресурсів у майбутньому; а також ефективні механізми управління [11] та сталого розвитку водогосподарського комплексу [12]. Обмеженість прісної води створює загрозу безпеці людини, тому питання водного дефіциту в контексті регіональної та національної безпеки розглянуті в дослідженнях [13, 14]. Проте інформація щодо комплексних оцінок впливу урбанізаційних процесів на територіальні ресурси дуже обмежена. Про її важливість при встановленні рівнів екологічної безпеки регіонів авторами цієї статті вже зазначалося в роботі [15].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Європейська Рамкова Водна Директива 2000/60/ЄС [16] щодо забезпечення сталого природокористування вимагає визначення районів річкових басейнів як цілісних природних об'єктів незалежно від адміністративних чи політичних кордонів. Але впровадження басейнових принципів інтегрованого управління водними ресурсами в Україні ускладнено тим, що водогосподарські комплекси експлуатують ресурси різних водних об'єктів без урахування їх природного дефіциту та нерівномірності розподілу.

При цьому формування урбогенних зон під впливом господарської діяльності призвело до територіальної диференціації масштабів навантаження на екосистеми річкових басейнів, який важко врахувати в системах територіально-адміністративного управління. Ця стаття присвячена вирішенню проблеми формування комплексних оцінок для проведення кореляцій між рівнем урбогенних впливів на ландшафти та показниками регіональних водних ресурсів, що є необхідним фундаментом для організації екологічно збалансованого та сталого водокористування.

Новизна роботи полягає в тому, що в якості індикатора урбогенного впливу на територію водозбірних басейнів пропонується застосувати індекс екологічної урбанізації, що дає можливість провести кореляції між характером використання водно-ресурсного потенціалу, умовами створення дефіциту води та рівнем урбогенного навантаження регіонів України.

Загальнонаукове та методологічне значення. Забезпечення сталого природокористування вимагає формування єдиної системи оцінювання базових властивостей водних ресурсів. Різноманітні та різнорівневі показники прямих і непрямих впливів урбанізації на водні системи включають зміни характеру покриву територій водозбірних басейнів, попит на воду у співвідношенні до водопостачання, забруднення точковими та дифузійними джерелами та багато інших, які можуть діяти синергетично. Формування інтегральних показників створення дефіциту водних ресурсів у регіональному розрізі є важливим складником всієї системи оцінювання ризиків втрат природними водними джерелами визначеної якості та кількості під урбогенним тиском.

Методологія дослідження. У роботі використані методи статистичного аналізу Дані для оцінки показників споживання водних ресурсів за регіонами країни [17, 18] були нормалізовані за стандартним алгоритмом, представленим у роботі 19. Розрахунки та нормалізація статистичних даних проведені із застосуванням бібліотеки Панда пакету Python, серія DataFrame, версія v0.22.0 [20]. Графічний аналіз виконувався із застосуванням програмного забезпечення MS Office Excel.

Виклад основного матеріалу. Водойми є важливим середоутворюючим фактором, який підтримує екологічний стан міського середовища, є джерелом питного водопостачання та місцем рекреації і відпочинку городян. В умовах урбанізації водні системи все більше піддаються зростаючому антропогенному навантаженню, яке включає зміни гідрологічного режиму водойм і водотоків, зміни водного балансу внаслідок надмірного споживання, зміни гідрохімічного режиму як результат скидання стічних вод.

Практично всі природні процеси на територіях урбогенного навантаження антропогенно спотворені. Зміни характеру рослинного покриву водозбірних басейнів під впливом змін структури землекористування, збільшення масштабів точкових і дифузних джерел забруднення поширюються далеко за межі міських поселень і підривають стійкість території загалом.

Авторами цієї статті було показано зменшення індексів водозабору і водовідведення щодо 1990 року відповідно до зменшення щільності населення на фоні зростаючої урбанізації [14]. Але ця тенденція змінилася останніми роками (з 2013 року), коли різке падіння чисельності населення України не супроводжувалося аналогічними змінами показників забору води та скидання в природні водні об'єкти, а їх

питомі значення (в розрахунку на душу населення) тільки збільшилися [17].

Зменшення обсягів скидів стічних вод не призвело до відповідного поліпшення якості водних ресурсів. Тенденції водного дефіциту посилилися через забруднення. Так, за даними [18] значна частина стоків скидається неочищеними чи не досить очищеними. Виснаження і деградація водних екосистем відбувається на тлі негативних змін клімату. У зв'язку з інтенсивним використанням окремі водні об'єкти не забезпечують достатнього розведення стічних вод, у результаті чого втрачають свою природну якість, а їх екосистеми починають деградувати.

Визначення коефіцієнту дефіциту водних ресурсів для регіонів України. Кількість водного ресурсу – необхідна умова забезпечення його якості. Якість води не може підтримуватися без певної потужності потоку, який має забезпечувати такі основні функції як підтримання стійкості водних екосистем, сталості гідрологічних циклів і забезпечення достатньої кількості води для підтримки якості, визначеної потребами різних водокористувачів (населення, промисловість, сільське господарство, транспорт, енергетика тощо) за рахунок збереження природного гідрохімічного балансу та розведення стоків.

В якості інтегрального показника дефіциту водних ресурсів пропонується коефіцієнт K_{c-3} , який був розрахований на основі даних [18] як відношення обсягу скинутих у природні водні об'єкти до забраних прісних вод. Якщо коефіцієнт $K_{c-3} \approx 1$, то це означає, що обсяги забору води з природних водних об'єктів компенсуються об'ємами стічних вод; $K_{c-3} < 1$ означає неповернення значних обсягів води у природні водні об'єкти та накопичення дефіциту; значення $K_{c-3} > 1$ досягаються у випадку використання підземних вод, які після експлуатації скидаються у поверхневі водойми. Тому чим менше значення K_{c-3} , тим менша частина забраної для використання води повертається у природний водний об'єкт, тим більше порушується природний водний баланс і накопичується дефіцит водного ресурсу.

Коефіцієнт K_{c-3} є важливою кількісною оцінкою дефіциту води внаслідок використання в регіонах, який може використовуватися для ранжування областей України. Рейтинг регіонів за цим інтегральним показником представлений на рис. 1.

З рис. 1 вбачається, що тільки у 2-х областях (Волинська, Київська) обсяг води, забраної з природних джерел, дорівнює чи приблизно дорівнює обсягам скиду. У таких областях як Дніпропетровська, Донецька, Житомирська, Запорізька, Сумська, Черкаська, Чернівецька у водойми повертається від 70 до 87% води. Ці області включають райони різних річкових басейнів, а забір і скидання води після експлуатації може відбуватися у різні водні об'єкти.

Позитивний баланс скиду над забором характеризує переважно західні (Волинська, Закарпатська, Львівська, Тернопільська) та Харківську області, які

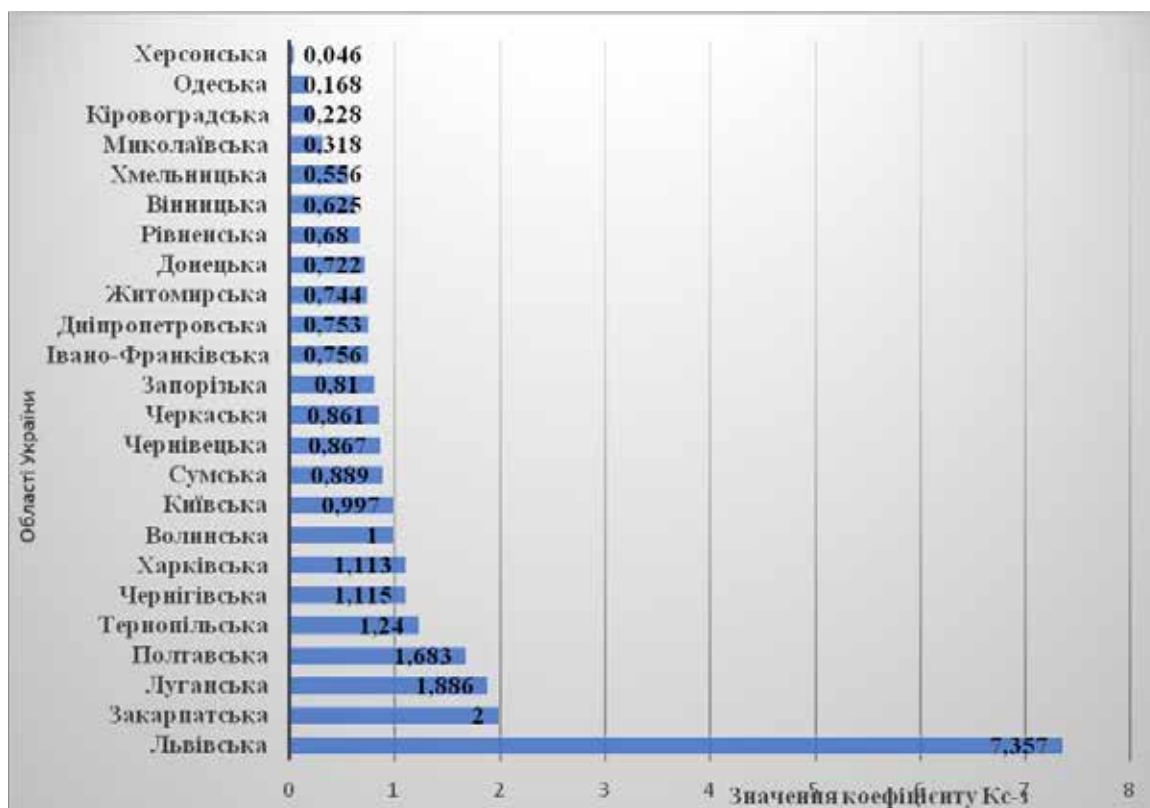


Рис. 1. Ранжування областей України за коефіцієнтом дефіциту водних ресурсів

використовують підземні та джерельні води здебільшого для потреб населення. Така ситуація свідчить про виснаження ресурсів підземних вод і може бути ще більш несприятливою для водно-господарського потенціалу регіонів.

Встановлена найбільш загрозлива ситуація зі створення дефіциту води для Херсонської ($K_{c-3} = 0,046$), Одеської ($K_{c-3} = 0,168$), Миколаївської ($K_{c-3} = 0,318$), Кіровоградської ($K_{c-3} = 0,228$) областей, що можна пояснити синергетичним впливом негативних чинників клімату степової та лісостепової зон, низьким водозабезпеченням південних регіонів, високими витратами води на меліорацію та сільське господарство.

Оцінка впливу екологічної урбанізації на специфіку використання водних ресурсів у регіонах України. Практично всі крупні міста є розвинутими промисловими центрами, багато з яких розташовані поблизу річкових артерій. Урбогенно-техногенна діяльність відбувається як у руслах річок (будівництво гребель, забір води, скидання стічних вод), так і на водозбірних територіях (експлуатація та виснаження земель, забруднення довкілля, зведення лісів, осушення боліт, ефтрофікація водойм та інші).

Показником урбогенного навантаження на водні об'єкти є площа непроникної поверхні (території під житловими будинками, дорогами, тротуарами, будьякими об'єктами техносфери та комунікаціями), яка не бере участь у природному кругообігу, в її межах порушується режим водного стоку, відбуваються

небезпечні гідрологічні процеси [14]. Розширення непроникної поверхні афілійоване з екологічним аспектом урбанізації [21].

Екологічна урбанізація визначає межі стійкості природних систем під тиском урбогенно-техногенних впливів і лімітує розвиток урбанізованих територій через обмеженість територіальних і сировинних ресурсів, в тому числі водних. Кількісним показником є індекс екологічної урбанізації ($I_{ec,urb}$), визначений при допущенні, що вся територія міст є непроникною, оскільки всі функціональні зони належать до штучно створених систем, у яких природні процеси змінені та підпорядковані антропогенній діяльності.

Індекс екологічної урбанізації, розрахований у роботі [21] на основі показників щільності міського населення та частки території, зайнятої містами, щодо загальної площі адміністративної області, відображає рівень урбогенного навантаження на територію регіонів, у тому числі в районах водозбірних басейнів. Застосування індексу дає можливість визначити кореляції між характером використання водно-ресурсного потенціалу, умовами створення дефіциту водних ресурсів і рівнем екологічної урбанізації регіонів.

У табл. 1 представлені нормалізовані значення показників коефіцієнту дефіциту водних ресурсів (K_{c-3})^н і показників використання свіжої води на душу населення, м³/людину [19], (B_{cb})^н в адміністративних областях України.

Таблиця 1

Нормалізовані показники питомого використання свіжої води та дефіциту водних ресурсів

Область	$(V_{св})^н$	$(K_{с-3})^н$	Область	$(V_{св})^н$	$(K_{с-3})^н$
Вінницька	0.038	0.079	Миколаївська	0.144	0.037
Волинська	0.029	0.130	Одеська	0.086	0.016
Дніпропетровська	0.331	0.096	Полтавська	0.041	0.223
Донецька	0.213	0.092	Рівненська	0.058	0.086
Житомирська	0.030	0.095	Сумська	0.038	0.115
Закарпатська	0	0.267	Тернопільська	0.012	0.164
Запорізька	0.653	0.104	Харківська	0.088	0.145
Івано-Франківська	0.033	0.097	Херсонська	1	0
Київська	0.394	0.130	Хмельницька	0.040	0.069
Кіровоградська	0.031	0.024	Черкаська	0.100	0.111
Луганська	0.009	0.251	Чернівецька	0.037	0.112
Львівська	0.026	1	Чернігівська	0.089	0.146

Джерело: розраховані авторами на основі [18; 19]

У нормалізованому вигляді значення коефіцієнту $(K_{с-3})^н = 0,13$ відповідає $K_{с-3} = 1$ (у випадку Волинської області); $(K_{с-3})^н < 0,13$ відповідає $K_{с-3} < 1$; $(K_{с-3})^н > 0,13$ відповідає $K_{с-3} > 1$.

Показники дефіциту води $(K_{с-3})^н$ у співвідношенні до рівня використання свіжої води залежно від індексу екологічної урбанізації $I_{ec,urb}$ за регіонами країни представлені на рис. 2. Їх аналіз показує певні тенденції. Максимальні значення питомого використання свіжої води спостерігаються в Херсонській, Запорізькій, Київській, Донецькій, Миколаївській, Одеській областях поряд зі створенням найвищих рівнів дефіциту води серед усіх регіонів України.

Сполучення обох негативних чинників виснаження водних ресурсів співпадає як із природними кліматичними і ландшафтними умовами, що обмежили кількість водних об'єктів на території вказа-

них областей, так і з високими рівнями урбогенного навантаження ($I_{ec,urb}$ вище середнього). Всі ці фактори можуть синергетично взаємодіяти, що сприяє деградації водних джерел, підсилює гідроекологічні проблеми і може ще більше поглибити нерівномірний розподіл водних ресурсів за територією та часом.

Низькі рівні використання свіжої води корелюють з низькими рівнями урбогенного навантаження для Львівської, Закарпатської, Чернігівської, Житомирської, Кіровоградської, Полтавської, Черкаської, Сумської областей.

Практично такий же низький рівень споживання населенням свіжої води спостерігається в областях із високим рівнем екологічної урбанізації ($I_{ec,urb} > 0,4$): Вінницькій, Волинській, Хмельницькій, Харківській, Луганській (з оглядом на можливу недостовірність даних на непідконтрольних українській

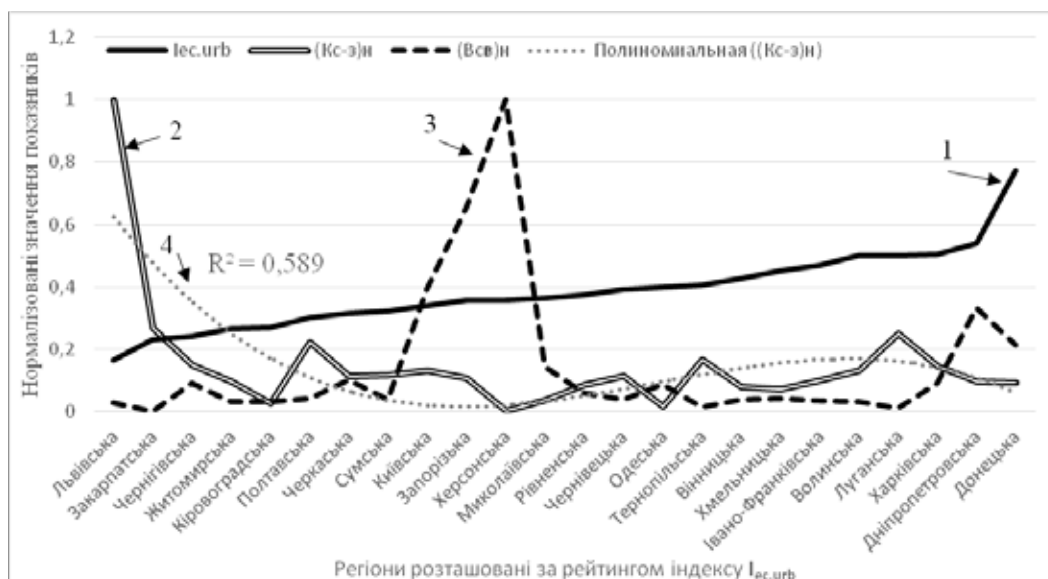


Рис. 2. Залежність нормалізованих показників дефіциту водних ресурсів і рівня використання свіжої води населенням регіонів від індексу екологічної урбанізації: 1 – $I_{ec,urb}$; 2 – $(K_{с-3})^н$; 3 – лінія тренду показника $(K_{с-3})^н$

владі територіях). Там можуть виявлятися позитивні аспекти урбанізації, пов'язані із більш широкими матеріально-технічними та фінансовими можливостями міст щодо запровадження систем повторного та зворотного водокористування на промислових об'єктах і в міському господарстві, повного охоплення населення системами обліку та економії води питної якості.

Показана на рис. 2 поліноміальна лінія тренду показника $(K_{c-3})^H$ з достатнім рівнем кореляції ($R^2 = 0.589$) показує наявний зв'язок між умовами створення водного дефіциту та рівнем екологічної урбанізації регіонів.

Області із середнім ($I_{ec.urb} \approx$ до 0,28) і вище середнього ($I_{ec.urb} \geq 0,4$) рівнями екологічної урбанізації характеризуються високим ступенем дефіциту ресурсів поверхневих водних об'єктів, що відповідає мінімальним значенням коефіцієнту $(K_{c-3})^H$. До таких областей належать Кіровоградська, Сумська, Житомирська, Черкаська Запорізька, Херсонська, Миколаївська, Одеська, Вінницька, Хмельницька.

Виключеннями є Луганська (з урахуванням можливої статистичної похибки) та частково Харківська і Волинська області з високими значеннями коефіцієнту $(K_{c-3})^H$ за рахунок використання ресурсів як поверхневих, так і підземних вод. У Дніпропетровській і Донецькій (також з оглядом на можливі статистичні похибки) областях, де підземні води не використовують, найвищий рівень урбанізації викликає зростання дефіциту води.

Для таких областей як Львівська, Закарпатська, Чернігівська, Полтавська відсутність водного дефіциту (значення $(K_{c-3})^H$ від 0,14 до 1) зумовлене не стільки низьким рівнем екологічної урбанізації ($I_{ec.urb} < 0,2$), скільки інтенсивним використанням підземних водних джерел, що може призвести до виснаження ресурсів підземних водних об'єктів. Таким чином, екологічна урбанізація регіонів виявляється надважливим фактором створення дефіциту як підземних, так і поверхневих вод, а нестача кількості свіжої води зумовлює неможливість підтримання необхідної для різних напрямів водокористування якості.

Головні висновки. Запропонований і розрахований коефіцієнт дефіциту водних ресурсів K_{c-3} є важливим інтегральним показником, що дозволяє оцінити характер використання водогосподарського потенціалу регіонів України. Диференціація областей за рівнями дефіциту води значною мірою визначається тим територіально-господарським комплексом і відповідним рівнем урбанізації, який склався за багато років у різних областях.

Високі рівні використання свіжої води співвідносяться зі значним дефіцитом територіальних водних ресурсів у випадку Херсонської, Запорізької, Київської, Донецької, Миколаївської областей, водогосподарські комплекси яких знаходяться під синергетичним впливом природних та урбогенних негативних факторів, які здатні поглибити нерівномірний розподіл водних ресурсів за територією та часом.

Зафіксовано різний характер експлуатації водних джерел населенням та об'єктами господарської діяльності. Місцеве господарство середніх, невеликих міст і населених пунктів міського типу здебільшого використовує підземні водні джерела для питних і побутових цілей. Так відбувається своєрідний перетік підземних вод після експлуатації у поверхневі водні об'єкти. Це також створює загрозу порушення гідрологічного балансу території через виснаження практично невідновлюваних ресурсів підземних вод. Великі міста і мегаполіси, об'єкти промисловості та енергетики експлуатують потужні поверхневі джерела зі створенням високих ризиків дефіциту ресурсів прісноводних водних об'єктів.

Позитивні наслідки урбанізації регіонів країни виявляються у створенні кращих організаційних, фінансових і матеріально-технічних можливостей для раціоналізації та модернізації всього водогосподарського комплексу, впровадженні економічного інструментарію сталого водокористування.

Перспективи використання результатів дослідження. Інтегральний показник дефіциту води доцільно використовувати як для оптимізації водокористування в програмах розвитку регіонів України, так і для прогнозування ризиків перевищення попиту на воду над водозабезпеченням, мінімізації наслідків різкого погіршення якості ресурсів поверхневих і підземних водних джерел. Наприклад, нестача одного з найважливіших життєзabezпечувальних ресурсів може суттєво обмежити подальший соціально-економічний розвиток Херсонської, Одеської, Миколаївської, Кіровоградської областей, у яких необхідно розробити та фінансово забезпечити необхідні заходи для подолання дефіциту води.

Встановлені закономірності характеру співвідношення індексу екологічної урбанізації та показників використання водних ресурсів можуть допомогти підвищити ефективність управління регіональними системами водного господарства, що базується на басейнових принципах.

Література

1. Водна стратегія України на період до 2025 року (наукові основи). К., 2015. 46 с. URL: http://iwipim.com.ua/wp-content/uploads/2015/10/11_03_2015.pdf [дата звернення: 05.06.2020].
2. Проект ЄС «Додаткова підтримка Міністерства екології та природних ресурсів України у впровадженні Секторальної бюджетної підтримки». URL: https://buvrtyasa.gov.ua/newsite/download/Water_brochure.pdf [дата звернення: 24.06.2020].
3. Закон України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року» від 28.02.2019 № 2697-VIII / Верховна Рада України [online]: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19> [дата звернення: 07.07.2020].

4. Central Intelligence Agency. The World Factbook. URL: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/fields/349.html#XX> [дата звернення: 10.06.2020].
5. Carey R.O., Migliaccio K.W., Li Y., Schaffer B., Kiker G.A., Brown M.T. Land use disturbance indicators and water quality variability in the Biscayne Bay Watershed, Florida. *Ecological Indicators*. 2011, 11(5), 1093–1104. doi: 10.1016/j.ecolind.2010.12.009 [дата звернення: 10.01.2020].
6. Conway T.M., Lathrop R.G. Alternative land use regulations and environmental impacts: assessing future land use in an urbanizing watershed. *Landscape and Urban Planning*. 2005, 71(1), 1–15. doi: 10.1016/j.landurbplan.2003.08.005.
7. Yu D., Shi P., Liu Y., Xun B. Detecting land use-water quality relationships from the viewpoint of ecological restoration in an urban area. *Ecological Engineering*. 2013, 53, 205–216. doi: 10.1016/j.ecoleng.2012.12.045 [дата звернення: 10.01.2020].
8. Junguo L., Qingying L., Hong Y. Assessing water scarcity by simultaneously considering environmental flow requirements, water quantity and water quality. *Ecological Indicators*. 2016, 60, 434–441 <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.07.019> [дата звернення: 10.01.2020].
9. Arfanuzzaman M., Atiq Rahman, A. Sustainable water demand management in the face of rapid urbanization and ground water depletion for social-ecological resilience building. *Global Ecology and Conservation*. 2017, 10, 9–22. DOI: 10.1016/j.gecco.2017.01.005 [дата звернення: 10.01.2020].
10. Кордюм А.Б. Деякі аспекти складання довгострокового водогосподарського балансу. *Меліорація і водне господарство*. 2014, 101, 71–77. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Mivg_2014_101_11 [дата звернення: 10.01.2020].
11. Хвесик М.А., Левковська Л.В., Сундук А.М. Системний підхід до економічної оцінки водних ресурсів України та регіонів. *Вісн. НАН України*. 2016, 7, 43–55. doi: 10.15407/visn2016.07.043.
12. Зацерковний В.І., Плічко Л.В. Аналіз системи управління водогосподарським комплексом України та пошук шляхів щодо її вдосконалення. *Наукоємні технології*. 2017, 4(36), 358–367. DOI: 10.18372/2310-5461.36.12236.
13. Безпека водних ресурсів України у глобальному вимірі : [монографія] / [за заг. ред. д.е.н., проф., академіка НААН України М.А. Хвесика]. К. : Державна установа «Інститут економіки природокористування та сталого розвитку Національної академії наук України», 2013. 500 с.
14. Урбогенный характер создания дефицита водных ресурсов в регионах Украины / Васютинская Е.А., Барбашев С.В., Киминчиджи М.И. Экологична безпека: проблеми і шляхи вирішення : зб. наук. статей ХУ Міжнародної науко-практичної конференції (м. Харків, 9-13 вересня 2019 року). Харків : Райдер, 2019. С. 82–87.
15. Vasutynska K.A., Barbashev S.V. The analysis of the principles and methods evaluation of environmental safety levels in regional context. *Odes'kyi Politechnichnyi Universytet. Pratsi*. 2017, № 3(53). P. 114–121.
16. DIRECTIVE 2000/60/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. *Official Journal of the European Communities* 2000. L 327. P. 1–72. URL: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:5c835afb-2ec6-4577-bdf8-756d3d694eeb.0004.02/DOC_1&format=PDF [дата звернення: 28.06.2020].
17. Статистичний щорічник України за 2018 рік [online]: http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2019/zb/11/zb_yearbook_2018.pdf [дата звернення: 03.08.2020].
18. Довкілля України за 2018 рік : статистичний збірник / Державна служба статистики України. Київ, 2019. 214 с. URL: http://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2019/zb/11/Zb_dovk_2018.pdf [дата звернення: 10.07.2020].
19. Vasutynska K.A., Barbashev S.V. Analysis of dynamics of man-made fires in conditions of urbanization in Ukraine. *Technology Audit and Production Reserves*. 2018, 4, 3(42). P. 16–23. DOI: 10.15587/2312-8372.2018.141376.
20. <http://pandas.pydata.org/pandas-docs/stable/whatsnew.html#pipe> [дата звернення: 24.07.2020].
21. Васютинська К.А., Барбашев С.В., Киминчиджи М.І. Оцінка комплексного показника екологічної урбанізації регіонів України, 2020. *Екологічні науки*. № 3(30).