УДК 504.4.062.2

Daria V. Kulikova, PhD, Associate professor of the Department of Ecology and Technologies of Environmental Protection
ORCID ID: 0000-0003-0874-0188 ***e-mail**: kisaalisa@i.ua*

Anneta A. Yurchenko, PhD, Associate professor of the Department of Ecology and Technologies of Environmental Protection
ORCID ID: 0000-0002-6074-0145 ***e-mail**: anneta2904@ukr.net*

National Technical University "Dnipro Polytechnic", Dnipro, Ukraine

ENSURING THE CONDITIONS OF ECOLOGICAL SAFETY OF THE SURFACE WATER OF UKRAINE BY CALCULATING THE VALUES OF THEIR ASSIMILATIVE CAPACITY

Abstract. *The values of discharge of circulating (waste) waters of different quality categories in surface water objects by regions of Ukraine are analyzed. For maintaining the natural equilibrium of aquatic ecosystems the indicators of actual and limit necessary of the multiplicity of dilution of circulating (waste) waters of different quality categories by local river runoff are calculated and analyzed. The values of the limit assimilative capacity of surface water objects, which can accept a certain amount of circulating (waste) waters without violating their ecological stability, is determined. The characteristics of the level of assimilative capacity utilization of local river runoff resources of different degrees of water availability are calculated and given. It has been established that in the years with average water availability the level of use of the assimilative capacity of local river runoff resources of the Nikolaev, Kharkiv and Kherson regions is characterized as "moderate", and Odessa – as "high". In the years with a very low river water content, the level of use of the assimilative capacity of surface water bodies in Kiev, Kirovograd, Luhansk, Lviv, Sumy and Cherkasy regions is rated as "moderate", Mykolaiv and Kharkiv – as "high", Kherson and Odessa – as "very high". Regardless of the level of provision with local river runoff, the index of the use of the assimilative capacity of water resources in Zaporizhia, Donetsk, and Dnipropetrovsk regions exceeds the threshold value (I_{AC} = 1) by 10.35–99 times.*
Key words: *assimilative capacity; environmental safety; self-cleaning; wastewater; surface water; multiplicity of wastewater dilution*

Д.В. Кулікова, А.А. Юрченко

Національний технічний університет "Дніпровська політехніка", м. Дніпро, Україна

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ УМОВ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПОВЕРХНЕВИХ ВОДОЙМ УКРАЇНИ ШЛЯХОМ РОЗРАХУНКУ ВЕЛИЧИН ЇХ АСИМІЛЯЦІЙНОЇ ЄМНОСТІ

Анотація. *Проаналізовано величини скиду зворотних (стічних) вод різної категорії якості в поверхневі водні об'єкти за регіонами України. Розраховано та проаналізовано показники фактичної та гранично необхідної для підтримки природної рівноваги водних екосистем кратності розбавлення зворотних (стічних) вод різної категорії якості місцевим річковим стоком. Визначено значення граничної асиміляційної ємності поверхневих водних*

© D.V. Kulikova, A.A. Yurchenko, 2019

об'єктів, які можуть прийняти певну кількість зворотних (стічних) вод без порушення їхньої екологічної стійкості. Розраховано та надано характеристику рівня використання асиміляційної ємності ресурсів місцевого річкового стоку різного ступеня водозабезпеченості. Встановлено, що в середній за водністю рік рівень використання асиміляційної ємності ресурсів місцевого річкового стоку Миколаївської, Харківської та Херсонської областей характеризується як "помірний", Одеської – як "високий". В дуже маловодний рік рівень використання асиміляційної ємності поверхневих водних об'єктів Київської, Кіровоградської, Луганської, Львівської, Сумської та Черкаської областей оцінюється як "помірний", Миколаївської та Харківської – як "високий", Херсонської та Одеської – як "надзвичайно високий". Незалежно від рівня забезпеченості місцевим річковим стоком, індекс використання асиміляційної ємності водних ресурсів Запорізької, Донецької та Дніпропетровської областей перевищує граничне значення (I_{AE} = 1) в 10,35–99 разів.

Ключові слова: *асиміляційна ємність; екологічна безпека; самоочищення; стічні води; поверхневі водойми; кратність розбавлення стічних вод*

Вступ

Охорона навколишнього середовища та раціональне природокористування – одні з найбільш гострих і соціально значущих проблем сучасності.

На теперішній час природні екологічні системи відчувають постійно зростаючий антропогенний вплив, викликаний активною господарською діяльністю людини.

Водні ресурси є одним з основних елементів природного середовища та відіграють велику роль у розвитку людського суспільства. Вони нерівномірно розподілені по території країни, відрізняються значною тимчасовою мінливістю, відносно високим ступенем забруднення.

Масштаби водокористування та його впливу на природне середовище в останні десятиліття досягли таких розмірів, коли можливості використання водних ресурсів та вимоги до збереження водного середовища стали для більшості регіонів лімітуючим фактором соціально-економічного розвитку.

Проблема раціонального використання та охорони річок повинна вирішуватися комплексно, системно, з урахуванням взаємного впливу всіх факторів, процесів і компонентів географічної мережі, а також впливу господарської та інших видів діяльності з боку людини.

Одним із шляхів нормалізації екологічного стану водних екосистем є оцінка їх здатності до самоочищення шляхом розрахунку величин асиміляційної ємності для кожного водного об'єкта або частини його акваторії. Використання показників, що характеризують асиміляційну ємність ресурсів річкового стоку, дозволяє виявити порогові рівні антропогенної трансформації водних екосистем, розробити і впровадити природоохоронні заходи для поліпшення екологічного стану та забезпечення умов екологічної безпеки поверхневих водних об'єктів.

Мета роботи

Встановлення гранично допустимого рівня антропогенного навантаження на водні екосистеми шляхом розрахунку величин асиміляційної ємності ресурсів

місцевого річкового стоку для поліпшення екологічного стану та забезпечення умов екологічної безпеки поверхневих водних об’єктів України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Інтенсивна господарська діяльність в басейнах річок значно впливає на кількісні та якісні показники водних ресурсів та їх екологічний стан. Переважна більшість річок країни деградує, внаслідок надмірного антропогенного навантаження, що переважає над здатністю водних об'єктів до самоочищення і самовідновлення [1–5].

Малі та середні річки більш гостро, ніж великі, відчувають на собі антропогенний вплив, враховуючи їх невелику водність і гірше, як правило, очищення забруднених стічних вод. Їх русла приймають основне техногенне навантаження від підприємств-водокористувачів. Сьогодні господарська діяльність людини призвела до кризового стану малих і середніх річок. Для забезпечення екологічної безпеки поверхневих водойм необхідно, щоб темпи використання водних ресурсів, викликані природними процесами і антропогенним впливом, відповідали темпам відновлення водних екосистем в рамках збалансованого водокористування.

Результатом техногенного впливу на річки є втрата здатності водних екосистем до природного самоочищення і самовідновлення, тобто зниження їх асиміляційної ємності. Згідно з визначенням Ю.А. Ізраеля, асиміляційна ємність екосистеми – це показник максимальної динамічної місткості кількості забруднювачів, яка може бути за одиницю часу накопичена, зруйнована, трансформована і виведена за межі обсягу екосистеми без порушення її нормальної діяльності.

Питанням дослідження та використання показників асиміляційного потенціалу та асиміляційної ємності для екологічної оцінки стану водних екосистем присвячено роботи [6–11]. Аналіз літературних джерел свідчить, що існуючі методи оцінки відрізняються за цілями використання, принципами розробки, критеріями оцінювання, обсягом і характером наявної інформації, способом формалізації даних.

Необхідно відзначити, що на теперішній час загальноприйнятої єдиної методики оцінки асиміляційної ємності поверхневих водних об’єктів не існує. Тому необхідно застосовувати той метод, який краще за інші відповідає цілям і завданням дослідження, краще за інші забезпечений необхідною інформацією і надає найбільш адекватну оцінку.

Існує широке коло завдань, де такі оцінки можуть успішно використовуватися – при спостереженні за динамікою якості поверхневих вод, при оцінці ефективності роботи очисних споруд, при прогнозуванні якості водних екосистем і розробці водоохоронних заходів.

Матеріали і результати досліджень

Для характеристики та оцінки впливу господарської діяльності на екологічний стан поверхневих водних об’єктів за регіонами України використовувалися дані Державного агентства водних ресурсів України [12]. Для визначення величин граничної асиміляційної ємності поверхневих водних об'єктів використовувалися середні багаторічні значення ресурсів місцевого річкового

стоку за регіонами України в роки з різним ступенем водозабезпеченості: середній за водністю (50%) та дуже маловодний (95%) [13].

Асиміляційна ємність поверхневих водних об'єктів оцінювалася за допомогою наступних груп показників:

1. Базові:

– величина загального скиду зворотних (стічних) вод в поверхневі водні об'єкти, млн $м^3$;

– кількість зворотних (стічних) вод, що скидаються у водойми нормативно чистими (без очищення), млн $м^3$;

– кількість стічних вод, що скидаються у водойми нормативно очищеними, млн $м^3$;

– кількість стічних вод, що скидаються у водойми забрудненими та (або) недостатньо очищеними, млн $м^3$;

– обсяг місцевого річкового стоку різного ступеня водозабезпеченості (в середній і дуже маловодний роки), млн $м^3$.

2. Розрахункові:

– величина гранично необхідної кратності розбавлення зворотних (стічних) вод, що скидаються в поверхневі водойми, ум. од.;

– величина граничної асиміляційної ємності водного об'єкта, який приймає зворотні (стічні) води, млн $м^3$;

– запас потенційно можливих для використання ресурсів місцевого річкового стоку, млн $м^3$;

– індекс використання асиміляційної ємності водного об'єкта, ум. од.

Основним критерієм асиміляційного потенціалу водного об'єкта вважають кратність розбавлення стічних вод.

Показник необхідної кратності розбавлення об’єму зворотних (стічних) вод в об’ємі водного об'єкта є універсальною характеристикою. Він показує, у скільки разів збільшується обсяг води, яка приймає участь в розведенні стоку щодо первинного об'єму скинутих зворотних (стічних) вод.

Залежно від співвідношення витрат (об’єму) зворотних вод і витрат (об’єму) водного об'єкта, з урахуванням інтенсивності процесів розбавлення та самоочищення, що протікають в ньому, в кожну поверхневу водойму може бути скинута різна кількість стічних вод за певний період часу. При цьому граничний об’єм зворотних (стічних) вод, який можна скинути у водойму, не порушуючи санітарних вимог, обумовлений певною залежністю щодо норм якості води.

Природна здатність водойм і водотоків до самоочищення дуже незначна. Самоочищення настає тільки в тому випадку, якщо води, що скидаються, пройшли повне очищення, а у водному об'єкті вони були розбавлені водою у співвідношенні 1:12-15. Якщо ж у водойми і водотоки стічні води надходять у великому обсязі, а тим більше неочищеними (або недостатньо очищеними), поступово втрачається стійка природна рівновага водних екосистем, порушується їх нормальне функціонування, що робить ці річки непридатними для використання.

За рекомендацією [14], кратність розбавлення умовно чистої води повинна становити 1:3, господарсько-побутових очищених – 1:5, неочищених – 1:20, промислових очищених – 1:15, неочищених – 1:50, для стоків з урбанізованих територій – 1:3, із сільськогосподарських полів – 1:1. Ці значення кратності

розбавлення зворотних (стічних) вод були прийняті в якості базових для розрахунків.

В даний час водні ресурси України інтенсивно використовуються для різних потреб, і вже практично не залишилося річок з природним гідрологічним режимом, не порушеним впливом господарської діяльності.

Більшість річок відчувають вплив у вигляді скиду забруднених та (або) недостатньо очищених стічних вод промисловими, сільськогосподарськими та комунальними підприємствами безпосередньо у водні об'єкти.

Найважливішим чинником, що впливає на кількісні та якісні показники водних ресурсів, є скид стічних вод в поверхневі водойми.

Дані про величини скиду зворотних (стічних) вод різної категорії якості в поверхневі водні об'єкти за регіонами України у 2017 році наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Величини скиду зворотних (стічних) вод різної категорії якості в поверхневі водні об'єкти та показники водозабезпеченості регіонів України

Регіон	Скид зворотних (стічних) вод, млн м^3				Забезпеченість місцевим річковим стоком, $V_{РС}$, млн м^3:	
	забруднені, $V_З$	недостатньо очищені, $V_{НО}$	нормативно очищені, $V_О$	нормативно чисті без очищення, $V_{НЧБО}$	в середній за водністю рік (50%)	в дуже маловодний рік (95%)
Вінницька	0	1	27	35	2470	1160
Волинська	0	0	21	6	2180	940
Дніпропетровська	99	131	98	289	870	140
Донецька	0	200	95	445	1020	240
Житомирська	0	2	32	28	3150	1050
Закарпатська	0	4	29	3	7920	4470
Запорізька	0	64	45	847	620	130
Івано-Франківська	0	1	51	8	4590	2170
Київська	0	2	41	226	2040	760
Кіровоградська	0	1	15	20	950	270
Луганська	1	17	2	7	1460	450
Львівська	1	70	82	14	4920	2660
Миколаївська	0	22	1	37	570	160
Одеська	29	4	84	42	350	76
Полтавська	0	2	43	3	1940	760
Рівненська	0	4	24	20	2330	1270
Сумська	0	23	2	22	2450	1150
Тернопільська	1	2	17	9	1810	1050
Харківська	5	5	198	60	1660	710
Херсонська	1	0	22	38	140	20
Хмельницька	0	1	30	3	2140	1060
Черкаська	1	3	41	60	1010	410
Чернівецька	1	1	16	19	1230	490
Чернігівська	0	14	7	51	3450	1950
Україна в цілому	158	839	1023	2550	52400	29700

В середньому, в структурі відведення зворотних (стічних) вод у водні об'єкти за регіонами України переважають нормативно чисті води (без очищення), на частку яких припадає 55,8% від загальної кількості скиду. Значна частина нормативно чистих вод надходять в поверхневі водойми Запорізької та Київської (84%), Чернігівської (70,8%), Херсонської (62,3%),

Миколаївської (61,7%), Донецької (60,1%), Черкаської (57,1%), Вінницької та Кіровоградської (55,6%), Чернівецької (51,4%) областей.

Частка нормативно очищених стічних вод, що скидаються в поверхневі водойми за регіонами України, становить 22,4% від величини загального скиду, забруднених (включаючи й недостатньо очищених) – 21,9%. Відсоток стічних вод, що скидаються у водні об'єкти після очищення, залишається досить низьким, що вказує на відсутність зацікавленості підприємств-водокористувачів у впровадженні природоохоронних заходів, в тому числі й встановленні очисних споруд.

Більша частина забруднених та (або) недостатньо очищених стічних вод надходять в поверхневі водойми Луганської (66,7%), Сумської (48,9%), Львівської (42,5%), Дніпропетровської (37,3%), Миколаївської (36,7%), Донецької (27%), Одеської (20,7%) та Чернігівської (19,4%) областей.

Значна кількість нормативно очищених стічних вод надходить у водні об’єкти Полтавської (89,6%), Хмельницької (88,2%), Івано-Франківської (85%), Закарпатської (80,6%), Волинської (77,8%), Харківської (73,9%), Тернопільської (58,6%), Одеської (52,8%), Житомирської (51,6%), Рівненської (50%), Львівської (49,1%), Чернівецької (43,2%), Вінницької (42,9%), Кіровоградської (41,7%) та Черкаської (39,1%) областей.

Урахування можливості водного об'єкта до розбавлення, яке ґрунтується на гідрологічних даних та його здатності до самоочищення, дозволяє встановити режим скиду стічних вод у водойму та оцінити допустиму кількість стоків, тобто критичне екологічне навантаження. При цьому враховується природний стік як водного об'єкта, так і стічних вод.

Фактична кратність розбавлення зворотних (стічних) вод ($К_Ф$), що скидаються у поверхневі водні об'єкти, визначається за формулою:

$$К_Ф = \frac{V_{РС}}{V_{скид}}, \text{ ум. од.} \quad (1)$$

де $V_{РС}$ – показники забезпеченості регіонів України місцевим річковим стоком в різні за водністю роки, млн м^3, значення яких наведено в табл. 1; $V_{скид}$ – загальний скид зворотних (стічних) вод у поверхневі водойми за регіонами України, млн м^3, що визначається за формулою:

$$V_{скид} = V_З + V_{НО} + V_О + V_{НЧБО}, \text{ млн м}^3. \quad (2)$$

Розраховані значення коефіцієнта $К_Ф$ при різному рівні забезпеченості місцевим річковим стоком за регіонами України представлені в табл. 2.

Розрахунок величин фактичної кратності розбавлення показав, що, при наявному обсягу скиду зворотних (стічних) вод різної категорії якості, поверхневі водойми Дніпропетровської, Донецької, Запорізької, Київської, Кіровоградської, Миколаївської, Одеської, Харківської, Херсонської та Черкаської областей не мають достатніх ресурсів для розведення і процесів самоочищення стоків. Найгірша ситуація складається в дуже маловодні роки. При 95-відсотковому рівні забезпеченості місцевим річковим стоком водних об’єктів Запорізької, Дніпропетровської, Донецької, Херсонської та Одеської

областей показник фактичної кратності розбавлення складає 1:0,14-0,48, тобто процес розведення не здійснюється.

Таким чином, внаслідок надмірного антропогенного навантаження, водні ресурси даних областей повністю втратили свою здатність до самоочищення, оскільки стресовий стан поверхневі водойми починають відчувати, якщо кратність розбавлення зворотних (стічних) вод чистою річковою водою стає нижче 1:10.

Раніше, коли антропогенне навантаження на водні об'єкти було незначним, вважалося, що для підтримки нормальної здатності водойм до самоочищення кратність розбавлення зворотних (стічних) вод повинна становити 1:10. Однак сьогодні деякі стічні води вимагають більшого розведення чистою річковою водою.

Найбільш досконалі очисні споруди забезпечують очищення стічних вод від органічних забруднень тільки на 85–90%, і лише в окремих випадках – на 95%. Тому навіть після очищення необхідно розбавляти очищені стоки чистою водою у співвідношенні 1:6-12, а часто й більше для збереження нормальної життєдіяльності водних екосистем.

При розрахунку гранично необхідної кратності розбавлення зворотних (стічних) вод ($K_{ГН}$) різної категорії якості, що скидаються в поверхневі водні об'єкти за регіонами України, були прийняті наступні співвідношення: для нормативно чистих вод (без очищення) – 1:3, для нормативно очищених – 1:15, для забруднених (включаючи недостатньо очищені) – 1:50.

Величина гранично необхідної кратності розбавлення зворотних (стічних) вод різної категорії якості, що скидаються у поверхневі водойми, визначалася за формулою:

$$K_{ГН} = \frac{3 \cdot V_{НЧБО} + 15 \cdot V_{О} + 50 \cdot (V_{З} + V_{НО})}{V_{скид}}, \text{ ум. од.} \qquad (3)$$

Результати розрахунку гранично необхідної кратності розбавлення зворотних (стічних) вод, що скидаються у поверхневі водні об'єкти за регіонами України, наведені в табл. 2.

Розраховані величини гранично необхідної кратності розбавлення стічних вод дозволяють визначити наскільки насправді відповідають один одному фактичні і теоретичні значення даного показника. В даний час фактична кратність розбавлення зворотних (стічних) вод, що скидаються в поверхневі водні об’єкти Вінницької, Волинської, Житомирської, Закарпатської, Івано-Франківської, Рівненської, Тернопільської, Хмельницької, Чернівецької та Чернігівської областей, навіть в дуже маловодний рік, перевищує гранично необхідні для забезпечення нормального функціонування водойм величини в 1,2–7 разів.

При скиді зворотних (стічних) вод у поверхневі водойми Полтавської області значення фактичної кратності розбавлення в дуже маловодний рік (95-відсотковий рівень забезпеченості місцевим річковим стоком) відповідає теоретично необхідній величині. В той же час в дуже маловодний рік значення коефіцієнта $K_Ф$ для поверхневих водних об’єктів інших областей України значно нижче величин гранично необхідної кратності розбавлення зворотних (стічних) вод в 1,1–97,5 разів.

Таблиця 2 – Результати розрахунку показників, що характеризують асиміляційну ємність поверхневих водних об'єктів за регіонами України при різному рівні забезпеченості місцевим річковим стоком

Регіон	Кратність розбавлення зворотних (стічних) вод, ум. од.			Гранично асиміляційна ємність поверхневих водойм, млн м^3, при рівні забезпеченості:		Потенційно можливі для використання ресурси місцевого річкового стоку, млн м^3, при рівні забезпеченості:		Індекс використання асиміляційної ємності ресурсів місцевого річкового стоку, ум. од., при рівні забезпеченості:	
	$K_Ф$ при рівні забезпеченості:		$K_{ГН}$						
	50%	95%		50%	95%	50%	95%	50%	95%
Вінницька	39,21	18,41	8,89	277,84	130,48	214,84	67,48	0,23	0,48
Волинська	80,74	34,82	12,33	176,81	76,24	149,81	49,24	0,15	0,35
Дніпропетровська	1,41	0,23	22,43	38,79	6,24	-578,21	-610,76	15,91	98,88
Донецька	1,38	0,32	17,24	59,17	13,92	-680,83	-726,08	12,51	53,16
Житомирська	50,81	16,94	10,71	294,12	98,04	232,12	36,04	0,21	0,63
Закарпатська	220	124,17	17,89	442,71	249,86	406,71	213,86	0,08	0,14
Запорізька	0,65	0,14	6,71	92,4	19,37	-863,6	-936,63	10,35	49,36
Івано-Франківська	76,5	36,17	13,98	328,33	155,22	268,33	95,22	0,18	0,39
Київська	7,58	2,83	5,18	393,82	146,72	124,82	-122,28	0,68	1,83
Кіровоградська	26,39	7,5	9,31	102,04	29,0	66,04	-7,0	0,35	1,24
Луганська	54,07	16,67	35,22	41,45	12,78	14,45	-14,22	0,65	2,11
Львівська	29,46	15,93	28,87	170,42	92,14	3,42	-74,86	0,98	1,81
Миколаївська	9,5	2,67	20,43	27,9	7,83	-32,1	-52,17	2,15	7,66
Одеська	2,2	0,48	19,09	18,33	3,98	-140,67	-155,02	8,67	39,95
Полтавська	40,42	15,83	15,71	123,49	48,38	75,49	0,38	0,39	0,99
Рівненська	48,54	26,46	12,92	180,34	98,3	132,34	50,3	0,27	0,49
Сумська	52,13	24,47	26,51	92,42	43,38	45,42	-3,62	0,51	1,08
Тернопільська	62,41	36,21	14,9	121,48	70,47	92,48	41,47	0,24	0,41
Харківська	6,19	2,65	13,62	121,88	52,13	-146,12	-215,87	2,2	5,14
Херсонська	2,3	0,33	8,1	17,28	2,47	-43,72	-58,53	3,53	24,7
Хмельницька	62,94	31,18	14,97	142,95	70,81	108,95	36,81	0,24	0,48
Черкаська	9,62	3,91	9,48	106,54	43,25	1,54	-61,75	0,99	2,43
Чернівецька	33,24	13,24	10,73	114,63	45,67	77,63	8,67	0,32	0,81
Чернігівська	47,92	27,08	13,31	259,2	146,51	187,2	74,51	0,28	0,49
Україна в цілому	11,5	6,5	15,94	3287,33	1863,24	-1282,67	-2706,76	1,39	2,45

В цілому, за регіонами України, незалежно від рівня забезпеченості місцевим річковим стоком, фактична кратність розбавлення зворотних (стічних) вод нижча за гранично необхідну в 1,4 раза в середній за водністю рік і в 2,5 рази – в дуже маловодний.

Визначивши значення гранично необхідної кратності розбавлення $K_{ГН}$, знаходимо величину граничної асиміляційної ємності водного об'єкта, яка виражається як максимальна кількість зворотних (стічних) вод, яка може бути скинута в поверхневу водойму без порушення її екологічної стійкості. Значення граничної асиміляційної ємності водних об'єктів визначається як відношення величин річкового стоку різного рівня водозабезпеченості до розрахованої раніше гранично необхідної кратності розбавлення стічних вод:

$$AE_{ГР} = \frac{V_{РС}}{K_{ГН}}, \text{ млн м}^3. \quad (4)$$

Отримані результати розрахунку наведені в табл. 2.

У результаті розрахунку встановлено граничні величини асиміляційної ємності водних об'єктів за регіонами України, що відповідають теоретичному об'єму зворотних (стічних) вод, які можуть бути скинуті в поверхневі водойми без шкоди для їхніх екосистем.

Знаючи величини граничної асиміляційної ємності поверхневих водних об'єктів за регіонами України та кількість вже експлуатованих водних ресурсів, яка виражається фактичними обсягами скиду зворотних (стічних) вод різної категорії якості, можна розрахувати значення запасу потенційно можливих для використання ресурсів місцевого річкового стоку, які визначаються за формулою:

$$V_{ЗПМР} = AE_{ГР} - V_{скид}, \text{ млн м}^3. \quad (5)$$

Результати розрахунку запасу потенційно можливих для використання ресурсів місцевого річкового стоку різного ступеня забезпеченості за регіонами України наведені в табл. 2.

Встановлено, що в дуже маловодний рік (95-відсотковий рівень водозабезпеченості) запас потенційно можливих для використання ресурсів місцевого річкового стоку в Дніпропетровській, Донецькій, Запорізькій, Київській, Кіровоградській, Луганській, Львівській, Миколаївській, Одеській, Сумській, Харківській, Херсонській та Черкаській областях повністю освоєно. Це означає, що кількість зворотних (стічних) вод різної категорії якості, що надходять у водні об'єкти цих областей України, перевищує максимально можливий обсяг стоків, які можуть бути скинуті у водойми без порушення їхньої екологічної стійкості.

Найбільш забезпечені запасом потенційно можливих для використання ресурсів місцевого річкового стоку західні області України.

У середній за водністю рік (50-відсотковий рівень водозабезпеченості) незначний запас потенційно можливих для використання водних ресурсів мають Київська, Кіровоградська, Луганська, Львівська, Сумська та Черкаська області.

Індекс використання асиміляційної ємності ресурсів місцевого річкового стоку різного ступеня забезпеченості визначався зі співвідношення:

$$I_{AE} = \frac{V_{скид}}{AE_{ГР}}, \text{ ум. од.} \quad (6)$$

Результати розрахунку індексу використання асиміляційної ємності ресурсів місцевого річкового стоку різного ступеня забезпеченості за регіонами України наведені в табл. 2.

Рівень використання асиміляційної ємності ресурсів річкового стоку за отриманими значеннями індексу I_{AE} оцінювався відповідно до запропонованої класифікації, наведеної в табл. 3.

Таблиця 3 – Оціночна шкала рівня використання асиміляційної ємності ресурсів річкового стоку

Діапазони значень індексу I_{AE}	≤ 1	1–5	5–10	> 10
Характеристика рівня використання асиміляційної ємності ресурсів річкового стоку	допустимий	помірний	високий	надзвичайно високий

За результатами проведених розрахунків встановлено, що рівень використання асиміляційної ємності ресурсів місцевого річкового стоку Вінницької, Волинської, Житомирської, Закарпатської, Івано-Франківської, Полтавської, Рівненської, Тернопільської, Хмельницької, Чернівецької та Чернігівської областей, незалежно від ступеня водозабезпеченості, оцінюється як “допустимий”. В середній за водністю рік рівень використання асиміляційної ємності водних ресурсів Київської, Кіровоградської, Луганської, Львівської, Сумської та Черкаської областей оцінюється як “допустимий”, а в дуже маловодний рік – як “помірний”.

При 50-відсотковому ступені забезпеченості місцевим річковим стоком індекс I_{AE} поверхневих водних об'єктів інших областей України перевищує граничне значення (I_{AE} = 1). При цьому рівень використання асиміляційної ємності ресурсів місцевого стоку Миколаївської, Харківської та Херсонської областей характеризується як “помірний”, Одеської – як “високий”. При 95-відсотковому ступені забезпеченості місцевим річковим стоком рівень використання асиміляційної ємності поверхневих водних об’єктів Миколаївської та Харківської областей оцінюється як “високий”, а Херсонської та Одеської – як “надзвичайно високий”. Слід зазначити, що незалежно від рівня забезпеченості місцевим річковим стоком, індекс використання асиміляційної ємності I_{AE} водних ресурсів Запорізької, Донецької та Дніпропетровської областей перевищує граничне значення в 10,35–99 разів.

Висновки

1. Втрата здатності поверхневих водойм до самоочищення, внаслідок тривалого і надмірного надходження забруднених та (або) недостатньо очищених стічних вод, неминуче призведе до забруднення водних екосистем. Використання такої води населенням для господарсько-питних або культурно-побутових цілей може призвести до негативних наслідків для здоров'я людини.

2. Вперше на основі аналітичних досліджень визначено значення граничної асиміляційної ємності ресурсів місцевого річкового стоку в регіонах України, використання яких дає змогу визначити порогові рівні перетворення водних екосистем без порушення їхнього нормального функціонування.

3. Гранична асиміляційна ємність поверхневих водних об'єктів в більшості випадків є перевищеною. Це означає, що кількість зворотних (стічних) вод різної категорії якості, що надходять у водні об’єкти, перевищує максимально можливий обсяг стоків, які можуть бути скинуті у водойми без порушення їхньої екологічної стійкості. Тому одним з головних завдань сталого водокористування є приведення темпів скиду забруднених стічних вод до розрахованої величини граничної асиміляційної ємності водних екосистем, цінність якої буде підвищуватися в міру перевищення стійких меж антропогенного навантаження.

4. Результати досліджень можуть бути використані у практиці збереження водних ресурсів для розробки та впровадження природоохоронних заходів, спрямованих на дотримання нормативних показників якості навколишнього середовища, збереження та раціонального використання водних екосистем.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Комплексна оцінка екологічного стану басейну Дніпра / В.Д. Романенко та ін.; К.: ІГБ НАН України, 2000. 102 с.
2. Водні ресурси та якість річкових вод басейну Південного Бугу / В.К. Хільчевський та ін.; К.: Ніка-Центр, 2009. 184 с.
3. Крайнюков О.М. Сучасний екологічний стан водних об'єктів басейну річки Сіверський Донець. Людина та довкілля. Проблеми неоекології. 2015. №3-4. С. 71-77.
4. Гідрохімічний режим та якість поверхневих вод басейну Дністра на території України / В.К. Хільчевський та ін.; К.: Ніка-Центр, 2013. 180 с.
5. Лозовіцький П.С., Лозовіцький А.П. Хімічний склад води річок Українського Полісся і екологічна оцінка їх якості. Водне господарство України. 2007. №5. С. 45-54.
6. Удод В.М., Вільдман І.А. Наукове обґрунтування використання показників асиміляційного потенціалу та асиміляційної ємності для екологічної оцінки стану гідроекосистем річок. Екологічна безпека. 2014. Вип. 1/2014 (17). С. 50-53.
7. Цепенда М.М. Господарська освоєність асиміляційного потенціалу річок басейну Середнього Дністра. Науковий вісник Волинського національного університету імені Лесі Українки. Географічні науки. 2012. №18. С. 28-35.
8. Cairns, Jr. J. (1999). Assimilative Capacity – the Key to Sustainable Use of the Planet. Journal of Aquatic Ecosystem Stress and Recovery, 6 (4), 259-263. Doi: 10.1023/A:1009902127556.
9. Chiejine, C.M., Igboanugo, A.C., Ezemonye, L.I.N. (2016). Diverse Approaches to Modelling the Assimilative Capacity of a Polluted Water Body. Nigerian Journal of Technology, 35 (1), 196-209. Doi: 10.4314/njt.v35i1.27.
10. Glasoe, S., Steiner, F., Budd, W., Young, G. (1990). Assimilative Capacity and Water Resource Management: Four Examples from the United States. Landscape and Urban Planning, 19 (1), 17-46. Doi: 10.1016/0169-2046(90)90033-X.
11. Hernandez, E., Uddameri, V. (2013). An Assessment of Optimal Waste Load Allocation and Assimilation Characteristics in the Arroyo Colorado River Watershed, TX along the US-Mexico border. Clean Technologies and Environmental Policy, 15, 617-631. Doi: 10.1007/s10098-012-0546-6.
12. Статистичний збірник «Довкілля України за 2017 рік» / ред. О.М. Прокопенко. К.: Державна служба статистики України, 2018. 225 с.
13. Вишневський В.І. Гідрологічні характеристики річок України / В.І. Вишневський, О.О. Косовець. К.: Ніка-Центр, 2003. 324 с.
14. Коронкевич Н.И. Водный баланс Русской равнины и его антропогенные изменения. М.: Наука, 1990. 205 с.

Стаття надійшла до редакції 01.02.2019 і прийнята до друку після рецензування 19.02.2019

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Romanenko, V. D. (2000). *Kompleksna ocinka ekologichnogo stanu basejnu Dnipra*. Kyiv: IGB NAN Ukrayini (in Ukrainian).
2. Hilchevskij, V. K. (2009). *Vodni resursi ta yakist richkovih vod basejnu Pivdennogo Bugu*. Kyiv: Nika-Center (in Ukrainian).

3. Krajnyukov, O. M. (2015). Suchasnij ekologichnij stan vodnih ob'yektiv basejnu richki Siverskij Donec. *Lyudina ta dovkillya. Problemi neoekologiyi*, (3-4), 71-77 (in Ukrainian).
4. Hilchevskij, V. K. (2013). *Gidrohimichnij rezhim ta yakist poverhnevih vod basejnu Dnistra na teritoriyi Ukrayini*. Kyiv: Nika-Center (in Ukrainian).
5. Lozovickij, P. S., & Lozovickij, A. P. (2007). Himichnij sklad vodi richok Ukrayinskogo Polissya i ekologichna ocinka yih yakosti. *Vodne gospodarstvo Ukrayini*, (5), 45-54 (in Ukrainian).
6. Udod, V. M., & Vildman, I. A. (2014). Naukove obgruntuvannya vikoristannya pokaznikiv asimilyacijnogo potencialu ta asimilyacijnoyi yemnosti dlya ekologichnoyi ocinki stanu gidroekosistem richok. *Ekologichna bezpeka*, *1*(17), 50-53 (in Ukrainian).
7. Cependa, M. M. (2012). Gospodarska osvoyenist asimilyacijnogo potencialu richok basejnu Serednogo Dnistra. *Naukovij visnik Volinskogo nacionalnogo universitetu imeni Lesi Ukrayinki. Geografichni nauki*, (18), 28-35 (in Ukrainian).
8. Cairns, Jr. J. (1999). Assimilative Capacity – the Key to Sustainable Use of the Planet. *Journal of Aquatic Ecosystem Stress and Recovery*, *6*(4), 259-263. doi: 10.1023/A:1009902127556.
9. Chiejine, C., Igboanugo, A., & Ezemonye, L. (2015). Diverse approaches to modelling the assimilative capacity of a polluted water body. *Nigerian Journal Of Technology*, *35*(1), 196. doi: 10.4314/njt.v35i1.27
10. Glasoe, S., Steiner, F., Budd, W., & Young, G. (1990). Assimilative Capacity and Water Resource Management: Four Examples from the United States. *Landscape and Urban Planning*, *19*(1), 17-46. doi: 10.1016/0169-2046(90)90033-X.
11. Hernandez, E., & Uddameri, V. (2013). An Assessment of Optimal Waste Load Allocation and Assimilation Characteristics in the Arroyo Colorado River Watershed, TX along the US-Mexico border. *Clean Technologies and Environmental Policy*, (15), 617-631. doi: 10.1007/s10098-012-0546-6.
12. Prokopenko, O. M. (Ed.). (2018). *Statistichnij zbirnik «Dovkillya Ukrayini za 2017 rik»*. Kyiv: Derzhavna sluzhba statistiki Ukrayini (in Ukrainian).
13. Vishnevskij, V. I., & Kosovec, O. O. (2003). *Hydrological characteristics of the rivers of Ukraine*. Kyiv: Nika-Center (in Ukrainian).
14. Koronkevich, N. I. (1990). *The water balance of the Russian Plain and its anthropogenic changes*. Moscow: Nauka (in Russian).

The article was received 01.02.2019 and was accepted after revision 19.02.2019

Кулікова Дар'я Володимирівна
кандидат технічних наук, доцент кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища Національного технічного університету "Дніпровська політехніка"
Адреса робоча: 49005 Україна, м. Дніпро, проспект Дмитра Яворницького, 19
тел. 097 571 4553 ***e-mail****: kisaalisa@i.ua*
ORCID ID: 0000-0003-0874-0188

Юрченко Аннета Анатоліївна
доцент, кандидат технічних наук, доцент кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища Національного технічного університету "Дніпровська політехніка"
Адреса робоча: 49005 Україна, м. Дніпро, проспект Дмитра Яворницького, 19
тел. 067 637 5302 ***e-mail****: anneta2904@ukr.net*
ORCID ID: 0000-0002-6074-0145