

УДК 504.5:628.3(282.247.32)

DOI <https://doi.org/10.32851/wba.2020.2.20>

МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ ОЦІНКИ ВПЛИВУ МІСЬКИХ СТІЧНИХ ВОД НА ЯКІСТЬ РІЧКИ ДНІПРО

Скок С.В. – к.с.-г.н.,

Херсонський державний аграрно-економічний університет,
skok_sv@ukr.net

Проблема інтенсивного забруднення водних екосистем зливовими та каналізаційними стічними водами в умовах низького рівня забезпеченості водними ресурсами є актуальним завданням для здійснення систематичного контролю допустимого рівня антропогенного навантаження на поверхневі води. Ступінь впливу стічних вод на якість річки Дніпро у зоні дії міста Херсон визначався за показниками навантаження стічних вод (перевищення рівня забруднення відносно ГДК) та за показниками просторового розподілу забруднюючих речовин на відстані 100 м, 300 м, 500 м, 1000 м від місця скиду стічних вод. Комплексна оцінка якості гідроекосистеми Дніпра здійснювалася за індексним методом, згідно якого річкова вода характеризувалася як «надзвичайно брудна» – «брудна». Встановлено залежність рівня впливу стічних вод від сезону року. У літній період за органолептичним, санітарним, санітарно-токсикологічним станом антропогенний вплив на ділянках 100 м, 300 м, 500 м оцінений від «занадто-високого» до «високого». Згідно кількісної оцінки антропогенного впливу на екосистему Дніпра за величиною середньорічного стоку хімічних речовин на відстані 1000 метрів нижче скиду стічних вод спостерігалася збільшення мінералізації на 24 %, хлоридів – 38 %, азоту амонійного – 154 %, нітратів – 20 %, нітритів – 44 %, фосфатів – 31 %, кальцію – 22 %, магнію – 26 %, завислих речовин – 32 %. Рівень небезпеки антропогенного тиску на досліджувану водну екосистему за показником середньої забрудненості стічних вод ($IP=0,27$) та за показником впливу забруднених стічних вод на річковий стік ($IW=33,6$) оцінений як небезпечний. Внаслідок просторово-часового розподілу полутантів виявлені зони забруднення на ділянках 100 м, 300 м, 500 м, 1000 м нижче скиду зливових та каналізаційних стічних вод. Для зменшення антропогенного навантаження на гідроекосистему Дніпра запропоновані методи організованого управління стічними водами та систематичної комплексної оцінки рівня їх негативного впливу.

Ключові слова: антропогенне навантаження, гідроекосистема, урбанізована територія, індексний метод, балансовий метод, лімітуюча ознака шкідливості, оцінка рівня впливу стічних вод.

Постановка проблеми. Інтенсивний розвиток суспільства призвів до високого рівня антропогенного навантаження на поверхневі води, що спричинило зниження їх потенціалів до самоочищення та асиміляції. При цьому виникає порушення умов формування стоку та водного режиму, водності річок, зменшується видовий склад гідробіонтів.

Найбільший негативний вплив на водні екосистеми виникає при безповоротному водозаборі на потреби промисловості, питного водопостачання, сільського господарства та потраплянні забруднених стічних вод до акваторій водойм і водотоків.

Особливо актуальна проблема забруднення водних екосистем стічними водами антропогенного походження для південних урбанізованих територій, де спостерігається низький рівень забезпеченості водними ресурсами. Найбільш інтенсивним фактором урбаністичного впливу на якісний стан гідроекосистеми Дніпра є каналізаційні скиди стічних вод та поверхневий стік води із селітебних територій і сільськогосподарських угідь. Незадовільний технічний стан очисних споруд, використання неефективних застарілих технологій і методів очистки стічних вод, призводять до щорічного надходження у акваторію р. Дніпро близько 637 млн. м³ забруднених стоків. Внаслідок цього погіршуються якісні показники гідроекосистеми, знижується її водогосподарське та рекреаційне значення, відбувається порушення екологічної рівноваги водних ресурсів. Тому виникає необхідність розробки нових режимів мінімізації надходження стічних вод до поверхневих вод, підвищення інформативності і контролю рівня антропогенного навантаження на основі здійснення екологічної оцінки якості поверхневих вод та оцінки впливу стоків на поверхневі води.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Оцінка якості поверхневих вод має важливе значення для охорони, раціонального використання водних ресурсів та індикації стану навколишнього середовища в межах водозбірних територій. У своїх наукових дослідженнях Пічура В.І. [1-5] запропонував теоретико-методологічне обґрунтування басейнової організації природокористування на основі позиційно-динамічних, адаптивно-ландшафтних, геосистемних принципів, розробив та апробував авторську методологію та методики дослідження басейнових ландшафтних структур і представив результати оцінки екологічного стану й комплексного великомасштабного просторово-часового моделювання ситуації в басейні Дніпра.

Основними нормативними документами, відповідно до яких регулюється якість питної води та визначаються методи її контролю на території України, є ДСТУ 4808:2007 «Джерела централізованого питного водопостачання. «Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання» та ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною». Через втрату чинності СанПіНу 4630-88 «Санітарні правила і норми охорони поверхневих вод від забруднення» розроблений проєкт «Державні санітарні норми та правила охорони поверхневих водойм», у якому визначається якість води для

питних потреб, рекреаційного водокористування та встановлені вимоги до санітарної охорони водойм при скиді в них стічних вод населених пунктів.

На сьогодні нормування якості водних об'єктів здійснюється з використанням кількісних показників гранично допустимих концентрацій (ГДК), які є екологічно неефективними через орієнтацію на вимоги до якості вод конкретного водокористувача без врахування збереження структури та функціональних особливостей гідроекосистеми [6]. Тому згідно із результатами наукових досліджень М.О. Клименка [7], оцінка якісного стану поверхневих водних об'єктів повинна здійснюватися за екологічними нормативами, які визначають гранично-допустимі норми антропогенного впливу на гідроекосистеми; санітарно-гігієнічними, орієнтовані на збереження здоров'я населення та водогосподарськими нормативами, направлені на нормування якості води для питного, культурно-побутового, рекреаційного, рибогосподарського, промислового, сільськогосподарського водокористування.

З урахуванням Євроінтеграційної спрямованості України щодо охорони, покращення, відтворення якісного стану гідроекосистем, забезпечення нормативної якості води та інтегрованого управління водними ресурсами у 2012 році розроблена проектна методика «Екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями». Однак, відсутність у методиці опису рибогосподарських ГДК, ефекту сумарної дії речовин, обмежений перелік показників, неврахування зміни максимального індексу показника якості залежно кратності перевищення ГДК, визначає недосконалість запропонованої методики [8].

Відсутність єдиного збалансованого підходу у визначенні якості поверхневих вод обумовлює необхідність у розробці нової методики оцінки забруднення та екологічного стану водотоків та водойм. Тому вченими постійно удосконалюється та модернізується методологія і методики системного оцінювання показників якості вод відповідно до вимог Європейського Союзу.

Вчений Удод В.М. [9] пропонує удосконалення методики оцінювання стану поверхневих вод шляхом здійснення екологічної оцінки стану гідроекосистем на основі системного принципу їх розвитку та системи критичних навантажень природних та антропогенних факторів із використанням геоінформаційних технологій.

З наукових позицій Васенка О.Г. і Рибалова О.В. [10] основні фактори впливу на якісний стан річок повинні визначатися методом багатфакторного кореляційно-регресійного аналізу показників середньорічної температури, кількості річних опадів, витрати води в річці, скидів стічних вод і гідрохімічних параметрів. За результатами дослідженнями авторів найбільший вплив на якість річок здійснюють скиди стічних вод та температура повітря.

За даними Ушакової О.І. [11] найефективнішим методом в оцінці екологічного стану поверхневих вод є метод регресійного аналізу на основі однофакторної поліноміальної моделі, який дозволяє спрогнозувати якісні показники водойм і водотоків, вчасно прийняти заходи щодо покращення стану водних об'єктів.

Оцінка якості поверхневих вод ускладнюється тим, що показники забруднення водних ресурсів формуються за попередні роки, тому згідно досліджень Яцика А.В. [12] доцільно використовувати орієнтовну екологічну оцінку якості поверхневих вод на початкових стадіях проектування будівництва гідротехнічних споруд і підприємств, які можуть негативно вплинути на стан водної екосистеми.

Для здійснення нормування загальної кількості перевищень ГДК та загальної тривалості періодів забруднення вод Юрасов С.М., Кур'янова С.О. розробили власну методику оцінки якості поверхневих вод «Оцінка якості вод за санітарними і рибогосподарськими нормами та її вдосконалення» [13], у якій враховані рибогосподарські ГДК; всі гідрохімічні показники; ефект сумарної дії негативного антропогенного впливу на стан водних ресурсів; узагальнене співвідношення значень показників якості вод з їх ГДК.

Постановка завдання. Оцінити вплив стічних вод на просторово-часові зміни якості поверхневих вод річки Дніпро за системою діючих методик.

Методи дослідження. Рівень впливу стічних вод на якість річки Дніпро у зоні дії Херсонської урбосистеми визначався на основі системного аналізу та інтегративного підходу (рисунок 1).

Оцінку якісного стану гідроекосистеми Дніпра здійснено за показниками навантаження поверхневих стічних вод (перевищення рівня забруднення відносно ГДК) і закономірностей просторового розподілу поллютантів вниз за течією на відстані 100 м, 300 м, 500 м, 1000 м від місця скиду стічних вод.

Просторово-часові зміни показників якості води розраховано за індексом забруднення води (ІЗВ) відповідно до класифікації: I – дуже чиста ($ІЗВ \leq 0,3$); II – чиста ($0,3 < ІЗВ \leq 1$); III – помірно забруднена ($1 < ІЗВ \leq 2,5$); IV – забруднена ($2,5 < ІЗВ \leq 4$); V – брудна ($4 < ІЗВ \leq 10$); VII – надзвичайно брудна ($ІЗВ > 10$).

Ступінь забруднення води визначено відповідно до критеріїв шкідливості, за групами хімічних речовин і специфічних показників якості води [14]:

- критерій санітарного режиму (W_c) враховує розчинений кисень, БСК₅, ХПК і специфічні забруднення, що нормуються за впливом на санітарний режим;



Рис. 1. Методична схема дослідження впливу каналізаційно-поверхневих стоків урбосистеми міста Херсон на стан гідроекосистем річок

- критерій органолептичних властивостей (W_{ϕ}) враховує запах, завислі речовини, ХПК і специфічні забруднення, що нормуються за органолептичною ознакою шкідливості;
- епідеміологічний критерій (W_e) враховує небезпеку мікробного забруднення;
- критерій небезпеки санітарно-токсикологічного забруднення (W_{cm}) враховує ХПК і специфічні забруднення, що нормуються за санітарно-токсикологічною ознакою.

Комплексна оцінка ступеню забруднення річки Дніпро за органолептичним, санітарним, санітарно-токсикологічним, епідеміологічним станами визначалася для кожної лімітуючої ознаки шкідливості (ЛОШ) за формулами:

$$W = 1 + \frac{\sum_{i=1}^n (\delta_i - 1)}{n}; \quad (1)$$

$$\delta_i = \frac{c_i}{N_i}, \quad (2)$$

де W – комплексна оцінка рівня забруднення води за даною ЛОШ;
 n – кількість показників, що використовуються для розрахунків;
 N_i – нормативне значення одиничного показника ($N_i = ГДК_i$);

δ_i – кратність перевищення фактичної концентрації i -го інгредієнта у воді (c_i) до нормативного значення одиничного показника.

Якщо $\delta_i < 1$, тобто концентрація менше нормативної, то приймається $\delta_i = 1$. Комплексна оцінка рівня забруднення акваторії водотоку здійснювалася за градаційною шкалою отриманих числових значень показників (таблиця 1).

Таблиця 1. Ступінь забруднення водойм залежно за комплексним показником W

Рівень забруднення	Критерій забруднення за величинами комплексних оцінок			
	Органолептичний (W_ϕ)	Санітарний режим (W_c)	Санітарно-токсикологічний (W_{cm})	Епідеміологічний (W_e)
Допустимий	1	1	1	1
Помірний	1,0 – 1,5	1,0 – 3,0	1,0 – 3,0	1,0 – 10,0
Високий	1,5 – 2,0	3,0 – 6,0	3,0 – 10,0	10,0 – 100,0
Занадто високий	> 2,0	> 6,0	> 10,0	> 100,0

Для кількісної оцінки антропогенного впливу використано балансовий метод розрахунку просторово-часового розподілу політантів на ділянці річки у зоні дії урбосистеми. Кількісний баланс визначався за формулою [15]:

$$\Delta G = G_B - G_H, \quad (4)$$

де ΔG – кількісна оцінка впливу міста;

G_B – хімічний стік речовин, що надходять через верхній (фоновий) створ, тонн.

G_H – хімічний стік речовин через нижній створ, тонн.

У кожному із обраних створів обчислювали стік розчинених речовин за формулою:

$$G = W \times C, \quad (5)$$

де G – хімічний стік досліджуваної речовини, тонн;

W – об'єм водного стоку m^3 ;

C – концентрація речовини mg/m^3 .

Оцінка ступеня антропогенного навантаження на поверхневі води, внаслідок діяльності підприємств промисловості, житлово-комунального і сільського господарства здійснено за показником середньої забрудненості стічних вод (IP) [16]:

$$IP = \frac{VP}{VS}, \quad (6)$$

де VP – обсяг забруднюючих речовин, які скидаються у водні об'єкти, тис. т;

VS – обсяг стічних вод, які скидаються у водні об’єкти, тис. м³.

Показник впливу забруднених стічних вод на річковий стік (IW) розраховано за формулою:

$$IW = \frac{1000 * VCS}{RM}, \quad (7)$$

де VCS – обсяг забруднених стічних вод, які скидаються у водні об’єкти, млн м³;

RM – річковий стік в середній за водністю рік, тис. м³.

Усі показники є безрозмірними, приведені до середньої загальнодержавної величини відповідних класів водних екосистем таблиця 2.

Таблиця 2. Ступінь антропогенного навантаження на водні екосистеми

Клас	Значення показника антропогенного тиску	Рівень небезпеки антропогенного тиску на водні екосистеми
1	0,01–0,40	Незначний тиск
2	0,41–0,80	Підвищений тиск
3	0,81–1,00	Значний тиск
4	1,01–1,80	Високий тиск
5	>1,80	Небезпечний тиск

Здійснено оцінку екологічного стану поверхневих вод Дніпра та визначено рівень небезпеки антропогенного навантаження в зоні впливу урбанізованої території міста Херсон.

Результати дослідження та їх обговорення. Урбосистеми є потужними джерелами впливу на якісний стан водних ресурсів, що проявляється у скиді зливових стоків, стічних каналізаційно-побутових та промислових вод.

Поверхневий стік в межах міста утворюється за рахунок атмосферних опадів, сприяє розчиненню та механічному переміщенню природних і техногенних забруднювачів до річної акваторії. Рівень впливу зливових стоків на р. Дніпро в межах приміської акваторії визначається гідрохімічним складом і концентрацією мінерально-органічних компонентів. Швидкість винесення забруднюючих речовин залежить від величини і разового обсягу опадів, сумарного розміру твердого покриття території та від крутизни схилів. Чим вищий рівень цих показників, тим значущим буде обсяг зливогого стоку та його міграційна швидкість, що впливають на гідрохімічні характеристики зливогого стоку.

У просторовому відношенні зливовий стік із різних ділянок міста має певні відмінності, які визначено характером поверхні, рівнем та орієнтацією нахилу, щільністю забудови та інтенсивністю опадів. Частина міста, дороги і тротуари, якої вкриті бруківкою та асфальтом, високий

рівень покритої площі в зоні щільної забудови будівлями середньої етажності (87 %) сприяють швидкому утворенню достатнього обсягу потоку, в результаті випадання атмосферних опадів 7 мм за один раз. У результаті ухилу рельєфу місцевості урбосистеми в бік Дніпра, поверхневі стоки через 20-28 хвилин потрапляють до річки. При інтенсивних літніх зливах потоки води переповнюють колектори, затоплюють дорожні проїзди і стікають поверх асфальтованого покриття вулиць, орієнтованих в сторону прибережних схилів.

У період інтенсивних дощів навесні зростає концентрація мінеральних та органічних речовин, які вимиваються із штучних покриттів міста.

Низька організація перехвату та переправлення поверхневих стоків в межах міста Херсон посилює проблему забруднення досліджуваної водної екосистеми. Відведення зливових стічних вод з міської селітебної території відбувається за допомогою дощозбірників каналізаційної системи, що розташовані уздовж автомобільних доріг. В результаті випадання дощів, забруднюючі речовини розчиняються у зливових стоках та потрапляють до річки Дніпро без жодної очистки. Особливо небезпечними є кислотні опади, які утворюються в результаті перенесення забруднюючих речовин повітряними масами із промислово розвинених регіонів до водних ресурсів, що обумовлює підкислення річки, зростання концентрації у воді рухомих форм важких металів та погіршення життєдіяльності гідробіонтів.

Окрім поверхневих стічних вод, джерелом впливу на води Дніпра є систематичні скиди каналізаційних побутових та промислових вод. Їх водовідведення із території м. Херсон здійснюється самотічно каналізаційною системою міста об'ємом 50 тис. м³ на добу. Каналізаційні води проходять етапи механічної, біологічної очистки на очисних спорудах потужністю до 250 тис.м³ на добу.

У результаті досліджень встановлено, що середньодобові обсяги вмісту мінералізованих речовин, які потрапляють до природних водойм разом із скидом очищених каналізаційних вод складають 58,5 тонн. Доведено, що в осінній період вміст сухого залишку у стічній воді (солі, ґрунтово-піщані компоненти та біогенно-детритні частки) в 1,4 рази менший ніж в літній період. Це зумовлено сезонними змінами гідрохімічних властивостей каналізаційних стоків, які залежать від обсягу використання води у господарсько-побутовій діяльності населення.

Незважаючи на достатній рівень очистки стічних вод 50–95 %, очищені стоки містять вторинно-забруднюючі речовини, які перевищують значення ГДК для потреб рибогосподарського призначення в 4 рази. Потрапляючи до річкового водотоку політанти включаються в місцеві біотичні цикли кругообігу речовин, порушують гомеостаз гідробіонтів [17].

Для здійснення комплексної оцінки екологічного стану річки Дніпро та встановлення просторово-часових змін показників якості водної екосистеми було застосовано індексний метод (таблиця 3).

Таблиця 3. Оцінка якості води на різних ділянках акваторії Нижнього Дніпра

Місце взяття проб		Оцінка якості					
		Для рибогосподарських цілей			Для культурно-побутових потреб		
		Значення ІЗВ	Клас якості	Характеристика	Значення ІЗВ	Клас якості	Характеристика
Весна	Річна вода за 100 м	13,32	7	Надзвичайно брудна	1,9	3	Помірно забруднена
	Річна вода за 300 м	4,4	5	Брудна	1,02	3	Помірно забруднена
Літо	Річна вода за 100 м	12,46	7	Надзвичайно брудна	2,02	3	Помірно забруднена
	Річна вода за 300 м	7,43	6	Дуже брудна	1,55	3	Помірно забруднена
Осінь	Річна вода за 100 м	8,7	6	Дуже брудна	1,77	3	Помірно забруднена
	Річна вода за 300 м	7,44	6	Дуже брудна	1,56	3	Помірно забруднена
Зима	Річна вода за 100 м	7,7	6	Дуже брудна	1,57	3	Помірно забруднена
	Річна вода за 300 м	4,1	5	Брудна	0,96	2	Чиста

Встановлено, що розподіл впливу поверхневих стоків міста Херсон на акваторію р. Дніпро для рибогосподарського призначення за значеннями ІЗВ відповідає класам: 100-метровій зоні «дуже брудна» – «надзвичайно брудна»; 300-метровій зоні «брудна» – «дуже брудна» [18].

З урахуванням визначення рівня впливу зливових стоків на стан якості річки Дніпро була проведена комплексна оцінка забруднення водотоку (таблиця 4).

Встановлено, що ступінь впливу поверхневих стоків на забруднення гідроєкосистеми Дніпра залежить від сезону року.

Найбільший рівень забруднення за комплексним показником, який характеризує органолептичний, санітарний, санітарно-токсикологічний та епідеміологічний стани річки Дніпро спостерігається влітку, найменше – в зимовий період року.

Рівень забруднення водотоку у місці скиду каналізаційних вод та на відстані 500 метрів від скиду стічних вод характеризувався за санітарним, санітарно-токсикологічним та епідеміологічним станом як «помірний», за органолептичним – «високий» (таблиця 5).

Таблиця 4. Комплексна оцінка рівня забруднення річки Дніпро за показником W

Сезони та місце взяття проб		W	Критерій забруднення за величинами комплексних оцінок			
			Органо-лептичний (W_{ϕ})	Санітарний режим (W_c)	Санітарно-токсикологічний (W_{cm})	Епідеміологічний (W_e)
Весна n=23	Кінцеві ділянки колектору	60,4	Занадто високий	Занадто високий	Занадто високий	Високий
	Річна вода за 100 м	6,2	Занадто високий	Занадто високий	Високий	Помірний
	Річна вода за 300 м	3,18	Занадто високий	Занадто високий	Високий	Помірний
Літо n=30	Кінцеві ділянки колектору	70,1	Занадто високий	Занадто високий	Занадто високий	Високий
	Річна вода за 100 м	6,3	Занадто високий	Занадто високий	Високий	Помірний
	Річна вода за 300 м	4,7	Занадто високий	Високий	Високий	Помірний
Осінь n=17	Кінцеві ділянки колектору	41,6	Занадто високий	Занадто високий	Занадто високий	Високий
	Річна вода за 100 м	5,5	Занадто високий	Високий	Високий	Помірний
	Річна вода за 300 м	4,7	Занадто високий	Високий	Високий	Помірний
Зима n=10	Кінцеві ділянки колектору	40,7	Занадто високий	Занадто високий	Занадто високий	Високий
	Річна вода за 100 м	4,9	Занадто високий	Високий	Високий	Помірний
	Річна вода за 300 м	1,15	Помірний	Помірний	Помірний	Помірний

Високий рівень забруднення поверхневих вод за органолептичними показниками свідчить про наднормативний вміст біогенних речовин та фосфатів у воді, які являються основними факторами утворення антропогенної евтрофікації водних мас річки Дніпро.

Причиною цього є масове використання фосфатомісних миючих засобів у побуті, промисловості та низькі технологічні можливості очищення стічних вод від фосфатів на міських очисних спорудах.

Унаслідок високого вмісту фосфатів підвищується каламутність, знижується прозорість води та рівень насичення киснем.

Зменшення швидкості течій, інтенсивності турбулентного перемішування, водообміну, поява до 40 % застійних зон з інтенсивним замулюванням русла призводять до масового розмноження ціанобактерій, які знижують склад промислово цінних видів риб та їх природну кормову базу.

Таблиця 5. Комплексна оцінка рівня забруднення річки Дніпро за показником W

Місце взяття проб	W	Критерій забруднення за величинами комплексних оцінок			
		Органо-лептичний (W_{ϕ})	Санітарний режим (W_c)	Санітарно-токсикологічний (W_{cm})	Епідеміологічний (W_e)
Місце скиду стічних вод	2,14	Високий	Помірний	Помірний	Помірний
500 м від скиду каналізаційних вод	1,58	Високий	Помірний	Помірний	Помірний

Для встановлення кількісних змін водних ресурсів у зоні впливу урбанізованої території міста Херсон було визначено середньорічний стік хімічних речовин, який є важливим інтегрованим показником обміну речовини у водному середовищі (таблиця 6).

Таблиця 6. Середньорічний хімічний стік у зоні впливу міста Херсон, тис. тонн

Місце відбору проб	Мінералізація	Сульфати	Хлориди	Азот амонійний	АПАР	Нітрати	Нітриги	Фосфати	Кальцій	Магній	Завислі речовини
Річка Вірьовчина, 500 м вище місця скиду в Кошовій	1304	408,9	283,9	0,96	0,027	47,8	1,8	8,5	104	69,3	16,7
Річка Вірьовчина, 1000 м нижче місця скиду в Кошовій	1625	366,6	393,8	3,4	0,03	57,5	2,6	11,1	126,8	87,3	22,1
Хімічний баланс, ΔG	+321	-42,3	+110,8	+2,44	+0,003	+9,7	+0,8	+2,6	+22,8	+18	+5,4

Встановлено, що величина приросту стоку хімічних речовин нижче скиду стічних вод на відстані 1000 метрів становила за мінералізацією 124 %, хлоридами – 138 %, азоту амонійного – 254 %, нітратів – 120 %, нітригів – 144 %, фосфатів 131 %, кальцію – 122 %, магнію – 126 %, завислих речовин 132 %. Хімічний стік сульфатів зменшився на 10 %.

Збільшення кількості забруднюючих речовин на ділянках 1000 метрів від скиду каналізаційних вод свідчить про надходження додаткового забруднення політантів за рахунок поверхневого стоку із прилеглих територій.

Антропогенний вплив на водні ресурси р. Дніпро в зоні дії урбанізованої території міста Херсон здійснюється внаслідок скиду каналізаційних міських стічних вод. Показник середньої забрудненості стічних вод склав ($IP = 0,27$), що характеризує «підвищений» рівень небезпеки антропогенного тиску на гідроекосистему. За співвідношенням кількості стічних вод (18 млн. м³) та річного стоку Дніпра (53,5 млрд. м³), рівень впливу забруднених стічних вод на річковий стік оцінений як «небезпечний» ($IW = 33,6$).

Відповідно до просторово-часового розподілу поллютантів, які надходять з поверхнево-каналізаційними водами сформувалися зони забруднення (100 м, 300 м, 500 м 1000 м), що є причиною порушення природно-гідрологічних процесів самоочищення та саморегуляції вод у озерно-плавневих екосистемах ріки Дніпро. Зокрема, із збільшенням урбанізованості території дослідження, технічним зношенням каналізаційної системи, рівень антропогенного впливу на річкову екосистему буде зростати. Тому необхідним є розробка та реалізація адаптивних водоохоронних заходів щодо зменшення антропогенного навантаження на гідроекосистему Дніпра, що включає організацію управління стічними водами, застосування новітніх технологій очистки води, запровадження рециклінгу для промислового водокористування, здійснення прогнозу впливу стічних вод на екологічний стан гідроекосистеми Дніпра за кількісними та якісними показниками забруднення стічних вод.

Висновки. У результаті дослідження встановлено, що основними причинами забруднення гідроекосистеми ріки Дніпро є негативна дія скидних нормативно-очищених міських каналізаційних вод та неочищених зливових вод. Розподіл впливу поверхневих стоків міста Херсон на акваторію р. Дніпро для рибогосподарського призначення за значеннями ІЗВ відповідав класам: 100-метровій зоні «дуже брудна» – «надзвичайно брудна»; 300-метровій зоні «брудна» – «дуже брудна». За комплексною оцінкою якості поверхневих вод річки Дніпро встановлено високий рівень забруднення водної екосистеми в літній період року. Ступінь впливу каналізаційних вод на відстані 500 метрів від їх скиду оцінений за органолептичним станом як високий. Відповідно до розрахунку середньорічного хімічного стоку забруднюючих речовин встановлений їх приріст за мінералізацією – 124 %, хлоридами – 138 %, азоту амонійного – 254 %, нітратів – 120 %, нітритів – 144 %, фосфатів – 131 %, кальцію – 122 %, магнію – 126 %, завислих речовин 132 %. Доведено, що оцінка рівня навантаження стічних вод на гідроекосистему Дніпра за показником середньої забрудненості стічних вод ($IP = 0,27$) та показником впливу забруднених стічних вод на річковий стік ($IW = 33,6$) є «небезпечною». Тому першочерговою необхідністю є розробка та реалізація адаптивних водоохоронних заходів щодо зменшення антропогенного навантаження на гідроекосистему Дніпра.

METHODICAL ASPECTS OF THE EVALUATION OF THE IMPACT OF URBAN WASTEWATER ON THE DNIPRO RIVER QUALITY

*Skok S. V. – PhD in Agriculture,
Kherson State Agrarian and Economic University,
skok_sv@ukr.net*

The problem of intensive pollution of water ecosystems with storm water and sewage water under conditions of a low level of water supply is a topical task for performing systematic control over an acceptable rate of anthropogenic loading on surface water. The degree of the impact of sewage water on the Dnipro river quality in the area of Kherson was determined by the indexes of wastewater loadings (the excess of the pollution level with regard to the TLV) and by the indexes of the spatial distribution of pollutants at the distance of 100 m, 300 m, 500 m and 1000 m from the place of wastewater discharge. Complex evaluation of the quality of the Dnipro hydro-ecosystems was performed by an index method, the river water was characterized as “extremely polluted” – “polluted” according to this method.

We established the dependence of the level of wastewater impact on a season of the year. In summer the anthropogenic impact on the plots of 100 m, 300 m and 500 m was evaluated from “extremely high” to “high” by organoleptic, sanitary and sanitary-toxicological conditions.

According to the assessment of the anthropogenic impact on the Dnipro ecosystem by the value of the average outflow of chemical substances at the distance of 1000 meters below the discharge of wastewater, there was an increase in mineralization by 24 %, chlorides – by 38 %, ammonium nitrogen – by 154 %, nitrates – by 20 %, nitrites – by 44 %, phosphates – by 31 %, calcium – by 22 %, magnesium – by 26 % and suspended substances – by 32 %.

The hazard level of anthropogenic loading on the water ecosystem under study by the index of average wastewater pollution ($IP=0.27$) and by the index of the impact of polluted wastewater on the river outflow ($IW=33.6$) was evaluated as dangerous. The time and space distribution of the pollutants allowed identifying pollution zones on the plots of 100 m, 300 m, 500 m and 1000 m below the discharge of storm water and sewage water. In order to reduce anthropogenic loading on the Dnipro hydro-ecosystem, we suggest methods of methodical management of wastewater and systematic complex evaluation of the level of its negative impact.

Keywords: anthropogenic loading, hydro-ecosystem, urbanized territory, index method, balance method, limiting feature of harmfulness, evaluation of the level of wastewater impact.

ЛІТЕРАТУРА

1. Pichura V.I., Potravka L.A., Dudiak N.V., Skrypchuk P.M., Stratichuk N.V. Retrospective and Forecast of Heterochronal Climatic Fluctuations Within Territory of Dnieper Basin. *Indian Journal of Ecology*. 2019. Vol. 46 (2). P. 402–407.

2. Пічура В.І., Потравка Л.О. Удосконалення механізму організації природокористування на території басейну Дніпра. *Біоресурси і природокористування*. 2019. Том 11 (5-6). URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Bio/article/view/13441>.
3. Пічура В.І., Потравка Л.О. Методологія просторово-часової оцінки стану екосистеми басейнів річок і організації раціонального природокористування. *Водні біоресурси та аквакультура*. 2019. № 2. С. 144–174.
4. Пічура В.І. Басейнова організація природокористування на водозбірній території транскордонної річки Дніпро. Херсон: «ОЛДІ-ПЛЮС», 2020. 380 с.
5. Пічура В.І. Атлас екологічного стану басейну ріки Дніпро. Херсон: «ОЛДІ-ПЛЮС», 2020. 36 с.
6. Юрасов С.М., Кур'янова, С.О., Юрасов М.С. Комплексна оцінка якості вод за різними методиками та шляхи її вдосконалення. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2009. № 5. С. 42–53.
7. Клименко М.О., Вознюк К.М., Вербецька К.Ю. Порівняльний аналіз нормативів якості поверхневих вод. *Наукові доповіді НУБіП*. 2012. № 8 (30). URL: [//www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2012_1/12kmo.pdf](http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2012_1/12kmo.pdf).
8. Скиба В.П., Вознюк В.М. Екологічна оцінка якості поверхневих вод р. Молочна. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України (біологія, біотехнологія, екологія)*. 2018. Вип. 287. С. 33–43.
9. Удод В.М., Трофімович В.В., Яців М.Ю. Екологічні критерії оцінки якості води гідроекосистем на прикладі водозбірного басейну р. Прут. *Екологічна безпека та природокористування*. 2010. Вип. 5. С. 84–93.
10. Васенко О.Г., Рибалова О.В., Козловська О.В. Аналіз значимих факторів впливу на якісний стан вод річки Оскіл (Україна). *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2016. № 3/10 (81). С. 48–55.
11. Ушакова І.О., Попов К.І. Аналіз існуючих методик оцінки якості водних ресурсів. *Системи обробки інформації*. 2013. Випуск 6 (113). С. 310–313.
12. Яцик А.В., Гопчак І.В., Басюк Т.О. Екологічна оцінка якості поверхневих вод річки Рось. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Сер. : Сільськогосподарські науки*. 2013. Вип. 2. С. 79–86. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vnugvp_sg_2013_2_11/.
13. Юрасов С.М., Кур'янова С.О. Оцінка якості вод за санітарними і рибогосподарськими нормами та її вдосконалення на прикладі Кілійського гирла Дунаю. *Географічні науки*. № 8 (48). 2017. С. 10–14.

14. Войтенко Л.В., Копілевич В.А., Строкаль М.П. Концепція інтегральної оцінки якості води для різних видів водоспоживання з використанням функції бажаності Харрінгтона. *Біоресурси і природокористування*. 2015. Том 7. № 1-2. С. 25–36.
15. Осадчий В.І., Осадча Н.М., Мостова Н.М. Вплив урбанізованих територій на формування хімічного складу поверхневих вод басейну Дніпра. *Наук. пр. УкрНДДГМІ*. 2002. Вип. 250. С. 242–261.
16. Інтегральні та комплексні оцінки стану навколишнього природного середовища: монографія / О.Г. Васенко, О.В. Рибалова, С.Р. Артем'єв, та ін. Харків: НУГЗУ, 2015. 419 с.
17. Дудник С.В., Свтушенко М.Ю. Водна токсикологія: основні теоретичні положення та їхнє практичне застосування. Київ: Вид-во Українського фітосоціологічного центру, 2013. 297 с.
18. Pichura V., Potravka L., Skok S., Vdovenko N. Causal regularities of effect of urban systems on condition of hydro ecosystem of Dnieper river. *Indian Journal of Ecology*. 2020. 47(2).

REFERENCES

1. Pichura V.I., Potravka L.A., Dudiak N.V., Skrypchuk P.M., Strachuk N.V. (2019). Retrospective and Forecast of Heterochronal Climatic Fluctuations Within Territory of Dnieper Basin. *Indian Journal of Ecology*. Vol. 46 (2). 402–407.
2. Pichura V.I., Potravka L.O. (2019). *Udoskonalennja mehanizmu organizacii' pryrodokorystuvannja na terytorii' basejnu Dnipro* [Improving the mechanism of nature management in the Dnieper basin]. *Bioresursy i pryrodokorystuvannja* Vol. 11 (5-6). URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Bio/article/view/13441>. [in Ukrainian].
3. Pichura V.I., Potravka L.O. (2019). *Metodologija prostorovo-chasovoi' ocinky stanu ekosystemy basejniv richok i organizacii' racional'nogo pryrodokorystuvannja* [Methodology of spatial-temporal assessment of the state of the river basin ecosystem and the organization of rational nature management]. *Vodni bioresursy ta akvakul'tura*. Vol. 2, 144–174. [in Ukrainian].
4. Pichura V.I. (2020). *Basejnova organizacija pryrodokorystuvannja na vodozbirnij terytorii' transkordonnoi' richky Dnipro* [Basin organization of nature use on the catchment area of the Dnieper transboundary river]. Kherson: «OLDI-PLJuS». [in Ukrainian].
5. Pichura V.I. (2020). *Atlas ekologichnogo stanu basejnu riky Dnipro* [Atlas of the ecological condition of the Dnieper river basin]. Kherson: «OLDI-PLJuS». [in Ukrainian].

6. Jurasov S.M., Kur'janova, S.O., Jurasov M.S. (2009). *Kompleksna ocinka jakosti vod za riznymi metodykamy ta shljahy i'i' vdoskonalennja* [Comprehensive assessment of water quality by different methods and ways to improve]. *Ukrai'ns'kyj gidrometeorologichnyj zhurnal*, no. 5, 42–53. [in Ukrainian].
7. Klymenko M.O., Voznjuk K.M., Verbec'ka K.Ju. (2012). Porivnjal'nyj analiz normatyviv jakosti poverhnevnyh vod [The Comparative analysis of surface water quality standards]. *Naukovi dopoviddi NUBiP*. No 8 (30). URL://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2012_1/12kmo.pdf. [in Ukrainian].
8. Skyba V.P., Voznjuk V.M. (2018). *Ekologichna ocinka jakosti poverhnevnyh vod r. Molochna* [Ecological assessment of the surface water quality of the Molochna River]. *Naukovyj visnyk Nacional'nogo universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannja Ukrai'ny (biologija, biotehnologija, ekologija)*, Vol. 287, pp. 33–43. [in Ukrainian].
9. Udod V.M., Trofimovych V.V., Jaciv M.Ju. (2010). *Ekologichni kryterii' ocinky jakosti vody gidroekosystem na prykladi vodozbirnogo basejnu r. Prut* [Ecological criteria for water quality assessment of hydroecosystems on the example of the Prut river basin]. *Ekologichna bezpeka ta pryrodokorystuvannja*, Vol. 5, pp. 84–93. [in Ukrainian].
10. Vasenko O.G., Rybalova O.V., Kozlovs'ka O.V. (2016). *Analiz znachymykh faktoriv vplyvu na jakisnyj stan vod richky Oskil (Ukrai'na)* [Analysis of significant factors influencing the quality of the waters of the Oskil River (Ukraine)]. *Vostochno-Evropejskyj zhurnalпередових tehnologij*, no. 3/10 (81), pp. 48–55. [in Ukrainian].
11. Ushakova I.O., Popov K.I. (2013). *Analiz isnujuchykh metodyk ocinky jakosti vodnyh resursiv* [Analysis of existing methods for assessing the quality of water resources]. *Systemy obrobky informacii'*, Vol. 6 (113), pp. 310–313. [in Ukrainian].
12. Jacyk A.V., Gopchak I.V., Basjuk T.O. (2013). *Ekologichna ocinka jakosti poverhnevnyh vod richky Ros'* [Ecological assessment of surface water quality of the Ros River]. *Visnyk Nacional'nogo universytetu vodnogo gospodarstva ta pryrodokorystuvannja. Ser.: Sil's'kogospodars'ki nauky*, Vol. 2, pp. 79–86. [in Ukrainian].
13. Jurasov S.M., Kur'janova S.O. (2017). *Ocinka jakosti vod za sanitarnymi i rybogospodars'kymy normamy ta i'i' vdoskonalennja na prykladi Kilijs'kogo gyrla Dunaju* [Assessment of water quality according to sanitary and fishery standards and its improvement on the example of the Kiliya estuary of the Danube]. *Geografichni nauky*, no. 8, pp. 10–14. [in Ukrainian].
14. Vojtenko L.V., Kopilevych V.A., Strokal' M.P. (2015). *Koncepcija integral'noi' ocinky jakosti vody dlja riznyh vydiv vodospozhyvannja z vykorystannjam funkcii' bazhanosti Harringtona* [The concept of integrated

- water quality assessment for different types of water consumption using the Harrington desirability function]. *Bioresursy i pryrodokorystuvannja*, Vol. 7, no. 1-2, pp. 25–36. [in Ukrainian].
15. Osadchij V.I., Osadcha N.M., Mostova N.M. (2002) *Vplyv urbanizovanyh terytorij na formuvannja himichnogo skladu poverhnevyyh vod basejnu Dnipra* [Influence of urbanized territories on the formation of the chemical composition of surface waters of the Dnieper basin]. *Nauk. pr. UkrNDGMI*. Vol. 250, pp. 242–261. [in Ukrainian].
 16. Vasenko O.G., Rybalova O.V., Artem'jev S.R. (2015). *Integral'ni ta kompleksni ocinky stanu navkolyshn'ogo pryrodnogo seredovyshha* [An integral and complex assessments of the state of the environment: a monograph]. Kharkiv: NUGZU. [in Ukrainian].
 17. Dudnyk S.V., Jevtushenko M. Ju (2013). *Vodna toksykologija: osnovni teoretychni polozhennja ta i'hnje praktychne zastosuvannja* [Water toxicology: the main theoretical provisions and practical measures]. Kyiv: Vyd-vo Ukrai'ns'kogo fitosociologichnogo centru. [in Ukrainian].
 18. Pichura V., Potravka L., Skok S., Vdovenko N. (2020). Causal regularities of effect of urban systems on condition of hydro ecosystem of Dnieper river. *Indian Journal of Ecology*. 47(2).