

УДК 502.51:[504.5:628.3](477.72)

DOI: 10.31395/2310-0478-2020-2-122-129



**С. В. Скок,**

кандидат с.-г. наук,

Херсонський державний аграрно-економічний університет (м. Херсон), Україна

E-mail: skok\_sv@ukr.net

## ВПЛИВ ЗЛИВОВИХ ТА КАНАЛІЗАЦІЙНИХ СТИЧНИХ ВОД НА ЯКІСТЬ РІЧКИ ДНІПРО В ЗОНІ ДІЇ ХЕРСОНСЬКОЇ УРБОСИСТЕМИ

*Інтенсивний розвиток урбанізації сприяє погіршенню якості водних ресурсів. Особливо небезпечними є скид забруднених зливових та каналізаційних стічних вод міст, які призводять до порушення екологічної рівноваги та самоочисної здатності гідроекосистем.*

*Встановлено закономірну послідовність залежних процесів впливу чинників на водне середовище у вигляді вхідних та вихідних параметрів міської системи. Виявлено, що основною загрозою для р.Дніпро є хімічний склад опадів, які з урахуванням схилової форми рельєфу формують поверхневий стік у напрямку водотоків міста Херсон. Часткове функціонування системи зливової каналізації вздовж дніпровського схилу, внаслідок ґрунтово-мулового її забруднення та вилучення з системи комунального господарства міста призводить до потрапляння зливових вод без жодної очистки до ріки Дніпро.*

*Визначено просторово та сезонно-залежні характеристики зливових стоків із ландшафтно різних ділянок території міста Херсон залежно від характеру і сумарного обсягу площ твердого водонепроникного покриття, нахилу поверхні, разової кількості опадів, специфіки міської забудови та рівня транспортного навантаження території.*

*Основними компонентами каналізаційного стоку є сухий залишок, вміст якого складає 30 г/л (ГДК 1 г/л), сформований мінеральними сполуками, солями, ґрунтово-піщаним компонентом та біогенно-детритними частками. Ступінь очистки за сухим залишком, вмістом сульфатів та хлоридів склав 95%, зумовлений невеликими обсягами каналізаційних вод, відсутністю потужних промислових та транспортних екологічно небезпечних об'єктів. На основі аналізу середньорічних рівнів гідрохімічного складу річкової води за основними показниками встановлено перевищення ГДК за мінералізацією (1,50 ГДК), хлоридами (1,24 ГДК), фосфатами (4,26 ГДК).*

*Екологічний стан та функціонування ріки Дніпро обумовлений природно-гідрологічними процесами часткового самоочищення та саморегуляції вод у озерно-плавневих екосистемах. Для покращення якості поверхневих вод Дніпра запропоновані природоохоронні заходи щодо організації управління системи відведення зливових та міських каналізаційних стічних вод та їх використання для зрошення сільськогосподарських культур з умовою попередньої доочистки.*

**Ключові слова:** урбанізація, міські системи, злизові стічні води, каналізаційні стічні води, гідроекосистема, індекс забруднення води.

**S.V. Skok,**

PhD of Science in Agriculture, Kherson State Agrarian and Economic University

### THE IMPACT OF STORM WATER AND SEWAGE WATER ON THE QUALITY OF THE DNIPRO-RIVER WITHIN THE AREA OF KHERSON URBOSYSTEM

*Intensive development of urbanization contributes to deterioration in the quality of water resources. Discharge of urban polluted storm water and sewage water causing disruption of ecological balance and self-cleansing potential of hydro-ecosystems is especially dangerous.*

*We established a regular sequence of dependent processes of the impact of the factors on the water environment as input and output parameters of the urban system. We found out that the chemical composition of precipitation forming the surface outflow towards the water flows of Kherson due to the sloping relief is a major threat for the Dnipro-river. Partial functioning of the system of sewage outflow along the Dnipro slope because of its sediment pollution and its removal from the system of the municipal economy of the town results in discharging untreated sewage water into the Dnipro river.*

*We determined spatially and seasonally dependent characteristics of the outflows from different landscapes of Kherson territory depending on the character and the total amount of the area with hard impervious surface, the surface slope, one-time amount of precipitation, the specificity of the town buildings and the level of transport loadings of the territory.*

*The main components of the sewage are dry remains, their content being 30 g/l (the threshold limit value (TLV) is 1 g/l), formed by mineral compounds, salts, soil and sand components and biogenic-detritus particles. The degree of treatment by the dry remains, the content of sulphates and chlorides was 95%, caused by small volumes of sewage water, the lack of powerful industrial and transport environmentally hazardous objects. The analysis of the average annual levels of the hydro-chemical composition of the river water by the main indexes allowed determining an excess of the TLV by mineralization (1.50 TLV), chlorides (1.,24 TLV) and phosphates (4.26 TLV).*

*The ecological condition and the functioning of the Dnipro river are caused by natural hydrological processes of partial self-cleansing and self-regulation of the water in the lake and overflow land ecosystems. In order to improve the quality of the*

*Dnieper surface water we recommend nature conservation methods with respect to the organization of managing the system of the removal of storm water and urban sewage water and their reuse for irrigating agricultural crops provided that they are previously treated.*

**Key words:** urbanization, urban systems, wastewater, sewage, hydro-ecosystem, water pollution index.

**Постановка проблеми.** Однією із найважливіших екологічних проблем сьогодення є інтенсивне антропогенне забруднення природного середовища. Особливо гостро проблема екологічної деструкції постає, внаслідок розвитку та функціонування сучасних міських систем. Процес сучасної урбанізації характеризується негативним впливом, посилює екологічні проблеми, які являються характерною ознакою сучасного існування світової цивілізації.

У зв'язку із інтенсивним розвитком урбанізаційних процесів відбувається антропогенне перетворення переважної більшості прісноводних водойм Землі, змінюються ділянки водотоків та напрямів русла рік. При цьому негативний антропогенний вплив на річки в зоні дії великих міст спричиняє формування специфічних природно-антропогенних систем «місто-річкове русло», функціонування яких залежить від розміру міста і річки, масштабів впливу на річку урбосистем і впливу руслових процесів на міське господарство [1]. Це призводить до зміни внутрішньої морфологічної структури водозбірного басейну, перебудови морфодинамічної організованості геоморфологічних систем, яка визначається морфологією, літологією та гідрогеологічними властивостями.

Основним негативним джерелом впливу в межах великих міст на поверхневі води є зливові та каналізаційні стічні води. Поверхневі стічні води з територій будівництв, житлових масивів і доріг, що утворюються в результаті випадання дощів, танення снігу і поливотримних робіт, характеризуються неоднорідністю хімічного складу забруднюючих речовин. Проблема забруднення річок посилюється відсутністю ефективної системи управління зливовими водами, низьким рівнем каналізування селітебних територій (для міст – 95 %, селище міського типу – 61 %, сіл – 2,5 %) та якості очистки каналізаційних стічних вод через високий ступінь зношеності міських очисних споруд.

Імплементация Україною Директиви Ради 91/271/ЄЕС «Про очистку міських стічних вод» вимагає реалізацію заходів, спрямованих на здійснення систематичного моніторингу системи водовідведення, повторного використання очищених стічних вод, розрахунок об'ємів неорганізованих стоків. Основні положення Європейської директиви внесені до Закону України «Про внесення змін до Закону України «Про питну воду та питне водопостачання» від 18 травня 2017 року № 2047-VIII, Правил приймання стічних вод до систем централізованого водовідведення та порядку визначення розміру плати, що справляється за понаднормативні скиди стічних вод до систем централізованого водовідведення, Порядку повторного використання очищених стічних вод та осаду. Однак обмежувачим чинником впровадження перспективних

заходів директиви з розвитку інфраструктури очищення міських стічних вод є низькі інвестиційні можливості держави. Тому враховуючи інтенсивний антропогенний пресинг на гідроєкосистеми, питання організованого управління системою водовідведення поверхнево-каналізаційних стоків є актуальним на сучасному етапі розвитку урбосистем.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Визначення рівня антропогенного навантаження на поверхневі води висвітлено у працях Васенка О.Г. [2], Клименка М.О. [3], Голікова П.П. [4], Пічури В.І. [5, 6], Хільчевського В.К. [7], Винарчука О.О. [8], Данильченка О.С. [9], Яцика А.В. [10], Юрасова С. М. [11], Auerbach D.A. [12], De Stefano [13], Gilvear D.J. [14], Романенка В. Д. [15], Cotman M. [16], David N. [17], Subin M.P. [18], Nartey V.K. [19], Zhujing Jin [20], William J. [21]. В основі сучасних досліджень екологічного стану поверхневих вод покладено басейновий або екосистемний підхід на основі комплексної їх оцінки якості. Зміна хімічного складу річок виступає індикатором стану навколишнього природного середовища з різним рівнем антропогенного навантаження на поверхневі води, визначає перебіг процесів самовідновлення та самоочищення вод.

Існуючі на сьогодні методики оцінки якості поверхневих вод не дозволяють визначити рівень екологічної небезпеки об'єктів народного господарства та запроваджувати ефективні заходи захисту річок. З цього приводу Н. І. Магась [22] акцентував увагу на використанні нового підходу у комплексному плануванні заходів з оздоровлення річок регіону на основі оцінки ймовірності виникнення несприятливих наслідків господарської діяльності та виявлення найбільш інтенсивних джерел забруднення і виснаження річкових екосистем. Мостепан О.В. [23], Юрченко В.О. [24], Биткова Т.В. [25], Ричак Н.Л. [26] вказували, що основними причинами впливу на водні об'єкти є неорганізоване управління поверхневим стоком урбанізованих територій та недостатня потужність мереж дощової каналізації. При цьому недостатня увага приділена сумарному впливу зливових та каналізаційних стоків міст на якість поверхневих вод.

**Мета дослідження** – визначення впливу каналізаційних та стічних вод на якість річки Дніпро в межах міста Херсон.

**Методика дослідження.** Дослідження проводилося у системній причинно-наслідковій взаємодії «водонадходження (I етап)-каналізаційно-поверхневий стік (II етап) - стан гідроєкосистеми (III етап)».

Стан якості води на трьох етапах визначався за показниками зміни її гідрохімічних властивостей у відповідності до загальноприйнятих методик в атестаційних лабораторіях міського комунального

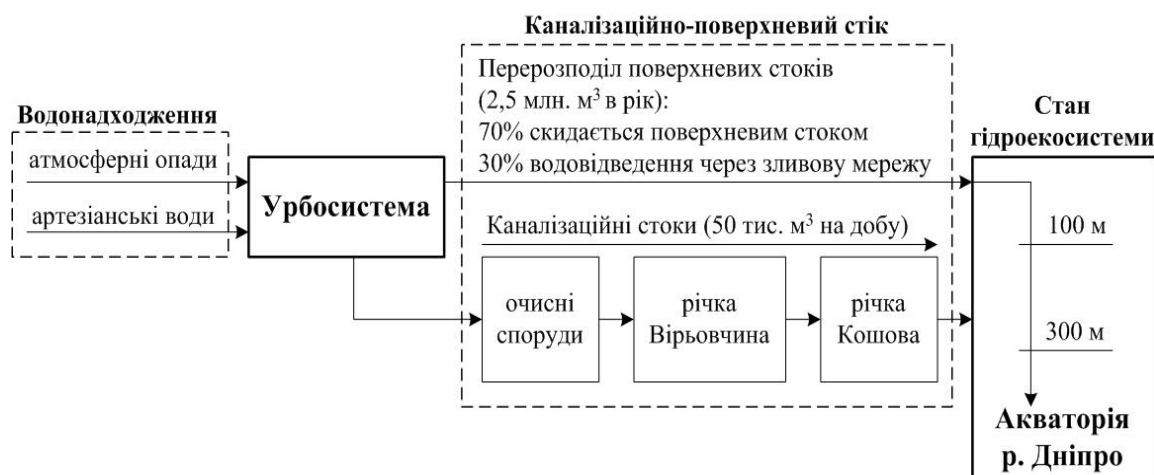


Рис. 1 Причинно-наслідкові зв'язки урбосистеми і гідросистеми

підприємства «Виробниче управління водопровідно-каналізаційного господарства міста Херсон», Державної екологічної інспекції в Херсонській області.

Досліджено 60 проб поверхневих стічних вод, з яких 30 відібрані з колекторів у місцях первинного збору зливового стоку міста, а 30 проб – в місцях відкриття стокових колекторів, безпосередньо перед потраплянням цих вод в річкові водотоки.

Ефективність очищення каналізаційних стоків на очисних спорудах міста Херсон визначалася порівнянням їх якості до подачі і після скиду з очисної станції у відповідності до методики контролю якості стічних вод [27].

**Основні результати дослідження.**

Формування якісного стану р. Дніпро залежить від антропогенних та природних факторів. Закономірна послідовність залежних процесів пояснюється впливом чинників на водне середовище у вигляді вхідних та вихідних параметрів міської системи. Одним із первинних природних чинників впливу на якість р. Дніпро являються опади, які формують поверхневий стік з міської території. Середньорічна їх кількість на території міста Херсон складає 439 мм. Нерівномірний розподіл опадів за сезонами створює ситуацію максимального випадання (50 мм за добу) у весняно-літній період, коли спостерігається найбільший поверхневий стік.

Якісний стан поверхневих вод р. Дніпро формується під впливом хімічного складу опадів, який змінюється внаслідок забруднення атмосферного повітря. У межах досліджуваної урбосистеми переважають іонами у складі дощів є  $SO_4^{2-}$ ,  $HCO_3^-$ ,  $Ca^{+}$ ,  $Na^{+}$  із загальною мінералізацією 50-60 мг/л. Скорочення промислових підприємств на 0,52 % протягом останніх 5 років сприяє формуванню більш природного іонного складу атмосферного повітря. Проте, враховуючи особливості повітряних мас переносити забруднюючі речовини на сотні кілометрів, вміст хімічних речовин в опадах набуває антропогенного походження. Крім того, важливу роль у потрапленні забруднювачів до водойм відіграє схилова форма рельєфу, яка переважає у північній, західній та південній частині міста Херсон, формуючи при цьому поверхневий стік у бік річок Вільовчини, Кошової та р. Дніпро.

Штучне регулювання перерозподілу поверхневого стоку у найбільш небезпечних ділянках урбосистеми здійснюється за рахунок зливової мережі загальною довжиною 71,4 км (рисунок 2).

Скид зливових вод відбувається через 14 водостоків,

із яких 6 скидають воду безпосередньо в Дніпро, 6 – в протоку Кошову та 2 водостоки спрямовані в річку Вільовчина. В останнє десятиліття мережа зливової каналізації міста Херсону функціонує частково лише вздовж дніпровського схилу, переважна її частина знаходиться у стані ґрунтово-мулового забруднення, проточність обмежена та має сезонно-періодичний характер. Окрім цього, мережа зливової каналізації міста фактично вилучена з системи комунального господарства міста не входить до загально-міської мережі каналізації. Загальна площа ділянок, забезпечених зливовим водовідведенням складає 4240 га, або 32% із всієї території міста (13570 га). Засоби флотаційної очистки від забруднюючих речовин у її складі відсутні. Тому поверхневі стоки з території міста не проходять процес очищення та фільтрації, не поєднуючись з водотоками каналізаційної мережі. Місцево-фільтраційна частка зливових стоків знаходиться на межі 30%, 12% – випаровується, близько 55% всього поверхневого стоку міста прямо або опосередковано потрапляє до вод Дніпра.

Результати гідрохімічних досліджень проб зливових вод із ландшафтно різних районів міста, які мають безпосередній стік до ріки згруповані у сезонному розрізі, відображено в таблиці 1.

Отримані результати відображають просторово та сезонно-залежні характеристики зливових стоків із ландшафтно різних ділянок території міста Херсон. Визначено їх залежність від характеру і сумарного обсягу площ твердого водонепроникного покриття, нахилу поверхні, специфіки забудови та рівня транспортного навантаження території.

Середнє значення показників гідрохімічних властивостей зливових скидів із ландшафтно різних ділянок міської території для потреб рибогосподарського призначення за окремими показниками перевищувало значення ГДК за вмістом завислих речовин від 97,8-163,8 рази, сухого залишку – 1,54-1,70 рази, сульфатів – 1,31-1,65 рази, кальцію – 1,84-2,06 рази, магнію – 2,04-3,10 рази, натрію+калію – 3,13-4,05 рази, нафтопродуктів – 20-102 рази. У зливових водах колекторної системи північної частини міста фіксується перевищення вмісту азоту амонійного в 1,12 рази, які безпосередньо потрапляють до річки Вільовчини.

Слід зазначити, що динаміка обсягів коливань гідрохімічних параметрів зливового стоку вказує на пряму залежність від сезонності та разової кількості опадів.

Порівняльний аналіз показників проб зливових вод, взятих в місцях їх первинного накопичення та витоку



**Умовні позначення: — мережа зливової каналізації**  
**Рис. 2** Схема зливової каналізації на території міста Херсон

випускних колекторів, надає можливість, оцінити стан і визначити потенціал водовідведення зливової системи. Розподіл впливу поверхневих стоків урбосистеми міста Херсон на акваторію р. Дніпро визначено серією міжсезонних контролів проб річкової води, взятих на нижніх 100 та 300-метрових ділянках акваторії за течією від місця скиду переважної частини зливових стоків.

За сезонними спостереженнями якість води прибережної акваторії р. Дніпро для рибогосподарського призначення за значеннями індексу забруднення відповідає класам: 100-метровій зоні «дуже брудна» (VI клас, ІЗВ = 7,7–8,7) – «надзвичайно брудна» (VII клас, ІЗВ = 12,46–13,32); 300-метровій зоні «брудна» (V клас, ІЗВ = 4,1–4,4) – «дуже брудна» (VI клас, ІЗВ = 7,4). Основним поллютантом, що спричиняє погіршення якості дніпровської води, є значне перевищення вмісту нафтопродуктів, які потім потрапляють у приміську акваторію Дніпра із неочищеними стічними водами.

Це обумовлює незадовільний екологічний стан гідроекосистеми пониззя Дніпра в зоні дії урбосистеми і за її межами в напрямку течії. При цьому вміст забруднюючих речовин у весняному поверхневому стоці на початку сніготанення є більшим, ніж наприкінці повені. Основною причиною зменшення концентрації забруднюючих речовин навесні є їх вимивання із поверхні дорожнього полотна урбосистеми інтенсивними атмосферними опадами.

Однак, у літній період сильні короткочасні зливи мають негативний вплив на гідроекосистему Дніпра, у зв'язку із збільшенням концентрації забруднюючих речовин у ґрунтах, які вимиваються і потрапляють прямим потоком до водотоку.

Крім зливових стічних вод інтенсивним фактором

забруднення річки Дніпро в зоні функціонування урбосистеми міста Херсон являються каналізаційні стоки. Головними компонентами каналізаційного стоку є сухий залишок, вміст якого складає 30 г/л (ГДК 1 г/л). Відповідно, 1 м<sup>3</sup> каналізаційного стоку вносить із території міста 30 кг сухого залишку, який сформований мінеральними сполуками, солями, ґрунтово-піщаним компонентом та біогенно-детритними частками. За добу обсяг цих речовин складає 1500 тон, або 540 тис. тон за рік. Одним із небезпечних поллютантів для водних екосистем є фосфати. Потрапляючи разом з стічними водами в ріку Дніпро вони стають живильним середовищем для масового розмноження водоростей, які поглинають кисень та забруднюють води продуктами своєї життєдіяльності. Через надлишок фосфатів у водоймах змінюється хімічний склад води.

Одним із основних шляхів зменшення антропогенного навантаження на стан якості водних ресурсів є очистка каналізаційних вод від забруднюючих речовин. Міські каналізаційні стоки шляхом каналізаційної мережі подаються до станції очищення з подальшим скидом в термінальну точку випускного колектору на березі річки Вільовчаній. Таким чином, гідрохімічний склад після очистки відрізняється від первинного стану за структурою та хімічного складу компонентів.

Ефективність очистки каналізаційних стічних вод залежить від кількості забруднюючих речовин, які надходять до очисних споруд. Результати контрольних досліджень літніх проб води з очищених каналізаційних стоків у місці їх скиду з випускного колектору свідчать про суттєве зменшення обсягу забруднювачів у порівнянні з первинним складом каналізаційних вод (таблиця 2).

Найбільш ефективна очистка стоків здійснюється за сухим залишком, вмістом сульфатів та хлоридів.

Таблиця 1

## Середньорічні значення гідрохімічних показників зливових вод

Місце взяття проб в колекторі		Завислі речовини, мг/дм <sup>3</sup>	pH	Сухий залишок, мг/дм <sup>3</sup>	Сульфати, мг/дм <sup>3</sup>	Хлориди, мг/дм <sup>3</sup>	Фосфати, мг/дм <sup>3</sup>	Кальцій, мг/дм <sup>3</sup>	Магній, мг/дм <sup>3</sup>	Натрій + Калій, мг/дм <sup>3</sup>	Азот амонійний, мг/дм <sup>3</sup>	Азот нітратний, мг/дм <sup>3</sup>	Нафтопродукти, мг/дм <sup>3</sup>
ГДК за рибогосподарськими критеріями													
Значення ГДК		<b>20</b>	<b>6,5–8,5</b>	<b>1000</b>	<b>100</b>	<b>300</b>	<b>3,5</b>	<b>180</b>	<b>50</b>	<b>120</b>	<b>0,50</b>	<b>40</b>	<b>0,05</b>
Старе місто													
Початок	$\bar{x}$	1875,0	7,35	1526,0	131,0	227,5	2,15	326,0	156,5	369,0	0,34	22,0	0,9
	$\sigma$	223	0,9	185,0	15,5	29,6	0,30	45,2	18,6	44,2	0,04	2,62	0,10
Кінець	$\bar{x}$	2475,0	7,32	1544,0	132,0	230,0	2,6	331,0	154,5	375,0	0,36	23,0	1,0
	$\sigma$	345	0,75	214,0	15,3	27,5	0,40	39,7	18,3	45,1	0,05	2,59	0,12
+/-		+60,0	-0,03	+18,0	+1,0	+3,5	+0,45	+5,0	-2,0	+6,0	+0,2	+1,0	+0,1
<b>Перевищення ГДК</b>		<b>123,8</b>	<b>-</b>	<b>1,54</b>	<b>1,32</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>1,84</b>	<b>3,10</b>	<b>3,13</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>20,0</b>
Південно-східна частина міста (зона прибережного схилу Дніпра)													
Початок	$\bar{x}$	1879,0	7,45	1674,0	160,0	290,0	3,9	377,5	143,5	404,5	0,38	20,0	6,6
	$\sigma$	225,0	0,90	198,0	19,2	34,8	0,47	45,2	17,2	48,2	0,05	2,40	0,80
Кінець	$\bar{x}$	1955,0	7,5	1698,0	165,0	287,0	3,5	371,2	142,0	406,3	0,37	22,0	5,1
	$\sigma$	230	0,92	200,0	20,2	36,4	0,42	42,6	16,8	50,1	0,05	2,32	0,61
+/-		+76,0	+0,05	+24,0	+5,0	-3,0	-0,4	-6,3	-1,5	+1,8	-0,1	+2,0	-1,2
<b>Перевищення ГДК</b>		<b>97,8</b>	<b>-</b>	<b>1,70</b>	<b>1,65</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>2,06</b>	<b>2,84</b>	<b>3,40</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>102,0</b>
Північна частину міста (з нахилом площі до лівого схилу вершини річки Вільовчаній)													
Початок	$\bar{x}$	3200,0	7,1	1671,0	130,0	219,0	4,5	342,0	105,0	479,5	0,58	36,0	3,6
	$\sigma$	384	0,85	195,0	15,6	26,3	0,54	41,0	12,6	62,3	0,07	4,32	0,43
Кінець	$\bar{x}$	3275,0	6,9	1664,0	131,0	215,0	4,4	364,0	102,0	485,7	0,56	34,0	3,7
	$\sigma$	375,0	0,74	193,0	15,7	25,6	0,53	45,1	11,8	65,4	0,06	3,85	0,49
+/-		+75,0	-0,2	-5	+1,0	-4	-0,1	+22	-3	+7,2	-0,2	-2	+0,01
<b>Перевищення ГДК</b>		<b>163,8</b>	<b>-</b>	<b>1,66</b>	<b>1,31</b>	<b>-</b>	<b>1,26</b>	<b>2,02</b>	<b>2,04</b>	<b>4,05</b>	<b>1,12</b>	<b>-</b>	<b>74,0</b>

Встановлено, що середнє значення окремих показників гідрохімічних властивостей каналізаційних скидів, які надходять безпосередньо до акваторії р. Вільовиної і перерозподіляються до річок Кошова та Дніпро за критеріями рибогосподарського призначення перевищувало ГДК за вмістом завислих речовин в 4,2 рази, сухого залишку – 1,3 рази; сульфатів – 1,7 рази; хлоридів – 1,2 рази; натрію+калію – 2,6 рази; азоту амонійного – 3,8 рази; нафтопродуктів – 2,0 рази.

Перевищення основних показників якості річкової води обумовлено наявністю в очищених стоках вторинно-забруднюючих речовин, які потрапляють до місцевого водотоку та включаються біотичні цикли кругообігу речовин.

Зміну гідрохімічних властивостей каналізаційних стоків обґрунтовано вираженою сезонною динамікою, яка характеризується зміною обсягу використання води у господарсько-побутовій діяльності населення. До очисних систем в осінній період винос сухого залишку (солі, ґрунтового-піщані компоненти та біогенно-детритні частки) в 1,4 рази менший ніж в літній період.

При цьому ефективність очисних систем міста Херсон за різницею показників гідрохімічних властивостей приходу і скиду каналізаційних вод складає 50,0-97,0%, що зумовлено невеликими обсягами каналізаційних вод, відсутністю потужних промислових та транспортних екологічно небезпечних об'єктів. Результати дослідження гідрохімічних властивостей стану очищених каналізаційних стоків у місці їх скиду свідчать про суттєве зменшення політантів, які потрапляють з каналізаційними водами на очисні системи. Однак, в місці скиду річкової акваторії гідрохімічні властивості каналізаційних вод за окремими показниками перевищують значення ГДК для потреб рибогосподарського призначення в 4 рази, що пояснюється відсутністю на більшості підприємств локальних очисних споруд та надходженням висококонцентрованих промислових стоків на комунальні очисні споруди, які руйнують каналізаційні мережі, порушують технологічні регламенти очищення стічних вод, призводять до несанкціонованих скидів промислових підприємств забруднених стічних вод у поверхневі водні об'єкти. Наднормативний скид стічних вод до систем централізованого водовідведення міста Херсон призводить до виникнення аварійних ситуацій, що супроводжуються небезпекою для життя та здоров'я людей, а також призводить до додаткових матеріальних і фінансових витрат, штрафних санкцій за порушення екологічного законодавства. Згідно аналізу середньорічних рівнів гідрохімічного складу річкової води за основними показниками встановлено перевищення

ГДК за мінералізацією (1,50 ГДК), хлоридами (1,24 ГДК), фосфатами (4,26 ГДК) (таблиця 3).

Крім промислових підприємств, негативний вплив на гідроекосистему Дніпра здійснює аграрне виробництво, особливо на приміських ділянках, загальна площа яких співрозмірна з площею міської забудови. Частка впливу аграрного сектору в структурі забруднень поверхневого стоку з території урбосистеми м. Херсон оцінюється на рівні 25-27 % від їх сумарного антропогенного впливу.

Визначення перелічених факторів та чинників впливу урбосистеми міста Херсон на гідроекосистему Дніпра обумовлює необхідність вжиття заходів щодо обмеження забруднення стічними водами ріки та сприяння самоочищенню річкових гідроекосистем. Просторовий перерозподіл забруднюючих речовин у дельтово-плавневій гідромережі в напрямку течії річки Дніпро здійснюється завдяки природно-гідрологічним процесам самоочищення та саморегуляції вод у озерно-плавневих екосистемах ріки Дніпро, які виступають екологічно значимими біоценозами в охороні водних ресурсів.

Але за умов збільшення антропогенного навантаження на гідроекосистему, природні річково-плавнево-озерні біотичні комплекси Дніпра знаходяться під ризиком втрати здатності до самостабілізації та самоочищення, тому необхідності набуває здійснення системних заходів щодо охорони акваторії та збереження наявної гідрологічної структури гирлової частини Дніпра.

Для додаткового біологічного очищення каналізаційно-поверхневих стоків та запобігання аварійних ситуацій з потрапляння неочищених скидів в приміську акваторію річки Дніпро, пропонуємо будівництво аварійно-скидного ставка-накопичувача, який при незначних щоденних обсягах каналізаційних вод (45-50 тис. м³) здатен увітримати і утримувати 5-7 денний стік міста. За цей час може бути ліквідована аварійна ситуація та відновлена робота міської очисної системи. Після чого, води ставка-накопичувача необхідно перенаправити на доочищення із використанням висококомодифікованих штамів мікроорганізмів *Clostridium*, *Peptococcus*, *Butyrivibrio*, *Bacillus*, які підвищують ефективність вилучення забруднюючих речовин зі стічних вод та розщеплюють складні полімерні молекули білків, вуглеводів, нуклеїнових кислот, ліпідів на прості хімічні сполуки.

Відсутність інфраструктури збирання та управління поверхневими стоками вимагає використання водопроникних удосконалених покриттів (пористого асфальту, бетону, бруківки, газонних решіток), які забезпечують зменшення об'єму зливових вод, сприяють частковій їх очистці від забруднюючих речовин,

Таблиця 2

**Гідрохімічні характеристики каналізаційних стоків у місці скиду**

Сезон та роки	Завислі речовини, мг/дм³	pH	Сухий залишок, мг/дм³	Сульфати мг/дм³	Хлориди мг/дм³	Фосфати мг/дм³	Кальцій мг/дм³	Магній мг/дм³	Натрій +Калій мг/дм³	Азот амонійний мг/дм³	Азот нітратний мг/дм³	Нафтопродукти, мг/дм³	
<b>ГДК за рибогосподарськими критеріями</b>													
<b>Значення ГДК</b>	<b>20</b>	<b>6,5-8,5</b>	<b>1000</b>	<b>100</b>	<b>300</b>	<b>3,5</b>	<b>180</b>	<b>50</b>	<b>120</b>	<b>0,50</b>	<b>40</b>	<b>0,05</b>	
До очистки	$\bar{x}$	2327	8,2	32568	5733	6236	51,7	151,2	32,3	1226,7	49,2	186,7	0,12
	$\sigma$	441,3	0,24	4501	529	350	6,8	70,5	14,8	271,8	10,8	41,3	0,04
Після очистки	$\bar{x}$	84,0	8,5	1300	168	365,7	1,8	150,3	4,4	313,9	1,9	25,7	0,10
	$\sigma$	12,5	0,3	207,0	20,8	43,6	0,6	47,9	1,4	69,6	0,8	12,3	0,04
<b>Перевищення ГДК</b>	<b>+/-</b>	<b>-2243</b>	<b>0,35</b>	<b>-31268</b>	<b>-5565</b>	<b>-5870</b>	<b>-49,9</b>	<b>-0,87</b>	<b>-27,9</b>	<b>-912,8</b>	<b>-47,3</b>	<b>-161</b>	<b>-0,02</b>
		<b>4,2</b>	<b>-</b>	<b>1,3</b>	<b>1,7</b>	<b>1,2</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>2,6</b>	<b>3,8</b>	<b>-</b>	<b>2,0</b>

**Середньорічні концентрації речовин в контрольних створах на різних ділянках Дніпра  
(в одиницях кратності відповідних ГДК)**

Місце відбору проб та рік	Завислі речовини, мг/дм <sup>3</sup>	БСК <sub>5</sub> мг/дм <sup>3</sup>	Мінералізація мг/дм <sup>3</sup>	Сульфати мг/дм <sup>3</sup>	Хлориди мг/дм <sup>3</sup>	Азот амонійний мг/дм <sup>3</sup>	Азот нітратний мг/дм <sup>3</sup>	ХСК мг/дм <sup>3</sup>	Нітриди мг/дм <sup>3</sup>	Фосфати мг/дм <sup>3</sup>
Річка Вірвовчин, 500 м вище місця скиду в Кошовій	-*	-*	1,5	0,51	1,25	0,96	1,84	2,7	1,67	3,81
Річка Вірвовчина, 500 м нижче місця скиду в Кошовій	-*	-*	1,5	0,57	1,24	0,86	-	2,8	0,95	4,26
Створ села Олександрівка (Дніпровський лиман)	0,7	2,7	7,2	5,34	12,3	2,72	0,02	1,0	-	1,06
Створ села Станіслав (Дніпро-Бузький лиман)	0,6	5,5	6,8	4,87	11,4	3,94	-	1,4	-	1,46

**Примітка:** - дослідження не проводились, -\* величина ГДК відсутня

поповненню запасів ґрунтових вод. Пропонується побудова локальних очисних споруд для здійснення механічної очистки з подальшим направленням поверхневих вод на доочистку до міських очисних споруд.

Прийняття Україною зобов'язань щодо дотримання нормативів Загально-Європейського водного кодексу вимагає розбудови сучасної системи очищення каналізаційних вод. Не дивлячись на низький рівень навантаження системи каналізаційних стоків, які складають 50 тис. м<sup>3</sup> на добу у місті Херсон при проектній потужності очисних споруд 250 тис. м<sup>3</sup> на добу, запровадження цілодобового режиму питного водопостачання на всій території урбосистеми міста Херсон призведе до збільшення середніх обсягів водоспоживання до 130-140 тис. м<sup>3</sup>/добу, а при відновленні потужностей виробництва промислових підприємств – до 250 тис м<sup>3</sup>/добу. Відповідно, зростуть і обсяги каналізаційних стічних вод до 200 тис. м<sup>3</sup>/добу, що стане критичним навантаженням на систему каналізації та виникнення аварійних ситуацій із проривом та потраплянням каналізаційних вод до річки Дніпро.

З метою зменшення впливу урбосистеми на гідроекосистему пониззя Дніпра пропонуємо водоохоронні заходи з очистки та повторного використання каналізаційно-поверхневих стоків міста Херсон для підґрунтового зрошення міських та приміських територій.

Світова та вітчизняна практика використання стічних вод у сільському господарстві свідчить про постійне збільшення їх частки в зрошенні, що сприяє підвищенню врожайності сільськогосподарських культур, поліпшенню екологічного стану річок за рахунок усунення скиду міських стоків, економії запасів прісної води. Природоохоронне та народногосподарське значення в галузі використання стічних вод в сільськогосподарському

виробництві було висвітлено групою експертів під час проведення Глобального форуму з продовольства і сільського господарства за участю Організації ООН з питань освіти, науки і культури (ЮНЕСКО), Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), Світового банку та Німецького науково-дослідного товариства з продовольства і харчування ім. Лейбніца [28].

Головним чинником інтенсифікації сільськогосподарського виробництва є оптимізована сівозміна та режим зрошення сільськогосподарських культур. Однак, з урахуванням великого попиту на сільськогосподарську продукцію, зростає обсяг використання прісної води, які на сьогодні складають близько 70%. В умовах загальносвітового дефіциту водних ресурсів пріоритетним напрямом досліджень при зрошенні є використання альтернативних джерел, у якості яких можуть виступати очищені каналізаційно-поверхневі стічні води. Вони також мають меліоративну та удобрювальну цінність за рахунок вмісту азотних, фосфорних та калієвих сполук.

У напрямку дослідження можливостей здійснення зрошення такими водами визначено обсяг щорічного утворення каналізаційно-поверхневих стоків, який складає 20,5 млн. м<sup>3</sup>. Актуальною є проблема зниження негативного впливу стоку, шляхом збору та використання очищених стічних вод для підґрунтового зрошення у системі землеробства.

Доцільність застосування стічних вод у сільському господарстві України підтверджено результатами досліджень ще у 90-х роках минулого століття. У такий спосіб було використано 1 % від їх обсягу. За попередніми даними дослідників встановлено, що за рахунок утворення каналізаційно-поверхневих стоків є можливість зрошувати до 1 млн. га земель сільськогосподарського

призначення.

Підготовлені для зрошення води доцільно використати для зрошення земель поблизу великих міст та сіл. Згідно проведеної якісної оцінки каналізаційних стоків на основі ДСТУ 2730 : 2015, встановлено, що стічна вода придатна для зрошення із умовою обов'язкового попереднього осолоднювання та засолена ґрунтів через домінування  $\text{Na}^+$  та  $\text{Cl}^-$  свідчить про необхідність гіпсування. Крім того, актуалізується питання зменшення екологічного навантаження на ґрунт, шляхом застосування ресурсозберігаючих режимів зрошення та підбору оптимальної сівозміни, у якій кормові культури складатимуть 33 %, зернові – 67 %. При цьому у ґрунті завдяки післязливним решткам збільшиться кількість органічних речовин. Середньозважена зрошувальна норма нетто складатиме 2079  $\text{m}^3/\text{га}$ , враховуючи коефіцієнт корисної дії закритої зрошувальної системи ( $\eta = 0,96$ , норма бруто з врахуванням втрат води – 2165  $\text{m}^3/\text{га}$ . Виходячи із встановленого обсягу каналізаційних вод (18 млн.  $\text{m}^3$ ) та поверхневого дощового стоку в обсязі 2,5 млн.  $\text{m}^3$  на рік, площа зрошувальних земель може складати 9468 га. Використання ресурсозберігаючих режимів зрошення сільськогосподарських культур є один із методів оптимізації поливу. Він є доцільним в умовах дефіциту водних ресурсів та недостатнього природного зволоження досліджуваної території.

Повторне використання поверхнево-каналізаційних вод призведе до зниження врожайності на 15 %, проте значно збільшить площі зрошуваних земель та зменшить кількісне виснаження водних ресурсів. Крім того створення оновленої системи управління стічними водами, розробка нових конструктивних рішень щодо використання новітніх технологічних процесів очистки та утилізації міських стічних вод забезпечить раціональне використання наявних водних ресурсів та зменшить рівень антропогенного навантаження на водну екосистему річки Дніпра.

**Висновки.** Встановлено, що основними джерелами забруднення річки Дніпро в межах урбосистеми міста Херсон є зливові та каналізаційні води. Середнє значення показників гідрохімічних властивостей зливових скидів відповідно потреб рибогосподарського призначення перевищувало значення ГДК за вмістом: завислих речовин від 97,8-163,8 рази, сухого залишку – 1,54-1,70 рази, сульфатів – 1,31-1,65 рази, кальцію – 1,84-2,06 рази, магнію – 2,04-3,10 рази, натрію+калію – 3,13-4,05 рази, нафтопродуктів – 20-102 рази.

Ефективність очисних систем міста Херсон за різницею показників гідрохімічних властивостей приходу і скиду каналізаційних вод склало 50,0-97,0%. Середнє значення вмісту забруднюючих речовин у каналізаційних скидах, які надходять безпосередньо до акваторії р. Вільчової і перерозподіляються до річок Кошова та Дніпро за критеріями рибогосподарського призначення перевищувало ГДК за вмістом завислих речовин в 4,2 рази, сухого залишку – 1,3 рази; сульфатів – 1,7 рази; хлоридів – 1,2 рази; натрію+калію – 2,6 рази; азоту амонійного – 3,8 рази; нафтопродуктів – 2,0 рази.

Запропоновані водоохоронні заходи повторного використання каналізаційно-поверхневих стоків міста Херсон для підґрунтового зрошення міських та приміських сільськогосподарських земель за умов здійснення доочистки стічних вод з використанням високомодифікованих штамів мікроорганізмів. Обґрунтовано необхідність побудови аварійно-скидного ставка-накопичувача, локальних очисних споруд для механічної очистки поверхневих вод, що сприятиме зменшенню об'ємів скиду забруднених поверхнево-каналізаційних стічних вод до акваторії Дніпра.

### Література

1. Клименко М. О., Клименко О. М., Статник І. І. Охорона водних об'єктів від антропогенного впливу. *Екологічна безпека*. Випуск 6. 2010. С. 177-181.
2. Інтегральні та комплексні оцінки стану навколишнього природного середовища: монографія / Васенко О. Г. та ін. Харків: НУГЗУ, 2015. 419 с.

3. Клименко М.О., Бедункова О.О. Біоіндикація стану гідроєкосистем за морфологічними та цитогенетичними характеристиками гомеостазу риб. Рівне: НУВГП, 2017. 302 с.

4. Голіков А.П., Козакова Н.А., Пересадько В.А. Водна безпека людства: глобальний і регіональний виміри. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія: Міжнародні відносини. Економіка. Країнознавство. Туризм*. 2018. Випуск 7. С.26-34.
5. Пічура В.І., Шахман І.О., А.М. Бистрянцева. Просторово-часова закономірність формування якості води в річці Дніпро. *Біоресурси і природокористування*. 2018. Том 10, №1-2. С. 44–57.
6. Пічура В.І., Потравка Л.О., Скок С.В. Екологічний стан акваторії ріки Дніпро у зоні впливу урбосистем (на прикладі міста Херсон). *Водні біоресурси та аквакультура*. 2019. № 2. С.19-34
7. Основні засади управління якістю водних ресурсів та їхня охорона : навч. посібник / В. К. Хільчевський, М. Р. Забокрицька, Р. Л. Кравчинський, О. В. Чунарьов. Київ: ВПЦ Київський університет. 2015. 172 с.
8. Винарчук О. О. Екологічна оцінка якості поверхневих вод басейнів річок Лівобережного лісостепу України за критеріями мінералізації води та забруднення компонентами сольового складу. *Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія 4: Географія і сучасність*. 2014. №. 20. С. 78-84. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nchpnu\\_4\\_2014\\_20\\_12](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nchpnu_4_2014_20_12).
9. Данильченко О. С. Річка як індикатор ландшафтно-екологічної ситуації (на прикладі р. Сумки). *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2011.Т.4. С. 179-188. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/ghghge\\_2011\\_4\\_22](http://nbuv.gov.ua/UJRN/ghghge_2011_4_22).
10. Екологічні основи управління водними ресурсами / Томільцева А.І., Яцик А.В., Мокін В. Б. та ін. Київ: Інститут екологічного управління та збалансованого природокористування, 2017. 200 с.
11. Юрасов С.М., Сафранов Т.А., Чугай А.В. Оцінка якості природних вод. Одеса: Екологія, 2012. 168 с.
12. Beyond concrete: accounting for ecosystem services from free-flowing rivers / Auerbach D.A., et al. *Ecosystem Services*. 2014. Vol. 10. P. 1-5.
13. Climate change and the institutional resilience of international river basins. (2012) / De Stefano L. et al. *Journal of Peace Research*. 2012. Vol. 49 (1). P. 193–209.
14. Gilvear D.J., Spray C.J., Casas-Mulet R. River rehabilitation for the delivery of multiple ecosystem services at the river network scale. *Journal of environmental management*. 2013. Vol. 126. P. 30-43. doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.03.026
15. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / В. Д. Романенко, В. М. Жукинський, О. П. Оксюк, А. В. Яцик. Київ : Символ. 1998. 28 с.
16. Cotman M, Zagorc-Koncan J, Droic A. Study of impacts of treated wastewater to the Krka river, Slovenia. *Water Sci Technol*. 2001. 44(6):47-54. <https://doi.org/10.2166/wst.2001.0337>
17. David N Ogbonna. The Impact of Untreated Sewage Wastes discharge on the Physico-chemical properties of Rivers in Port Harcourt Metropolis. *World Journal of Scientific Research and Reviews* Vol. 2, No. 2, September 2014. pp. 1 – 19.
18. Subin, MP and Husna AH (2013). An Assessment on the Impact of Waste Discharge on Water Quality of Priyar River Lets in Certain Selected Sites in the Northern Part of Ernakulum District in Kerala, India. *International Research Journal of Environment Sciences* 2(6): 76-84
19. Nartey, VK; Hayford, EK and Ametsi, SK (2012). Assessment of the Impact of Solid Waste Dumpsites on some surface water systems in the Accra Metropolitan Area, Ghana. *Journal of Water Resource and Protection* 4:605-61 [10.4236/jwrp.2012.48070](https://doi.org/10.4236/jwrp.2012.48070)
20. Zhujiang Jin, Xianzhi Zhang, Jinhua Li, Fengle Yang, Deping Kong, Ran Wei, Ke Huang & Baoxue Zhou (2017). Impact of wastewater treatment plant effluent on an urban river, *Journal of Freshwater Ecology*, 32:1, 697-710 [10.1080/02705060.2017.1394917](https://doi.org/10.1080/02705060.2017.1394917)
21. William J. Cosgrove1 and Daniel P. Loucks. Water management: Current and future challenges and research directions. *Water Resour. Res*. 2015. 51. 4823–4839. <https://doi.org/10.1002/2014WR016869>
22. Магась Н. І., Трохименко А. Г. Оцінка сучасного антропогенного навантаження на басейн річки Південний Буг. *Екологічна безпека*. 2013. Випуск 2. С. 48-52. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/ekbez\\_2013\\_2\\_12](http://nbuv.gov.ua/UJRN/ekbez_2013_2_12)
23. Мостепан О.В. Дослідження впливу зливових вод з автомобільних доріг у забруднення водних об'єктів (на прикладі м. Харкова). *Вісник Харківського національного автомобільного дорожнього університету*. 2010. Випуск 48. С. 37-41.
24. Дослідження технологічних характеристик поверхневого стоку з автомобільних доріг / В.О. Юрченко, М.В. Коротченко, О.В. Бригадова, Л.С. Михайлов. *Автошляховик України*. Київ, 2012. Вип. 4 (228). С. 44-47.
25. Биткова Т.В., Ричак Н.Л., Гричаний О.М. Використання дощової води на урбанізаційних територіях та управління якістю зливових стоків: еколого-економічний аспект. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія Економічна*. 2018. Випуск 94. С.15-28. <https://doi.org/10.26565/2311-2379-2018-94-02>
26. Ричак Н.Л., Московкін В.М., Кузнєцова В.В. Розрахунок економічного збитку від поверхневих вод атмосферного походження (на прикладі житлової підсистеми). *Вісник Харківського університету імені В.Н. Каразіна. Серія Геологія-Географія-Екологія*. 2016. Випуск 1147. С. 239-248. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2016-44-25>
27. Шелудченко Б. А. Інженерна екологія : навч. посіб. Ч. II. Гідросфера. Житомир : Волинь ДАУ, 2001. 220 с.
28. 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). URL: <https://hdl.handle.net/123456789/4261>

### References

1. Klymenko M. O., Klymenko O. M., Statnyk I. I. (2010). Okhorona vodnykh ob'ektiv vid antropohennoho vplyvu [Protection of water bodies from anthropogenic impact] / *Ekolohichna bezpeka – Ecological safety*. Vypusk 6. pp. 177-181 [in Ukrainian]
2. Intehraini ta kompleksni otsinky stanu navkolyshnoho pryrodnoho seredovyscha (2015) [Integral and complex assessments of the state of the environment] / Vasenko O. H. ta in. Kharkiv: NУHЗU, 2015. 419 p. [in Ukrainian]

3. Klymenko M.O., Bedunkova O.O. (2017). Bioindykatsiia stanu hidroekosystem za morfolohichnymy ta tsytohenedychnymy kharakterystykamy homeostazu ryb [Bioindication of the state of hydroecosystems by morphological and cytogenetic characteristics of fish homeostasis] Rivne: NUVHP, 2017. 302 p. [in Ukrainian]
4. Holikov A.P., Kozakova N.A., Peresadko V.A. (2018). Vodna bezpeka liudstva: hlobalnyi i rehionalnyi vymiry [Human water security: global and regional dimensions]. Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu imeni V.N. Karazina. Seriya: Mizhnarodni vidnosyny. Ekonomika. Krainoznavstvo. Turyzm – Bulletin of Kharkiv National University V.N. Karazina. Series: International Relations. Economy. Local lore. Tourism. Vypusk 7. pp. 26-34 [in Ukrainian]
5. Pichura V.I., Shakhman I.O., A.M. Bystriantseva (2018). Prostorovo-chasova zakonomirnist formuvannia yakosti vody v richtsi Dnipro [Spatial-temporal regularity of water quality formation in the Dnieper river]. Biorekursy i pryrodokorystuvanni – Bioresources and nature management. Tom 10, №1-2. pp. 44 –57 [in Ukrainian]
6. Osnovni zasady upravlinnia yakistiu vodnykh resursiv ta yikhnia okhorona (2015) [Basic principles of water quality management and their protection] / V. K. Khilchevskiy, M. R. Zabokrytska, R. L. Kravchynskiy, O. V. Chunarov. Kyiv: VPTs Kyivskiy universytet. 172 p. [in Ukrainian]
7. Vynarchuk O. O. (2014). Ekolohichna otsinka yakosti poverkhnevyykh vod baseiniv richok Livoberezhnoho lisostepu Ukrainy za kryteriiami mineralizatsii vody ta zabrudnennia komponentamy solovoho skladu [Ecological assessment of surface water quality of river basins of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine according to the criteria of water mineralization and pollution by salt components]. Naukovyi chasopys NPU imeni M. P. Drahomanova. Seriya 4: Heohrafiia i suchasnist – Scientific journal of NPU named after MP Drahomanov. Series 4: Geography and modernity. №. 20. pp. 78-84. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nchnpu\\_4\\_2014\\_20\\_12](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nchnpu_4_2014_20_12) [in Ukrainian]
8. Danylchenko O. S. (2011). Richka yak indyktor landshaftno-ekolohichnoi sytuatsii (na pryklad r. Sumky) [River as an indicator of landscape and ecological situation (on the example of the river Sumky)]. Hidrolohiia, hidrokhimiia i hidroekolohiia – Hydrology, hydrochemistry and hydroecology. T.4. pp. 179-188 URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/ghghge\\_2011\\_4\\_22](http://nbuv.gov.ua/UJRN/ghghge_2011_4_22) [in Ukrainian]
9. Ekolohichni osnovy upravlinnia vodnymy resursamy (2017). [Ecological bases of water resources management] / Tomiltseva A.I., Yatsyk A.V., Mokin V. B. ta in. Kyiv: Instytut ekolohichnoho upravlinnia ta zbalansovanoho pryrodokorystuvannia. 200 p. [in Ukrainian]
10. Yurasov S.M., Safranov T.A., Chuhai A.V. (2012). Otsinka yakosti pryrodnykh vod [Assessment of natural water quality]. Odesa: Ekolohiia, 2012. 168 p. [in Ukrainian]
11. Beyond concrete: accounting for ecosystem services from free-flowing rivers (2014) / Auerbach D.A., et al. *Ecosystem Services*. Vol. 10. P. 1-5 [in English]
12. Climate change and the institutional resilience of international river basins (2012) / De Stefano L. et al. *Journal of Peace Research*. 2012. Vol. 49 (1). pp. 193-209 [in English]
13. Gilvear D.J., Spray C.J., Casas-Mulet R. (2013). River rehabilitation for the delivery of multiple ecosystem services at the river network scale. *Journal of environmental management*. Vol. 126. pp. 30-43 [doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.03.026](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.03.026) [in English]
14. Metodyka ekolohichnoi otsinky yakosti poverkhnevyykh vod za vidpovidnymy katehoriiami (1998) [Methods of ecological assessment of surface water quality by relevant categories] / V. D. Romanenko, V. M. Zhukynskiy, O. P. Oksiiuk, A. V. Yatsyk. Kyiv : Symvol. 28 p. [in Ukrainian]
15. Cotman M, Zagorc-Koncan J, Droic A (2001). Study of impacts of treated wastewater to the Krka river, Slovenia. *Water Sci Technol*. 44(6):47-54. URL://doi.org/10.2166/wst.2001.0337 [in English]
17. David N Ogbonna (2014). The Impact of Untreated Sewage Wastes discharge on the Physico-chemical properties of Rivers in Port Harcourt Metropolis. *World Journal of Scientific Research and Reviews* Vol. 2. №. 2. pp. 1 – 19 [in English]
18. Subin, MP and Husna AH (2013). An Assessment on the Impact of Waste Discharge on Water Quality of Priyar River Lets in Certain Selected Sites in the Northern Part of Ernakulum District in Kerala, India. *International Research Journal of Environment Sciences* 2(6). pp. 76-84 [in English]
19. Nartey, VK; Hayford, EK and Ametsi, SK (2012). Assessment of the Impact of Solid Waste Dumpsites on some surface water systems in the Accra Metropolitan Area, Ghana. *Journal of Water Resource and Protection*. № 4. pp. 605 –611 [10.4236/jwarp.2012.48070](https://doi.org/10.4236/jwarp.2012.48070) [in English]
20. Zhuqing Jin, Xianzhi Zhang, Jinhua Li, Fengle Yang, Deping Kong, Ran Wei, Ke Huang & Baoxue Zhou (2017). Impact of wastewater treatment plant effluent on an urban river, *Journal of Freshwater Ecology*. № 32. pp. 697-710 [10.1080/02705060.2017.1394917](https://doi.org/10.1080/02705060.2017.1394917) [in English]
21. William J. Cosgrove1 and Daniel P. Loucks (2015). Water management: Current and future challenges and research directions. *Water Resour. Res.* № 51. pp. 4823-4839. URL://doi.org/10.1002/2014WR016869 [in English]
22. Magas N.I., Trokhimenko A.G. (2013). Estimation of modern anthropogenic load on the Southern Bug river basin. *Ecological safety*. Issue 2. pp. 48-52. URL://nbuv.gov.ua/UJRN/ekbez\_2013\_2\_12 [in Ukrainian]
23. Mostepan O.V. (2010). Doslidzhennia vplyvu zlyvovyykh vod z avtomobilnykh dorih u zabrudnennia vodnykh ob'ektiv (na prykladi m. Kharkova) [Study of the impact of storm water from highways on the pollution of water bodies (on the example of Kharkiv)]. Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho avtomobilnoho dorozhnogo universytetu – Bulletin of Kharkiv National Automobile Road University. Vypusk 48. pp. 37-41 [in Ukrainian]
24. Doslidzhennia tekhnolohichnykh kharakterystyk poverkhnevoho stoku z avtomobilnykh dorih (2012) [Research of technological characteristics of surface runoff from highways] / V.O. Yurchenko, M.V. Korotchenko, O.V. Bryhada, L.S. Mykhailov. *Avtoshliakhovyky Ukrainy – Motorway of Ukraine*. Vyp. 4 (228). pp. 44-47 [in Ukrainian]
25. Bytkova T.V., Rychak N.L., Hrychanyi O.M. (2018). Vykorystannia doshchovoi vody na urbanizatsiinykh terytoriakh ta upravlinnia yakistiu zlyvovyykh stokiv: ekoloho-ekonomichni aspekt [Rainwater use in urban areas and stormwater quality management: environmental and economic aspects]. Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu imeni V.N. Karazina. Seriya Ekonomichna – Bulletin of Kharkiv National National University named after VN Karazina. Economic series. Vypusk 94. pp. 15-28 URL://doi.org/10.26565/2311-2379-2018-94-02 [in Ukrainian]
26. Rychak N.L., Moskovkin V.M., Kuznietsova V.V. (2016). Rozrakhunok ekonomichnoho zbytku vid poverkhnevyykh vod atmosferneho pokhodzhennia (na prykladi zhytlovoi pidsystemy) [Calculation of economic damage from surface waters of atmospheric origin (on the example of the housing subsystem)]. Visnyk Kharkivskoho universytetu imeni V.N. Karazina. Seriya Heolohiia-Heohrafiia-Ekolohiia – Bulletin of Kharkiv University V.N. Karazina. Series Geology-Geography-Ecology. Vypusk 1147. pp. 239-248. URL://doi.org/10.26565/2410-7360-2016-44-25 [in Ukrainian]
27. Sheludchenko B. A. (2001). Inzhenerna ekolohiia [Engineering ecology] Chaper II. Hidrosfera. Zhytomyr : Volyn DAU, 2001. 220 p. [in Ukrainian]
28. 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). URL://hdl.handle.net/123456789/4261 [in English]