

Міністерство освіти і науки України
Херсонський державний аграрно-економічний університет

ВОДНІ БІОРЕСУРСИ ТА АКВАКУЛЬТУРА

Водные биоресурсы и аквакультура

Water bioresources and aquaculture

Науковий

журнал

1(9)/2021



Видавничий дім
«Гельветика»
2021

<i>Пічура В.І., Потравка Л.О.</i> Екологічний стан басейну ріки Дніпро та удосконалення механізму організації природокористування на водозбірній території.....	170
<i>Подаков Є.С., Козичар М.В., Оліфіренко В.В.</i> Сучасні проблеми та законодавче забезпечення регулювання правових засад фінансування гідроекологічної діяльності.....	201
<i>Скок С.В.</i> Науково-технологічні аспекти удосконалення процесів очистки стічних вод в межах рибосистеми міста Херсон.....	216
МЕТОДИ І МЕТОДИКИ.....	228
<i>Біла Т.А., Ляшенко Є.В., Охріменко О.В.</i> Потенціометричний метод визначення рН природних вод.....	228
<i>Мельниченко С.Г., Богадьорова Л.М., Маркелюк А.В.</i> Використання статико-географічних методів при дослідженні екологічного стану водних ресурсів Херсонської області.....	235
<i>Романчук М.Є., Довгополий М.М., Кабак І.С., Пісоцький Є.С.</i> Аналіз змін хімічного складу води в басейні Середнього та Нижнього Дніпра (на прикладі річок Псел, Хорол та Інгулець).....	247
СТОРІНКИ ІСТОРІЇ.....	264
<i>Байдак Л.А., Дворецький А.І., Полєва Ю.Л., Рожков В.В.</i> Дніпропетровська гідробіологічна школа. Теорія та практика збагачення водойм новими, кормовими для риб, організмами. Життя та діяльність проф. П.О. Журавля (1901–1977) до 120-річчя від дня народження.....	264
<i>Бучковська В.І., Євстафієва Ю.М.</i> До історії формування кормової бази для водоплавної птиці.....	276

УДК 628.3(477.72)

DOI <https://doi.org/10.32851/wba.2021.1.16>

НАУКОВО-ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД В МЕЖАХ УРБОСИСТЕМИ МІСТА ХЕРСОН

Скок С.В. – к.с.-г.н.,

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

Проблема інтенсивного забруднення водних екосистем стічними водами антропогенного походження актуальна для південних урбанізованих територій з низьким рівнем забезпеченості водними ресурсами (0,22 тис. м³ на людину за рік). Для поліпшення екологічного стану Дніпра, підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва при несприятливих агрокліматичних умовах запропоновано ресурсозберігаючі технології на основі повторного використання очищених каналізаційних стічних вод з обґрунтованими екологічно безпечними режимами зрошення.

Акцентована увага на доочистці стічних каналізаційних вод на очисних спорудах біологічного призначення – полях зрошення та фільтрації. Розрахунок полів фільтрації та зрошення здійснено за середньодобовою нормою навантаження загальної кількості стічних вод на 1 га площі поля усередньому за добу. Визначено, що найвища ефективність біологічної очистки стічних вод досягається у теплий період року за рахунок здатності ґрунту вбирати забруднюючі речовини, патогенні бактерії, яйця гельмінтів. Рекомендовано не включати до сівозміни овочевих культур.

Встановлено, що перевагою використання полів зрошення для очистки стічних вод є одночасне вирощування на них сільськогосподарських культур. При цьому використання стічних вод для зрошення може відбуватися у вегетаційний період для забезпечення культур вологою та безвегетаційний період для забезпечення рослин поживними, органічними речовинами, які містяться у стічних водах.

Визначено, що поля підземної фільтрації як один із видів природної біологічної очистки стічних вод є недоцільним для використання на сільськогосподарських землях м. Херсона через загрозу хімічного та бактеріального забруднення водоносних горизонтів, які використовуються для питного водопостачання населення. У період припинення випуску стічної води на поля зрошення можуть використовуватися резервні поля фільтрації площею 53 га із влаштуванням дренажної системи. При температурі атмосферного повітря нижче –10 С запропоновано проектування полів наморозування.

Для вирішення проблеми утворення високого вмісту фосфатів у стічних водах, зменшення їх негативного впливу на р. Дніпро запропоновано застосування технології вилучення фосфатів на основі природних сорбентів, цеолітів. Згідно розрахунку річної кількості фосфатів 910675 кг/рік ефективність виробництва фосфатних добрив склала 45500х10³ грн.

Ключові слова: гідроекосистема, водозабезпеченість, очисні споруди, поля зрошення, поля підземної фільтрації, фосфати.

Постановка проблеми. В останні роки спостерігається інтенсивне забруднення водних екосистем стічними водами антропогенного походження. Зазначена проблема особливо актуальна для південних урбанізованих територій, у яких спостерігається низький рівень забезпеченості водними ресурсами (0,22 тис. м³ на людину за рік). На сьогодні увесь обсяг стічних вод відводиться до ріки Дніпро, яка є головним джерелом питного водопостачання 2/3 населення країни. Враховуючи незадовільний сучасний стан очисних споруд та низьку ефективність технологічних процесів очистки та утилізації стічних вод, вони являються головними джерелами забруднення підземних, континентальних поверхневих вод. При цьому гідроекосистема Дніпра перетворюється на своєрідну біологічну очисну споруду, екологічний стан якої має стійку тенденцію до погіршення.

У світовій практиці висока вартість очисних споруд, оплата екологічного податку та здійснення прямого контролю відповідними державними органами за діяльністю виробників призводять до найбільшої частки порушень екологічного законодавства у сфері утилізації стічних вод, які викликають кризові ситуації та екологічні катастрофи [1]. Згідно показників ефективності очистки стічних вод за фізико-хімічними та біологічними методами вміст завислих речовин знижується на 40 %, фенолів, нафтопродуктів – 90 %, іонів важких металів – 95 %, поверхнево-активних речовин на 75 %, нафтопродуктів – 80 %, цинка – 70 %, фосфатів – 40 %. Внаслідок недоочистки стічних вод спостерігається стала тенденція до погіршення якості води за вмістом біогенних та органічних речовин, що зумовлює негативний вплив на гідробіонтів, знижує господарське використання водних об'єктів за різними потребами [2].

Тому в умовах постійного погіршення екологічного стану водного середовища зростає дефіцит водних ресурсів, що вимагає застосування природоохоронних заходів зменшення надходження забруднюючих речовин із стічними водами до водних екосистем, шляхом застосування новітніх технологій їх очистки та рециклінгу для повторного використання стоків відповідно до потреб народного господарства.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питання зниження негативного впливу стічних вод на стан поверхневих вод розглянуто у наукових працях вітчизняних та зарубіжних вчених О.М. Шведа [3], О.А. Василенка [4], О.О. Семінської [5], D.A. Vallero [6], A.J. Balkema [7]. Значна увага науковців акцентована на використанні ресурсозберігаючих біотехнологій на основі біологічних, аерованих та біоінженерних ставків очистки стічних вод, технологічних схем біологічного безреагентного видалення азоту та фосфору із застосуванням групи бактерій роду *Acinetobacter*, які забезпечують ефективне зниження концентрацій поллютантів, характеризуються мінімальною затратою матеріальних, трудових та енергетичних ресурсів.

У зв'язку зі скороченням промислового виробництва на 40 % протягом останніх 10 років та застосуванням водозберігаючих технологій спостерігається тенденція зниження показників водоспоживання в усіх секторах економіки. При цьому більшість комунальних очисних споруд є недовантаженими до проектної продуктивності. Тому необхідною умовою за дослідженнями О.А. Пивоварова [8] є здійснення суттєвої реконструкції споруд біологічного очищення та будівництво нових споруд. Однак нове будівництво та модернізація існуючих станцій очистки потребує залучення значних фінансових ресурсів і може бути ефективними лише у випадках технічної невідповідності існуючих споруд сучасним технологічним вимогам.

Для вирішення проблеми забруднення поверхневих вод стічні води повинні розглядатися як економічно ефективне та стабільне джерело енергії, поживних речовин, органічної речовини та інших корисних побічних продуктів [9]. Використання нових технологій поводження зі стічними водами, модернізація існуючої інфраструктури водовідведення та очищення стічних вод, розширення можливостей повторного використання стічних вод, стимулювання виробництва енергії з біогазу сприятиме раціональному ресурсоспоживанню та ресурсозбереженню на регіональному рівні.

Постановка завдання. Вдосконалення процесів очистки каналізаційних стічних вод із застосуванням рециклінгових технологій.

Методика досліджень. Розрахунок полів фільтрації та зрошення здійснено за середньодобовою нормою навантаження загальної кількості стічних вод, що приходить на 1 га площі полів у середньому за добу протягом року [10].

Повну розрахункову площу полів зрошення визначено за формулою:

$$F_n = F_{з.кор.} + F_{з.рез.} + k_{з.д.} \cdot (F_{з.кор.} + F_{з.рез.}), \quad (1)$$

де $F_{з.кор.}$ – корисна площа полів зрошення, га;

$F_{з.рез.}$ – резервна площа полів зрошення, га;

$k_{з.д.}$ – коефіцієнт, що враховує збільшення площі у зв'язку з допоміжними спорудами, $k_{з.д.} = 0,15-0,25$.

Корисну площу для полів зрошення розраховано:

$$F_{з.кор.} = \frac{Q}{q_3}, \quad (2)$$

де Q – середньодобова витрата стічних вод, ($\text{м}^3/\text{добу}$);

q_3 – навантаження стічних вод на поля зрошення, що визначаються як середньозважена величина з навантажень на ділянки з різними видами сільськогосподарських культур (табл. 1).

Таблиця 1. Норми навантаження побутових стічних вод на поля зрошення для районів із середньорічною висотою шару атмосферних опадів 300-500 мм

Середньорічна температура повітря, °С	Навантаження на поля зрошення в залежності від типу ґрунту, м ³ /(га/добу)*		
	суглинок	супісок	пісок
До 3,5	30/15	40/20	60/30
3,6–6	35/20	50/25	75/40
6,1–9,5	45/25	60/30	80/40
9,6–11	60/30	70/35	85/45
Понад 11	70/35	80/40	90/45

*Примітка: 1. Навантаження приведені у чисельнику для городніх сільськогосподарських культур, у знаменнику – для польових;

2. Для районів із середньорічною висотою шару атмосферних опадів 500-700 мм, норми навантаження на поля зрошення зменшуються на 10-15 %, а для районів із середньорічною висотою шару атмосферних опадів понад 700 мм – на 15-25 %.

Резервна площа полів зрошення:

$$F_{з.рез.} = a \cdot Q / q_{\phi}, \quad (3)$$

де a – коефіцієнт, що враховує частину витрати стічних вод, що надходять на резервні ділянки (значення a для районів з середньорічною температурою повітря до 5 С; 10 С; 15 С приймається відповідно 1; 0,75; 0,5);

q_{ϕ} – норма навантаження стічних вод на резервні поля фільтрації, приймається ($q_{\phi} = 235$ м³/га·добу).

Повну розрахункову площу полів фільтрації визначено за формулою:

$$F\phi = F\phi_{кор.} + F\phi_{рез.} + k_{\phi.д.} \cdot (F\phi_{кор.} + F\phi_{рез.}), \quad (4)$$

де $F_{\phi.кор.}$ – корисна площа полів фільтрації, га;

$F_{\phi.рез.}$ – резервна площа полів фільтрації, дорівнює 10–25 % від корисної площі $F_{\phi.кор.}$, га;

$k_{\phi.д.}$ – коефіцієнт, що враховує збільшення площі, для полів фільтрації ($k_{\phi.д.} = 0,25-0,30$).

Корисна площа для полів фільтрації:

$$F\phi_{кор.} = Q / q_{\phi}, \quad (5)$$

де Q – середньодобова витрата стічних вод, (м³/добу);

q_{ϕ} – навантаження стічних вод на поля фільтрації ($q_{\phi} = 235$ м³/га·добу).

Економічна ефективність виробництва фосфатних добрив з попереднім вилученням їх із стічної води розраховувалася за формулою [11]:

$$M_{PO_4} = W_{CB} \cdot (K_{1PO_4} - K_{2PO_4}) \cdot 365, \quad (6)$$

де M_{PO_4} – утворення фосфатів за рік;

W_{CB} – добовий об'єм стічних вод, що надходять на очищення, м³/добу;

K_{1PO_4} – на вході на очисні станції, кг/м³;

K_{2PO_4} – концентрація фосфатів на виході з очисних станцій, кг/м³.

$$C_{PO_4} = M_{PO_4} \cdot k_{екв} \cdot R_{PO_4}, \quad (7)$$

де $k_{екв}$ – коефіцієнт перерахунку фосфатів у фосфатні добрива (еквівалент фосфатних добрив, $k_{екв} = 2$);

R_{PO_4} – ціна фосфатних добрив, грн.

Результати дослідження та їх обговорення. На сьогодні зростання світового дефіциту води, збільшення продуктивності сільського господарства, розвиток несприятливих агрокліматичних умов вимагає раціонального використання водних ресурсів в аграрному секторі економіки, пошук альтернативних джерел зрошення сільськогосподарських культур. Враховуючи інтенсивне забруднення водних екосистем стічними водами в межах великих міст їх повторне використання для потреб сільського господарства забезпечить вологозабезпечення сільськогосподарських земель, високі врожаї, зниження антропогенного пресингу на поверхневі води [12].

Із прийняттям Податкового Кодексу України № 2755 від 02.12.2010 р. сільськогосподарські виробники здійснюють плату за спеціальне використання води. В умовах платного водоспоживання актуальним питанням є підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва та запровадження ресурсозберігаючих технологій на основі використання каналізаційних стічних вод з обґрунтованими екологічно безпечними режимами зрошення.

У місті Херсон водовідведення господарсько-побутових та промислових вод відбувається по одному колектору об'ємом 50 тис. м³ на добу, після очистки стічні води потрапляють до поверхневих вод р. Вірвовчиної. Через низькі технологічні можливості міських очисних споруд, зниження потенціалу природної очистки плавневих біоценозів, забруднюючі речовини потрапляють до р. Дніпро [13–15]. Для зменшення антропогенного навантаження на гідроєкосистему Дніпра пропонуємо доочищувати стічні каналізаційні води на очисних спорудах біологічного призначення – полях зрошення та фільтрації (табл. 2).

Таблиця 2. Результати розрахунків площі очисних споруд біологічного призначення

Поля зрошення, га			Поля підземної фільтрації, га		
Корисна площа, га	Резервна площа, га	Повна площа, га	Корисна площа, га	Резервна площа, га	Повна площа, га
1666	159	2281,25	212	53	331

Найвища ефективність біологічної очистки стічних вод досягається у теплий період року. Дана очистка стічних вод основана на здатності ґрунту затримувати забруднюючі речовини, у тому числі патогенні бакте-

рії і яйця гельмінтів. З урахуванням погіршення санітарного стан ґрунтів не рекомендується включати до сівозміни овочевих культур.

Перевагою використання полів зрошення для очистки стічних вод є одночасне вирощування на них сільськогосподарських культур. При цьому використання стічних вод для зрошення може відбуватися у вегетаційний період для забезпечення культур вологою та безвегетаційний період для забезпечення рослин поживними, органічними речовинами, які містяться у стічних водах.

Поля підземної фільтрації як один із видів природної біологічної очистки стічних вод є недоцільним для використання на сільськогосподарських землях м. Херсона через загрозу хімічного та бактеріального забруднення водоносних горизонтів, які використовуються для питного водопостачання населення. У період припинення випуску стічної води на поля зрошення можуть використовуватися резервні поля фільтрації площею 53 га із влаштуванням дренажної системи. При температурах нижче -10 C потрібно проєктувати поля наморозування. При цьому накопичення та зберігання стічних вод на резервних полях фільтрації пропонуємо здійснювати на непридатних для сільськогосподарського використання антропогенно-трансформованих земельних ділянках.

Використання ресурсозберігаючих методів у сільськогосподарському виробництві із застосуванням рециклінгових технологій сприятиме удосконаленню системи управління міськими стічними водами, вирішенню проблем водозабезпечення аграрного сектора економіки та зменшення забруднення поверхневих вод р. Дніпро (рис. 1).

Крім зрошення стічні води можуть використовуватися для удобрення сільськогосподарських угідь. В умовах масового використання миючих засобів у побуті виникає проблема високого вмісту фосфатів у стічних водах міста Херсон у кількості $51,8\text{ мг/дм}^3$.

Потрапляючи до вод Дніпра, фосфоровмісні сполуки призводять до розвитку процесів евтрофікації. При цьому спостерігаються замулювання дна, зміна кольору, зменшення прозорості води, інтенсивний розвиток планктонних водоростей у верхніх шарах води, дефіцит кисню, утворення сірководню, азоту амонійного. Проблема ускладнюється тим, що використання методів очистки стічних вод на міських очисних спорудах не забезпечує повного вилучення фосфатів із стічної води.

Нормування кількості фосфатів регулюється правилами приймання стічних вод підприємств у комунальні та відомчі системи каналізації населених пунктів України, згідно з якими підприємствам заборонено скидати до міської каналізації стоки з концентрацією фосфатів більше ніж 10 мг/дм^3 . Для міста Херсон концентрація фосфатів повинна бути $2,8\text{ мг/дм}^3$. Тобто фактично вміст фосфатів у стічній воді складає 18 ГДК.

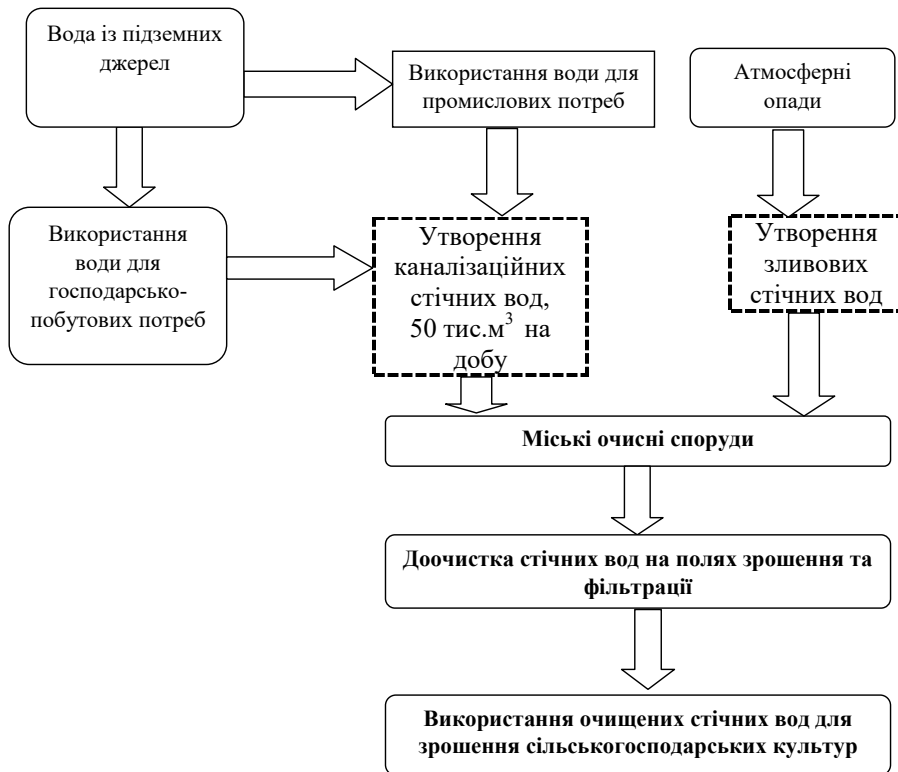


Рис. 1. Використання стічних вод для зрошення сільськогосподарських культур

Індивідуальний внесок фосфору в каналізаційну мережу від одного мешканця житлового будинку складає від 0,65 г/добу до 4,80 г/добу, середнє значення – 2,18 г/добу. Вміст фосфатів у каналізаційних стічних водах має чітку тенденцію до збільшення через інтенсивне використання миючих засобів населенням. Залишкова концентрація його у очищених стічних водах складає 1,8 мг/дм³. За таких умов з очищеними комунальними стічними водами до Дніпра надходить 90 кг фосфору щодоби. Відомо, що кожен грам фосфатних сполук за сприятливих екологічних умов спричиняє приріст у водоймі 5-10 кг ціанобактерій. При цьому для зменшення негативного впливу фосфатів на р. Дніпро доцільним є застосування технології вилучення фосфатів за допомогою природних сорбентів, цеолітів підвищить ефективність виробництва фосфатних добрив. Із загального об'єму стічних вод річна кількість накопичених фосфатів складає 910675 кг/рік. З урахуванням вартості фосфатних добрив економічний ефект від вилучення фосфатів із стічної води складатиме 45500x10³ грн.

При цьому новітні технології з підвищення рівня очистки стічних вод, збільшення обсягів повторного використання водних ресурсів і вилучення

чення корисних побічних продуктів стічних вод сприятиме розвитку циркуляційної економіки з багатооборотним використанням води у сільськогосподарському виробництві. Значний потенціал використання стічних вод для отримання фосфору забезпечить значну екологічну та економічну ефективність у системі управління стічними водами. Крім того створення оновленої концепції водовідведення, розробка конструктивних рішень щодо створення нових і удосконалення наявних екологічно безпечних технологічних процесів очищення та утилізації міських стічних вод забезпечить раціональне використання наявних водних ресурсів та зменшить рівень антропогенного навантаження на водну екосистему р. Дніпро.

Висновки. Для зменшення антропогенного навантаження на поверхневі води Дніпра запропонована технологія доочистки стічних вод з використанням споруд біологічного призначення – поля зрошення та фільтрації з подальшим використанням очищених стічних вод для поливу сільськогосподарських земель. Згідно проведених розрахунків визначено, що площа поля зрошення склала 1666 га. Встановлено, що доочистка стічних на полях фільтрації є недоцільною через загрозу забруднення водоносних горизонтів, які використовуються для водозабезпечення населення міста Херсон. Резервні поля фільтрації площею 53 га можуть використовуватися лише для накопичення та зберігання стічних вод у період припинення випуску стічної води на поля зрошення. Із загальнорічного вмісту фосфатів у каналізаційних стічних водах міста Херсон у кількості 910675 кг/рік економічна доцільність вилучення фосфатів із каналізаційних стічних вод з використанням реагента – цеолі та склала 45500×10^3 грн.

SCIENTIFIC-TECHNOLOGICAL ASPECTS OF IMPROVING SEWAGE TREATMENT PROCESSES WITHIN THE URBO-SYSTEM OF KHERSON

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

The problem of intensive pollution of hydro-ecosystems with wastewater of anthropogenic origin is topical for water supply (0.22 thous. m³ per person). In order to improve the Dnipro ecological state and increase the efficiency of agricultural production under unfavorable agro-climatic conditions, we treated sewage with ecologically substantiated safe irrigation modes.

The study focuses on additional sewage treatment at treatment plants of biological purpose – in irrigation fields and fields of underground filtration. The calculation of filtration and irrigation fields was performed by the average daily norm of loads of the total amount of sewage per 1 ha of the field per day on the average. The research

determined that the highest efficiency of biological sewage treatment is reached in a warm season of the year due to the ability of soil to absorb pollutants, pathogenic bacteria and helminth eggs. Vegetable crops are not recommended for crop rotation.

It was established that the benefit of using irrigation fields for sewage treatment is simultaneous crop cultivation. Wastewater for irrigation can be used both in a growing season to provide crops with moisture and in a non-growing season to provide plants with nutrients and organic substances contained in wastewater.

It was determined that fields of underground filtration as one of the types of natural biological treatment of sewage are not suitable for using on the agricultural lands of Kherson because of the threat of chemical and bacterial pollution of water-bearing strata, used for public drinking water supply. During the period of cessation of discharging sewage to irrigation fields, reserve filtration fields having the area of 53 ha with drainage systems can be used. Designing freezing fields are suggested at temperatures lower than -10 C .

To solve the problem of accumulation of high phosphate content in wastewater, reducing their negative impact on the Dnipro river, we suggest using the technology of removing phosphates by means of natural sorbents and zeolites. According to the calculation of the annual amount of phosphates of 910675 kg per year the efficiency of production phosphate fertilizers made 45500×10^3 UAH.

Keywords: hydro-ecosystem, water supply, treatment plants, irrigation fields, fields of underground filtration, phosphates.

ЛІТЕРАТУРА

1. Dean T.J, McMullen J.S. Toward a theory of sustainable entrepreneurship: Reducing environmental degradation through entrepreneurial action. *Journal of Business Venturing*. 2007. Vol. 22(1). P. 50–76.
2. Ладика М.М., Гобеляк Н.С., Корх О.В., Дорошенко А.В. Оцінка сучасного антропогенного навантаження на басейн р. Трубіж. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2012. № 3(32). URL: http://archive.nbu.gov.ua/journals/Nd/2012_3/12dav.pdf
3. Швед О.М., Червцова В.Г., Петріна Р.О., Новіков В.П. Порівняльний аналіз біотехнології очищення стічних вод малих населених пунктів. *Технологический аудит и резервы производства*. 2015. № 3/4 (23). С. 28–32.
4. Василенко О.А., Поліщук О.В., Василенко Л.О. Впровадження технології біологічної очистки стічних вод від сполук азоту і фосфору на міських очисних спорудах. *Екологічна безпека та природокористування*. 2014. Вип. 15. С. 90–101. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ebpk_2014_15_13/
5. Семінська О.О., Кучерук Д.Д., Балакіна М.М., Гончарук В.В. Очищення міських стічних вод мембранними методами. *Доповіді Національної академії наук України*. 2016. № 11. С. 112–116. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/dnanu_2016_11_18/

6. Vallero D.A. *Environmental Biotechnology: A Biosystems Approach*. Burlington, USA: Elsevier Academic Press, 2010. 742 p.
7. Indicators for the sustainability assessment of wastewater treatment systems. A.J. Balkema et al. *Urban Water*. 2002. Vol. 4, no. 2, P. 153–161.
8. Пивоваров О.А., Дубницький В.І., Федулова С.О. Оцінка інвестиційної привабливості водопровідно-каналізаційного господарства як базової галузі національного господарства. *Наука, технології, інновації*. 2017. № 1. С. 55–62.
9. Торба І.В. Еколого-економічний ефект реклеймінгу стічних вод на підприємствах України. *Вісник НУБГП. Серія «Економічні науки»*. 2020. Випуск 2 (90). С. 23–247.
10. Ковальчук В.А. Очистка стічних вод. Рівне: ВАТ Рівненська друкарня. 2002. 620 с.
11. Харькин С.В., Харькина О.В. Реализация технологий удаления азота и фосфора из сточных вод: роль проектирования и эксплуатации. *Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения*. 2014. № 1. С. 4–15.
12. Скок С.В. Вплив зливових та каналізаційних стічних вод на якість річки Дніпро в зоні дії Херсонської урбосистеми. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2020. № 2. С. 122–129.
13. 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.
14. 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). P. 273–280.
15. Пічура В.І. Басейнова організація природокористування на водозбірній території транскордонної річки Дніпро. Херсон: Вид-во «ОЛДІ-ПЛЮС», 2020. 380 с.

REFERENCES

1. Dean T.J, McMullen J.S. (2007). Toward a theory of sustainable entrepreneurship: Reducing environmental degradation through entrepreneurial action. *Journal of Business Venturing*, Vol. 22(1), 50–76.
2. Ladyka M.M., Gobeljak N.S., Korh O.V., Doroshenko A.V. (2012). *Ocinka suchasnogo antropogennoho navantazhennja na basejn r. Trubizh* [Assessment of modern anthropogenic load on the basin of the Trubizh river]. *Naukovi dopovidi Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy*, no. 3(32). URL: http://archive.nbu.gov.ua/journals/Nd/2012_3/12dav.pdf. [in Ukrainian].

3. Shved O.M., Chervecova V.G., Petrina R.O., Novikov V.P. (2015). *Porivnjal'nyj analiz biotekhnologii' ochyshhennja stichnyh vod malyh naselenyh punktiv* [Comparative analysis of biotechnology of wastewater treatment in small settlements]. *Tekhnologicheskij audit i rezervy proizvodstva*, no. 3/4 (23), 28–32. [in Ukrainian].
4. Vasilenko O.A., Polishchuk O.V., Vasilenko L.O. (2014). *Vprovadzhenia tekhnologii biologichnoi ochystky stichnykh vod vid spoluk azotu i fosforu na miskykh ochysnykh sporudakh* [Introduction of technology of biological sewage treatment from nitrogen and phosphorus compounds in municipal treatment facilities]. *Ekologichna bezpeka ta pryrodokorystuvannia*, Vol. 15, 90–101. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ebpk_2014_15_13/. [in Ukrainian].
5. Semins'ka O.O., Kucheruk D.D., Balakina M.M., Goncharuk V.V. (2016). *Ochyshhennja mis'kyh stichnyh vod membrannymy metodamy* [Urban wastewater treatment by membrane methods]. *Dopovidi Natsionalnoi akademii nauk Ukrainy*, no. 11, 112–116. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/dnanu_2016_11_18/. [in Ukrainian].
6. Vallero D.A. (2010). *Environmental Biotechnology: A Biosystems Approach*. Burlington, USA: Elsevier Academic Press.
7. Balkema A.J. et al (2002). Indicators for the sustainability assessment of wastewater treatment systems. *Urban Water*, Vol. 4, no. 2, 153–161.
8. Pyvovarov O.A., Dubnytskyi V.I., Fedulova S.O. (2017). *Otsinka investytsiinoi pryvablyvosti vodoprovodnokanalizatsiinoho hospodarstva yak bazovoi haluzi natsionalnoho hospodarstva* [Assessment of investment attractiveness of water supply and sewerage as a basic branch of the national economy]. *Nauka, tekhnologii, innovatsii*, no 1, 55–62. [in Ukrainian].
9. Torba I.V. (2020). *Ekoloho-ekonomichnyi efekt rekleiminhu stichnykh vod na pidpriemstvakh Ukrainy* [Ecological and economic effect of wastewater reclamation in the enterprises of Ukraine]. *Visnyk NUVHP*, Vol. 2 (90), 23–247. [in Ukrainian].
10. Kovalchuk V.A. (2002). *Ochystka stichnykh vod* [Wastewater treatment]. Rivne: VAT Rivnenska drukarnia. [in Ukrainian].
11. Har'kin S.V., Har'kina O.V. (2014). *Realizacija tehnologij udalenija azota i fosfora iz stochnyh vod: rol' proektirovanija i jekspluatacii* [Implementation of technologies for removing nitrogen and phosphorus from wastewater: the role of design and operation]. *Nailuchshie dostupne tehnologi vodosnabzhenija i vodootvedenija*, no. 1, 4–15. [in Russian].
12. Skok S.V. (2020). *Vplyv zlyvovyh ta kanalizacijnyh stichnyh vod na jakist' richky Dnipro v zoni dii' Hersons'koi' urbosystemy* [The impact of stormwater and sewage water on the quality of the Dnipro-river with in the area of Kherson urbosystem]. *Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*, no. 2, 122–129. [in Ukrainian].

13. Pichura V.I., Potravka L.O., Skok S.V. (2019). *Ekolohichni stan akvatoriiriky Dnipro u zoni vplyvu urbosystem (na prykladi mista Kherson)* [Ecological condition of the Dnieper-river water area in the zone of the impact of urbosystems (exemplified by Kherson)]. *Vodni bioresursy ta akvakultura*, no. 2, 19–34. [in Ukrainian].
14. 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), 273–280.
15. Pichura V.I. (2020). *Basejnova organizacija pryrodokorystuvannja na vodozbiirnij terytorii' transkordonnoi' richky Dnipro* [Basin organization of nature use on the catchment area of the Dnieper transboundary river]. Kherson: «OLDI-PLJuS». [in Ukrainian].