

Гриб Й. В. [1; ORCID ID: 0000-0002-8158-2342],

д.б.н., професор,

Троцюк В. С.

к.с.-г.н., доцент,

Ковальчук С. В. [2; ORCID ID: 0009-0006-2546-8349],

к.с.-г.н., голова циклової комісії,

Войтишина Д. Й.,

здобувач

¹Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне

²ВСП «Рівненський технічний фаховий коледж НУВГП», м. Рівне

ОЧИЩЕННЯ ТА УТИЛІЗАЦІЯ СТИЧНИХ ВОД ТВАРИННИЦЬКИХ КОМПЛЕКСІВ В АГРОЕКОСИСТЕМАХ

Згідно з програмою українсько-канадської співпраці з оздоровлення басейну р. Дніпро проведено порівняльну оцінку ефективності, затратності і рентабельності методів очищення та утилізації відходів тваринницьких комплексів у Канаді і Україні. За методикою канадських фермерів проводиться накопичення рідких відходів з подальшим їх механізованим внесенням під оранку з контролем вмісту мінерального фосфору в ґрунті. В Україні на великих тваринницьких комплексах практикується очищення рідкої фракції стоків на біологічних спорудах (аеротенках) з подальшим накопиченням очищеної води у відстійниках до підвищення температури у весняно-літній період з наступним очищенням у водорослево-рачкових ставках та використання вирощеної біомаси зоопланктону для годівлі малька коропових риб, а очищена вода подається на зрошення і стабілізацію на біоплато перед випуском у річкову мережу.

Розвиток тваринництва є необхідною умовою постачання населення білком (м'яса та молочних продуктів), використовуючи при цьому біля 30% валового збору фуражного зерна при випасному утриманні. В сучасних умовах основним напрямом його розвитку в Україні є стійлове утримання, що потребує використання значних територій ґрунтів для вирощування сільськогосподарських культур. Однак, реалізація цієї програми потребує вирішення проблеми утилізації відходів, особливо при створенні значних тваринницьких комплексів.

В світовій практиці забезпечення населення білком тваринного походження реалізується принцип утримання ВРХ в регульованих стійлових умовах при співвідношенні чисельності однієї голови ВРХ

еквівалентної площі 1 га с/г угідь. Відходи при цьому накопичуються в ємностях і вносяться навесні під ріллю під час оранки як органічні добрива, що характерно для фермерського тваринництва в Канаді.

В Україні використовувалось створення великих тваринницьких комплексів з гідравлічним видаленням відходів, їх накопиченням у відстійниках і очищенням у системі водорослево-рачкових ставків, що створює додаткові проблеми з відведенням земель та забрудненням поверхневих вод. При очищенні стоків у такій системі вони подаються на утилізацію біомаси живого корму у рибництві або для зрошення угідь. При надлишку такої води вона подається на біоплато та у подальшому в річкову мережу.

Для активації процесів біологічного доочищення стоків використовуються маточні стави з інтродукованою культурою мікроводорості хлорели та зоопланктону (дафній).

З врахуванням можливості наявності у скидних водах патогенних мікроорганізмів, вірусів та яєць гельмінтів рекомендовано при гідравлічних методах відведення стоків використання їх для зрошення сільськогосподарських культур. Одноразово це буде сприяти компенсації водності у річковій мережі при підвищеній випаровуваності води, однак у малих фермерських господарствах історично виправдане пряме внесення рідких відходів під оранку, що знімає вплив на водне середовище.

В сучасних умовах збіднення природної кормової бази протічних річкових систем через регулювання стоку і спрямлення русел, використання водорослево-рачкових ставків для очищення стічних вод є перспективним напрямком відродження видового різноманіття популяцій і продуктивності аборигенної іхтіофауни. Водночас з водного середовища вилучатимуться шкідливі домішки і біогенні сполуки як причини евтрофікації поверхневих вод.

Ключові слова: тваринницькі комплекси; стічні води; очищення; утилізація; водне середовище.

Вступ. Проблема розвитку тваринництва і постачання населенню молочних продуктів та м'яса у післявоєнні роки буде тісно пов'язана з демографічною ситуацією, агросектором та необхідністю механізації робіт з утилізації стоків та забезпеченням екологічних умов щодо збереження стану водного середовища. Насамперед це стосується розмірів фермерських господарств за чисельністю великої рогатої худоби та площею сільськогосподарських угідь. Експертна група вчених України у складі д.б.н. Гриба Й. В. та д.мед.н. Гвоздяка П. І. була ознайомлена з вирішенням цієї проблеми фермерами провінції Онтаріо (Канада) у господарствах, розташованих у басейні річки Гранд. Одночасно на території України на базі інституту гідробіології

58

НАН України велись дослідження ефективності утилізації стічних вод на колишньому Калитянському свинокомплексі д.б.н. Грибом Й. В. Отримані результати показали високу ефективність та рентабельність прийнятих рішень, які можуть бути застосовані у світовому тваринницькому господарстві.

Виконане дослідження є надзвичайно актуальним у зв'язку з необхідністю постачання населенню планети білка тваринного походження та процесами знезараження (утилізації) висококонцентрованих стоків тваринницьких комплексів.

Мета досліджень – визначити напрям подальшого екологічного забезпечення розвитку тваринницьких комплексів та утилізації відходів з використанням зарубіжного та вітчизняного досвіду.

Методи досліджень: апробовані гідробіологічні, гідрохімічні, мікробіологічні, іхтіологічні та агрохімічні.

Результати досліджень. Річка Гранд приймає очищені комунальні стічні води від семи населених пунктів з системою ефективного біологічного очищення споруд з третинним доочищенням стоків у бічних ветлендах, після яких вода річки може використовуватись у питних цілях. Басейн річки активно використовується під розвиток тваринництва і вирощування сільськогосподарських культур як кормів для тварин. Фермери суворо дотримуються правил охорони і використання прибережних захисних смуг. Широко використовувалося стійлове утримання великої рогатої худоби та збір рідких відходів у накопичувачах та утилізація їх під час оранки. Для гомогенізації стоків використовувалися потужні змішувачі та автотранспорт для їх вивезення та внесення під оранку (переважно під посіви кукурудзи).

Стійлове утримання худоби (впродовж року) викликає порушення травостою заплави та попереджає забруднення русла. Для утримання й ізоляції прибережних смуг спілка фермерів виділяє спеціальні кошти. Чисельність великої рогатої худоби регламентується площею сільськогосподарських угідь (з розрахунку одна особина великої рогатої худоби на один га ріллі). Внесення відходів та подрібненої частини стебел забезпечує вміст гумусу у ґрунті в межах 14–15% при 4–8% в ґрунтах України. В Україні детальні дослідження проведені на колишньому Калитянському свинокомплексі з використанням рідких відходів та їх утилізацією. Обрахування еколого-економічного потенціалу вказало на доцільність утилізації стоків для отримання сільськогосподарської продукції у

циклі «відходи – продукція – вартість – рентабельність» (рис. 1). При оптимальному індексі вартості 1000 грн за тонну продукції в басейні річки Гранд дохід у замкнутому циклі «рілля – корми – тваринництво» становив 7000 грн на тонну. Водночас в Україні, за відсутності внесення органічних добрив, дохід на тонну продукції становив 495 грн у басейні р. Удай та 715 грн у басейні р. Горинь. Отже, без утилізації відходів тваринництва втрачається економічна ефективність, спостерігається зниження вмісту гумусу в ґрунті та врожайності кормових культур (табл. 1).

Таблиця 1

Допустимі рівні природокористування у басейнах досліджуваних річок

№ з/п	Характеристики	Норма, бали	Річкові басейни, бали		
			Гранд Рівер (Канада)	Удай	Горинь
1	Якість води, I_v	1,0	3,0 (-3,0)	5,0 (-5,0)	9,6 (-9,6)
2	Трансформація басейну, K_e	1,0	3,0 (-3,0)	3,0 (-3,0)	2,0 (-2,0)
3	Трансформація русла і заплави, S_l	$\geq 8,0$ (1,0)	7,5 (1,0)	1,8 (-4,4)	1,3 (-0,16)
4	Екологічно обґрунтована витрата води, m^3/c	За басейнами (1,0)	10,0 (+1,0)	6,0 (+1,0)	25,0 (+1,0)
5	Вміст гумусу в ґрунтах чорноземної зони, %	$> 2,1$	12,5 (+6,0)	2,5 (-5,0)	4,0 (-3,1)
6	Демографічне навантаження, чол/км ²	30,0 (1,0)	117 (-4,0)	50,0 (-1,6)	45,0 (-1,5)
7	Економічний індекс, грн/т	1000,0 (1,0)	7000 ** (+35,0)	715,0 (+0,62)	495,0 (+0,50)
8	Еколого-економічний потенціал, E_n	$\geq 6,0$ (1,0)	5,0 (+0,9)	4,8 (+0,80)	2,5 (+0,25)
Всього:		+ 8,0	+36,9	-12,58	-14,35

Примітка *: в дужках бальна оцінка.

** Замкнутий цикл: рілля – корми – тваринництво.

Утилізація доочищеної води здійснюється через подачу води із рачкових ставків у ставок для риборозведення (для живлення

личинок), а також в ставок чистої води – для подачі на зрошення в сезон вегетації.

Враховуючи, що дренажна вода (10% від норми поливу) забруднена, містить в собі органічні, бактеріальні, біогенні сполуки – вона потребує доочищення і стабілізації. Цю роботу виконує біоплато із вищої повітряно-водної рослинності – комишу озерного і рогузу широколистого.

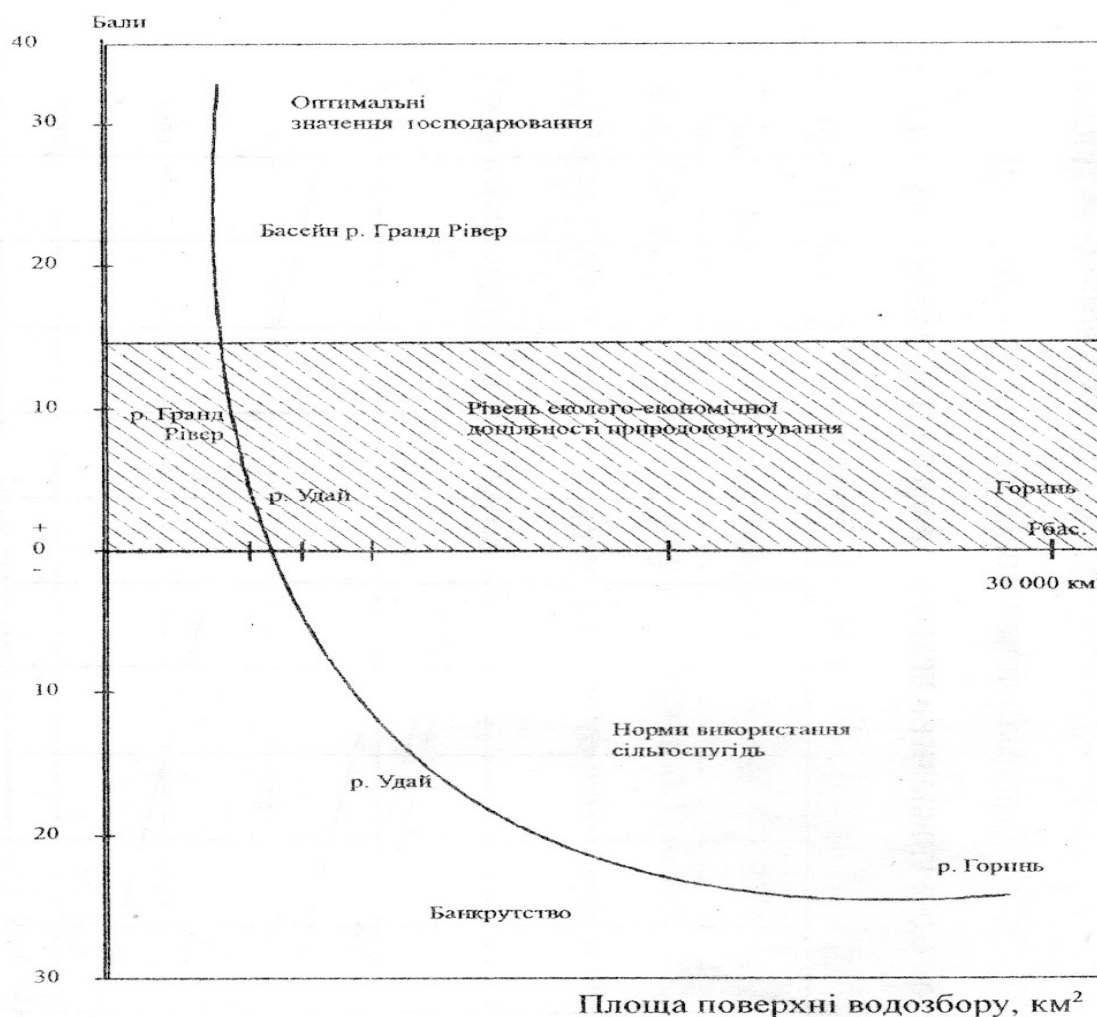


Рис. 1. Еколого-економічна оцінка природокористування у досліджуваних басейнах

Робоча технологічна схема доочищення стічних вод на колишньому Калитянському свинокомплексі представлена на рис. 2.

Прийнятий до розробки варіант технологічної схеми складається із наступних елементів:

1. Накопичувачі освітлених стічних вод після первинного біологічного очищення.
2. Водоростеві ставки або ставки-деструктори.
3. Рачкові ставки.
4. Виросний ставок для риборозведення.
5. Накопичувач дренажних вод.
6. Водойма-накопичувач чистої води.

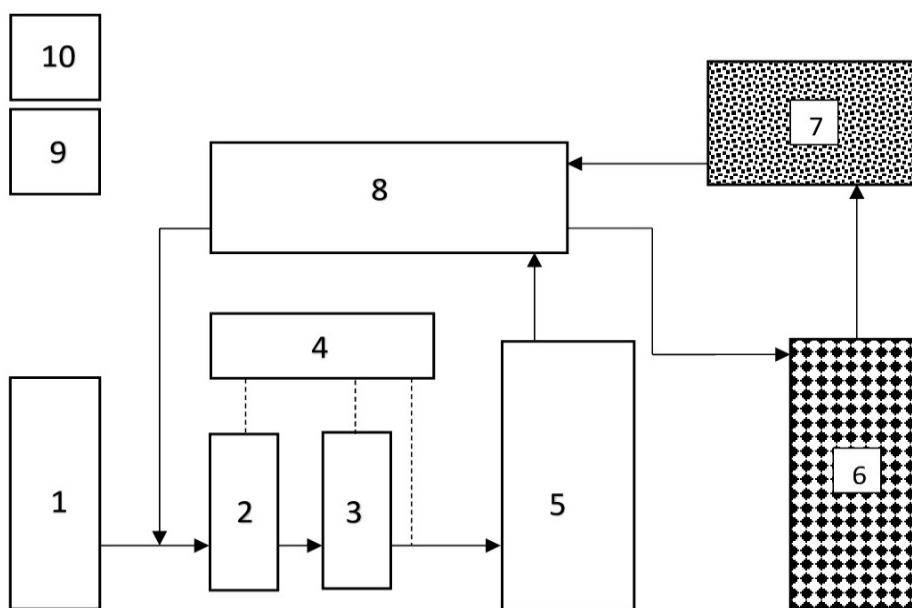


Рис. 2. Технологічна схема доочищення стічних вод на колишньому Калитянському свинокомплексі:

- 1 – накопичувач стічних вод; 2 – водоростевий ставок;
3 – рачковий ставок; 4 – компресорна; 5 – рибоводна водойма; 6 – поля зрошення; 7 – біоплато; 8 – водойма чистої води; 9 – маточний водоростевий ставок; 10 – маточний рачковий ставок

Одночасно біоплато служить природним нерестовищем для маточного поголів'я риби із водойми чистої води.

Хімічний режим доочищення стічних вод на колишньому Калитянському свинокомплексі. Основними компонентами-забруднювачами стічних вод свинокомплексу є механічні домішки, органічні речовини і біогенні сполуки. В процесі штучного біологічного очищення (I і II ступінь аеротенків) стічні води звільняються від завислих речовин з 1665 до 365 мг/дм³, знижується вміст органічних речовин (по біхроматній окиснюваності), знижується на 50% вміст біогенних сполук азоту і фосфору. Однак, показники хімічного забруднення стічних вод після біологічного очищення досить високі і

вода скидається в накопичувачі. За вмістом забруднюючих речовин ці стічні води вимагають доочищення, інакше буде виведена з ладу вся екосистема басейну р. Трубіж, а також будуть забруднені водоносні горизонти (табл. 1).

Характеристика стічних вод із ставків-накопичувачів № 1 і № 2 наведена в табл. 2.

Як видно із представлених даних, вміст азоту амонійного знаходиться в межах від 290 до 355 мг/дм³, низький вміст нітратів і нітритів, біхроматна окислюваність – 380,0–467,0 мг O/дм³, БСК₅ – 350,0–500,0 мг O₂/дм³. Сольовий фон – аналогічний складу стічних вод на вході очисних сполук. Аналізуючи динаміку забруднюючих речовин, а також газовий режим, можна зробити висновок, що очищення стічних вод в накопичувачі відбувається тільки у верхніх шарах при гострому дефіциті кисню, тобто, процес вимагає управління. З цією метою нами була промодельована система водоюм з розбавленою стічною водою з метою вивчення впливу аерації на вміст органічних речовин і сполук.

Як показав досвід, на 6–7 добу відмічається різке падіння вмісту азоту амонійного (в 15–20 разів порівняно з вихідними) і вмісту органічних домішок. Результати дослідів наведені в табл. 2.

Потреба в кисні однієї бактерії – $0,13 \cdot 10^{-9}$ мг/добу, інфузорії – $33 \cdot 10^{-5}$ мг/екз, коловертки – $7 \cdot 10^{-5}$ мг/екз/добу, дафнії – $33 \cdot 10^{-4}$ мг/екз/добу (стандарт).

Розрахунок кисневого режиму водоростевих ставків. Початкова енергія міститься в органічній речовині стічних вод, що надходять на доочищення. Кількість розчинених органічних речовин за біхроматною окислюваністю дорівнює 500 мг O/дм³. При оксикалорійному коефіцієнті 3,4 енергія, що міститься в ставках, становить 1700 кал./дм³. Кількість завислих органічних речовин, що надходить в ставок-накопичувач – 100,0 мг/дм³. При оксикалорійному коефіцієнті 1,5 кал. в 1 мг, калорійність завислих речовин становить 1500 кал./дм³.

Загальна кількість органічних речовин становить 3200 кал./дм³. Щоденно на водоростеві ставки надходить 1400 м³ стічних вод або 4480000 ккал. При глибині водоростевих ставків 0,6 м площа їх водного дзеркала становить $1400/0,6 = 2332$ м². Звідси на 3 м² поверхні припадає навантаження 1921 ккал за добу, що в 19,2–25,6 разів перевищує природну продуктивність рослинних угруповань (75–100 ккал./м²/добу).

Таблиця 2

Гідрохімічна характеристика стічних вод колишнього Калитянського свиногомплексу

Характеристики	Точки відбору проб									
	Після 2 ступеня очищення	Після 1 ступеня очищення	Після 0 ступеня очищення	Вихідний стік	Буферний став, т.6	Буферний став, т.5	р. Трубіж в районі омплексу	р. Трубіж нижче омплексу		
NH ₄ ⁺ , мг/дм ³	235,0	495,0	660,0	590,0	290,0	355,0	0,450	0,580		
NO ₂ ⁻ , мг/дм ³	неможливо визначити									
NO ₃ ⁻ , мг/дм ³	0,750	1,50	1,65	2,72	0,910	1,18	0,216	0,240		
PO ₄ ³⁻ , мг/дм ³	30,0	40,0	80,0	175,0	40,0	50,0	0,700	0,140		
HCO ₃ ⁻ , мг/дм ³	1708,0	2440,0	1830,0	1830,0	1616,0	1555,0	424,0	464,0		
Твердість, мг-екв/дм ³	9,5	9,0	12,0	14,0	8,0	6,8	7,55	7,50		
Ca ²⁺ , мг/дм ³	90,0	80,0	80,6	74,0	80,0	120,0	106,4	86,8		
Mg ²⁺ , мг/дм ³	61,0	61,0	93,9	125,7	48,8	9,8	27,2	38,7		
BO, мг O/дм ³	365,0	482,0	1883,0	1460,0	380,0	467,0	121,2	73,0		
Cl ⁻ , мг/дм ³	572,0	422,0	540,0	330,0	721,0	724,0	59,5	62,1		
SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	720,0	1200,0	1860,0	1440,0	1304,0	1240,0	17,3	25,6		
Сухий залишок, г/дм ³	2,8	2,9	2,9	2,7	2,2	2,3	0,45	0,50		
SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	912,0	1125,0	900,0	700,0	1000,0	1000,0	36,2	59,5		
Сума іонів, мг/дм ³	2503,0	4224,8	3631,0	3204,0	3596,0	3533,0	671,0	736,0		

Звідси виникає об'єктивна необхідність штучної аерації вод, які доочищуються, а це зменшує площу водоростевих ставків і підвищує ефективність доочищення. Без аерації стічних вод у мілководних біоставках очищення здійснюється за 5 діб ($1921:408 = 4,7$), де 408 – споживання енергії за 1 добу при $БСК_5 = 120 \text{ мг } O_2/\text{дм}^3$. Для розрахунків прийнято надходження через дифузію кисню із повітря – $0,686 \text{ г/м}^2$ за добу, а також виділюваного водоростями в результаті фотосинтезу $5,0 \text{ г/м}^2$ за добу. Забезпеченість біоценозу і водоростевого ставка розчиненим киснем представлено в табл. 3.

Таблиця 3

Дифузія кисню у воду водоростевого ставка, г/добу

Ставок	Надходження O_2 у воду			Потреба	Дефіцит
	із повітря	фотосинтез	всього		
Водоростевий	1600,0	1660,0	3260,0	2875,0	немає
Рачковий	1166,2	1166,0	2332,2	3390,0	1057,8
Всього					1057,8

Примітка: Добова потреба в розчиненому кисні дафнієвих ставків розрахована, виходячи із загальної кількості мікроорганізмів, коловерток, дафній, інфузорій на 1 м^2 поверхні водного дзеркала.

Таблиця 4

Добова потреба у розчиненому кисні рачкових ставків, г/добу

Шар, см	Бактерії		Інфузорії		Коловертки		Дафнії		Всього
	п	г	п	г	п	г	п	г	
0–10	$10-10^{12}$	130,0	$50-10^5$	1650,0	$5-10^5$	35,0	$3-10^5$	990,0	2805,0
10–50	$25-10^{12}$	325,0							325,0
50–80	$20-10^{12}$	260,0							260,0
									3490,0

Гідробіологічний режим доочищення стічних вод. Альгофлора колишнього Калитянського тваринницького комплексу. Для санітарно-біологічної оцінки процесів самоочищення стічних вод в біоставках і їх рибогосподарського використання необхідна характеристика видової приналежності тваринних і рослинних організмів, а також кількісний облік їх чисельності і біомаси.

Процес очищення в біологічних ставках значно прискорюється за наявності в них водоростей. При асиміляції із середовища вуглецю водорості виділяють O_2 , від кількості якого залежить швидкість біохімічних процесів у воді. Фотосинтезуючі організми забезпечують присутність вільного O_2 і сприяють окисленню органічних речовин.

При вивченні фітопланктону відстійника для очищення стічних вод свинокомплексу нами використані методи, прийняті у гідробіології. Підрахунок організмів проводили в стандартній камері Нажотта. Їх масу вираховували розрахунково-об'ємним методом, приймаючи, що в 1×10^9 мкм³ відповідає 1 мг.

В складі фітопланктону ставка №5 і насосної станції виявлено 2 і 13 видів водоростей відповідно. У фітопланктоні ставка № 5 розвивається монодомінантний ценоз, який складається із *Chlamidomonas ehrenb*, чисельність і біомаса якого становила 265000 тис. кл. або 1321,7 мг/дм³.

Монодомінантність ценозу є показником високого органічного забруднення водойми, що характеризується як альфамезосапробний (табл. 5). Слід відзначити зміну характеру біоценозу, що відбувається внаслідок очищення води в останній секції відстійника. Тут видова різноманітність водоростей зростає до 13 видів. Домінують зелені і синьо-зелені водорості рр. *Chlamydomonas*, *Crucigenia*, *Dictiosphenium*, *Mycrosistic*, *Oscillatoria*, *Anabaena*, чисельність і біомаса яких відповідно становила 1834500 тис. кл. і 83,8 мг/дм³. Як видно, біомаса водоростей, що продукується в ставках, дуже висока і створює передумови для розвитку наступних ланок трофічного ланцюга – зоопланктонного угруповання, що визначає рівень розвитку кормової бази і, в кінцевому результаті, іхтіофауни. Інтенсивність росту рослинного планктону для евтрофованої водойми становить 2,9 питомої ваги/добу (3,0 питомої ваги/добу).

Утворення первинної продукції у відстійнику (поверхневому шарі води) відбувалося досить інтенсивно і часто перевищувало деструкцію. Про те, водорості в поверхневому горизонті знаходились в хорошому фізіологічному стані, про що свідчить добовий (П/Д) коефіцієнт (0,67) і добове асиміляційне число (29,8).

Вилучення органічної маси з поверхні сприяє більш активному протіканню процесів фотосинтезу в товщі води. Незважаючи на високі показники продукування органічної речовини у поверхневому шарі води, синтез органічної речовини під 1 м² площі невеликий через екрануючу дію поверхневої плівки. Як видно із табл. 6, швидкість споживання кисню значно більша, ніж його виділення – деструкція органічної речовини в 4–15 разів перевищувала його продукцію.

Таблиця 5

 Водорості, виявлені в стічних водах свиноферми
(насосна станція)

Водорості	Сапробність	Чисельність, тис. шт	Біомаса, мг/дм ³
Синьо-зелені			
<i>Microcystis pulw</i>	α-β-сапр.	395000	5,53
<i>Microcystis aeruginosa</i>	α-β-сапр.	9000	1,02
<i>Oscillatoria ter</i>	β-мезосапр.	1085000	5,4
<i>Oscillatoria sp</i>	α-сапр.	18500	0,91
<i>Merismopedia ten</i>	α-сапр.	49000	3,2
<i>Spirulina yenner</i>	α-сапр.	32000	0,12
<i>Spirulina yenner</i>	β-α-сапр.	700	0,049
<i>Marsconia elegans</i>	β-α-сапр.	4000	0,008
Протококові			
<i>Dictosphenium pulch</i>	β-сапр.	49000	5,5
<i>Crucigenia</i>	β-сапр.	75000	6,15
<i>Tetrastrum glabchlamy</i>	β-сапр.	2000	1,04
Вольвоксові			
<i>Chlamydomonas ehrenb</i>	α-сапр.	108500	54,25
Діатомові			
<i>Cocconeis pluc</i>	β-сапр.	500	0,05
Став №5		1834500	83,88
Вольвоксові			
<i>Chlamydomonas ehrenb</i>	α-сапр.	263000	131,5
<i>Dictosphenium pulch</i>	β-сапр.	2000	0,226
Всього		265000	131,72

Таблиця 6

Стан біоценозу ставка-накопичувача

Показник стану біоценозу	Значення
Прозорість, м	0,19
Температура, °C	22,0
NH ₄ ⁺	100,0
NO ₂ ⁻	-
Біомаса водоростей, мг/дм ³	74–130
Первинна продукція, мг O ₂ /дм ³ /добу	15,5–27,8
Деструкція, мг O ₂ /дм ³ /добу	50,5–20,5
П/Д добовий	0,7–0,6

Якщо біомаса водоростей у відстійнику становить 130 мг/дм^3 , а домінуючі тут зелені і синьо-зелені водорості для оптимального розвитку вимагають $5,5 \text{ NH}_4^+$ і $\text{NO}_3^- \text{ мг/дм}^3$, то альгоценоз в цілому утилізує із водойми-відстійника 715 мг/дм^3 забруднень.

Якщо врахувати, що відстійник містить азотистих сполук 100 мг/дм^3 , а БСК₅ становить також $100 \text{ мг O}_2/\text{дм}^3$, то альгоценоз, що розглядається, спроможний очистити воду до нормативних значень за 7–8 днів.

У відстійнику для очищення стічних вод свинокомплексу створюється біоценоз, який складається із бактерій, водоростей і зоопланктону (коловерток і дафній). У цьому біоценозі існує короткий трофічний ланцюг: алохтонна органічна речовина – бактеріо- і фітопланктон – зоопланктон. Біомаса, що продукується живими організмами (за літературними даними тільки продукція зоопланктону знаходиться в межах $27,9\text{--}32,9 \text{ г/м}^3$), висока, тому можна продовжити трофічний ланцюг і рекомендувати вселення в ставки-відстійники мальків риби (коропів). За даними, які є в літературі, рибопродуктивність подібного типу ставків при умові достатньої кількості кисню і відсутності токсичних речовин може досягати $100\text{--}200 \text{ кг/га}$. Виходячи з цього, можна рекомендувати вирощування підрощених до 5–10 г мальків коропа або карася, оскільки личинок рекомендувати для вирощування не можна через їх високу чутливість до нестачі кисню і підвищеного вмісту нітратів.

Кількість випущених для вирощування мальків коропа розраховується за формулою:

$$A = (F \cdot P \cdot 100) / B \cdot R, \quad (1)$$

де A – кількість екземплярів риби; F – площа ставка, га; P – продуктивність ставка, кг/га; B – вага цьогорічних особин до осені, кг; R – вихід цьогорічних особин у % до випущених для вирощування.

Якщо прийняти продуктивність ставка за 100 кг/га , вагу цьогорічних особин до осені 50 г , вихід цьогорічних особин 50% , то формула набуває такого вигляду:

$$A = 4000 \text{ екз/га},$$

тобто чисельність риби на 1 га ставка може бути 4 тис. екземплярів.

Далі слід розрахувати, чи достатня кормова база для цієї кількості риби.

Харчові потреби розраховують за балансовим рівнянням (Вінберг, 1956):

$$C_n = (R + P) - 1,25:C_k, \quad (2)$$

де C_n – харчові потреби; R – витрати на обмін; P – витрати на приріст; 1,25 – коефіцієнт ступеню засвоєння риби; C_k – калорійність їжі.

Питома вага росту риби розраховується за рівнянням:

$$C_w = (lgW_2 - lgW_1)/0,4343 (t_2 - t_1), \quad (3)$$

де W_1 – маса риби на початку досліджень, г; W_2 – маса риби при часі «t».

Витрати на обмін (R) розраховуються за формулою:

$$R = (a \cdot 20,33 \cdot 24 \cdot W \cdot 1 \cdot 5) / q \cdot C_c. \quad (4)$$

Коефіцієнти «а» і «к» розраховані і становлять для коропових риб:

$$a = 0,347 \text{ мг } O_2 \text{ г}^{-1}\text{год}^{-1};$$

$$k = 0,82 \text{ (Вінберг, 1961),}$$

де W – маса риби, г; q – температурна поправка (приведена до 20° C); C_c – енергетичний еквівалент сирової речовини риби, Дж. г⁻¹.

$$a = 0,347 \text{ мг } O_2 \text{ г}^{-1}\text{год}^{-1}$$

$$k = 0,82 \text{ (Вінберг, 1961)}$$

$$R = 0,343 \cdot 4,86 \cdot 24 \cdot 50 / 0,96 = 1158,6$$

$$C_w = lg10 - lg50 / 0,4343 \cdot 150 = 0,005.$$

Питома швидкість росту:

$$P = (10 + 50) / 2 = 300 \cdot 0,05 = 0,15 \text{ г}$$

$$C_n = (1158 + 0,15 \cdot 1,25) / 35,9 = 40,3 \text{ г.}$$

Таким чином, харчові потреби 1 особини на 1 добу становлять 40,3 г, а для 4 тис. екз. – 161кг/га за добу. Водночас органічна продукція зоопланктону становить близько 608 кг/га, що значно перевищує харчові потреби риб.

Після підрощування в біоставку цьогорічних особин риб пересаджують в зимувальні ставки, де вони зможуть звільнитися від можливого накопичення шкідливих речовин. Всі ці розрахунки необхідно вважати орієнтовними і такими, що вимагають в реальних умовах певних коректив.

Риби з'їдають більш як 50% продукції зоопланктону. Кормовий коефіцієнт (к/к) риб за зоопланктоном дорівнює 20. Кількість енергії з переходом на наступний трофічний рівень знижується в 10–15 разів.

Лімітуючі умови вирощування малька в ставках для риборозведення. Штучна екосистема доочищення стічних вод має високопродуктивну за живим кормом базу і може використовуватись

для вирощування малька (за угодою з господарствами із риборозведення) з подальшою пересадкою в нагульні ставки.

Порівняння вимог до якості води для рибоводних господарств (ГОСТ 15.372-87), а також гранично допустимих концентрацій забруднюючих речовин показує, що фактичні дані характеристик якості води і ті, що регламентуються порівняно близькі, хоча і спостерігається незначне перевищення за вмістом органічної речовини (до 60,0 мг O/дм³ замість 50,0 мг O/дм³ і за аміаком сольовим 1,5–5,0 мг/дм³).

Буде спостерігатися невідповідність за сольовим складом – перевищення за хлоридами, сульфатами і загальною мінералізацією (табл. 7).

Однак, остання обставина не матиме суттєвого значення, оскільки є дані, що коропові успішно вирощуються при солоності води до 10,0 г/дм³.

Характеристика доочищеної води і придатність її для зрошення. Доочищена на реконструйованому комплексі стічна вода (за аналогією з діючими об'єктами і результатами лабораторного моделювання) являє собою штучну екосистему із порівняно високим вмістом солей (до 3,0 г/дм³), сольовий склад – гідрокарбонатно-хлоридно-натрієвий, що формується на основі специфічності стоків. За вмістом органічних домішок вода порівняно чиста – БСК₅ – 32,2 мг O₂/дм³ (нефільтрована проба), ХСК – до 30,0 мг O/дм³. Передбачається порівняно сприятливий вміст біогенних сполук – азоту амонійного – до 3,0 мг/дм³, нітритного – до 20,0 мг/дм³, фосфатів – до 12,5 мг/дм³. Такі води не можуть бути скинуті прямою дорогою у гідрографічну мережу. Утилізація їх може йти через розбавлення (1:3) або через використання для зрошення.

Аналіз зрошувальних якостей за вмістом біогенів показує, що вода придатна для зрошення пасовищ, сінокосів, вирощування коренеплодів, кукурудзи і зернових (при розбавленні 1:1). Без розбавлення і попередньої підготовки доочищена вода небезпечна можливістю осолонцювання (за натрієм), а також засолення (IV клас якості води за співвідношенням хлоридів до сульфатів і загальної мінералізації).

Можливе застосування для зрошення легких ґрунтів з промивним режимом.

Доочищення дренажних вод на біоплато. Дренажні води від зрошуваних сільськогосподарських угідь (10% від поливних вод)

мають досить високий рівень забруднень – органічних (ХСК – до 110 мг О/дм³, БСК₅ – 18,0 мг О₂/дм³), біогенних сполук – азот амонійний – до 10,0 мг/дм³, азот нітратний – до 32,0 мг/дм³, фосфати – до 11,0 мг Р/дм³, високу мінералізацію – до 3250 мг/дм³. Тому вони повинні підлягати біологічному доочищенню і стабілізації на біоплато – мілководному біоставка із заростями вищих повітряно-водних рослин – рогозу і очерету.

Таблиця 7

Показники хімічного складу води для ставків

Показники	Оптимум	Межа для коропових	Дослідні дані
1	2	3	4
Колірність в градусах	30,0–50,0		30,0–80,0
Розчинений кисень, мг О ₂ /дм ³	не менше 5,0–7,0	до 0,5–0,7 (заморні явища)	12,0–17,0
Вуглекислота, мг/дм ³	до 10,0	30,0	20,0
Сірководень, мг/дм ³	0	0,1	0,1
рН	7,0	6,5	8,0
Лужність, мг-екв/дм ³	1,8–2,0	2,5	10,0–12,0
Жорсткість загальна, мг-екв/дм ³	5,0–8,0	3,0–5,0	до 10,0
Окислюваність, мг О/дм ³	15,0–20,0	40,0	50,0–60,0
Азот альбуміноїдний, мг/дм ³	0,5–1,5	10,0–20,0	20,0–40,0
Аміак сольовий, мг/дм ³	0,5–1,0	1,5	5,0
Нітрити, мг/дм ³	0,5–1,5	15,0	1,0
Нітрати, мг/дм ³	1,0–2,0	до 30,0 (мінеральне живлення)	15,0
Фосфати, мг Р ₂ О ₅ /дм ³	0,1–0,4	0,5	10,0
Залізо, мг/дм ³	1,0–2,0	4,0–5,0	1,0
Хлориди, мг/дм ³	5,0–10,0	10,0	200,0
Сульфати, мг/дм ³	до 10,0	20,0–30,0	350,0
Солоність, %	до 1,0	1,5	3,0

Ефект доочищення досягається за рахунок:

- відстоювання;
- фізіологічного обміну в системі «вода – вищі водні рослини»;
- споживання забруднюючих речовин біообростаннями – перифітоном;

- бактеріальної деструкції.

Таблиця 8

Хімічний склад дренажних вод після зрошення доочищеними
стічними водами комплексу

№ з/п	Гідрохімічні характеристики	Розмірність	Значення
1	pH		6,5–6,8
2	Лужність	мг/дм ³	<u>11000 – 16000,0</u> 1350,0
3	Жорсткість	мг-екв/дм ³	<u>5,5 – 6,0</u> 5,7
4	Кальцій	мг/дм ³	<u>40,0 – 100,0</u> 70,0
5	Магній	мг/дм ³	<u>15,0 – 30,0</u> 22,5
6	Хлориди	мг/дм ³	<u>450,0 – 700,0</u> 575,0
7	Сульфати	мг/дм ³	<u>300,0 – 800,0</u> 550,0
8	Залізо	мг/дм ³	<u>0,5 – 1,0</u> 0,75
9	Калій, натрій	мг/дм ³	<u>750,0 – 900,0</u> 825,0
10	Органічна речовина ((ХСК)	мг О/дм ³	<u>45,0 – 110,0</u> 72,5
11	Мінералізація	мг/дм ³	<u>3000,0 – 3500,0</u> 3250,0
12	БСК ₅	мг О ₂ /дм ³	10,0 – 18,0
13	NH ₄ ⁺	мг N/дм ³	<u>2,0 – 10,0</u> 6,0
14	NO ₃ ⁻	мг N/дм ³	<u>20,0 – 32,0</u> 26,0
15	NO ₂ ⁻	мг N/дм ³	0,01 – 0,03 0,02
16	SO ₄ ²⁻	мг/дм ³	<u>8,0 – 11,0</u> 9,5

*ГОСТ 15.372-87 «Охорона природи. Гідросфера. Вода для рибоводних господарств. Загальні вимоги і норми»

Доочищена вода буде мати наступні характеристики – зниження за БСК₅, азотом амонійним, фосфатами – до регламентуючих характеристик якості вод побутового призначення; стабілізація

сольового складу (до 1,5–2,0 г/дм³), а також рН (7,5–8,5) (табл. 8). Враховуючи нерівномірність заростання (поява і становлення рослинних угруповань триває 2–3 роки), приймаємо 0,5 га на 1000 м³/добу стічних вод.

Розрахункова швидкість води на біоплато приймається 0,005 м/с.

Розміри біоплато і його характеристики розраховуються за його навантаженням і об'ємом води, що подається.

Вихідні дані для розрахунків:

Вміст органічної речовини за БСК₅ – 18,0 мг О₂/дм³.

Необхідний норматив для доочищення за БСК₅ – 3,0 мг О₂/дм³.

Об'єм води, що подається на доочищення – 1000 м³/добу (орієнтовно). Окислювальна потужність біоплато – 1,9·10⁻⁴ г О₂/дм³.

Навантаження за органічною речовиною (Р) Р = 1000·(18-3) = 15000 г О₂/добу або 0,174 г/сек.

Таблиця 9

Хімічний склад суміші відстояних і доочищених стічних вод
комплексу

№ з/п	Гідрохімічні характеристики	Розмірність	Значення		
			відстояна стічна вода	доочищена стічна вода	суміш 1:1
1	рН		7,8	8,0	7,9
2	Лужність	мг/дм ³	155,0	1260,0	1400,0
3	Жорсткість	мг-екв/дм ³	7,5	5,6	6,6
4	Кальцій	мг/дм ³	100,0	55,0	75,0
5	Магній	мг/дм ³	28,5	35,0	32,0
6	Хлориди	мг/дм ³	720,0	650,0	685,0
7	Сульфати	мг/дм ³	1270,0	605,0	937,0
8	Залізо	мг/дм ³	0,5	0,1	0,3
9	Калій, натрій	мг/дм ³	1012,0	850,0	931,0
10	Мінералізація	мг/дм ³	3537,0	2910,0	3224,0
11	ХСК	мг О/дм ³	420,0	80,0	250,0
12	БСК ₅	мг О ₂ /дм ³	490,0	32,2	261,1
13	Азот амонійний	мг N/дм ³	320,0	3,0	161,5
14	Азот нітратний	мг N/дм ³	1,0	20,0	10,5
15	Азот нітритний	мг N/дм ³	0	0,06	0,03
16	Фосфати	мг Р/дм ³	45,0	12,0	28,7

Таблиця 10

Хімічний склад доочищених стічних вод комплексу

№ з/п	Гідрохімічні характеристики	Розмірність	Значення
1	pH		7,2–8,0
2	Лужність	мг/дм ³	<u>1037,0 – 1500,0</u> 1263,0
3	Жорсткість	мг-екв/дм ³	<u>5,2 – 6,0</u> 5,6
4	Кальцій	мг/дм ³	<u>30,0 – 80,0</u> 55,0
5	Магній	мг/дм ³	<u>20,0 – 50,0</u> 35,0
6	Хлориди	мг/дм ³	<u>500,0 – 800,0</u> 650,0
7	Сульфати	мг/дм ³	<u>310,0 – 900,0</u> 605,0
8	Залізо	мг/дм ³	<u>0,05 – 1,0</u> 0,52
9	Калій, натрій	мг/дм ³	<u>88,0 – 1000,0</u> 940,0
10	Органічна речовина (ХСК)	мг О/дм ³	<u>60,0 – 100,0</u> 80,0
11	Мінералізація	мг/дм ³	<u>2600,0 – 3500,0</u> 3053,0
12	БСК ₅	мг О ₂ /дм ³	<u>15,0 – 50,0</u> 32,2
13	NH ₄ ⁺	мг N/дм ³	<u>1,0 – 5,0</u> 3,0
14	NO ₃ ⁻	мг N/дм ³	<u>10,0 – 30,0</u> 20,0
15	NO ₂ ⁻	мг N/дм ³	0,02 – 0,1 0,06
16	SO ₄ ²⁻	мг/дм ³	<u>10,0 – 15,0</u> 12,5

Примітка: значення мінімум – максимум/середнє

Таблиця 11

Класифікація зрошувальних якостей дренажних вод комплексу

№ з/п	Гідрохімічні характеристики	Показники якості води		
		очищеної	фактичні	норма
1	Сума іонів, мг/дм ³	3733,0	3250,0	1000,0
2	Натрій, калій, мг/дм ³	89,0	90,0	до 40,0
3	Хлориди, мг/дм ³ мг-екв/дм ³	650,0/18,3	550,0/16,2	-
4	Співвідношення іонів магнію і кальцію	1,0 : 1,7	1 : 3	-
5	Співвідношення іонів натрію і калію до кальцію	12,5 : 1,0	16,0 : 1,0	1 : 1
6	Мінералізація до кальцію і магнію (за сумою)	37,5 : 1,0	40,37 : 1,0	-
7	pH	8,0	7,8	-
8	Тип води	гідрокарбонатно-натрієвий		
9	Придатність води за ДЕСТ 25900-83	умовно придатна (з розбавленням)		
10	Небезпека осолонцювання	інтенсивна за натрієм		
11	Небезпека засолення	середня, IV клас якості води		

Технологічна схема доочищення стічних вод колишнього Калитянського свиного комплексу та екологічна оцінка прийнятих рішень

1. Технологічна схема доочищення розрахована на надходження 3,0 тис. м³/добу стічних вод (враховуючи додаткове споживання води із накопичувачів). Нормативне надходження – 1,5 тис. м³/добу.

2. Час перебування води у водоростевому ставку – 2 тижні (глибина – 0,6 м).

3. Час перебування води в рачковому ставку – 2 тижні (глибина – 0,8 м).

4. Площа дзеркала водоростевих ставків складає
 $(14 \cdot 3000) / 0,6 = 69300 \text{ м}^2$ (7,0 га).

Приймаємо 14 ставків площею 0,5 га кожний.

5. Площа водного дзеркала рачкових ставків складає:
 $(14 \cdot 3000) / 0,8 = 52500 \text{ м}^2$ або 5,25 га.

Приймаємо 11 ставків площею 0,5 га кожний.

6. Ставок для розведення риби, глибина – 2,5 м. Приймаємо наповнення за сезон очищення 150 днів.

$$(150 \cdot 300) / 2 = 450000 / 2 = 22,5 \text{ га.}$$

7. Водойма чистої води – приймаємо об'ємом 70% від об'єму ставків для розведення риби, тобто 450000 м³.

8. При глибині 4,0 м площа його становить $450000 / 4 = 112500$ або 11,25 га.

9. Площа біоплато разом з водоймою чистої води – при надходженні 3,0 тис. м³ стічних вод за добу складає:

$$3,0 \cdot 0,5 \text{ га} = 1,5 \text{ га.}$$

10. Маточний ставок для інокулювання водоростей – один площею 0,2 га.

11. Маточний ставок для розвитку дафній – один площею 0,1 га. Прийнята технологічна схема показана на рис. 2.

Екологічна оцінка прийнятих рішень. Територію, на яку впливає функціонування свиного комплексу, можна віднести до зони екологічного лиха. Умовами оздоровлення середовища є:

- безстічне виробництво;
- очищення дренажних вод;
- утилізація доочищеної води при вирощуванні малька коропа.

Для зниження негативного впливу на довкілля необхідно:

1. Понизити вміст NaCl, NaHCO₃ в стічній воді, що скидається і яка надходить на очищення.

2. Включити контур для перехоплення дренажних ґрунтових вод від полів фільтрації з метою їх очищення на біоплато.

Для підвищення ефективності очищення і його оптимізації необхідно:

- включити аерацію води на водоростевих і рачкових ставках;
- для забезпечення сольового режиму доочищення (Ca²⁺, Mg²⁺)

потрібно розглянути можливість вапнування стічних вод, що надходять на очищення, 10% вапновим молоком з розрахунку 2 мл на 1 л стоків (20 л на 1 тис. м³ за добу), а також додавання доломітового борошна в рачкові ставки (рис. 3).

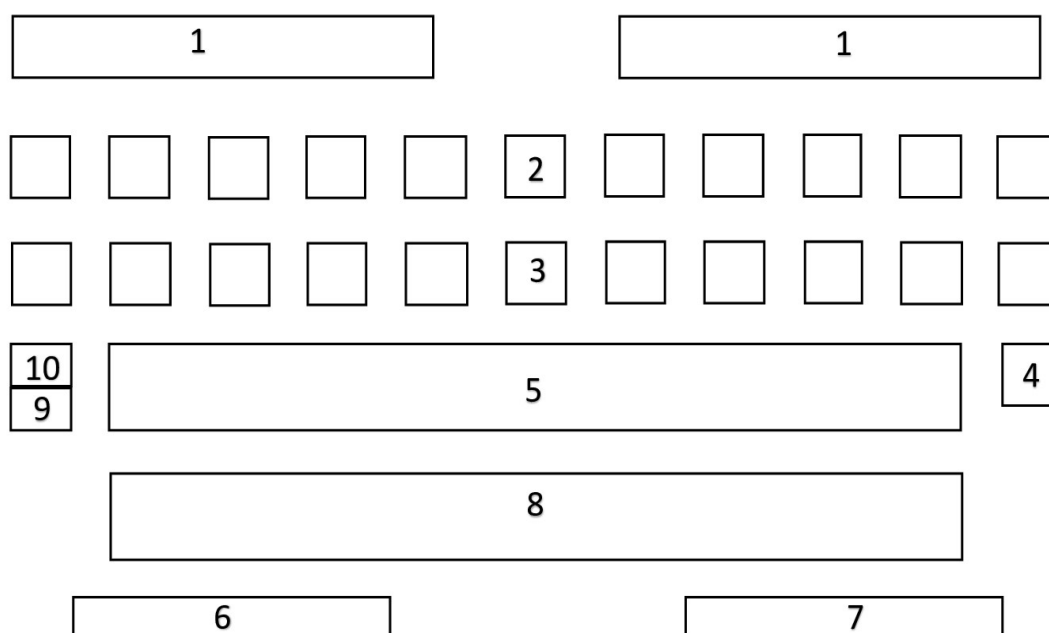


Рис. 3. Робоча схема доочищення стічних вод на Калитянському свинокомплексі при подачі 3,0 тис. м³ стічних вод на добу:
 1 – накопичувач стічних вод; 2 – водоростевий ставок; 3 – рачковий ставок;
 4 – компресорна; 5 – рибоводна водойма; 6 – поля зрошення; 7 – біоплато;
 8 – водойма чистої води; 9 – маточний водоростевий ставок; 10 – маточний рачковий ставок

Примітка: після двоступеневої системи первинного очищення на аеротенках

Таблиця 12

Порівняння оцінки використання безстічної та стічної систем
 відведення та утилізації стоків

№ з/п	Характеристики	Безстічна система	Стічна система
1	Відведення території під системи очищення	відсутнє	значне
2	Утилізація очищеної води для зрошення агрокультур	відсутнє	можливе
3	Утилізація відходів під вирощування сільськогосподарських культур	100%	відсутнє
4	Утилізація очищеної води під рибориство	відсутнє	можливо

продовження табл. 12

5	Збагачення кормової бази аборигенної іхтіофауни природних водойм	відсутнє	формується значне
6	Забруднення водойм	відсутнє	помірне
7	Економічний індекс, грн/т	7000,0	600,0–700,0
8	Затрати робочої сили	незначні, сезонні	значні, через очищення біомаси та домішок на водорослево-рачкових ставках

Низька продуктивність кормової бази (зернові культури) у басейнах річок України через відсутність використання органічних добрив (гною, гноївки).

В умовах малих фермерських господарств (до 500 голів ВРХ) на досвіді фермерів Канади можливе використання рідкої фракції для утилізації відходів: накопичення у відстійниках, гомогенізація у весняний період, використання ємностей для накопичення стоків та їх транспортування до сільськогосподарських угідь, наявність шлангів для внесення рідкої фракції під оранку. Для зниження тиску техніки на ґрунт і бажаного розпушення ґрунту проводиться внесення удобрювальних сумішей та використання зернових культур.

Висновки. 1. Стічні води тваринницьких комплексів містять значні домішки біогенних елементів, які можуть бути нейтралізовані при ґрунтових методах очищення, особливо при малих об'ємах стоків у малих фермерських господарствах, як органо-мінеральні добрива. Одноразово стічні води будуть звільнитися від гельмінтних, вірусних і бактеріальних забруднень. 2. При великих об'ємах стічних вод, що утворюються під час застосування гідравлічних методів видалення відходів на тваринницьких комплексах, у зимовий період доцільним є їх накопичення. Це дає змогу у весняно-літній період здійснювати біологічне очищення в системі водорослево-рачкових ставків із подальшим використанням очищеної води для зрошення сільськогосподарських угідь, у рибництві або для скиду в річкову мережу чи через біоплато. Разом з тим, збагачуватиметься кормова база аборигенної іхтіофауни. 3. Враховуючи значну кормову базу, що формується за рахунок зоопланктону та мікроводоростей, у очищених скидних водах можливе вирощування смітної риби як корму для кларієвого сома або виготовлення рибного борошна як складової частини для комбікормів. 4. Використання замкнутого циклу

очищення стічних вод тваринницьких комплексів дозволяє фермерам Канади підтримувати вміст гумусу у ґрунтах близько 14%.

1. Моніторинг природокористування та стратегія реабілітації порушених річкових і озерних екосистем / Гриб Й. В., Клименко М. О., Сондак В. В. та ін. Рівне – Вінниця, 2015. 486 с. 2. Гриб Й. В., Лаврик М. В., Мерешко А. І., Якубовський К. Б. Буферна ємність річкових екосистем в умовах господарського освоєння басейнів. *Гідробіологічний журнал*. 1993. № 5, Т. 29. С. 3–16. 3. Кульський Л. А., Даль В. В. Проблеми чистої води. К. : Наукова думка, 1974. 229 с. 4. Відновна іхтіоекологія / за ред. д.б.н. Гриба Й. В., Сондака В. В. Рівне : Волинські береги, 2007. 630 с. 5. Гриб Й. В., Клименко М. О., Сондак В. В., Гринюк В. І., Войтишина Д. Й. Відродження екосистем трансформованих басейнів річок та озер. Рівне : НУВГП, 2012. 246 с.

REFERENCES:

1. Monitorynh pryrodokorystuvannia ta stratehiiia reabilitatsii porushenykh richkovykh i ozernykh ekosystem / Hryb Y. V., Klymenko M. O., Sondak V. V. ta in. Rivne – Vinnytsia, 2015. 486 s. 2. Hryb Y. V., Lavryk M. V., Mereshko A. I., Yakubovskyi K. B. Buferna yemnist richkovykh ekosystem v umovakh hospodarskoho osvoiennia baseiniv. *Hidrobiolohichnyi zhurnal*. 1993. № 5, Т. 29. С. 3–16. 3. Kul'skyi L. A., Dal V. V. Problemy chystoi vody. K. : Naukova dumka, 1974. 229 s. 4. Vidnovna ikhtioekolohiia / za red. d.b.n. Hryba Y. V., Sondaka V. V. Rivne : Volynski oberehy, 2007. 630 s. 5. Hryb Y. V., Klymenko M. O., Sondak V. V., Hryniuk V. I., Voityshyna D. Y. Vidrozhennia ekosystem transformovanykh baseiniv richok ta ozer. Rivne : NUVHP, 2012. 246 s.

Hryb Y. V. [1; ORCID ID: 0000-0002-8158-2342],

Doctor of Biological Sciences, Professor,

Trotsiuk V. S.

Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor,

Kovalchuk S. V. [2; ORCID ID: 0009-0006-2546-8349],

Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.),

Chairman of the Cycle Commission,

Voityshyna D. Y.

Applicant

¹National University of Water and Environmental Engineering, Rivne

²SSU «Rivne Technical Professional College of NUWEE», Rivne

TREATMENT AND DISPOSAL OF WASTEWATER FROM LIVESTOCK COMPLEXES IN AGRO-ECOSYSTEMS

According to the Ukrainian-Canadian cooperation program for the

improvement of the Dnipro River basin, a comparative assessment of the effectiveness, cost-effectiveness and profitability of methods for cleaning and recycling waste from livestock complexes in Canada and Ukraine was carried out. According to the method of Canadian farmers, liquid waste is accumulated with its subsequent mechanized application under plowing with control of the content of mineral phosphorus in the soil. In Ukraine, large livestock complexes practice cleaning the liquid fraction of wastewater in biological structures (aerotanks) with subsequent accumulation of treated water in settling tanks until the temperature rises in the spring-summer period with subsequent cleaning in algae-crustacean ponds and the use of grown zooplankton biomass for feeding carp fry, and the treated water is supplied for irrigation and stabilization on a bioplateau before being released into the river network.

The development of livestock farming is a necessary condition for supplying the population with protein (meat and dairy products), using about 30% of the gross harvest of feed grain during grazing. In modern conditions, the main direction of its development in Ukraine is stall keeping, which requires the use of significant areas of land for growing agricultural crops. However, the implementation of this program requires solving the problem of waste disposal, especially when creating large livestock complexes. In world practice, providing the population with protein of animal origin is implemented by the principle of keeping cattle in regulated stall conditions with a ratio of one head of cattle to an area equivalent to 1 hectare of agricultural land. Waste is accumulated in containers and applied in the spring under arable land during plowing as organic fertilizers, which is typical for farm livestock in Canada.

In Ukraine, the creation of large livestock complexes with hydraulic waste removal, their accumulation in settling tanks and purification in the system of algae-crustacean ponds is used, which creates additional problems with land drainage and surface water pollution. When wastewater is purified in such a system, it is fed to the utilization of biomass of live feed in fish farming or for irrigation of agricultural lands. In case of excess of such water, it is fed to the bioplateau and subsequently to the river network.

To activate the processes of biological purification of wastewater, brood ponds with introduced cultures of microalgae *Chlorella* and zooplankton (*Daphnia*) are used.

Taking into account the possibility of the presence of pathogenic microorganisms, viruses and helminth eggs in the discharge waters, it is recommended to use them for irrigation of agricultural crops in hydraulic methods of wastewater disposal. This will once again contribute to the compensation of water content in the river network with increased water evaporation. However, in small farms, direct application of liquid waste under

plowing is historically justified, which reduces the impact on the aquatic environment.

In modern conditions of depletion of the natural food base of flowing river systems due to flow regulation and channel straightening, the use of algae-crustacean ponds for wastewater treatment is a promising direction for the revival of species diversity of populations and productivity of aboriginal ichthyofauna. At the same time, harmful impurities and biogenic compounds as causes of eutrophication of surface waters will be removed from the aquatic environment.

Keywords: livestock complexes; wastewater; treatment; utilization; aquatic environment.

Отримано: 30 жовтня 2025 року
Прорецензовано: 6 листопада 2025 року
Прийнято до друку: 28 листопада 2025 року