

УДК 619:613/614:628.353.15:631.223

Яремчук О.С., кандидат с.-г. наук, професор

Вінницький національний аграрний університет

Захаренко М.О., доктор біологічних наук, професор

Шевченко Л.В., доктор ветеринарних наук

Коваленко В.О., завідувач лабораторії

Національний університет біоресурсів і природокористування України

**САНІТАРНО-ГІГІЄНІЧНА ОЦІНКА СТІЧНИХ СВИНАРСЬКИХ
ПІДПРИЄМСТВ ПРИ ОЧИСТЦІ МІКРОВОДОРОСТЯМИ**

Досліджено санітарно-гігієнічні показники стічних вод свинокомплексу при їх очищенні аборигенними видами мікроводоростей. Показано, що ефективність процесу перетворення забруднюючих речовин стоків мікроводоростями значно прискорюється при аерації середовища інкубації та додаванні джерел вуглецю та бікарбонатних іонів. Збільшення біомаси мікроводоростей в середовищі інкубації знижує БСК₅, кількість бактерій, сприяє підвищенню колі-титру та титру ентерококу.

Ключові слова: *стічні води, мікроводорості, аерація, карбонатний буфер, санітарно-гігієнічні показники*

Захист довкілля від забруднень стічними водами підприємств з виробництва продукції тваринництва є одним з пріоритетних завдань сучасної гігієнічної науки і практики. Найефективнішим способом очищення стічних вод, як показано рядом досліджень є використання мікроорганізмів та застосування багатоступеневої обробки [1].

Зміна біоценозів на різних ступенях очистки стічних вод забезпечує їх звільнення від забруднень шляхом використання мікроорганізмами метаболітів утворених на попередніх етапах обробки відходів. Однак застосування технологічних схем для очистки стічних вод свинокомплексів шляхом використання різних мікробних асоціацій потребує глибоких досліджень як самого процесу, так і покращення установок, особливо з точки зору одержанні продуктів переробки безпечних у санітарному відношенні [2, 3].

Мета роботи – дослідити процеси перетворення забруднюючих речовин стічних вод свинокомплексу різними асоціаціями мікроводоростей у періодичному та проточному режимах культивування і дати санітарно-гігієнічну оцінку одержаних продуктів переробки.

Матеріали та методи досліджень. Об'єктом досліджень слугували рідкі стоки підприємства з виробництва свинини потужністю 24 тис. голів за рік. В експериментах використовували стічні води, які одержували шляхом очистки рідких стоків в аеротенку за проточного режиму. Очищення стоків здійснювали в лабораторних умовах з використанням спеціального обладнання.

Культуру мікроводоростей, яка включала представників родів *Chlorella*, *Scenedesmus* і *Ankistrodesmus* отримували культивуванням аборигенних видів на агаризованому середовищі Пратта з наступним вирощуванням на середовищах з додаванням гнойових стоків.

У процесі культивування мікроводоростей підтримували оптимальну освітленість (3000-5000 лк), кисневий та температурний режими. Останні контролювали за

допомогою термооксимира.

Дослідження параметрів процесу проводили в періодичному режимі використовуючи скляні ємкості об'ємом 3 л. Витрати повітря для аерації середовища контролювали ротаметром і підтримували в межах 10-60 л/год.

Проведено дві серії дослідів. В першій серії як культуральне середовище використовували очищені стоки, які піддавали аерації (20, 40 і 60 л/год) – перший варіант дослідів, додавали карбонатний буфер (рН 9,3) в кількості 0,1-1,0% - другий варіант дослідів чи піддавали аерації і додавали карбонатний буфер – третій варіант дослідів. Дослідження виконано за режиму періодичного культивування мікроводоростей.

В другій серії дослідів визначали ефективність процесу очистки стічних вод мікроводоростями в проточному режимі при розбавленні $D = 0,01 \text{ год}^{-1}$, концентрації водоростей $14,15 \pm 1,2$ млн. клітин/мл, та швидкості подачі повітря 0,3 л/хв.. З цією метою використовували ферментер робочою ємкістю 2,4 л, обладнаний системою пневмомеханічної аерації суміші. Після очищення в ферментері очищену рідину подавали до моделі біоставка з *Dafnia magna* у воді щільність якої становила 50-70 особин/л.

Полікультуру мікроводоростей вносили в очищувані стоки в кількості $6,93 \pm 0,61$ млн. клітин/мл. Підрахунок кількості клітин мікроводоростей у культуральному середовищі проводили за *Chlorella vulgaris* в камері Горяєва [4]. Вміст забруднюючих речовин у культуральному середовищі визначали за загальноприйнятими методами [5, 6], а загального мікробного числа, колі-титру та титру ентерококу за описом Калина Г.П., 1966 [7].

Результати досліджень оброблено статистично з використанням програмного забезпечення М. Excel [9].

Результати досліджень. Результати досліджень з вивчення впливу аерації на розвиток мікроводоростей при очищенні гнойових стоків за періодичного режиму культивування свідчать про залежність процесу від вмісту кисню в культуральному середовищі (табл. 1).

Таблиця 1. Приріст біомаси мікроводоростей гнойових стоків за різних умов культивування (періодичний режим), $M \pm m$, $n = 3$

Варіант дослідів	Інтенсивність		
	2 доба	4 доба	6 доба
Аерація середовища, л/год			
20	154,03±17,09	171,60±5,97	181,70±6,83
40	161,80±7,34	209,40±10,25	286,60±10,23
60	240,30±17,07	162,80±4,78	220,00±17,06
Карбонатний буфер, % ($\text{NaHCO}_3/\text{Na}_2\text{CO}_3$)			
0,1	124,60±5,12	128,40±9,21	119,23±8,53
0,5	194,30±7,85	224,50±15,22	261,90±5,93
1,0	115,00±3,41	143,50±3,75	248,70±16,04
Аерація середовища, л/год + карбонатний буфер, %			
10 + 1,0	310,00±30,71	482,20±26,14	664,86±15,07
20 + 0,5	413,40±13,65	508,86±10,23	854,30±97,26
30 + 0,1	400,00±27,30	787,70±31,84	657,16±15,69

Так, підвищення інтенсивності аерації стічних вод у біореакторі з 20 до 40, або до 60 л/год збільшувало приріст біомаси мікроводоростей на другу добу культивування

відповідно на 7 та 86%. На четверту добу культивування загальний приріст біомаси мікроводоростей підвищився за аерації суміші 20 л/год на 17,6%, при 40 л/год – на 47,6%, а при 60 л/год – знизився на 77,5% порівняно з аналогічним показником на другу добу очистки стічних вод свиногокомплексу.

Продовжувався ріст біомаси мікроводоростей у середовищі і на шосту добу їх культивування за періодичного режиму. Показано, що приріст біомаси мікроводоростей у середовищі на шосту добу порівняно з четвертою зріс у першому варіанті досліду на 10,1%, у другому – на 77,2%, а в третьому – на 57,2%.

Додавання до стічних вод різних доз карбонатного буфера як джерела вуглецю та стабілізатора величини рН середовища впливало на приріст біомаси мікроводоростей значно меншою мірою ніж його аерація.

Підвищення концентрації карбонатного буфера з 0,1 до 0,5% збільшувало приріст біомаси мікроводоростей на другу добу досліджень на 70,3%, а до 1,0% - зменшувало цей показник на 9,6%.

Найкращим виявився приріст біомаси мікроводоростей при їх культивуванні на стічних водах свиногокомплексу на четверту добу при додаванні до них 0,5% карбонатного буфера порівняно з аналогічними показниками при 0,1 та 1,0% вмісті даної добавки в середовищі інкубації. Подібна закономірність у збільшенні біомаси мікроводоростей у стічних водах встановлено і на шосту добу їх культивування. Причому ефективність карбонатного буфера щодо приросту біомаси біомаси мікроводоростей в цей період була високою як за дози 0,5, так і за дози 1,0%. Однак як показали подальші дослідження найінтенсивніший розвиток мікроводоростей при їх культивуванні на стічних водах свиногокомплексу спостерігався за сумісної дії аерації середовища та додаванні карбонатного буфера.

Найінтенсивніший приріст мікроводоростей зареєстровано при додаванні в середовище інкубації 0,5% карбонатного буфера та аерації суміші інтенсивністю 20 л/год. Приріст біомаси мікроводоростей в середовищі інкубації за даних умов збільшувався на другу добу на 103,4%, на четверту – на 26,7% і на шосту – на 189,4% порівняно з аналогічними показниками за аерації суміші 10 л/год і додаванням карбонатного буфера до середовища у дозі 1,0%.

Збільшення інтенсивності аерації суміші до 30 л/год і зменшення концентрації карбонатного буфера до 0,1% також забезпечувало значний приріст біомаси мікроводоростей на другу та четверту добу. Отже як встановлено дослідженнями найоптимальнішим щодо приросту біомаси мікроводоростей при їх культивуванні на рідких стоках свиногокомплексу є їх аерація з інтенсивністю 20-30 л/год за рівня карбонатного буфера 0,5%.

Визначення основних гігієнічних показників стічних вод свиногокомплексу до та після їх очистки мікроводоростями підтвердило висновок щодо ефективності застосування аерації та стабілізації суміші карбонатним буфером. Так, показник БСК₅ у стічних водах свиногокомплексу через 7 діб культивування з мікроводоростями знизився в 11,2 раза, при дозі карбонатного буфера в середовищі інкубації 0,1% - у 14,2 раза, при 0,5% і в дозі 1,0% буфера – у 8,9 раза (табл. 2).

За цей період частка використання органічної речовини мікроводоростями за показниками БСК₅ склала 86,7 – 92,9%. Як виявилось мікроводорості внесені в середовище інкубації, яке складалось із стоків свиногокомплексу, досить ефективно використовували амонійний азот.

Таблиця 2. Гігієнічні показники стічних вод свиногокомплексу за різних умов культивування мікроводоростей (періодичний режим), $M \pm m$, $n = 3$

Варіант досліджу	Показники, мг/л					
	БСК ₅ (вихідна концентрація 165,1±28,5)		NH ₄ ⁺ (вихідна концентрація 117,8±19,8)		PO ₄ ⁻ (вихідна концентрація 64,1±9,3)	
	через 7 діб	частка використання, %	через 7 діб	частка використання, %	через 7 діб	частка використання, %
Карбонатний буфер, % (NaHCO ₃ /Na ₂ CO ₃)						
0,1	14,76±0,71	91,05±0,17	8,30±0,82	93,01±0,69	7,06±0,10	88,97±0,16
0,5	11,60±0,81	92,96±0,48	7,43±0,37	93,69±0,32	5,25±0,51	91,80±0,79
1,0	18,50±1,74	86,70±0,99	6,80±0,34	94,22±0,29	5,70±0,78	90,99±1,16
Аерація середовища, л/год + карбонатний буфер, %						
10 + 1,0	12,16±0,85	92,62±0,51	6,97±0,17	94,08±0,15	5,50±0,41	91,41±0,68
20 + 0,5	8,26±0,24	94,99±0,14	5,26±0,34	95,52±0,29	4,43±0,23	93,08±0,43
30 + 0,1	9,83±0,31	94,04±0,19	6,08±0,10	94,83±0,10	5,92±0,26	90,76±0,10

Показано, що вміст амонійних сполук у стічних водах свиногокомплексу за різних доз карбонатного буфера під дією мікроводоростей через 7 діб культивування знизився в середньому у 14,2–17,3 раза порівняно з вихідними даними.

Загальний вміст неорганічних сполук фосфору у рідких стоках свиногокомплексу після їх культивування з мікроводоростями за різних доз карбонатного буфера через 7 діб також знизився у 8,8–12,2 раза, а частка їх використання становила 89,0–91,8%.

Однак сумісна дія досліджуваних факторів, а саме аерація середовища та додавання до нього карбонатного буфера виявились ефективнішими щодо очистки рідких стоків ніж дія карбонатного буфера.

Одержані дані свідчать, що величина БСК₅ рідких стоків після очищення мікроводоростями при додаванні карбонатного буфера в дозі 0,5% і аерації суміші інтенсивністю 20 л/год через 7 діб інкубації знизилась майже у 20 разів порівняно з показниками, одержаними до біологічної очистки відходів. Збільшення або зменшення дози карбонатного буфера в суміші та зміна інтенсивності аерації рідких стоків від вищевказаних значень дещо знижували ефективність процесу очистки відходів асоціацією мікроводоростей.

Подібну закономірність щодо впливу асоціації мікроводоростей у процесі їх культивування в стічних водах на вміст іонів амонію у стоках свиногокомплексу одержано за дози карбонатного буфера в суміші 0,5% і інтенсивності аерації 20 л/год. За цих умов вміст іонів амонію в стічних водах після семи діб інкубації знизився у 22,4 раза, а їх використання мікроводоростями становило 95,5% порівняно з вихідними даними. Зміна дози карбонатного буфера та інтенсивності аерації стічних вод свиногокомплексу в процесі їх інкубації з мікроводоростями протягом семи діб практично не впливало на вміст іонів амонію в інкубаційному середовищі, а їх використання становило 94,1–94,8%.

Оптимальними виявились доза карбонатного буфера 0,5% і інтенсивність аерації інкубаційної суміші 20 л/год щодо використання мікроводоростями сполук неорганічного фосфору стічних вод свиногокомплексу. Так, вміст неорганічних

фосфоровмісних сполук в інкубаційному середовищі за цих умов через 7 діб інкубації знизився у 14,5 раза, а ефективність їх використання склала 93,1% від вихідного рівня. Зміна дози карбонатного буфера і інтенсивності аерації інкубаційної суміші дещо знижувала вище наведені показники.

Таким чином, встановлено, що ефективність використання мікроводоростями забруднюючих речовин стоків свиногокомплексу залежить від вмісту вуглецю, у тому числі гідрокарбонатних іонів, що стимулює фотосинтезуючу активність мікроорганізмів. Аерація суміші також сприяє оптимізації параметрів процесу біоферментації як основного механізму перетворення органічних речовин стоків свиногокомплексу.

Результати досліджень свідчать про те, що при культивуванні мікроводоростей в проточному режимі за швидкості розбавлення стоків у межах $D = 0,01 \text{ год}^{-1}$ і кількості мікроводоростей $14,15 \pm 1,2$ млн. клітин/л показник БСК₅ суміші знижується на 86,5%, концентрація азоту – на 84,4%, а вміст фосфору неорганічних сполук – на 88,1%. Ефективність процесу очистки стічних вод після використання мікроводоростей зростає при подальшому їх окисленні в біоставках. Після 5-добового витримування такої рідини в ставках значення БСК₅ знижується на 96,7%, вміст амонійного азоту – на 98,3%, а неорганічного фосфору – на 98,2%.

Після доочистки в біоставках БСК₅ стічних вод становило $5,5 \pm 0,99$ мг/л кисню, концентрація амонійного азоту і фосфатів не перевищувала відповідно $2,0 \pm 0,24$ мг/л і $1,1 \pm 0,22$ мг/л, що знаходилось в межах нормативних вимог.

Таблиця 3. Санітарно-гігієнічні показники стічних вод при культивуванні мікроводоростей у проточному режимі, $M \pm m$, $n = 3$

Стічна вода	Показники					
	БСК ₅ , мг/л	NH ₄ ⁺ , мг/л	PO ₄ ⁻ , мг/л	Мікробне число, кл./мл.	Колі- титр	Титр ентероко- ку
Вихідна	$165,1 \pm 28,5$	$117,8 \pm 19,8$	$64,1 \pm 9,3$	$6 \cdot 10^6 - 3 \cdot 10^7$	$10^{-3} - 10^{-5}$	$10^{-4} - 10^{-5}$
Після аера-ції у фер-ментері	$23,4 \pm 2,76$	$18,3 \pm 2,0$	$7,1 \pm 0,9$	$2 \cdot 10^3 - 12 \cdot 10^4$	$10^{-1} - 1$	$10^{-1} - 1$
Після об- робки у біоставку	$5,5 \pm 1,0$	$2,0 \pm 0,2$	$1,1 \pm 0,2$	$2 \cdot 10^2 - 2 \cdot 10^3$	1-10	1-5

В процесі культивування мікроводоростей загальне мікробне число стічних вод знижується, значно зростає колі-титр і титр ентерококу (табл. 3), що свідчить про здатність мікроводоростей негативно впливати на розвиток бактерій, що співпадає з результатами досліджень інших авторів [8]. Це підтверджується також динамікою росту мікроводоростей та зменшенням кількості бактерій і кишкової палички в рідких стоках після їх культивування з мікроводоростями (табл. 4).

Встановлено, що вже на другу добу культивування мікроводоростей в стічних водах із застосуванням аерації та при дотриманні періодичного процесу біоферментації кількість мікроводоростей в середовищі збільшується більш ніж у 2,2, на третю добу – у 4,5, на четверту – у 8,2, на п'яту – у 12,6, на шосту – у 14,1 і на сьому – в 11,8 раза порівняно з аналогічним показником вихідних стічних вод.

Таблиця 4. Динаміка росту мікроводоростей та кишкової палички у стічних водах за аерації (періодичний режим), млн. клітин/мл, $M \pm m$, $n = 3$

Період, діб	Показники	
	мікроводорості	загибель кишкової палички, %
Вихідні стічні води	6,93±0,61	-
2	15,10±3,58	58,0
3	31,03±9,76	64,0
4	56,76±7,09	86,5
5	87,26±19,62	96,3
6	97,50±24,57	98,9
7	81,50±15,69	99,7

Паралельно із збільшенням кількості мікроводоростей у середовищі культивування зростає і кількість загиблих клітин кишкової палички, що значною мірою поліпшує санітарно-гігієнічні показники одержаної рідини після аерації. Так, уже на другу добу культивування мікроводоростей у стічних водах загибель клітин кишкової палички порівняно з вихідними стоками становила більше половини їх кількості, досягаючи практично повного їх знищення на сьому добу культивування. На значне покращення санітарної безпеки стічної води після культивування мікроводоростей та аерації вказують загальне мікробне число, колі-титр і титр ентерококу (див. табл. 3).

Отже проведеними дослідженнями встановлено, що застосування мікроводоростей, аерації середовища інкубації та внесення карбонатного буфера є ефективними засобами процесу очистки стічних вод свиногокомплексу.

Висновки. 1. Встановлено, що мікроводорості здатні ефективно використовувати забруднюючі речовини рідких стоків свиногокомплексів, про що свідчить зниження показників БСК₅, вмісту іонів амонію та неорганічних сполук фосфору.

2. На збільшення біомаси мікроводоростей в середовищі інкубації впливають аерація суміші та внесення карбонатного буфера як джерела вуглецю та гідрокарбонатних іонів.

3. Інтенсивний ріст біомаси мікроводоростей пригнічує ріст кишкової палички, сприяє зростанню титру ентерококу та колі-титру, покращує санітарну безпеку стічних вод після біоферментації.

Література

1. Бублієнко Н.О. Технологія очищення стоків свиногокомплексів. / Бублієнко Н.О., Левігіна Н.В., Бублієнко В.В. // Вода і водоочисні технології. – 2004. – № 4. – С. 44-45.
2. Капель Л. Экологические аспекты биологической очистки сточных вод / Л. Капель, П. Шутов // Водоочистка. – 2005. – № 1. – С. 66-69.
3. Писаренко В.Н. Экологические проблемы в зонах животноводческих комплексов, методы очистки и утилизации навозных стоков / Писаренко В.Н., Писаренко П.В., Писаренко В.В. // Агроэкология. – 2008. – С. 34-40.
4. Владимірова М.Г. Интенсивная культура одноклеточных микроводорослей. – М.: Изд-во АН СССР, 1962. – 60 с.

-
5. Лурье Ю.М. Химический анализ производственных сточных вод / Ю.М. Лурье, А.М. Рыбникова. – М.: Химия, 1974. – 336 с.
 6. Архипченко И.А. Современные методы анализа сточных вод животноводческих комплексов. Методические рекомендации / И.А. Архипченко, Е.М. Гурьянова, И.С. Естифеева. – Л., 1982. – 104 с.
 7. Калина Г.П. Методика санитарно-микробиологических исследований объектов внешней среды / Калина Г.П. – М.: Медицина, 1966. – 374 с.
 8. Тюрин В.Г. Влияние температуры на процессы санации сточных вод в экосистемах / Тюрин В.Г., Смирнова И.Р. // Ветеринария. – 1996. - № 5. – С. 53-55.
 9. Плохинский Н.А. Руководство по биометрии для зоотехников. М.: Колос. – 1969. – 255 с.
-

Summary

Sanitary - hygienic assessment of wastewater treatment in the pig enterprise when cleaning the microalgae / O. Yaremchuk, M. Zakharenko, L. Shevchenko, V. Kovalenko

Studied sanitary – hygienic properties of pig wastewater treatment when local species of microalgae. It is shown that the efficiency of conversion of pollutants microalgae greatly accelerated by aeration of the incubation medium air, making a mixture of carbon sources and bicarbonate – ions. The increase in biomass of algae in the incubation medium reduces the rate and amount of bacteria BOD₅ of E. coli, increase the value of coli-titer and enterococcus titer, reduces the total amount of waste water bacteria.

Key words: waste water, micro-algae, aeration, carbonate buffer, sanitary - hygienic properties.