

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ  
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

На правах рукопису

БУБЛІЄНКО ВІКТОР ВАСИЛЬОВИЧ

УДК 628.356:628.336.61

**РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ БІОТРАНСФОРМАЦІЇ  
ВИСОКОКОНЦЕНТРОВАНИХ СТОКІВ  
ДЕЯКИХ ПІДПРИЄМСТВ АПК**

Спеціальність - 05. 18. 19

Процеси біологічної переробки харчових продуктів

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття вченого ступеня

кандидата технічних наук

Київ - 1997

641.514.6

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00738151 (P)

Робота виконана в Українському державному університеті харчових технологій.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор, акад. МІА  
та АІН України Г.О. Нікітін

Офіційні опоненти: доктор біологічних наук,  
Ставська С.С.  
кандидат технічних наук,  
Поводзинський В.М.

Провідна організація: науково-технічний центр прикладної  
біотехнології Трипільського біохімічного заводу

Захист відбудеться 1997р. о 14 годині  
на засіданні спеціалізованої Ради Д 01.15.01 Українського державного  
університету харчових технологій, аудиторія А - 311.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці університету.  
Автореферат розіслано 1997р.

Запрошуємо вас взяти участь у засіданні спеціалізованої Ради  
або надіслати відгук у двох примірниках, затверджений печаткою  
організації, за адресою: 252017, Київ - 17, вул. Володимирська, 68

Вчений секретар  
спеціалізованої Ради,  
к.т.н., доцент

О.І. Семенова

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. На сучасному етапі науково-технічного прогресу проблему ефективного функціонування продовольчого комплексу країни неможливо розглядати без врахування наслідків його впливу на навколишнє середовище і раціонального використання природних ресурсів. Зараз проблема охорони навколишнього середовища набуває особливої гостроти.

В цьому плані особливу увагу привертають стічні води тваринництва, підприємств харчової та мікробіологічної промисловості. На сьогоднішній день немає єдиної технології переробки відходів органічного походження. В нашій країні, як правило, використовують екстенсивні та аераційні методи, що не можуть забезпечити необхідного зниження концентрації забруднень.

В багатьох країнах світу для утилізації та знешкодження органічних відходів використовують метанову ферментацію. Відомо, що відходи тваринництва легко піддаються метановому бродінню і є значним резервом сировини для отримання метану. Для переробки цих відходів запропоновано різне апаратне оформлення в залежності від того, в якому вигляді рекомендується їх використання. Останні можуть бути в твердому або рідкому вигляді в залежності від способу прибирання приміщень. Деякі спеціалісти схиляються до методу переробки відходів у твердому вигляді, що має недоліки пов'язані з необхідністю перемішування матеріалу, складністю безперервної його подачі у метантенк та ін.

Ми вважаємо доцільним використовувати для обробки тваринницьких відходів універсальну технологію, що застосовується для утилізації рідких відходів, тобто сточних вод підприємств харчової та мікробіологічної промисловості. Для цього потрібне деяке розбавлення твердих відходів, однак цей недолік перекривається перевагами, які дає безперервне бродіння рідких відходів, а саме:

забезпечення рівномірної швидкості потоку субстрату в бродильний апарат і стійкості процесу бродіння, покращення можливості регулювання умов ферментації, уникнення необхідності постійного перемішування, повної автоматизації процесу. Крім того, на комплексах де для прибирання приміщень використовують гідрозмив, гнійова маса вже має рідкий стан і готова для ферментації.

Для вирішення проблеми ефективного очищення та утилізації стоків з високою концентрацією забруднень необхідно розробити комплексну технологію, що поєднує переваги всіх відомих зараз методів. Основу такої технології має скласти метанова ферментація, як попередня стадія очищення.

Нами прийнято рішення відпрацювати таку технологію переробки відходів свиноферм, провести порівняльні дослідження режимів ферментації сточних вод дріжджового заводу і запропонувати єдину схему переробки відходів на прикладі двох указаних підприємств АПК.

У зв'язку з цим актуальним є вивчення ряду проблем, пов'язаних з особливостями проведення процесу метанового бродіння. Для ефективного застосування цього процесу та впровадження його в практику необхідні дослідження технологічних режимів, впливу параметрів бродіння на синтез цільових продуктів метаболізму та процесу очищення.

Мета роботи - дослідження процесів біотрансформації висококонцентрованих стоків деяких підприємств агропромислового комплексу та розробка на цій основі універсальної технологічної схеми і рекомендацій по її використанню, що дозволяє одночасно отримувати очищену воду, горючий газ та мікробну біомасу, збагачену вітамінами кобаламінової групи.

Для цього необхідно було вирішити такі задачі:

- дослідження режимів анаеробної ферментації відходів свиноводства різної вологості;

- паралельні дослідження ферментації стоків дріжджового виробництва з використанням того ж апаратурного забезпечення;
- вивчення інтенсивності утворення біогазу та визначення його потенційної енергетичної цінності;
- дослідження процесу накопичення вітамінів групи  $B_{12}$  в залежності від режимів, умов культивування та характеристики субстратів;
- вивчення впливу параметрів бродіння на процеси очищення;
- вивчення впливу солей кобальту на інтенсивність біосинтезу вітамінів кобаламінової групи, вихід біогазу та процеси очищення;
- розробка апаратурно-технологічної схеми та рекомендації по її використанню;

#### Наукова новизна роботи.

- розроблені режими і показана доцільність безперервної ферментації для стоків свиноферм різної консистенції;
- показано, що для переробки відходів свиноферм та дріжджових стоків може бути використана одна універсальна апаратурна схема;
- досліджено вихід біогазу та його енергетичну цінність в залежності від параметрів ферментації та характеристики стоків;
- досліджено вплив параметрів процесу на накопичення вітамінів кобаламінової групи;
- показана можливість збільшення концентрації вітаміну  $B_{12}$  та зміни його якісного складу в залежності від умов культивування;
- показано характер впливу солей кобальту на процес бродіння та вихід цільових продуктів.

Практична цінність роботи. На основі результатів проведених досліджень пропонуються універсальна технологія обробки стоків свиноферми, яка одночасно може бути використана для переробки стоків дріжджових заводів та інших підприємств харчової промисловості. При зміні параметрів швидкості потоку та дози завантаження ця схема дозволяє здійснювати безперервний та

періодичний процес анаеробної ферментації стоків любой концентрації. Показаний вплив фізико-хімічних характеристик субстрату на інтенсивність процесу ферментації, що в виробничих умовах дає можливість підібрати оптимальний режим обробки відходів.

На стоках різного походження (свиноферми та дріжджового виробництва) показано, що кількості біогазу який може бути отримано в процесі анаеробної ферментації достатньо для покриття значної кількості виробничих енерговитрат.

По результатам досліджень пропонується простий спосіб інтенсифікації біосинтезу вітаміну В<sub>12</sub> в процесі метанової обробки стоків, що дозволить поряд з очищеною водою та біогазом отримати цінний кормовий продукт у вигляді мікробної біомаси.

#### Апробація роботи.

Матеріали дисертації доповідалися та отримали позитивну оцінку на Всеукраїнській науково-технічній конференції "Розробка та впровадження прогресивних технологій та обладнання у харчову та переробну промисловість" (Київ, УДУХТ, 1995); та на 61-й (1995) та 62-й (1996) студентських наукових конференціях УДУХТ.

#### Публікації

Основні матеріали дисертації викладено у 5 друкованих роботах.

#### Декларація особистого внеску.

Постановка задачі проводилася за безпосередньою участю автора. Проведення експериментів, аналізів та інтерпретація результатів виконані автором особисто.

#### Об'єм та структура роботи.

Дисертаційна робота складається із вступу, 6 розділів, висновків, списку літератури (169 найменувань, в тому числі 77 зарубіжних) та додатку. Робота викладена на 143 сторінках друкованого тексту, містить 21 таблицю та 34 рисунки.

## ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі дається обґрунтування актуальності роботи, формулюється мета дослідження, його наукове та практичне значення та основні положення, що захищає автор.

У першому розділі, що являє собою аналітичний огляд літератури за темою досліджень, дана характеристика концентрованих стоків деяких підприємств агропромислового комплексу, відображено сучасний стан питання їх очищення. Показані недоліки традиційних технологій обробки стоків. На основі літературних даних зроблено висновок про доцільність та перспективність практичного використання анаеробної ферментації для очищення та утилізації концентрованих стічних вод. Особлива увага приділяється можливості застосування метанового бродіння для отримання швидковідновлюваного джерела енергії - біогазу та ряду цінних метаболітів. Дана загальна характеристика існуючих уявлень про механізм метаногенезу.

У другому розділі "Об'єкти та методи досліджень" наведено перелік та характеристики об'єктів дослідження та нестандартного обладнання, що було використано в роботі, викладено методику проведення дослідів, подано схему експериментальної установки та принцип її дії.

У третьому розділі "Дослідження режимів ферментації стічних вод свиногомплексу" наведені результати вивчення основних закономірностей протікання процесів при періодичному та безперервному метановому бродінні гнойових стоків.

Метановому бродінню піддавались рідкі стоки свиноферми з вологістю 96,10; 93,80 та 91,12 %. Вміст сухих речовин в стоках складав 39,15; 61,92 та 88,63 г/л, відповідно. Процес проводився при температурі 45°C, що, з одного боку, забезпечує необхідну інтенсивність процесу ферментації в порівнянні з мезофільним

режимом, а з іншого - потребує менших енергозатрат, порівнюючи з термофільним.

Для дослідження періодичного процесу були вибрані дози завантаження, що відповідають 30 та 50 % від загального об'єму культуральної рідини. При кількості субстрату 30 % в залежності від вологості процес тривав 5, 7 та 9 діб, а при 50 %-ній дозі - 7, 9 та 12 діб відповідно. Показано, що при збільшенні дози завантаження та зменшенні вологості субстрату, загальний об'єм утвореного біогазу зростає. Так, при проведенні процесу бродиння з субстратом вологістю 96,10 % та зміною дози завантаження з 30 % на 50 %, загальна кількість утвореного газу зростає на 38,7 %. Це є характерним і для процесів з вологістю 93,80 та 91,12 %, де при збільшенні дози завантаження кількість біогазу зростає на 35,6 та 35,4% відповідно. Результати дослідів по газу та ХСК культуральної рідини наведені в табл.1.

Таблиця 1

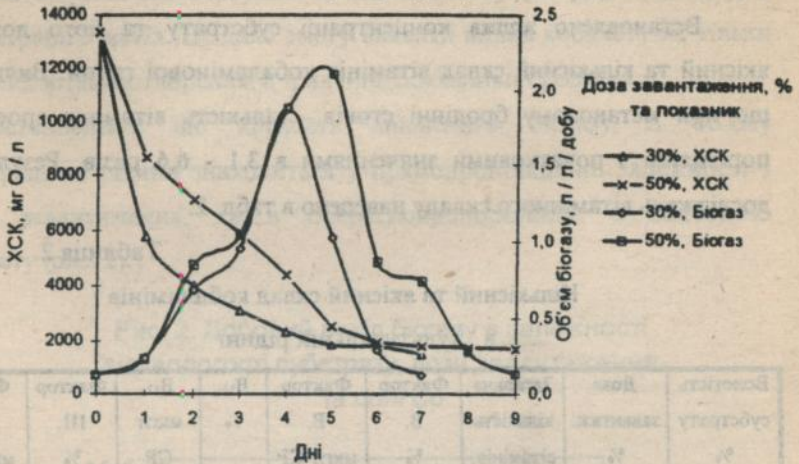
Вплив вологості субстрату та дози завантаження  
на показники бродиння

Вологість субстрату %	Доза завант. %	Об'єм біогазу л/л КР	Об'єм біогазу л/кгСР <sub>зав.</sub>	Об'єм біогазу л/кгСР <sub>збр.</sub>	Вміст СН <sub>4</sub> %	pH кінц.	ХСК кінцеве мгО <sub>2</sub> /л	Ефект очистки по ХСК, %
96,10	30	3,210	273	525	83,2	8	1047	91,5
	50	5,240	260	578	80,1	8,2	1220	90,3
93,80	30	5,202	280	588	80,9	8	1480	88,9
	50	8,125	262	629	74,5	8,2	1686	87,4
91,12	30	7,521	283	646	75,3	8,3	2445	87,8
	50	11,750	265	694	68,4	8,5	2680	86,2

Для визначення максимальної активності популяції метанотворюючих мікроорганізмів, проводилось щоденне

вимірювання ХСК, кількості утвореного біогазу, вміст метану в ньому. Динаміка утворення біогазу та зниження ХСК при збродженні субстрату однієї з вологостей (93,80 %) представлена на рисунку 1.

Рис. 1. Зміна об'єму біогазу та ХСК при вологості субстрату 93,8 %



Одночасно показано (табл. 1), що питомий вихід біогазу на одиницю завантажених сухих речовин зменшується при збільшенні дози завантаження при однаковій вологості субстрату. Це свідчить про те, що підвищена кількість сухих речовин в культуральній рідині не дає змогу популяції мікроорганізмів здійснювати повну їх асиміляцію. Це, в свою чергу, впливає на тривалість бродіння та підтверджується кінцевими значеннями ХСК.

Встановлено, що більші дози завантаження та концентрації сухих речовин субстрату негативно впливають на процеси метанотворення, що проявляється в зменшенні кількості метану в біогазі. Так, максимальна кількість метану в біогазі (83,3 %) була отримана при найбільшій вологості та дозі завантаження 30%, а мінімальна (68,4%) - при найменшій вологості та 50%-ному завантаженні.

Дослідження процесів очищення показало, що збільшення концентрації сухих речовин в культуральній рідині веде до подовження тривалості адаптації культури, збільшення часу бродіння та зниження ефекту очистки (табл. 1). Це, очевидно, пояснюється тим, що деякі компоненти субстрату проходять неповний шлях трансформації в газ, що спричиняє їх накопичення в культуральній рідині.

Встановлено вплив концентрації субстрату та його дози на якісний та кількісний склад вітамінів кобаламінової групи. Виявлено, що при метановому бродінні стоків, кількість вітамінів зростає в порівнянні з початковими значеннями в 3,1 - 6,6 разів. Результати досліджень вітамінного складу наведено в табл. 2.

Таблиця 2.

Кількісний та якісний склад кобаламінів  
в культуральній рідині

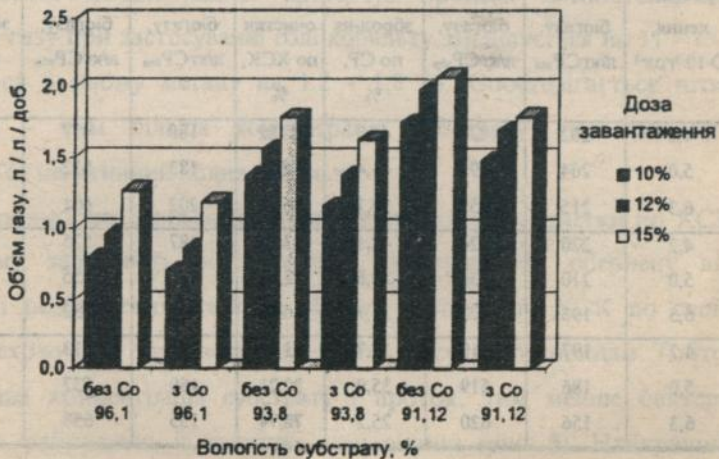
Вологість субстрату %	Доза завантаж. %	Загальна кількість вітамінів, мкг/г СР	Фактор В, %	Фактор В, мкг/г СР	В <sub>12</sub> , %	В <sub>12</sub> , мкг/г СР	Фактор III, %	Фактор III, мкг/г СР
96,1	30	30,4	38,2	11,61	53,2	16,17	8,6	2,61
	50	36,7	32,4	11,89	47,4	17,40	20,2	7,41
93,8	30	35,8	29,1	10,42	45,7	16,36	25,2	9,02
	50	43,4	24,5	10,63	41,3	17,92	34,2	14,84
91,12	30	38,5	23,7	9,12	40,8	15,71	35,5	13,67
	50	47,6	19,8	9,42	38,5	18,33	41,7	19,85

Доведено, що зростання загальної кількості вітамінів при зменшенні вологості субстрату та підвищенні дози завантаження іде, в основному, за рахунок накопичення активної форми вітаміну (фактор III), тоді як приріст неактивної форми (фактор В) та істинного вітаміну В<sub>12</sub> незначний. Найбільш результативним в цьому плані є використання субстрату з вологістю 91 - 94 % при 50 %-ній дозі завантаження.

Для дослідження безперервного режиму бродіння був використаний субстрат з такими ж вологостями, як при періодичному. Дози завантаження складали 10, 12 та 15 %, що відповідає швидкостям розбавлення  $4,2 \cdot 10^{-3}$ ;  $5,0 \cdot 10^{-3}$ ;  $6,3 \cdot 10^{-3}$  год<sup>-1</sup>. Для стимуляції процесу вітамінінотворення застосовувалась сіль кобальту (хлорид кобальту) в концентрації 5 мг/л. Це дало змогу виявити вплив кобальту не тільки на процес вітамінінотворення, а й на інші показники бродіння.

Встановлено, що кількість виділеного біогазу із об'єму культуральної рідини знаходиться у прямопропорційній залежності з дозою завантаження, та в оберненопропорційній, з вологістю субстрату (рис. 2).

Рис. 2. Добовий вихід біогазу в залежності від вологості субстрату, дози завантаження та солі Co



Найменший вихід газу спостерігався при вологості субстрату 96,3 % та 10 %-му завантаженні, а найбільший - при вологості 91,12 % та 15 %-му завантаженні. Але характерним є те, що при збільшенні

дозі завантаження та концентрації субстрату, величина приросту біогазу поступово зменшується. Це вказує на пригнічення процесу метаногенерації підвищеною кількістю поживних речовин субстрату, що не дає можливість популяції мікроорганізмів здійснювати їх повну трансформацію в біогаз. Ця ж думка має підтвердження в при аналізі якісного складу біогазу, коли збільшення концентрації субстрату та дози завантаження приводить до зменшення вмісту метану в біогазі.

Істинний характер процесу метаногенерації можна виявити при розрахунках, що показують питому кількість синтезованого біогазу з одиниці завантаженої та зброженої сухої речовини субстрату. В цьому випадку тенденція виходу біогазу буде дещо іншою, ніж на рис. 2.

Таблиця 3.  
Показники процесу безперервного метанового бродіння  
при різних швидкостях розбавлення

Волог. субстр.	Швидк. розбавлення, % D·10 <sup>-3</sup> год <sup>-1</sup>	без Со				з Со			
		Об'єм біогазу, л/кгСР <sub>зав</sub>	Об'єм біогазу, л/кгСР <sub>збр</sub>	Глибина збро-дження по СР, %	Ефект очистки по ХСК, %	Об'єм біогазу, л/кгСР <sub>зав</sub>	Об'єм біогазу, л/кгСР <sub>збр</sub>	Глибина збро-дження по СР, %	Ефект очистки по ХСК, %
96,1	4,2	202	477	42,3	88,82	180	477	37,7	87,99
	5,0	204	493	41,4	87,84	183	512	35,7	86,42
	6,3	215	551	39,1	86,76	202	601	33,6	84,46
93,8	4,2	220	524	42,1	83,09	187	525	35,7	81,99
	5,0	210	530	39,6	82,19	184	555	33,2	80,62
	6,3	193	672	28,7	80,82	175	732	23,9	78,97
91,12	4,2	197	510	38,7	81,09	167	513	32,5	80,50
	5,0	186	519	35,9	80,21	160	537	29,7	79,44
	6,3	156	620	25,2	78,74	135	658	20,5	77,84

Як видно з результатів (табл.3) кількість біогазу, що утворюється з одиниці завантаженої сухої речовини субстрату в значній мірі залежить від концентрації завантаження та швидкості розбавлення.

Максимальна продукція метану - 220 л/кг СР<sub>зв.</sub> була отримана при швидкості розбавлення  $4,2 \cdot 10^{-3}$  год<sup>-1</sup> та дозі завантаження, що склало 6,19 г СР/л/добу. Після чого спостерігається зниження кількості синтезованого біогазу. Це вказує на те, що при використанні різних субстратів існує деякий поріг концентрацій та доз завантаження, за яким ефективність метанового бродіння знижується, так як сам субстрат або продукти його неповного розкладу гальмують процес. В нашому випадку ріст продукції біогазу спостерігався тільки при вологості субстрату 96,1 %, а при менших, відбувається зниження.

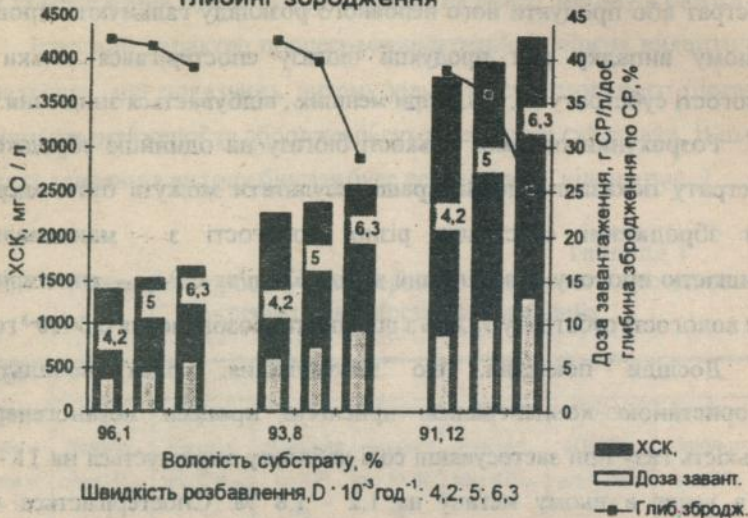
Розрахунки питомої кількості біогазу на одиницю зброженого субстрату показали, що найкращі результати можуть бути одержані при зброженні субстратів різної вологості з максимальною швидкістю протоку. Найбільший вихід - 672 л/кг СР<sub>збродж.</sub> спостерігався при вологості субстрату 93,8 % з швидкістю розбавлення  $6,3 \cdot 10^{-3}$  год<sup>-1</sup>.

Досліди показали, що застосування солей кобальту з використаною концентрацією пригнічує процеси метаногенерації. Кількість газу при застосуванні солі кобальту зменшується на 11 - 15,5 %, а вміст в ньому метану на 1,2 - 1,8 %. Спостерігається чітка тенденція - чим більша концентрація субстрату, тим сильніше виявляється негативний вплив кобальту.

Показано, що зниження інтенсивності процесу очистки по ХСК має пряму залежність від вологості субстрату та обернену від швидкості розбавлення (табл. 3). Ефект очистки по ХСК по своїй динаміці схожий на зброження субстрату по сухим речовинам. Тобто, чим більша концентрація субстрату і проток, тим менше бактерії вилучають забруднень із культуральної рідини (рис. 3). Найкращий ефект очистки (88,92 %) було досягнуто при використанні субстрату з максимальною вологістю та найменшим протоком. Це говорить про те, що для існуючої асоціації мікроорганізмів найбільш сприятливі умови для асиміляції забруднень складаються тоді, коли концентрація

забруднень в культуральній рідині не дуже велика. Це, в свою чергу, впливає на інтенсивність масообмінних процесів, сприяє кращому перемішуванню культуральної рідини, що зумовлює більшу взаємодію мікроорганізмів з речовинами субстрату.

Рис.3. Залежність ХСК культуральної рідини від дози завантаження та відповідність глибині збродження



Застосування солей кобальту чинить на процеси очищення пригнічуючу дію. Причому, збільшення швидкості розбавлення веде до зменшення ефекту очистки в середньому на 3,6 - 10,7 % в залежності від вологості субстрату.

Одночасно з процесами очищення та газогенерації при метановому бродінні гнойових стоків утворюється значна кількість вітамінів. Особливу увагу привертають вітаміни цианкобаламінової групи. При використанні біоавтографічного методу в збродженій культуральній рідині були зареєстровані такі форми вітамінів:  $B_{12}$  та фактор III, що відносяться до активних форм та неактивну - фактор В.

Визначення загальної кількості вітамінів показало (табл.4), що при метановому бродінні можна отримувати культуральну рідину з значним вмістом кобаламінів.

Таблиця 4  
Загальна кількість вітамінів зброженої культуральної рідини

Вологість субстрату, %	без Co з Co	Вітаміни, мкг / г СР		
		Швидкість розбавлення $D \cdot 10^{-3}$ , год <sup>-1</sup>		
		4,2	5,0	6,3
96,1	-	24,40	22,53	21,22
	Co	28,79	26,39	23,94
93,8	-	32,08	30,95	24,72
	Co	37,61	36,09	28,48
91,12	-	43,75	42,37	33,65
	Co	45,56	44,03	34,49

Їх вміст в значній мірі залежить від характеристик субстрату та параметрів культивування і може коливатись в межах 21,2 - 45,6 мкг/г СР. Доведено, що кількість вітамінів знаходиться в прямопропорційній залежності від концентрації субстрату, а доза завантаження або швидкість розбавлення має оберненопропорційний вплив.

Характеристика субстрату та параметрів культивування мають значний вплив на якісний склад вітамінів кобаламінової групи. Досліди показали, що кількість активних форм вітаміну є переважаючою та коливається в межах 19,6 - 35,7 мкг/г СР. При збільшенні концентрації субстрату до середніх значень, кількість активних форм збільшується, але підвищення швидкості розбавлення негативно впливає на їх синтез, особливо, на фактор III. Найкращі результати по співвідношенню активних та неактивних форм можна отримати при застосуванні субстрату з вологістю 93,8 % та швидкості протоку, що відповідає 10 %-ній дозі завантаження.

Визначено, що використання кобальту в концентрації 5 мкг/л є доцільним тоді, коли метою ферментації є отримання вітамінів. В присутності солі кобальту загальна кількість вітамінів зростає на 2,4 - 15 %. Але, збільшення концентрації субстрату та швидкості потоку приводить до зниження позитивного впливу кобальту. Кобальт спричиняє стимуляцію синтезу таких форм кобаламінів як фактор В (неактивна) та фактор III (активна), але при цьому дещо пригнічує синтез вітаміну В<sub>12</sub>, особливо, при більшій концентрації субстрату.

У четвертому розділі "Дослідження безперервного режиму ферментації стічних вод виробництва пекарських дріжджів" наведені результати вивчення основних закономірностей протікання процесів очищення, газогенерації та синтезу вітамінів кобаламінової групи при метановому збродженні дріжджової бражки.

Метановому бродінню піддавались найбільш концентровані стоки, що утворюються в процесі сепарації та фільтрації дріжджової маси з культуральної рідини. Бражка мала світло-коричневий колір та характерний дріжджовий запах. Забруднення по ХСК складало 4428 мг О<sub>2</sub>/л, кількість сухих речовин 11,66 г/л.

Для проведення ферментації були вибрані добові дози завантаження, що відповідали 10; 15; 20 та 30 % об'єму культуральної рідини в біореакторі. Швидкість розбавлення складала, відповідно,  $4,2 \cdot 10^{-3}$ ;  $6,3 \cdot 10^{-3}$ ;  $8,3 \cdot 10^{-3}$ ;  $12,5 \cdot 10^{-3}$  год<sup>-1</sup>. Аналіз процесу проводився по тим же показникам, що і при збродженні стоків свиноферми.

З одиниці об'єму дріжджової бражки при бродінні, можна отримати до п'яти об'ємів біогазу, а з одиниці об'єму реактора - 0,5 - 1,3 л в залежності від швидкості розбавлення (табл. 5).

Дослідження показали, що існує пряма залежність між кількістю синтезованого газу та швидкістю розбавлення: чим вона більша, тим більше газу виділяється з одиниці об'єму біореактора. Але, при збільшенні потоку приріст об'єму газу в порівнянні з попереднім,

зменшується, що вказує на поступове перевантаження культури та підтверджується кількістю біогазу якій утворюється з одиниці знятого забруднення (рис.4).

Таблиця 5

Показники процесу метанового бродиння дріжджових стоків

Швидкість розбавлення, $D \cdot 10^{-3}$ год <sup>-1</sup>	без $Co$				з $Co$			
	Кількість виділеного біогазу		Метану в біогазі, %	Ефект очищення, %	Кількість виділеного біогазу		Метану в біогазі, %	Ефект очищення, %
	л/л кр	л/л субстрату			л/л кр	л/л субстрату		
4,2	0,495	4,980	85,4	77,8	0,488	4,880	83,4	76,7
6,3	0,720	4,800	83,7	75,6	0,690	4,600	83,2	74,0
8,3	0,950	4,750	83,4	74,9	0,882	4,410	82,2	72,9
12,5	1,251	4,170	80,3	67,8	1,095	3,650	79,1	64,7

Визначено, що при збродженні дріжджової бражки, можна отримувати біогаз зі значним вмістом метану. В середньому, вміст метану складає 83 %. Найбільший його вихід спостерігався при мінімальній швидкості протоку та досягав 85,4 %. Збільшення протоку приводило до зменшення кількості метану. Встановлено, що присутність солі кобальту веде до зниження виділення біогазу на 1,4 - 12,5 %, а вміст метану зменшується на 0,6- 2,3 %.

Експериментальні дослідження процесів очищення виявили, що метанова ферментація бражки хлібопекарських дріжджів є ефективним методом для досягнення значного рівня очистки. Він може досягати 78 % при малих дозах завантаження. Проведення бродиння при швидкості розбавлення, яка перевищує  $12,5 \cdot 10^{-3}$  год<sup>-1</sup> є нерациональним, бо приводить до значного зниження ефекту очищення.

Рис 4. Продукція біогазу на одиницю знятого ХСК

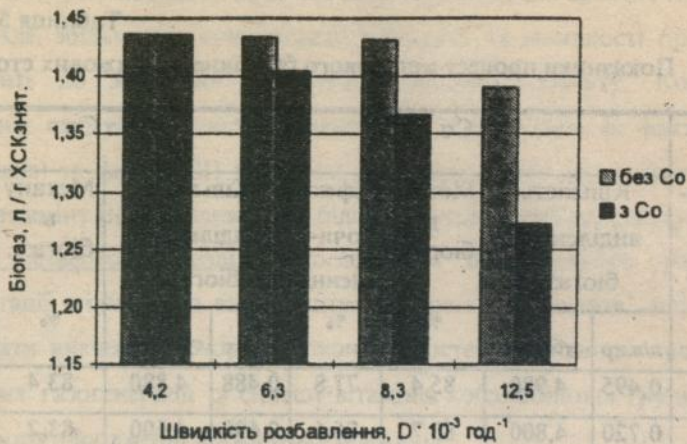
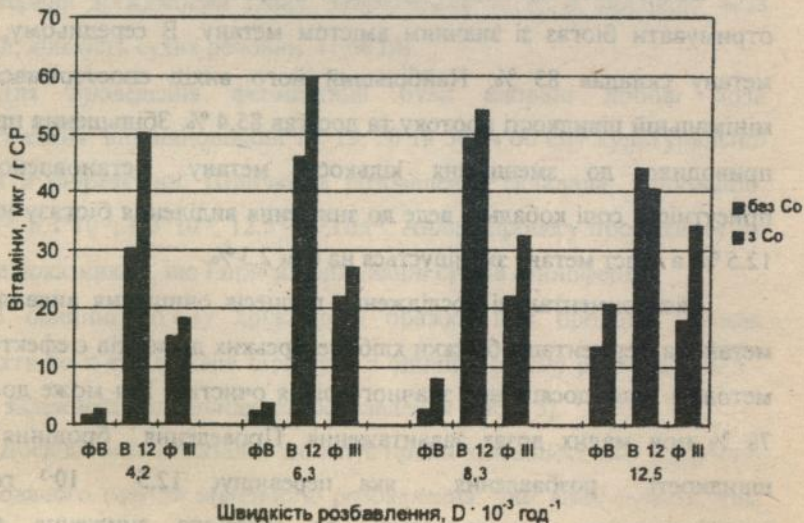


Рис. 5. Кількість кобаламінів в залежності від швидкості розбавлення та солі Со



Вітамінний аналіз збродженої культуральної рідини показав, що метанова ферментація відходів дріжджового виробництва дозволяє отримати високий вміст вітамінів кобаламінової групи. Досліди показують, що з одного літру збродженої дріжджової води можна отримати 224 - 591 мкг кобаламінів, причому, з переважаючим вмістом активних форм вітаміну. Визначено, що між швидкістю розбавлення та виходом вітамінів існує пряма закономірність (табл 6).

Таблиця 6

Загальна кількість вітамінів початкового субстрату та збродженої культуральної рідини

Вітаміни дріжджової бражки, мкг/ г СР	Швидкість розбавлення $D \cdot 10^{-3}$ , год <sup>-1</sup>	Вітаміни збродженої культуральної рідини, мкг/ г СР	
		без Со	з Со
	4,2	46,65	71,05
7,40	6,3	70,61	91,00
	8,3	73,73	94,37
	12,5	75,34	95,10

Якісний аналіз зареєстрованих вітамінів кобаламінової групи дозволяє зробити висновок, що маніпулюючи одним з основних параметрів безперервної ферментації - швидкістю потоку можна регулювати вміст тієї чи іншої форми вітаміну (рис 5). Переважна більшість вітамінів знаходиться в активній формі, причому, домінує істинна форма вітаміну -  $B_{12}$ .

Встановлено, що збільшення швидкості розбавлення впливає на співвідношення між активними та неактивними формами в сторону зменшення перших. Можливо, однією з причин є те, що метанотворні бактерії не встигають трансформувати попередники вітаміну в його

активну форму. Застосування солі кобальту сприяло стимуляції синтезу вітамінів та збільшенню їх кількості. В залежності від протоку приріст кількості вітамінів при застосуванні кобальту складав 26 - 52 %. Але при збільшенні швидкості потоку стимулюючій вплив кобальту зменшувався, що вказує на пригнічення процесу вітамінінотворення підвищеним вмістом поживних речовин.

У п'ятому розділі "Розробка технологічної схеми очистки та утилізації висококонцентрованих стічних вод" описана технологія обробки стоків з метою їх очищення та утилізації, та наведені процесуальна і апаратурно-технологічна схеми. В основі схеми лежить збродження стоків в метантенку та їх подальша обробка (рис. 6). Для остаточного вилучення забруднень запропоновано двостадійний аеробний метод доочищення.

Обробка стоків включає такі основні стадії: подрібнення твердої фракції (для гнойових стоків) в подрібнювачі 3; нагрівання в теплообміннику 4; метанове збродження при постійній температурі у метантенку 5; розділення на фракції (для гнойових стоків) у центрифугі 9; обезводнення крупної фракції (для гнойових стоків) на барабанному вакуум-фільтрі 15 та висушування в апараті 14 з подальшою упаковкою, як органічне добриво; упарювання культуральної рідини в випарному апараті 10; в залежності від виду готової продукції - сушіння в розпилювальній сушарці 11 та упаковка готової білково-вітамінної домішки в апараті 16, або змішування з зерновими отрубками та висушування після екструдера 13 збагачених кормів в сушарці 14; упаковка готової продукції в апараті 16. Біогаз збирається у газгольдері 7 та використовується для обігрівання процесу, а його залишок іде на виробництво електроенергії в газовому електрогенераторі 17. Доочищення стоків здійснюється в аеротенках по двоступеневій схемі з регенерацією активного мулу. Надлишковий мул іде на виробництва добрив, або зброджується у метантенку.

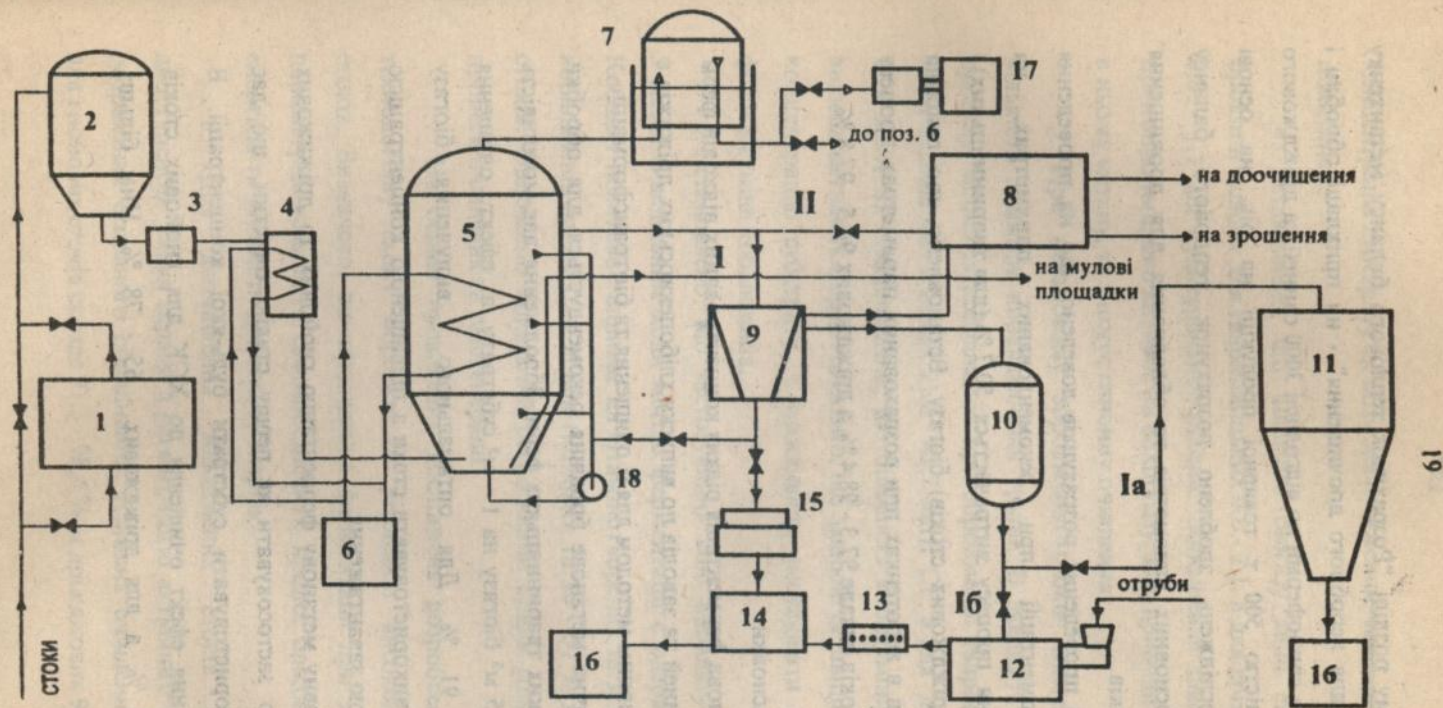


Рис. 6. Апаратурно-технологічна схема обробки концентрованих стоків

- 1 - накопичувач; 2 - збірник; 3 - подрібнювач; 4 - теплообмінник; 5 - метантенк; 6 - водогрійний котел;  
 7 - газгольдер; 8 - відстійник; 9 - центрифуга; 10 - випарний апарат; 11 - розпилювальна сушарка;  
 12 - змішувач; 13 - формувальний апарат; 14 - сушильний агрегат; 15 - барабанний вакуум-фільтр;  
 16 - фасувальний апарат; 17 - газовий електрогенератор; 18 - насос.

У шостому розділі "Розрахунок теплового балансу метантенку та параметрів для аеробного доочищення" - на прикладі обробки і утилізації стоків свиноферми по відгодівлі 3000 свиней та дріжджового заводу потужністю 500 т товарної продукції на рік, на основі проведених досліджень зроблено розрахунок теплового балансу метантенка і основних параметрів та обладнання для доочищення зброджених стоків.

На основі проведених розрахунків доведено, що на проведення метанової ферментації при рекомендованих параметрах, на самозабезпечення процесу витрачається 50,7 % (для тваринницьких) і 85,4 % (для дріжджових стоків) біогазу. Встановлено, що глибина очищення стоків в аеротенках при розрахованих параметрах процесу для гнойових стоків складе 97,3 - 98,4 %, а дріжджових 96,5 - 97,8 %.

### Висновки

1. Метанова ферментація рідких концентрованих відходів ферм по відгодівлі свиней та заводів по випуску хлібопекарських дріжджів є найбільш ефективним методом для їх очищення та біотрансформації.
2. Періодичне метанове бродіння рекомендується для обробки відходів невеликих тваринницьких ферм. Збродження дає можливість одержати 11 - 25 м<sup>3</sup> біогазу на 1 м<sup>3</sup> субстрату, а ефект очищення складає 86 - 91 %. Для оптимального вилучення біогазу рекомендується використовувати стоки з підвищеною концентрацією та 30 %-ною дозою завантаження.
3. Безперервну метанову ферментацію гнойових та дріжджових стоків необхідно застосовувати як першу стадію очистки, що дає можливість використовувати субстрати будь-якої концентрації. В результаті бродіння ефект очищення по ХСК для гнойових стоків складає 79 - 89 %, а для дріжджових - 65 - 78 %. Чим більша

концентрація субстрату та доза завантаження, тим менші значення цих показників.

4. Встановлено, що кількість біогазу який синтезується при бродінні складає для тваринницьких 0,8 - 2,1, а для дріжджових стоків - 0,5 - 1,3 л/л культуральної рідини. Збільшення швидкості потоку прямопропорційно впливає на вихід газу, але приводить до зменшення в ньому метану, та знижує глибину очищення.

5. При метановому збродженні стоків синтезуються значна кількість вітамінів кобаламінової групи. В залежить від параметрів процесу кількість кобаламінів при збродженні тваринницьких стоків може коливатись в межах 21,2 - 45,7 мкг/г СР, а для дріжджових 46,7-95,1 мкг/г СР. Встановлено, що більшість кобаламінів знаходиться у вигляді активних форм. Показано, що змінюючи швидкість потоку та концентрацію субстрату, є можливість регулювати вміст активних форм в суміші кобаламінів.

6. Встановлено, що застосування солі кобальту в концентрації 5 мкг/л є доцільним коли метою ферментації є одержання вітамінів. Кобальт позитивно впливає на вітамінітворення та збільшує кількість кобаламінів на 2,4 - 15 % для гнойових та 26 - 52 % для дріжджових стоків. Одночасно показаний регресивний вплив солей кобальту на процеси очищення та газогенерації.

7. На основі проведених досліджень розроблено принципову технологічну схему обробки та утилізації висококонцентрованих стоків. Визначено, що проведення ферментації при запропонованих параметрах дозволить самозабезпечити процес бродіння необхідною енергією та отримати додаткову енергію.

8. Для доочищення зброджених стоків рекомендується двоступенева схема аерації з регенерацією активного мулу. Зроблено розрахунки основного обладнання. Глибина очищення в аеротенках для гнойових стоків складе 97,3 - 98,4 %, а дріжджових 96,5 - 97,8 %.

## Публікації за матеріалами дисертації

1. Метанова ферментація / Н.В. Левітіна, Н.О. Петриченко, В.В. Бублієнко, О.В. Серік //Харчова і переробна промисловість, N 10, 1994, с.24.

2. Нікітін Г.О. Бублієнко В.В., Бублієнко Н.О. Безвідхідна технологія очищення стічних вод тваринництва // Тези доповідей всеукраїнської науково-технічної конференції "Розробка та впровадження прогресивних технологій та обладнання у харчову та переробну промисловість" - К.:УДУХТ, 17-20 жовтня 1995 р., с.102.

3. Безвідхідна технологія очищення і біоконверсії в біогаз стічних вод /Н.В. Левітіна, Н.О. Бублієнко, В.В. Бублієнко, К.Н. Антонюк //Харчова і переробна промисловість, N 1, 1995, с. 20-21.

4. Відходи тваринництва як альтернативні енергоресурси сільського господарства /Г.О. Нікітін, Н.В. Левітіна, В.В. Бублієнко, Н.О. Бублієнко, С.І. Телешева. // Тези доповідей 62-ї студентської наук. конференції УДУХТ, ч.2. - К.:УДУХТ, 1996. - С.96.

5.Бублієнко В.В. Метанова ферментація як метод очищення відходів тваринництва та альтернативна енергетика для сільського господарства// Тваринництво України. - 1997. - N5. -С.22.

## АННОТАЦІЯ

Бублиенко В. В. Разработка технологии биотрансформации высококонцентрированных стоков некоторых предприятий АПК.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.18.19 -Процессы биологической переработки пищевых продуктов. Украинский государственный университет пищевых технологий, Киев, 1997.

Защищается 5 научных работ, которые содержат результаты научных исследований процессов очистки и утилизации концентрированных стоков животноводства и предприятий по выпуску хлебопекарских дрожжей с применением метановой ферментации. Исследованы особенности протекания процессов газогенерации, накопления витаминов кобаламиновой группы и процессов очистки при различных характеристиках субстрата и параметрах культивирования. Разработаны режимы проведения процессов биотрансформации стоков непрерывным способом, дан расчет очистных сооружений с учетом закономерностей этого процесса.

Ключевые слова: сточные воды, метановая ферментация, очистка, биогаз, кобаламины.

Bublienko V. V. Working out the technology of biotransformation of concentrate waste water of some agrarian-industrial complex enterprise.

The thesis competing for candidate's degree in technical sciences, speciality 05.18.19 - Biological processing of food products. Ukrainian State University of Food Technologies, Kyiv, 1997.

It is defended 5 scientific works which contain experimental investigation results of the process of treatment and utilization of concentrate waste water of cattlebreeding and enterprises for baker's yeast output with using of methane fermentation. It is stated peculiarity generation of gas, accumulation of cobalamines and the process of treatment with different characteristics of substrate and cultivation parameters. It is worked out regimes of continuous cultivation, proposed the calculation waste treatment buildings.

Key words: waste water, methane fermentation, treatment, biogas, cobalamines.

Значительная часть работы...  
 в настоящее время...  
 для проведения...  
 в соответствии с...  
 в целях...  
 в соответствии с...  
 в целях...  
 в соответствии с...  
 в целях...

В работе описаны...  
 результаты...  
 полученные...  
 в процессе...  
 исследования...  
 в области...  
 в соответствии с...  
 в целях...  
 в соответствии с...  
 в целях...

---

Підп. до друку 1905.97. Формат 60x84<sup>1</sup>/16. Папір друк. В. В.  
 Обл.-вид.арк. 1,5 . Тираж 100 прим. Зам. № 12-147

---

Український державний університет харчових технологій  
 252601 Київ-33, вул. Володимирська, 68

255.839A

AB 38.225