

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ
УКРАИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПИЩЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

УДК 628.356; 628.339.61; 628.38.

Для служебного

пользования. Экс. М

«Утверждаю»

Проректор по научной работе,
академик _____ Л. Д. Бобровник

« _____ » _____ 1993г.

ОТЧЕТ

ПО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ПРОГРАММЕ
ПОЛУЧЕНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ
ЭНЕРГИИ БИОКОНВЕРСИЕЙ ОГРАНИЧЕННЫХ ОТХОДОВ
И КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ СТОЧНЫХ ВОД

(окончательный)

Шифр 202/93

Начальник НИС

Я. И. Засядько

« _____ » _____ 1993г.

Заведующий кафедрой
биотехнологии микробного
синтеза, доцент

А. М. Шевченко

« _____ » _____ 1993г.

Руководитель темы
доцент, к. Т. Н.

А. А. Воронцов

« _____ » _____ 1993г.

Киев-1993г.

Реферат

Отчет за период 22.11.93 – 25.12.93 занимает _____ страниц, содержит 2 рисунка, 10 таблиц, список использованной литературы 6 источников.

Ключевые слова: очистка сточных вод, биогаз, метан, лабораторная установка (метантенк), анаэробная (метановая ферментация), гидрохимические показатели (ХПК, БКП₅), глубина, сбраживание, стоки животноводческого комплекса.

Объект исследования - стоки животноводческого комплекса.

Цель работы – обработка режимов биоконверсии стоков животноводства в лабораторных условиях.

Обработаны режимы очистки стоков, рассчитана глубина сбраживания (эффективность очистки), скорость изъятия загрязнений. Определен состав биогаза и его выход с единицы загрязняющих веществ.

ОТРАБОТКА РЕЖИМОВ БИОКОНВЕРСИИ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ. АНАЛИЗ БИОГАЗА, ЕГО СОСТАВ И ТЕПЛОТВОРНОЙ СПОСОБНОСТИ.

В зависимости от ферментации (очистка сточной жидкости, получение удобрений, кормового витамина В₁₂ или биогаза) необходимо сравнительный анализ режимов работы метантенков.

Целью данной работы явилась обработка режимов биоконверсий сточных вод животноводческого комплекса в биогаз, а также изучение параметров очистки данной категории стоков.

На животноводческих комплексах существует возможность использования нераздельного стока и стока раздельного на фракции, определение качественного и количественного состава загрязнений, (табл. 1), фильтрованной жидкости, позволяет судить о трудностях, связанных с аэробной обработкой.

Таблица 1.

Физико-химический состав сточных вод животноводческого комплекса /М ± m/

№	Показатели	Величина
1	pH	6,8 ± 0,1 – 7,5 ± 0,2
2	ХПК, г·О ₂ ·л ⁻¹	6,0 ± 0,5 – 12,0 ± 0,17
3	БПК, г·О ₂ ·л ⁻¹	2,8 ± 0,2 – 6,7 ± 0,1
4	Летучие жирные кислоты, г·л ⁻¹	0,24 ± 0,09 – 1,40 ± 0,11
5	Молочная кислота, г·л ⁻¹	0,067 ± 0,007 – 0,100 ± 0,002
6	Карбонаты, г·л ⁻¹	4,0 ± 0,5 – 8,0 ± 0,7
7		
8	Нитраты, г·л ⁻¹	0,010 ± 0,001 – 0,055 ± 0,002
9	Нитраты, г·л ⁻¹	0,009 ± 0,001 – 0,012 ± 0,001
1	Хлориды, г·л ⁻¹	0,045 ± 0,002 – 2,700 ± 0,017
	Фосфаты, г·л ⁻¹	0,015 ± 0,003 – 0,065 ± 0,010
	Аммонийный азот, г·л ⁻¹	0,20 ± 0,02 – 0,40 ± 0,03
	Мочевина, г·л ⁻¹	1,0 ± 0,3 – 3,0 ± 0,2
	Общая щелочность, г·экв·л ⁻¹	0,02 ± 0,01 – 0,05 ± 0,01
	Жесткость, г·экв·л ⁻¹	0,020 ± 0,009 – 0,130 ± 0,014
	Взвешенные вещества, г·л ⁻¹	1,5 ± 0,5 – 5,0 ± 1,0
	Сухой остаток, г·л ⁻¹	1,2 ± 0,1 – 1,5 ± 0,2
	Зольность, %	0,4 ± 0,1 – 0,25 ± 0,01
	Общий азот, %	0,15 ± 0,02 – 0,25 ± 0,01
	Сульфаты, г·л ⁻¹	0,26 ± 0,01 – 0,30 ± 0,01

На практике очистке сточных вод принято считать, что при соотношении БПК/ХПК > 0,5 необходимо применять биохимические методы очистки (1). Для данной категории стоков /по усредненным данным/ отношение БПК к ХПК, в основном, превышает эту величину, что соответствует требованиям, предъявленным к сточной воде, поступающей на биохимическую очистку.

Согласно рекомендаций СНиП (2) содержание азота и фосфора должно удовлетворять соотношению БПК: N: = 100:5:1. Для данной категории сточной воды это соотношение составляло: при нижне границы значений 100:37:0,9; при верхней – 100:53, 6:0,45. Следует учитывать, что в процессе разложения органических веществ количество аммонийного азота будет увеличиваться.

Предварительную очистку таких стоков целесообразно проводить в анаэробных условиях с использованием метановой ферментации.

Процесс очистки стоков проводили в полу непрерывном режиме. Скорость разбавления равнялась $0,0042 \text{ ч}^{-1}$; $0,0084 \text{ ч}^{-1}$; $0,0168 \text{ ч}^{-1}$, то есть доза загрузки составляла 10,20 и 40 % от рабочего объема метантенка.

На 5-7 сутки после запуска метантенков процесс стабилизировался, при этом содержание летучих жирных кислот составляло $0,40 \pm 0,01$ – $0,60 \pm 0,05$.

Контроль за ходом процесса осуществляли по количеству образовавшегося биогаза, ХПК, БПК₅, pH и концентрации летучих жирных кислот.

При исходном значении pH $7,5 \pm 0,2$ сточных вод, поступающей в метантенки, биогаз выделяется на протяжении всего периода брожения с оптимум pH $7,8 \pm 0,1$ и $7,6 \pm 0,2$ для мезофильных и термофильных условий соответственно.

Результаты исследований процесса метанового брожения в мезофильных и термофильных условиях при различных скоростях разбавления приложены в табл. 2-7.

Полученные данные свидетельствуют о том, что глубина сбраживания субстрата зависит от скорости разбавления и температурных условий. В мезофильных условиях глубина сбраживания по ХПК составляет 81-83%, по БПК₅ – 76%, в термофильных условиях глубина сбраживания увеличивается до 87-88% по ХПК и до 86% по БПК₅.

Если целью ферментации является очистка воды от органических загрязнений, то время ее пребывания в метантенке необходимо увеличивать. Для достижения наибольшей производительности по газу следует подобрать такие значения скорости разбавления, чтобы с единицы объема реактора снимать наибольшее количество газа, но глубина сбраживания при этом будет уменьшаться.

Таблица 2.

Показатели процесса метанового брожения в мезофильных условиях при скорости разбавления $0,0042 \text{ ч}^{-1}$ /М ± м/

Продолжительность сбраживания, сут.	Газ л·сут ⁻¹	ХПК, г·О ₂ ·л ⁻¹	БПК ₅ , г·О ₂ ·л ⁻¹	Глубина сбраживания, Е, %	
				по ХПК	по БПК ₅
0	-	$6,0 \pm 0,5$	$2,80 \pm 0,20$	-	-
1	0,6	$4,0 \pm 0,4$	$1,80 \pm 0,21$	33 ± 4	35 ± 9
2	1,7	$2,0 \pm 0,1$	$1,20 \pm 0,09$	88 ± 2	57 ± 2
3	1,9	$1,7 \pm 0,1$	$1,10 \pm 0,05$	72 ± 1	63 ± 1
4	2,1	$1,6 \pm 0,1$	$1,00 \pm 0,02$	73 ± 1	64 ± 1
5	2,3	$1,5 \pm 0,1$	$0,92 \pm 0,01$	75 ± 1	67 ± 1
6	2,3	$1,4 \pm 0,1$	$0,80 \pm 0,03$	77 ± 1	71 ± 1
7	2,5	$1,0 \pm 0,2$	$0,80 \pm 0,02$	83 ± 3	71 ± 2

8	2,5	$1,0 \pm 0,1$	$0,67 \pm 0,06$	83 ± 2	76 ± 2
9	2,5	$1,0 \pm 0,1$	$0,67 \pm 0,04$	83 ± 4	76 ± 4
10	2,5	$1,0 \pm 0,2$	$0,67 \pm 0,03$	83 ± 3	76 ± 2
11					

Таблица 3.

Показатели процесса метанового брожения в мезофильных условиях при скорости разбавления $0,0084 \text{ ч}^{-1} / \text{M} \pm \text{m} /$

Продолжительность сбраживания, сут.	Газ $\text{л} \cdot \text{сут}^{-1}$	ХПК, $\text{г} \cdot \text{O}_2 \cdot \text{л}^{-1}$	БПК ₅ , $\text{г} \cdot \text{O}_2 \cdot \text{л}^{-1}$	Глубина сбраживания, Е, %	
				по ХПК	по БПК ₅
0	-	$8,0 \pm 0,5$	$4,2 \pm 0,1$	-	-
1	0,5	$6,3 \pm 0,2$	$3,8 \pm 0,1$	23 ± 1	12 ± 1
2	1,0	$6,0 \pm 0,3$	$3,6 \pm 0,2$	25 ± 1	14 ± 1
3	1,8	$4,2 \pm 0,2$	$2,8 \pm 0,1$	48 ± 1	33 ± 2
4	2,4	$4,0 \pm 0,1$	$2,6 \pm 0,1$	50 ± 2	38 ± 1
5	3,0	$2,5 \pm 0,3$	$1,8 \pm 0,3$	69 ± 2	57 ± 5
6	3,0	$2,0 \pm 0,1$	$1,2 \pm 0,1$	75 ± 1	71 ± 2
7	3,1	$2,0 \pm 0,1$	$1,1 \pm 0,1$	75 ± 2	74 ± 1
8	3,1	$7,1 \pm 0,2$	$1,0 \pm 0,2$	78 ± 2	76 ± 2
9	3,2	$1,5 \pm 0,1$	$1,0 \pm 0,2$	81 ± 1	76 ± 1
10	3,2	$1,5 \pm 0,2$	$1,0 \pm 0,1$	81 ± 3	76 ± 1

Таблица 4.

Показатели процесса метанового брожения в мезофильных условиях при скорости разбавления $0,0168 \text{ ч}^{-1} / \text{M} \pm \text{m} /$

Продолжительность сбраживания, сут.	Газ $\text{л} \cdot \text{сут}^{-1}$	ХПК, $\text{г} \cdot \text{O}_2 \cdot \text{л}^{-1}$	БПК ₅ , $\text{г} \cdot \text{O}_2 \cdot \text{л}^{-1}$	Глубина сбраживания, Е, %	
				по ХПК	по БПК ₅
0	-	$7,2 \pm 0,1$	$4,00 \pm 0,30$	-	-
1	2,5	$6,5 \pm 0,2$	$3,30 \pm 0,10$	12 ± 4	17 ± 1
2	2,7	$5,2 \pm 0,4$	$3,10 \pm 0,07$	28 ± 5	22 ± 1
3	2,7	$3,2 \pm 0,3$	$1,85 \pm 0,07$	56 ± 1	54 ± 1
4	3,4	$3,0 \pm 0,2$	$1,70 \pm 0,02$	58 ± 1	57 ± 1
5	3,7	$2,1 \pm 0,1$	$1,20 \pm 0,01$	71 ± 1	70 ± 2

6	4,8	$1,8 \pm 0,1$	$0,97 \pm 0,04$	75 ± 1	76 ± 1
7	4,8	$1,2 \pm 0,02$	$0,94 \pm 0,02$	83 ± 2	76 ± 2
8	4,9	$1,2 \pm 0,1$	$0,85 \pm 0,01$	83 ± 3	76 ± 1
9	5,0	$1,2 \pm 0,2$	$0,85 \pm 0,02$	83 ± 2	76 ± 3
10	5,2	$1,2 \pm 0,1$	$0,85 \pm 0,02$	83 ± 1	76 ± 1

Таблица 5.

Показатели процесса метанового брожения в термофильных условиях при скорости разбавления $0,0042 \text{ ч}^{-1} / \text{M} \pm \text{m} /$

Продолжительность сбраживания, сут.	Газ $\text{л} \cdot \text{сут}^{-1}$	ХПК, $\text{г} \cdot \text{O}_2 \cdot \text{л}^{-1}$	БПК ₅ , $\text{г} \cdot \text{O}_2 \cdot \text{л}^{-1}$	<u>Глубина сбраживания, E, %</u>	
				по ХПК	по БПК ₅
0	-	$6,0 \pm 0,5$	$2,80 \pm 0,20$	-	-
1	0,6	$4,80 \pm 0,11$	$2,00 \pm 0,17$	20 ± 4	28 ± 3
2	2,0	$2,00 \pm 0,20$	$1,20 \pm 0,13$	66 ± 3	57 ± 2
3	2,2	$1,38 \pm 0,30$	$0,98 \pm 0,01$	75 ± 2	66 ± 1
4	2,4	$1,30 \pm 0,10$	$0,95 \pm 0,02$	78 ± 1	68 ± 1
5	2,8	$1,15 \pm 0,07$	$0,82 \pm 0,03$	81 ± 1	71 ± 1
6	3,6	$1,00 \pm 0,08$	$0,80 \pm 0,02$	83 ± 1	74 ± 1
7	4,1	$0,95 \pm 0,01$	$0,74 \pm 0,02$	84 ± 1	77 ± 2
8	4,1	$0,90 \pm 0,01$	$0,74 \pm 0,01$	85 ± 2	77 ± 1
9	4,6	$0,80 \pm 0,03$	$0,60 \pm 0,03$	87 ± 3	78 ± 3
10	4,6	$0,80 \pm 0,02$	$0,60 \pm 0,02$	87 ± 1	78 ± 2

Таблица 6.

Показатели процесса метанового брожения в термофильных условиях при скорости разбавления $0,0084^{-1} / \text{M} \pm \text{m} /$

Продолжительность сбраживания, сут.	Газ $\text{л} \cdot \text{сут}^{-1}$	ХПК, $\text{г} \cdot \text{O}_2 \cdot \text{л}^{-1}$	БПК ₅ , $\text{г} \cdot \text{O}_2 \cdot \text{л}^{-1}$	<u>Глубина сбраживания, E, %</u>	
				по ХПК	по БПК ₅
0	-	$8,0 \pm 1,4$	$4,20 \pm 0,77$	-	-
1	1,8	$4,1 \pm 0,4$	$2,80 \pm 0,21$	49 ± 2	33 ± 3

2	2,0	$3,4 \pm 0,1$	$1,70 \pm 0,06$	57 ± 2	59 ± 4
3	2,5	$2,8 \pm 0,2$	$1,10 \pm 0,04$	65 ± 1	74 ± 1
4	2,5	$2,5 \pm 0,1$	$0,98 \pm 0,01$	69 ± 1	76 ± 1
5	3,0	$2,1 \pm 0,1$	$0,97 \pm 0,01$	74 ± 1	77 ± 1
6	4,5	$1,8 \pm 0,1$	$0,92 \pm 0,02$	77 ± 2	78 ± 1
7	4,6	$1,1 \pm 0,3$	$0,70 \pm 0,05$	86 ± 3	83 ± 2
8	4,6	$1,1 \pm 0,2$	$0,70 \pm 0,03$	86 ± 2	83 ± 3
9	4,9	$1,0 \pm 0,1$	$0,60 \pm 0,02$	87 ± 1	86 ± 2
10	4,9	$1,0 \pm 0,2$	$0,60 \pm 0,01$	87 ± 2	86 ± 1

Таблица 7.

Показатели процесса метанового брожения в термофильных условиях при скорости разбавления $0,0168^{-1} / \text{М} \pm \text{м} /$

Продолжительность сбраживания, сут.	Газ $\text{л} \cdot \text{сут}^{-1}$	ХПК, $\text{г} \cdot \text{О}_2 \cdot \text{л}^{-1}$	БПК ₅ , $\text{г} \cdot \text{О}_2 \cdot \text{л}^{-1}$	Глубина сбраживания, Е, %	
				по ХПК	по БПК ₅
0	-	$7,20 \pm 1,10$	$4,00 \pm 0,030$	-	-
1	2,4	$3,50 \pm 0,34$	$1,90 \pm 0,21$	51 ± 2	52 ± 3
2	3,5	$2,70 \pm 0,11$	$1,10 \pm 0,04$	65 ± 3	72 ± 1
3	3,7	$1,70 \pm 0,04$	$0,94 \pm 0,01$	76 ± 1	75 ± 1
4	4,0	$1,60 \pm 0,01$	$0,90 \pm 0,02$	77 ± 1	77 ± 1
5	4,7	$1,30 \pm 0,01$	$0,83 \pm 0,02$	82 ± 1	78 ± 1
6	4,9	$1,00 \pm 0,01$	$0,81 \pm 0,01$	86 ± 1	79 ± 1
7	5,0	$0,92 \pm 0,02$	$0,75 \pm 0,02$	87 ± 2	81 ± 1
8	5,0	$0,92 \pm 0,01$	$0,70 \pm 0,01$	87 ± 1	82 ± 2
9	5,0	$0,80 \pm 0,02$	$0,70 \pm 0,01$	88 ± 2	82 ± 1
10	5,0	$0,80 \pm 0,03$	$0,70 \pm 0,02$	88 ± 3	82 ± 1

При увеличении скорости разбавления выход биогаза при снятии единицы загрязнений уменьшается как в мезофильных, так и в термофильных условиях (рис.1.)

Выход биогаза при снятии единицы загрязнений определялся по формуле:

$$P = \frac{F}{v \cdot S_0 - S_T \cdot D} \quad (3.1)$$

где:

F – выход газа, л·сутки⁻¹

V – рабочий объем метантенка, л;

D – скорость разбавления, ч⁻¹.

Например, на 1 кг сброженного БПК выделяется по данным [3] 0,334 м³ биогаза. Из 1 кг сброженного органического вещества может быть получено от 0,222 м³ [4] до 0,7 м³ [5].

Максимальная производительность может быть определена из условия:

$$\frac{E}{\tau} \rightarrow \max \quad (3.17)$$

где глубина сбраживания E /по ХПК, БПК₅, углероду и др./ зависит от скорости разбавления $D = \frac{1}{\tau}$ при E и $\tau \rightarrow \infty$.

Скорость изъятия загрязнений по определению связана с нагрузкой по веществу /N/ и, следовательно, со скоростью разбавления:

$$A = D \cdot S \quad (3.18)$$

или

$$N = \frac{S_0 - S_T}{\tau} = S_0 - S_T \cdot D \quad (3.19)$$

Известно [6], что с повышением температуры до определенного предела, процесс утилизации субстрата протекает интенсивнее.

На рис. 2 представлены зависимости скорости изъятия

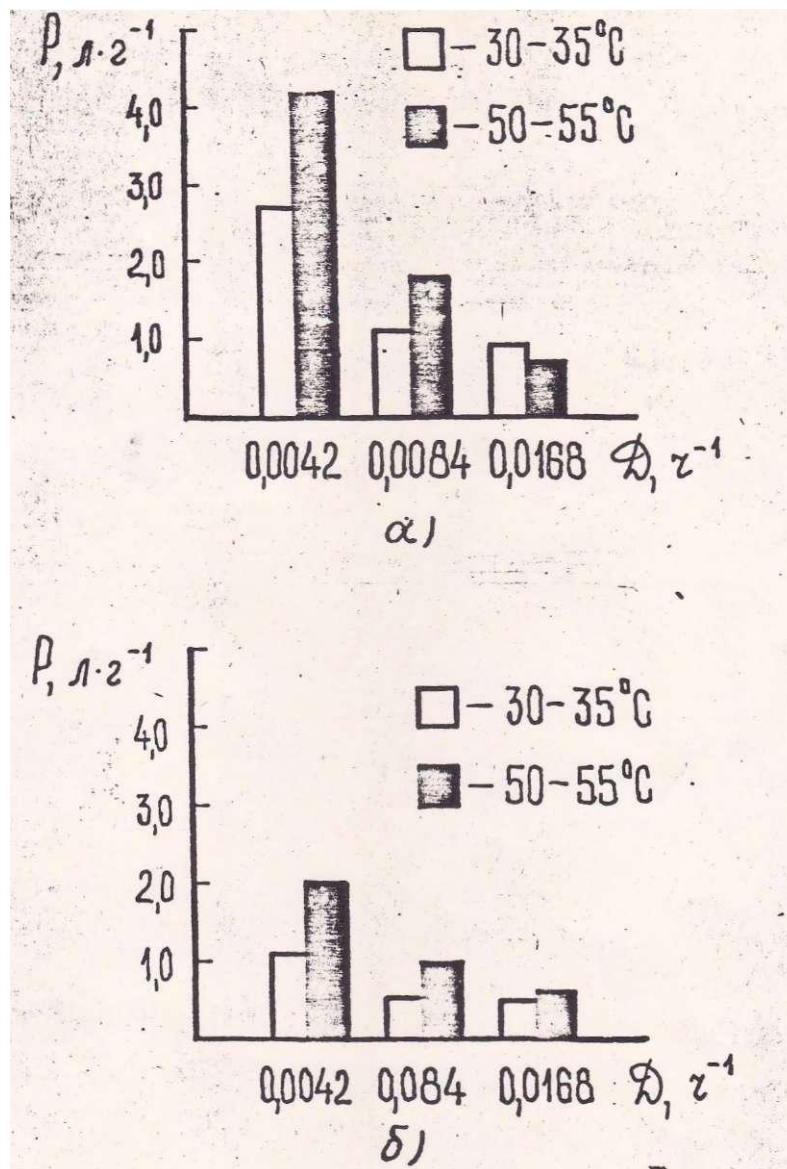


Рис. 1. Выход биогаза с единицы загрязнения при различных скоростях разбавления

А). по БКП, Б). по ХПК

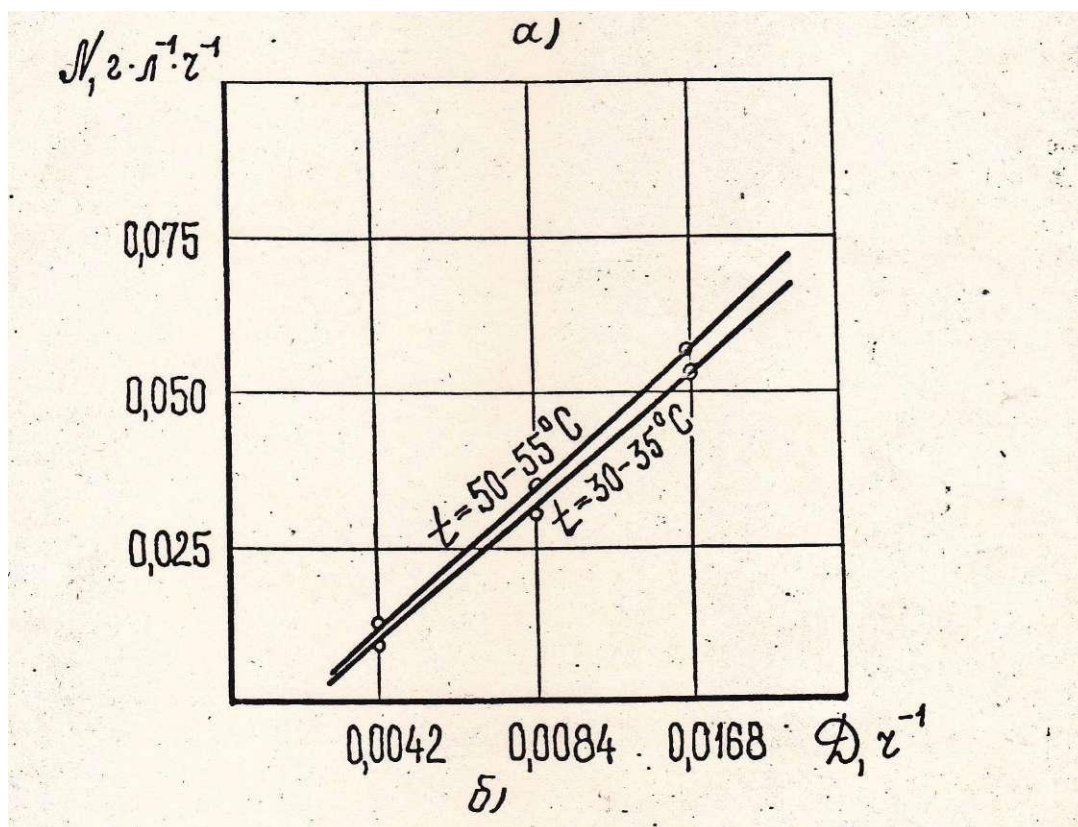
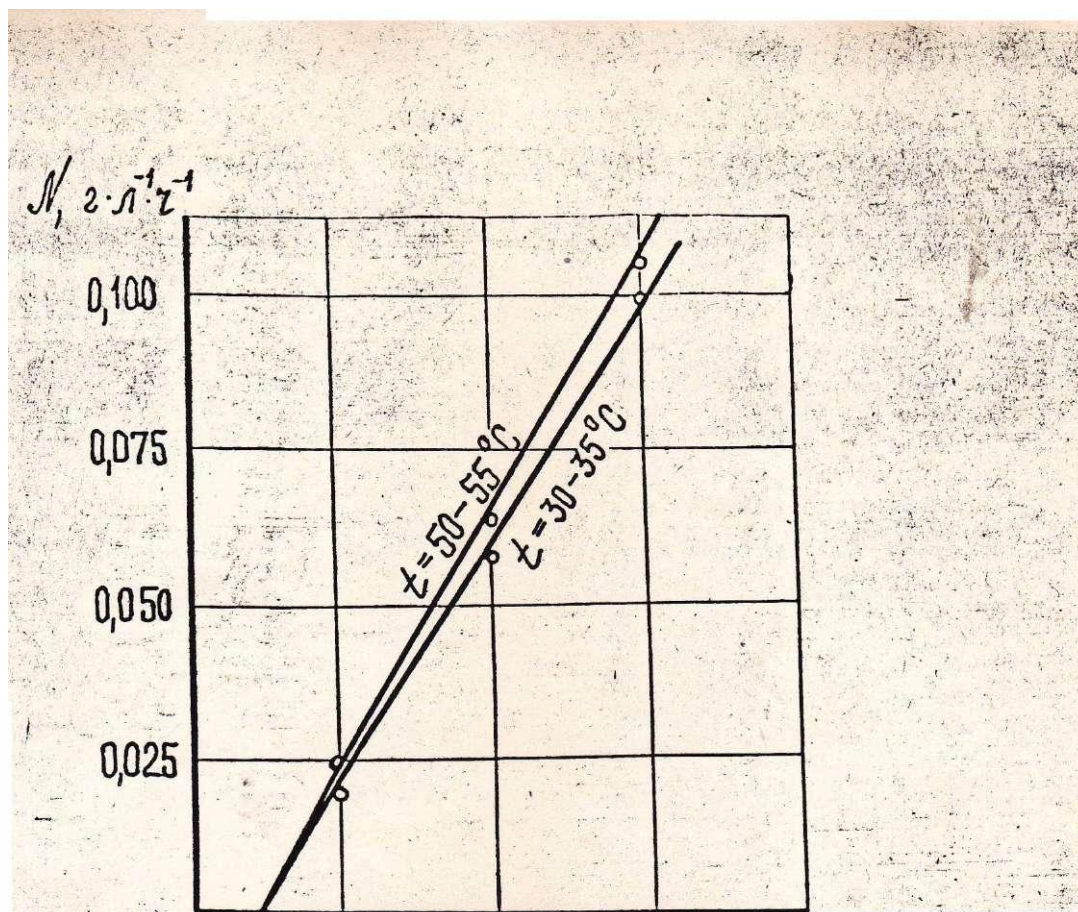


Рис. 2 Зависимость скорости изъятия загрязнений от скорости разбавления
А). по ХПК, Б). по БПК

загрязнений /по БПК и ХПК/ от температуры и скорости разбавления. Так, с увеличением скорости разбавления скорость изъятия загрязнений увеличится /от 0,02 до 0,10 по ХПК и от 0,01 до 0,55 по БПК₅/ по линейной зависимости.

Для определений конечных гидрохимических показателей метановой ферментации проведены исследования в непрерывном режиме со скоростью разбавления 0,021 ч⁻¹, близкой с расчетной /0,026 ч⁻¹/. Результаты исследований представлены в таблице 8.

Таблица 8

Гидрохимические показатели очистки сточной воды

в термофильных условиях при скорости разбавления 0,026 ч ⁻¹ (M±m).		
Показатели	Исходная сточная вода	Очищенная вода
pH	7,0 ± 0,2	7,8 ± 0,1
ХПК, г·О ₂ ·л ⁻¹	8,0 ± 0,05	0,8 ± 0,1
Летучие жирные		
кислоты, г·л ⁻¹	1,53 ± 0,02	0,75 ± 0,04
Карбонаты, г·л ⁻¹	7,92 ± 0,31	1,4 ± 0,04
Нитраты, г·л ⁻¹	0,050 ± 0,009	0,006 ± 0,001
Хлориды, г·л ⁻¹	0,99 ± 0,07	0,14 ± 0,02
Фосфаты, г·л ⁻¹	0,063 ± 0,02	0,032 ± 0,002
Мочевина, г·л ⁻¹	3,0 ± 0,3	0
Аммонийный азот, г·л ⁻¹	0,155 ± 0,012	0,285 ± 0,012
Общая щелочность,		
г·экв.·л ⁻¹	0,028 ± 0,007	0,022 ± 0,007
Жесткость, г·экв.·л ⁻¹	0,042 ± 0,002	0,022 ± 0,001
Взвешенные вещества,		
г·л ⁻¹	3,46 ± 0,32	0,90 ± 0,05
Сухой остаток, г·л ⁻¹	1,27 ± 0,11	0,80 ± 0,03

Рекомендуемыми конечными показателями предочистки фильтрованного стока животноводческого комплекса можно считать: pH-7,8; ХПК-0,8 г О₂*л⁻¹; летучие жирные кислоты – 0,75 г*л⁻¹; хлориды – 0,14 г*л⁻¹; нитраты – 0,006 л⁻¹;

карбонаты $1,4 \text{ г}^{\ast-1}$; фосфаты – $0,092 \text{ г}^{\ast-1}$; аммонийный азот – $0,285 \text{ г}^{\ast}\text{л}^{-1}$. Такая вода пригодна для обработки а анаэробных условиях.

При обработке животноводческих стоков в мататенках происходит значительное снижение бактериологических показателей /табл. 9/. Так в мезофильных условиях коли-титр повышается по 10^{-3} , а в термофильных условиях роста кишечной палочки на среде Эндо не наблюдалось, что подтверждает обеззараживающий эффект термофильного метанового брожения.

Таблица 9.

Санитарно-бактериологические показатели сточных вод животноводческого комплекса при метановой ферментации.

Показатели	Исходная сточная вода	<u>Очищенная сточная вода</u>	
		мезофильные условия	термофильные условия
Микробное число в 1 мл	$20 \cdot 10^6 - 50 \cdot 10^8$	$8 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^5$
Коли - титр	$10^{-7} - 10^{-9}$	$10^{-4} - 10^{-3}$	нет роста

Следовательно, оптимальным режимом на животноводческих и близких к ним по составу стоков можно считать непрерывную метановую ферментацию со скоростью разбавления $0,021 \text{ ч}^{-1}$ в термофильных условиях.

Биогаз, образующийся в процессе метанового брожения сточных вод животноводческих комплексов, содержит в среднем 60-65% метана и 35-40% диоксида углерода. Качественный состав газа не зависит от распада органического вещества о от скорости разбавления субстрата, но и при нарушении температурного режима меняется.

В таблице 10 приведен качественный состав биогаза, образующегося в процессе метанового брожения сточных вод животноводческого комплекса.

Таблица 10

Качественный и количественный состав биогаза ($M \pm m$)

Показатели	<u>Температурный режим</u>	
	термофильный	мезофильный
Метан, %	64 ± 4	58 ± 4
Диоксид углерода, %	36 ± 4	42 ± 4
Водород, %	отсут.	0,5

Кроме того на состав газа влияет кислотность среды, при нарушении щелочного режима состав газа меняется. Сероводород обнаруживается характерным запахом при закисании среды.

Теплотворная способность биогаза, образующегося в процессе метанового брожения животноводческих стоков, приближается к теплотворной способности природного газа и превышает 5000 ккал. (в).

Так при содержании в биогазе 56% метана теплотворная способность его равна 5331 ккал/м³, при содержании 70% метана теплотворная способность соответствует 6664 ккал/м³, из этого следует, что величина генерируемого газа может быть принята 5792 ккал/м³.

Топливная характеристика биогаза может быть повышена путем отделения диоксида углерода.

В лабораторных условиях получали 2-5 л биогаза в сутки с 1л бродящей массы. Комплекс по выращиванию крупного рогатого скота на 15 тыс. голов дает 1500-2000 м³/сут. Сточной воды, что в среднем соответствует образованию 5000 м³ биогаза в сутки.

Список научно-технической информации.

1. Яковлев С.В., Карелин Я.А., Жуков А.И., Колобанов С.К. Канализация. – М.: Стройиздат, 1975. – 632 с.
2. СМиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения. – М.: ЦИТП Госстроя СССР. – 1986. – 72 с.
3. Pieronis Marullo. Compagna Rocco. Digestion anacrobica: un poges so me ne costoco. II A.E.S. – 1986. – n.6. – P.40-77.
4. Дубровський В.С., Виестур У.Э., Метановое брожение сельскохозяйственных отходов. – Рига.: Зинатне, 1988. – 204 с.
5. Braun R. Anacrobic pretreatment of industrial wastewater II Eur. Congr. Diotechnol. – Munchen 10-14 sept. weihheim.a. – 1984. – vol.3. – S. 104-114.
6. Ананиашвили Г.Д. Основные положения биоэнергетики. – Тбилиси.: Сабчато Сакартвело, 1961-125 с.