Министерство высшего и среднего специального образования СССР
КИЕВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИНУТ ПИЩЕВОЙ ПРОМИШЛЕННОСТИ

УДК
В Гос. регистрации 0188. 0047658
№ инвентарный

УТВЕРДЖДАЮ
Проректор по научной роботе
_____ Н.А. Прядко
____ _____ 1990 г.

ОТЧЕТ
о научно-исследовательской работе
РЕКОНСТРУКЦИЯ ОЧЕСНЫХ СООРУЖЕНИЙ СОВХОЗА «АРКТИКА» С ОБЕСПЕЧЕНИЕМ ГЛУБОКОЙ ОЧИСТКИ И УТИЛИЗАЦИИ ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРОДУКТОВ
(промежуточный)
Шифр 326-88

Начальник НИС КТИПП _____ И.И. Степах
«____» _____ 1990 г.

Декан факультета технологии
сахаристых веществ, _____ С.П. Олянская
к.т.н. «____» _____ 1990 г.

Заведующий кафедрой био-
технологии микробного _____ Г.А. Никитин
синтеза, к.т.н., проф. «____» _____ 1990 г.

Руководитель темы 326-88, _____ А.А. Воронцов
к.т.н., дон. «____» _____ 1990 г.

Киев – 1990

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Левина Н.В. к.т.н.	Составление отчета, обработка результатов исследований.
Шевченко М.Г. мл. научн. сотр.	Проведение гидрохимических исследований, обработка результатов исследований.
Чумакова Е.В. инженер	Оформление отчета, проведение гидрохимических исследований.
Катарский А.С. инженер	Монтаж и наладка экспериментальных установок, проведение испытаний.
Лукашевич Е.А. лаборант	Проведение гидрохимических исследований.
Нормоконтролер	А.П. Мироненко
Гл. метролог	А.Г. Подвязников

Реферат

Отчет за 1988-1989 г.г. занимает объем 58 страниц, содержит 12 рисунков, 4 таблицы. Список использованной литературы включает 66 источников.

Ключевые слова: охрана окружающей среды, сточные воды, биотехнология, биохимическая очистка, анаэробная ферментация, аэробная ферментация, экспериментальная установка по анаэробно-аэробной очистки концентрированных сточных вод, метантенк, аэротенк, гидрохимические показатели, биохимические показатели,, доочистка.

Объектом исследований явились концентрированные по органическим загрязнениям сточные воды животноводческого комплекса по выращиванию свиней.

Цель работы – разработка технологии очистки животноводческих стоков и на основании этого выдача рекомендаций по реконструкции существующих очистных сооружений совхоза «Арктика» Мурманской области.

Исследования проводились на натуральной сточной воде Трубежского животноводческого комплекса Киевской области, на стоках совхоза «Пригородный» Мурманской области в лабораторных и производственных условиях.

Проведенные исследования позволили разработать технологию анаэробно-аэробной очистки стоков с загрязнениями естественного происхождения, к которым относятся стоки животноводческих комплексов.

Разработана и утверждена программа и методика испытаний экспериментальной установки, проведены ведомственные испытания экспериментальной установки, утверждены акт и протокол испытаний.

Содержание

Введение 5
1. Современное состояние вопроса очистки концентрированных сточных вод . 7
I.I. Сточные воды животноводческих комплексов как субстрат для анаэробной ферментации 7
I.2. Существующие схемы очистки концентрированных сточных вод и пути использования очищенной воды. 10
2. Объекты и методы экспериментальных исследований. . . 20
2.I. Объекты исследований 20
2.2. Методы гидрохимических и биохимических исследований 20
2.3. Условия проведения экспериментов 20
3. Исследование технологических параметров анаэробно – аэробной очистки концентрированных сточных вод 23
3.I. Анаэробная предочистка в периодическом режиме 23
3.2. Аэробная очистка в периодическом режиме 32
3.3. Практическая проверка и использование полученных результатов 42
Заключение 44
Список использованных источников 46
Приложение 1 53
Приложение 2 54

Введение

В связи с ростом производственных мощностей промышленных предприятий проблема очистки концентрированных сточных вод, к которым относятся стоки животноводческих комплексов, приобретает все большее значение при решении экологических вопросов.

Использование стоков животноводческих комплексов на земледельческих полях орошения и компостирование не дают возможности применять весь комплекс содержащихся в них органических веществ, с другой стороны, применяемые в настоящее время способы обработки и обеззараживания животноводческих стоков не обеспечивают необходимой степени очистки. Недостаточно очищенные сточные воды (степень очистки при аэробной обработке составляет 55-60% по БПК), аварийные сбросы из навозохранилищ, ливневые сбросы с территорий комплекса, завышенные нормы орошения – все это приводит к загрязнению почвы и водосмов, поэтому необходимо совершенствование технологий очистки применительно к различным категориям стоков.

В настоящее время в СССР не существует эффективной унифицированной схемы очистки сточных вод животноводческих комплексов.

Наибольшее распространение в нашей стране получили методы механической и биохимической аэробной очистки сточных вод животноводческих комплексов. Основанные на применении этих методов очистные сооружения построены на Калитянском, Кузнецовском, Ильингорском, Губкинском и других животноводческих комплексах. Однако применение существующих технологических решений на этих комплексах не дает возможности очищать концентрированные стоки по ряду показателей до норм, позволяющих сбрасывать их в открытые водоемы или использовать для орошения кормовых культур. Существующее аэрационное оборудование и конструкции аэротенков оказались непригодными для интенсивного и достаточно глубокого изъятия загрязнений. Не решен вопрос утилизации образующейся при биохимической очистке избыточной биомассы микроорганизмов – активного ила.

Известны разработки по ображиванию в метантенках жидкого навоза от комплексов по выращиванию свиней (совхоз «Огре» Латвийской ССР) и обработки жидкой фракции навоза в денитрификаторах – нитрификаторах (совхозы «Поволжский» и им. Гагарина Горьковской области) .

Однако в каждом конкретном случае необходимо совершенствование технологии очистки применительно к определенной категории стоков (свиноводческие комплексы, комплексы крупного рогатого скота, птицефабрики и др.), это заключается в необходимости отработки режимов метановой ферментации в зависимости от качественных и количественных характеристик исходной сточной жидкости.

Использование процесса денитрификации в качестве ступени предочистки не позволяет снизить концентрацию органических веществ по углероду для дальнейшей доочистки в аэротенке, который некоторые исследователи называют нитрификатором.

Наиболее перспективной в экологическом отношении является комплексная технология очистки концентрированных стоков животноводческих комплексов с применением анаэробной (метановой) ферментации на предварительной стадии обработки с последующей аэробной очисткой. Эта технология называется анаэробно – аэробной. В случае необходимости для полной очистки сточных вод с целью сброса их в рыбохозяйственные водоемы или возврата в производство можно осуществлять доочистку в прудах с высшей водной растительностью, на биофильтрах, мембранных фильтрах и т.д.

Такая технология разработана в Киевском технологическом институте пищевой промышленности на кафедре биотехнологии микробного синтеза группой под руководством профессора Никитина Г.А.

Современное состояние вопроса очистки концентрированных сточных вод.

I.I. Сточные воды животноводческих комплексов как субстрат для анаэробной ферментации.

Технология производства молока и мяса, которая принята в настоящее время на животноводческих комплексах промышленного типа, характеризующая высокой концентрацией поголовья скота на фермах, бесподстилочным содержанием животных, полной механизацией процессов удаления навоза из производственных помещений, способствовала образованию качественно нового вида сточных вод /I/ .

Стоки животноводческих комплексов состоят из смеси естественных отходов животных, остатков корма и воды. Количественная и качественная характеристики их зависят от возраста , вида поголовья, способов содержания, от принятой системы уборки навоза из производственных помещений, вида кормов и других факторов.

В составе экспериментов крупного рогатого скота /КРС/, свиней, кур содержится, % : 77-88 органических веществ; 2,4 – 5,0 жира; 9,3-42,I сырого протеина; 9,6 – 30 лигнина; 2,3-I0,3 азота; 0,2-2,7 фосфора; I,0-3,I калия. Соотношение C/N>6/9 – I5/ /2/, что является оптимальной для анаэробной ферментации /3/.

Химический состав сточных вод животноводческих комплексов зависит от поголовья, но с увеличением количества животных не всегда увеличивается содержание загрязняющих веществ. Так, бихроматная окисляемость, равная I9,2*IO^3 мг* $л^{-I}$, характерна для комплекса на 2 тыс. голов КРС, в то время как для комплекса КРС на I0 тыс. голов она составляет I2,9 * IO^3 мг*$л^{-I}$ /4/. Это связано с различной степенью разбавления стоков свежей водой, используемой на технологические нужды.

По концентрации органических и минеральных солей стоки животноводческих комплексов во много раз превышают как хозяйственно – бытовые, так и промышленные, поэтому являются более серьезными загрязнениями внешней среды /4.5/.

Моча, находящаяся в стоках, обусловливает наличие в них азотсодержащих соединений, таких как мочевина и мочевая кислота. Содержание мочевины колеблется от I500 до 7200 мг/л /6/. Из зольных

элементов с мочой поступает значительное количество калия. Соединения фосфора и белковый азот поступают в стоки с твердыми выделениями /7/.

Состав навозных стоков сложно характеризовать средними показателями, так как он изменяется в широких пределах /табл. I.I./. Показатели загрязнений /БПК, ХПК, взвешенные вещества, сухой остаток и т.д. / особенно высоки для навоза , неразделяемого на твердую и жидкую фракции; жидкая фракция характеризуется более низкими показателями загрязнений.

Животноводческие сточные воды характеризуются высоким бактериальным обсеменением. По данным И.Ф. Ярмолик /I/, загрязненность стоков крупного рогатого скота по коли-титру составляет $IO^{-5} - IO^{-7}$, по титру энтерококков - $IO^{-3} - IO^{-5}$, по общему микробному обсеменению в среднем , I0-20 яиц гельминтов в литре. Животноводческие стоки могут явиться факторами передачи более I00 инфекционных заболеваний. Эпидемиологическая опасность их состоит не только в количестве патогенных микроорганизмов, но и в длительных сроках выживаемости последних.

По данным Л.А. Калачникова /I2/, наряду со значительным загрязнением органическими веществами животноводческие стоки также характеризуются значительной минерализацией -5,9 г/л. Среди минеральных веществ преобладает гидрокарбонаты -3203 мг/л, хлориды -696 мг/л , кальций -549 мг/л , натрий -425 мг/л. По этой причине животноводческие комплексы являются более опасными источниками загрязнения окружающей среды, чем промышленные стоки.

Таблица 1.1.

Физико-химический состав сточной воды животноводческих комплексов.

Показатели	ОНТП 17-81 /8/	И.Ф. Ярмолик /1978/ /1/	Т.Н. Назарова /1974/ /9/	Staab.R.F. /1976/ /10/	С.В. Яковлев /1984/ /6/	Р.И. Аксомайтене /1976/ /10/
1	2	3	4	5	6	7
pH	6 - 7	7,7 - 8,1	8 - 9	7,8	7,1 - 8,1	6,6
Взвешенные вещества, мг*л$^{-1}$	1232-8600	5000-12000	17856		8000-39600	14800
Сухой остаток, мг*л$^{-1}$	3700-5000			8200	10500-13500	18100
БПК5, мг O_2*л$^{-1}$	1800-9200	3000-20000	4500		6400-23600	14200
ХПК, мг O_2*л$^{-1}$	5892-11696	4000-24000	10685		7600-40000	17700
Общий азот, мг*л$^{-1}$	1300-3884	1143		3700	1700-4370	2580
Аммонийный азот, мг*л$^{-1}$	1400-2690	400-500	500	1900	430-900	
Мочевина, мг*л$^{-1}$					1500-7200	

1	2	3	4	5	6	7
Фосфаты, мг*л$^{-1}$	155	2500			800	
Хлориды, мг*л$^{-1}$	122-930	150	1550		140-600	
Карбонаты, мг*л$^{-1}$					1560-2160	
Коли-титр		10^{-5}-10-7				10-10
Общее микробное число, ед.в мл		8-107				2,169-53,1010

В стоках животноводческих комплексов содержится много неиспользованных питательных веществ и микробной биомассы, так как из организмов выделяется 20% непереработанных питательных веществ. Бактериальная биомасса, которая образуется в процессе расщепления кормов содержит 50-60% протеина. Все это выделяется из организма и накапливается в навозе /I3/.

По данным ряда авторов /I4, I5, / , при спуске в водоймы стоки животноводческих комплексов должны отвечать следующим показателям: $БПК_5 \le 20$ мг $0_2 \cdot л^{-1}$, $ХПК \le 100$ мг $0_2 \cdot л^{-1}$, взвешенные вещества – 20 $мг \cdot л^{-1}$, $азот \le 1$ $мг \cdot л^{-1}$, $фосфаты \le 0{,}5$ $мг \cdot л^{-1}$.

Очистка, обеззараживание и утилизация стоков животноводческих комплексов стала делом первостепенной важности. Не решив ее, нельзя строить крупные животноводческие комплексы на промышленной основе.

I.2. Существующие схемы очистки концентрированных сточных вод и пути использования очищенной воды.

Сточные воды животноводческих комплексов по выращиванию крупного рогатого скота и свиней разделяются на следующие виды:

Навозные/жидкий навоз/,производственные/загрязненные и незагрязненные/,дождевые/загрязненные и малозагрязненные/ и бытовые.

Как правило, для этих стоков принимает раздельную систему канализации с устройством сетей навозных с высокой концентрацией загрязнений/загрязненных/,производственно-бытовых и дождевых сточных вод с низкими концентрациями загрязнений/малозагрязненных/.

В настоящее время в отечественной практике /I, I6, I7, I8/ наиболее широко распространены три основных способа обработки и утилизации жидкого навоза:

- естественная биохимическая очистка путем длительного выдерживания стоков в отстойниках-накопителях/навозохранилищах/с дальнейшим использованием на земледельческих полях орошения /ЗПО/;
- искусственная биохимическая очистка;
- переработка жидкого навоза путем приготовления компоста.

Схема /рис. I.I./ используется на комплексах по выращиванию крупного рогатого скота небольшой производительности – до 400, 800 голов в год, схема /рис. I.2./ используется для комплексов любой производительности. Навозохранилища применяются для естественного обеззараживания и дегельминтизации стоков, время выдерживания составляет 6-7 месяцев. Твердая фракции навоза /влажностью 80 %/ при биотермической обработке в буртах летом выдерживается 1 месяц, а зимой – 2 месяца. Однако все это не

обеспечивает полной экологической безопасности при использовании обработанного навоза на ЗПО.

Естественная биохимическая обработка стоков свиноводческого комплекса /рис. I.3./ осуществляется по тому же принципу, что и обработка стоков комплексов КРС большой производительности.

При искусственной биохимической очистке /рис. I.4./ предполагается использование аэротенков в качестве основной стадии обработки стоков. Однако использование аэротенков с продленной аэрацией требует значительных энергозатрат, доочистка и биопрудах и обработка озоном для обеззараживания позволяют вернуть воду для смыва навоза.

Концентрация биогенных и органических веществ после очистки по вышеуказанным схемам достаточно высока, что не позволяет сбрасывать их в водоемы. Доочистка производится на полях орошения и полях фильтрации.

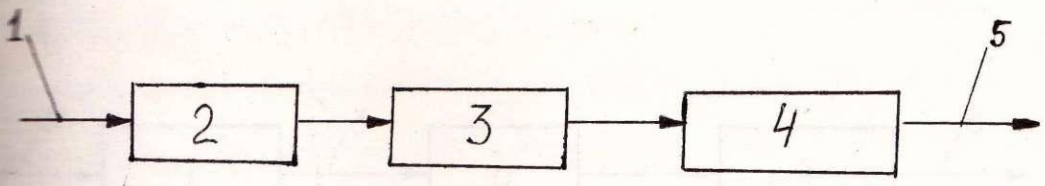

Рис.I.I. Схема обработки гомогенизированного навоза от комплексов по выращиванию крупного рогатого скота
I-гомогенизированный навоз;2-карантинная емкость; 3-обеззараживание; 4-навозохранилище;5 - органическое удобрение в почву(ЗПО)

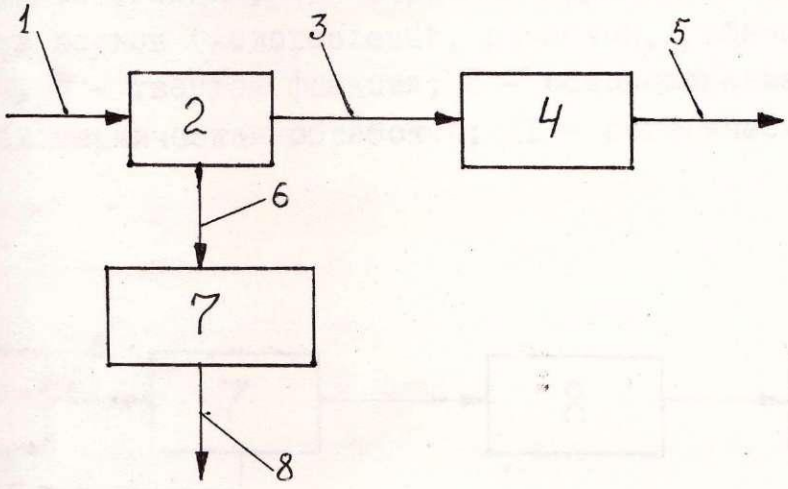

Рис. I.2. Схема обработки разделенного на фракции навоза от комплексов по выращиванию крупного рогатого скота
I - гомогенизированный навоз; 2- разделение на фракции; 3 - жидкая фракция; 4 - обработка по схеме рис.I.I.; 5 - органическое удобрение в почву (ЗПО); 6 - твердая фракция; 7 - биотермическая обработка в буртах; 8 - органическое удобрение в почву

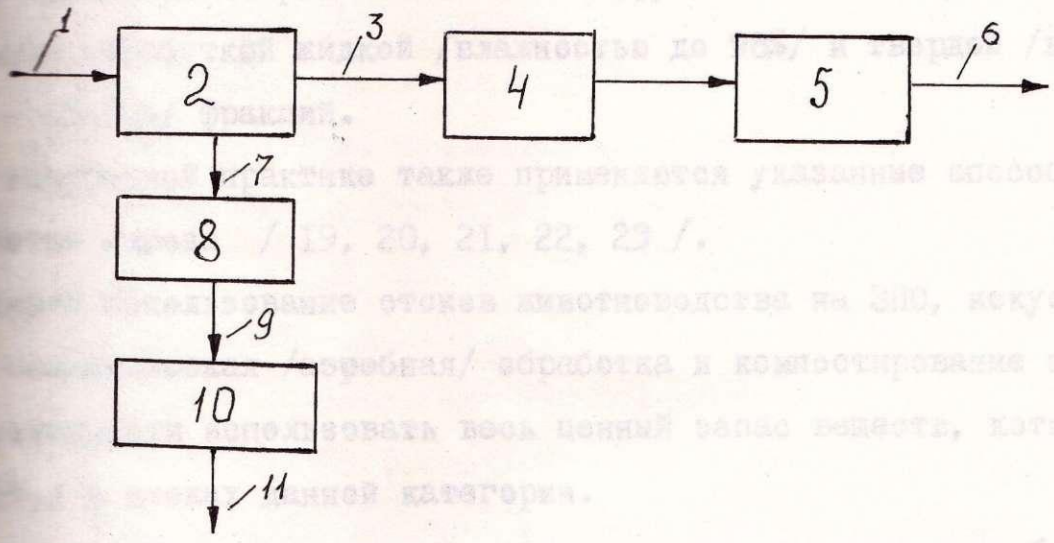

Рис. I.3. Схема обработки навоза от комплекса по выращиванию свиней

I - гомогенеизированный навоз; 2 разделение на фракции; 3 - жидкая фракция; 4 - аэробный пруд-накопитель; 5- три ступени прудов (водорослевый, рачковый, рабоводный; 6 - на ЗП0; 7 - твердая фракция; 8 - обезвоживание; 9 - кек; I0 - биотермическая обработка; II - органическое удобрение

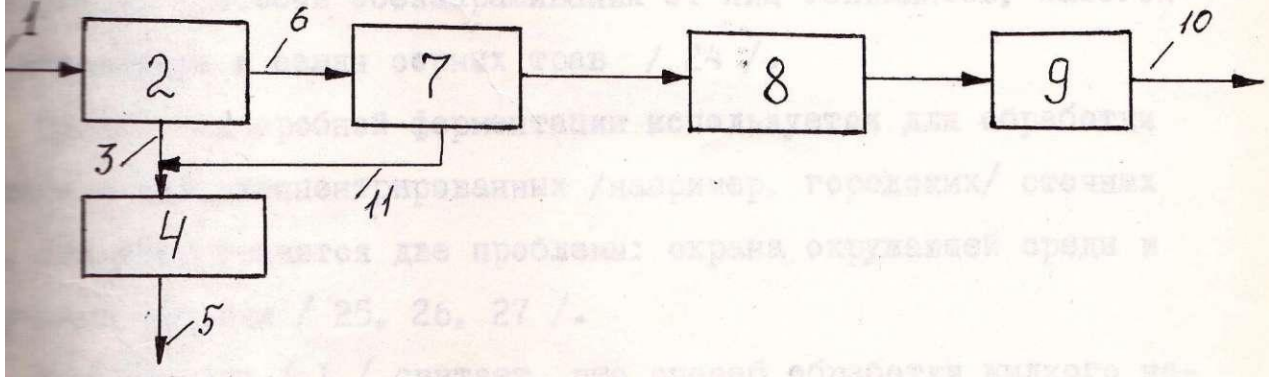

Рис. I.4. Схема тсскуственной биохимической очистки сточных вод свиноводческого комплекса

I - гомогенизированный навоз; 2-разделение на фракции; 3 - твердая фракция; 4 - биотермическая обработка; 5 - органическое удобрение; 6 - жидкая фракция; 7 - двухступенчатое аэрирование; 8 - дочистка в биопруду, песчано-гравийном фильтре; 9 - обеззараживание; I0 - на ЗП0 или на смыв навоза II - избыточный активный ил

В основе перечисленных способ переработки и утилизации жидкого навоза лежит разделение его на фракции с последующей раздельной обработкой жидкой /влажностью до 98 %/и твердой /влажностью – 65-80%/фракций.

В зарубежной практике также применяются указанные способы переработки навоза /I9,20,2I,22,23/.

Однако использование стоков животноводства на ЗПО, искусственная биохимическая / аэробная / обработка и компостирование не дают возможности использовать весь ценный запас веществ, который содержится в стоках данной категории.

Наличие энтеропатогенных серотипов коли, высокое микробное обсеменение, низкий коли – титр /IO^{-6}/ после двухступенчатой биохимической очистки с последующим выдерживанием в рудах- накопителях / указывают на необходимость введения дополнительной очистки сточных вод или использования метановой ферментации в качестве ступени предочистки и обеззараживания.

Термофильное метановое сбраживание животноводческих сточных вод и, в частности, навоза является одним из наиболее старых и проверенных способов обеззараживания от яиц гельминтов, патогенной микрофлоры и семян сорных трав /24/.

Процесс анаэробной ферментации используется для обработки высоко – и низкоконцентрированных /например, городских/сточных вод, при этом решаются две проблемы : охрана окружающей среды и получение энергии/25,26,27/.

И.Ф.Ярмолик /I/ считает, что способ обработки жидкого навоза путем управляемого анаэробного процесса с получением метана не находит широкого применения, так как метанобразующие бактерии требуют строго определенных условий/pH, температура, постоянный состав субстрата, перемешивание/.

В отечественной практике применение метантенков рекомендуется при численности поголовья более 300 и влажности навоза 86-93% /8/.

В ФРГ работает крупный завод по получению метана и удобрений путем анаэробного сбраживания отходов животноводства /28/.

В Индии завершены обширные исследования, в результате которых разработаны оптимальные конструкции и принципы работы установок для переработки коровьего навоза /29/. За рубежом проводятся исследования по использованию анаэробного сбраживания стоков животноводческих ферм с использованием метантенков /I0,30,3I,32,33,/. Разработаны биотехнологии “Bioplex” /34/ “Anamet” /35/ для очистки сточных вод сахарных и спиртзаводов, животноводческих комплексов и др., включающие в качестве предварительной стадии очистки метановое сбраживание, дальнейшая доочистка осуществляется разнообразными способами.

Разработанная во Франции система “Anax” для переработки отходов животноводческих ферм полностью обеспечивает себя энергией за счет метана, получаемого в процессе обработки отходов. В результате переработки навоза получают воду, пригодную для хозяйственных целей, и органическое удобрение. Система включает метановую ферментацию и каталитическое окисление. Опытная установка стоимостью 300 тыс. франков, работающая во

Франции, может ежедневно перерабатывать 1200 $м^3$ отходов животноводческих ферм Срок окупаемости установки 3 года. В системе "Anax" отходы собираются в большой резервуар и перекачиваются в метантенк объемом 1500 $м^3$ для сбраживания. При перекачке отходы очищаются на фильтре из крупной сетке от кусков дерева, кирпичей и т.д., которые могут вызвать механические повреждения установки. При сбраживании отходов происходит выделение большого количества метана, используемого для обеспечения установки энергией.

Сбраживание отходов продолжается I0-15 суток, в течении которых их загрязненность уменьшается на 90-95 %. Далее отходы перекачиваются в отстойник, где происходит разделение жидкой и твердой фракций. Жидкость перекачивается в резервуар, где она подвергается химической и электролитической обработке, каталитическому окислению, обрабатывается озоном и фильтруется. После обработки вода пригодна для любых хозяйственных целей. Твердая фракция обезвоживается под прессом, в результате чего получается сухое органическое удобрение со слабым запахом, содержащие 40% твердых частиц /37/.

Центральной экспериментальной лабораторией гидромеханизации сельскохозяйственных процессов /ЦЭЛГИ/ предложена схема установки /38/, позволяющая производить анаэробное метановое брожение в потоке.

Установка по обеззараживанию навоза включает в себя следующие узлы: теплообменник, смеситель-измельчитель, приемник сброженной массы, метантенк, поглотитель /сероочистка/, газгольдер, бойлер, контактный нагревать, воздуходувку, насос для горячей воды и три фекальных насоса.

Работа установки по термофильному обеззараживанию навоза осуществляется следующим образом.

Экскременты животных, предназаначенные для обеззараживания, подаются в смеситель- измельчитель, где происходит их тщательное перемешивание и измельчение посторонних включений. Сюда же вносится определенная доза ранее сброженного навоза, содержащая анаэробные бактерии. Полученная смесь из свежих экскрементов и сброженного навоза фекальным насосом подается в теплообменник, где подогревается за счет контакта со встречным потоком сброженной массы, а затем поступает для окончательного обеззараживания в метантенк. Из метантенка сброженая масса вытесняется вновь поступающей порцией навоза в приемник сброженной массы.

Сброженная масса выгружается с помощью фекального насоса в навозохранилище или используется / после разделения на фракции и соответствующей подготовки/ в качестве удобрения.

Здесь еще раз подчеркивается необходимость соответствующей подготовки/доочистки/ животноводческих сточных вод перед использованием для орошения кормовых культур, и тем более такая доочистка необходима перед сбросом их в водоем или возвратом в производство.

Очистка промышленных сточных вод с помощью метанового брожения применяется для предварительной обработки концентрированных сточных вод фабрик первичной обработки шерсти, заводов по производству древесно - волокнистых плит, дрожжевых заводов, заводов по производству

синтетических жирных кислот, заводов по производству капролактама, заводов по производству спирта, мясокомбинатов. Степень снижения в стоках БПК после очистки высокая и составляет 75-96% /39,40/.

По данным зарубежных авторов /30,4I,42,43,44/, в процессе метанового брожения концентрированных сточных вод достигается глубина сбраживания по ХПК – 80-95%, по БПК – 50-95%, образующийся биогаз позволяет на 20-80% покрыть энергозатраты, продолжительность сбраживания колеблется от 0,5 до 30 суток, в частности, для обработки сточных вод КРС – 5 суток, свиней – 3-4 суток, картофельной шелухи – 3 суток. Кроме того, в процессе сбраживания образуется биогаз, который используется на энергетические нужды очистных сооружений.

Промышленное получение биогаза из органических отходов имеет ряд преимуществ: I/происходит эффективная очистка сточных вод/особенно животноводческих и хозяйственно-бытовых/,уничтожаются яйца гельминтов, патогенная микрофлора и семена сорняков, снижается содержание органических веществ /до 10 раз/ с превращением их в биогаз; 2/ анаэробная переработка отходов животноводства, растениврдства, активного ила приводит к минериализации азота и фосфора – основных слагаемых удобрений – и их сохранению в отличие от традиционных способ приготовления органических удобрений методом компостирования, при котором теряется до 30-40% азота; 3/ при метановом брожении к.п.д. превращения органических веществ в биогаз достигает 80-90%; 4/ биогаз можно с высокой эффективностью использовать как топливо или трансформировать в тепловую и электрическую энергию; 5/ создание биогазовых установок ввиду их локального размещения вблизи предприятий и бытовых помещений не требует строительства дорогостоящих газопроводов /45/.

Таким образом, анаэробная обработка органических отходов позволяет решить одновременно энергетическую и продовольственную /удобрения/ проблемы.

Однако предварительно очищение сточные воды необходимо доочистить с целью их сброса в водоем, орошения сельскохозяйственных культур или возврата в производство. Использование физико-химических методов не позволяет достигнуть необходимых требований к дочищаемой воде, затраты на использование реагентов или дорогостоящего оборудования не оправдывают себя.

Для очистки и доочистки концентрированных сточных вод в настоящее время находят применение биофильтры /46/, В биофильтре сточная жидкость обтекает поверхность загрузочного материала, покрытого биопленкой, которая образуется колониями микроорганизмов. Проходя через загрузочный материал, вода с остаточными загрязнениями оставляет на нем нерастворенные примеси, коллоидные и растворенные органические вещества. Последние сорбируются биопленкой , покрывающей поверхность загрузочного материала. Микроорганизмы, образующие биопленку, окисляют органические вещества, используя их как источник питания и энергии.

Эффективность методов очистки и доочистки зависит не только от того, насколько обоснованно выбран тот или иной способ, но также от совокупности производственных характеристик, влияющих на состав сточных вод,

поступающих на очистку, от качества очистки на предшествующих стадиях, от конструкции применяемых устройств и других факторов. Необходимую глубину очистки сточных вод можно достичь применением ступенчатой обработки с использованием различных биоценозов микроорганизмов. При этом создается возможность разложения метаболитов каждой предыдущей ступени очистки.

2. Объекты и методы экспериментальных исследований

2.1. Объекты исследований.

В лабораторных опытах по периодической анаэробной ферментации и аэробной очистке использовали неразделенный сток свиноводческого комплекса (совхоз Трубежской Киевской области), в производственных условиях исследования проводили на жидкой фракции навоза(совхоз «Пригородный» Мурманской области). Стоки этих свинокомплексов близи по качественным и количественным характеристикам.

2.2. Методы гидрохимических и биохимических исследований.

Контроль за качеством анаэробно-аэробной очистки концентрированных сточных вод осуществляли по следующим показателям : химическое потребление кислорода (ХПК), биохимическое потребление кислорода (БПК), аммонийный азот, взвешенные вещества, в соответствии со стандартными методиками /47/.

Концентрацию активного ила определяли общепринятым весовым методом /48/.

При анаэробной ферментации дифференцировали органические вещества, определяя три класса соединений : белки по Кильдалю, жиры в аппарате Сокалета /49/, органический углерод определяли на анализаторе АН-7529.

2.3. Условия проведения экспериментов.

Отработку технологических режимов метанового брожения концентрированных сточных вод проводили в герметичном сосуде 1 (рис.2.1.), который представлял собой емкость объемом 6 л. Для поддержания постоянной температуры брожения метантенк помещался в термостат 2. Метантенк 1 снабжен воронкой 3 для подачи сточной жидкости и патрубком 4 для отвода сточной жидкости. Образующийся при брожении сточной воды биогаз по резиновой трубке 5 поступал в сосуд 6 с запирающей жидкостью. Периодически жидкость в метантенке 1 перемешивалась с помощью мешалки 7. При работе в периодическом режиме вентили 8 и 9 – закрыты, вентили 10,11-открыты. При отрытом вентиле 8 из метантенка 1 отбирались пробы на анализ.

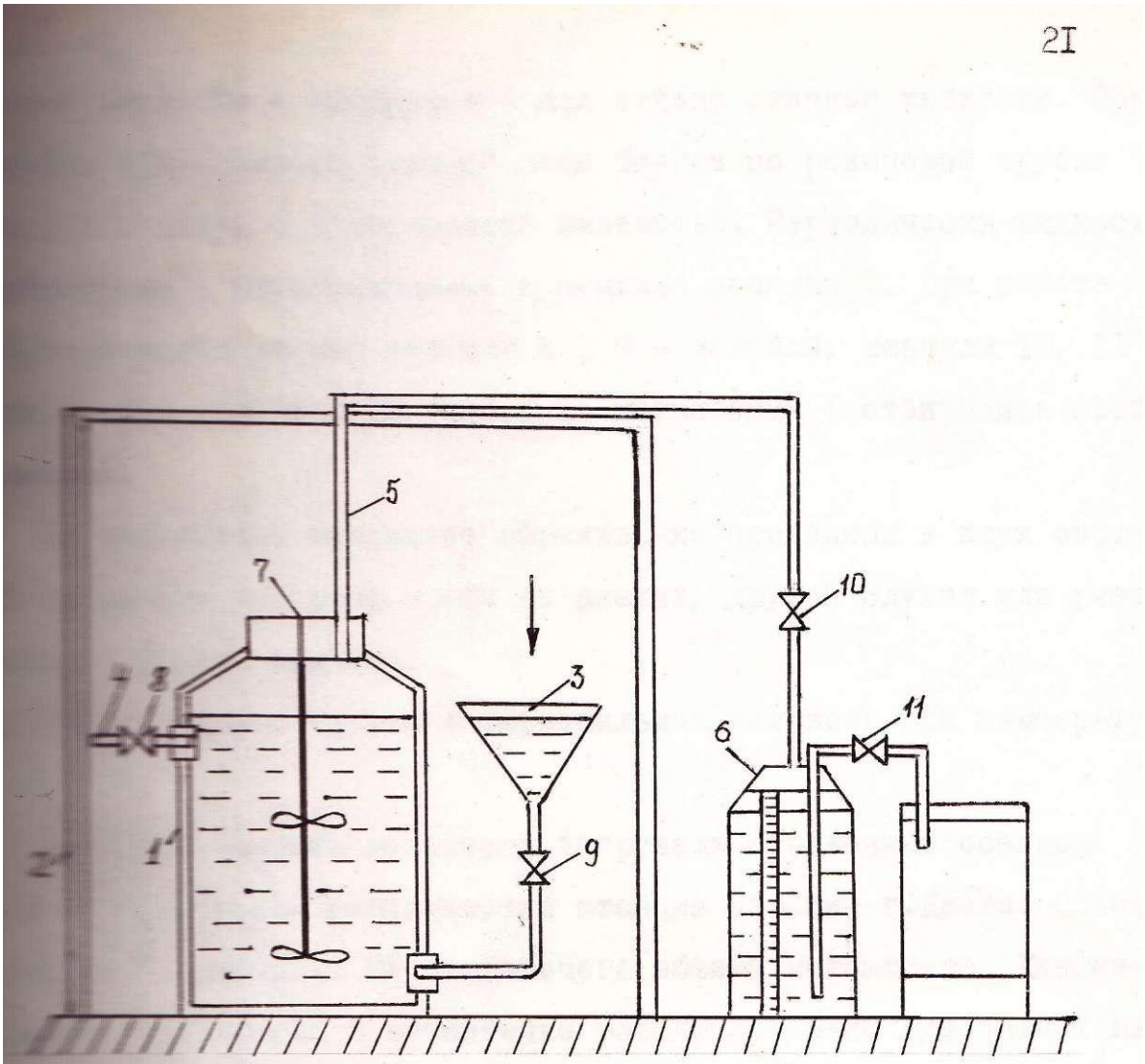

Рис. 2.I. Схема работы метантенка в периодическом и полунепрерывном режимах
I-метантенк; 2- термостат; 3 - воронка; 4 - патрубок; 5-газоотводящая трубка; 6 - сосуд с запирающей жидкостью; 7 - мешалка; 8,9,I0,II - вентили

Переодическое метановое ображивание проводили в двух сосудах : из одного отбирали пробы на анализ, другой служил для учета состава и выхода биогаза.

Процесс осуществляли в термофильных условиях при температуре 50-55 С.

Во время запуска метантенк загружали сброженным осадком очистных сооружений Бертнической станции аэрации г. Киева. Объем «затравки» составлял 2 % от рабочего объема метантенка. Концентрация активного ила в метантенке равнялась 15-20 г/л. Адаптация микроорганизмов активного ила к данному субстрату длилось до начала выделения биогаза.

Для аэробной очистки концентрированных сточных вод, прошедших анаэробную ферментацию, использовали аппарат АНКУМ-2. Аппарат оборудуван ферментером, выполненным из стекла, емкостью 3л. Мешалка с регулируемым числом оборотов обеспечивает хорошее диспергирование, поступающего через барботер воздуха. Ферментер снабжен датчиком температуры, pH, концентрации растворенного кислорода (р O_2).

Апарат рассчитан на непрерывную работу и позволяет моделировать процесс аэробной ферментации концентрированных сточных вод.

3. ИСЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АНАЭРОБНО-АЭРОБНОЙ ОЧИСТКИ КОНЦЕНТРИРОВАНЫХ СТОЧНЫХ ВОД

3.1. Анаэробная предочистка в периодическом режиме.

Процесс метанового брожения обычно осуществляется в непрерывном режиме. Однако проведение непрерывной ферментации в лабораторных условиях связано со сложностью дозирования субстрата, часто представляющего собой полидисперсную систему.

Осуществление анаэробной ферментации в периодическом режиме гораздо проще и доступнее. В то же время изучение периодического режима брожения дает возможность рассчитать параметры для непрерывной ферментации /50/.

Целью данного раздела явилось установление максимального возможной глубины сбраживания стока свиноводческого комплекса и на основании этого определение минимальной и максимальной скорости разбавления в непрерывно действующем реакторе в зависимости от качественного и количественного состава загрязнений.

Так как процесс метанового брожения, как любой микробиологический процесс, характеризуется потреблением загрязнений сточных вод (питательных веществ субстрата), то в качестве критерия потребления были использованы не гидрохимические показатели сточной воды (ХПК, $БПК_5$, и др.), а показатели биохимического состава (белки, жиры, органический углерод).

В табл. 3.1. представлены данные по изменению основных показателей ило-водяной смеси аэротанков (субстрат I), в табл. 3.2 – неразделенного стока животноводческого комплекса (субстрат II) в процессе термофильного метанового брожения в периодическом режиме, оба субстрата близки по составу и свойствам. Исходные показатели вольности и влажности субстрата. Исходные показатели вольности и влажности субстрата I – 22,3 % ± 0,7 % и 96,0 % ± 0,09 %; субстрата II – 31,3 % ± 0,007 % и 98,45 % ± 0,04%.

Таблица 3.1.

Изменение основных показателей ило-водяной смеси /субстрат 1/ в процессе метанового брожения в периодическом режиме (M±m)

Продолжительность сбраживания, сутки	Белок, $г*л^{-1}$	Жир, $г*л^{-1}$	Органический углерод, %	Глубина сбраживания, %		
				Белков	Жиров	Органического углерода
0	14,99-0,95	3,75-0,05	1,24-0,05			
4	12,28-0,51	3,64-0,02	1,13-0,07	14,5-1,7	3-1,7	8,9-0,7
5	10,88-0,32	3,18-0,09	1,11-0,04	27,4-2,4	15,2-1,4	10,5-1,3

6	9,4-0,12	3,06-0,02	0,97-0,01	37,3-0,5	18,4-1,3	21,8-1,2
7	9,28-0,08	2,99-0,02	0,96-0,01	38,1-0,1	20,3-1,5	22,6-0,8
10	8,2-0,3	2,84-0,08	0,92-0,02	45,3-0,8	24,3-1,5	25,8-1,3
12	7,65-0,25	2,72-0,03	0,83-0,06	48,9-0,7	27,5-2,3	33,1-0,3
14	7,45-0,1	2,63-0,04	0,82-0,05	49,9-0,3	29,9-0,3	33,9-2,2
17	7,25-0,3	2,59-0,01	0,76-0,02	51,6-0,6	30,9-2,2	38,7-0,7
21	6,9-0,15	2,42-0,12	0,71-0,03	53,9-0,4	35,5-4,2	42,7-0,5
26	6,87-0,1	2,09-0,05	0,6-0,02	54,2-0,2	44,3-2,7	53,2-2,7
28	6,87-0,02	2,06-0,04	0,6-0,03	54,2-0,4	45,1-2	53,2-2,4

Таблица 3.2.

Изменение основных показателей неразделенного стока животноводческого комплекса /субстрат 2/ в процессе метанового брожения в периодическом режиме (M±m)

Продолжительность сбраживания, сутки	Белок, $г*л^{-1}$	Жир, $г*л^{-1}$	Органический углерод, %	Глубина сбраживания, %		
				Белков	Жиров	Органического углерода
0	7,14-0,01	7,05-0,08	0,545-0,07			
4	6,91-0,08	5,79-0,22	0,46-0,001	3,22-1,7	17,9-1,5	15,6-0,5
6	5,71-0,1	4,88-0,3	0,45-0,04	20-0,25	30,8-1,7	17,4-0,4
10	4,84-0,15	4,27-0,18	0,398-0,017	32,2-2	39,4-2,5	27-1,8
12	4,35-0,07	3,86-0,11	0,358-0,011	39-1,9	45,2-2	34,3-1,1
14	3,63-0,06	2,8-0,15	0,339-0,002	49,1-2,2	60,3-2,7	37,8-1
17	3,23-0,03	2,07-0,25	0,34-0,03	54,8-0,01	70,6-2,2	41,3-1,5
21	3,13-0,03	1,18-0,01	0,28-0,025	56,2-1	83,3-0,8	48,6-2,4
26	3,04-	1,05-	0,26-0,002	57,4-0,7	85,1-0,7	52,3-2,4

	0,02	0,09				
28	2,9-0,05	1,01-0,11	0,255-0,001	59,3-0,5	85,7-3,2	53,2-2,7

В процессе метанового брожения эти показатели увеличиваются до 32,9 % ±0,4 % и 98,18 % ±0,018 для субстрата I и до 41,08%±0,11% и 99,20%±0,01% для субстрата II, что объясняется потреблением органических веществ и разжижением обоих субстратов. ХПК снижается на 75%.

Как видно из таблиц, глубина сбраживания различна для различных компонентов субстрата. Так для белков она составляет 54% и 60%, для жиров – 45% и 90%. Относительно постоянной для исследуемых субстратов явилась максимальная глубина сбраживания по органическому углероду 60%.

Глубина сбраживания (степень использования субстрата) определяется по формуле /51,52/:

$$E = \frac{S_0 - S_r}{S_o} \qquad /3.1/$$

где:

S_o –исходная концентрация компонента субстрата, г/л;

$S_г$ – концентрация компонента субстрата в момент отбора пробы, г/л$^{-1}$.

Полученные нами результаты отличаются от данных других авторов /53/ относительно глубины сбраживания органических веществ. По-видимому, это зависит от относительного количества каждого конкретного компонента (белков, жиров, углеродов) в среде. Поэтому целесообразно характеризовать процесс с учетом использования каждого отдельного компонента, то есть по относительной глубине сбраживания Е.

$$E' = 1 - \frac{S_r - S_k}{S_o - S_k}, \qquad /3.2/$$

где:

$S_к$ – концентрация компонента субстрата после окончания процесса, г/л$^{-1}$.

На рис. 3.1 и рис. 3.2 показано изменение относительной глубины сбраживания E' во время процесса τ. Предел сбраживания (максимальное время сбраживания) достигается на 28 сутки от начала процесса.

Существует представление /54,55/, что анаэробная ферментация протекает в две фазы – гидролиз высокомолекулярных соединений и образование метана. Эта схема очень упрощена, так оба эти процесса протекают одновременно, но зависят от степени дисперсности субстрата. Концентрированные сточные воды представляют собой полидисперсную систему (растворимые, нерастворимые, органические и неорганические соединения). По –видимому, скорость анаэробной ферментации, как и любой микробиологический процесс зависит от гидролиза полидисперсной фазы.

Рост микроорганизмов, участвующих в процессе периодической ферментации, подчиняется зависимости, предложенной Моно /39,51/:

$$\frac{dx}{d\tau} = \mu x \qquad /3.3/$$

где:

x- концентрация биомассы, г/л$^{-1}$.

τ- время, ч;

μ- удельная скорость роста, ч$^{-1}$.

Принимая во внимание, что рост популяции микроорганизмов, осуществляющих как аэробною, так и анаэробною ферментации, пропорционален возрастанию глубины сбраживания или глубины исчерпания субстрата, можно считать, что удельная скорость утилизаций субстрата (ε) аналогична удельной скорости роста (μ).

Следовательно, удельную скорость утилизации субстрата можно определяется по формуле:

$$\varepsilon = \frac{dE'}{d\tau} \cdot \frac{1}{E} \qquad /3.4/$$

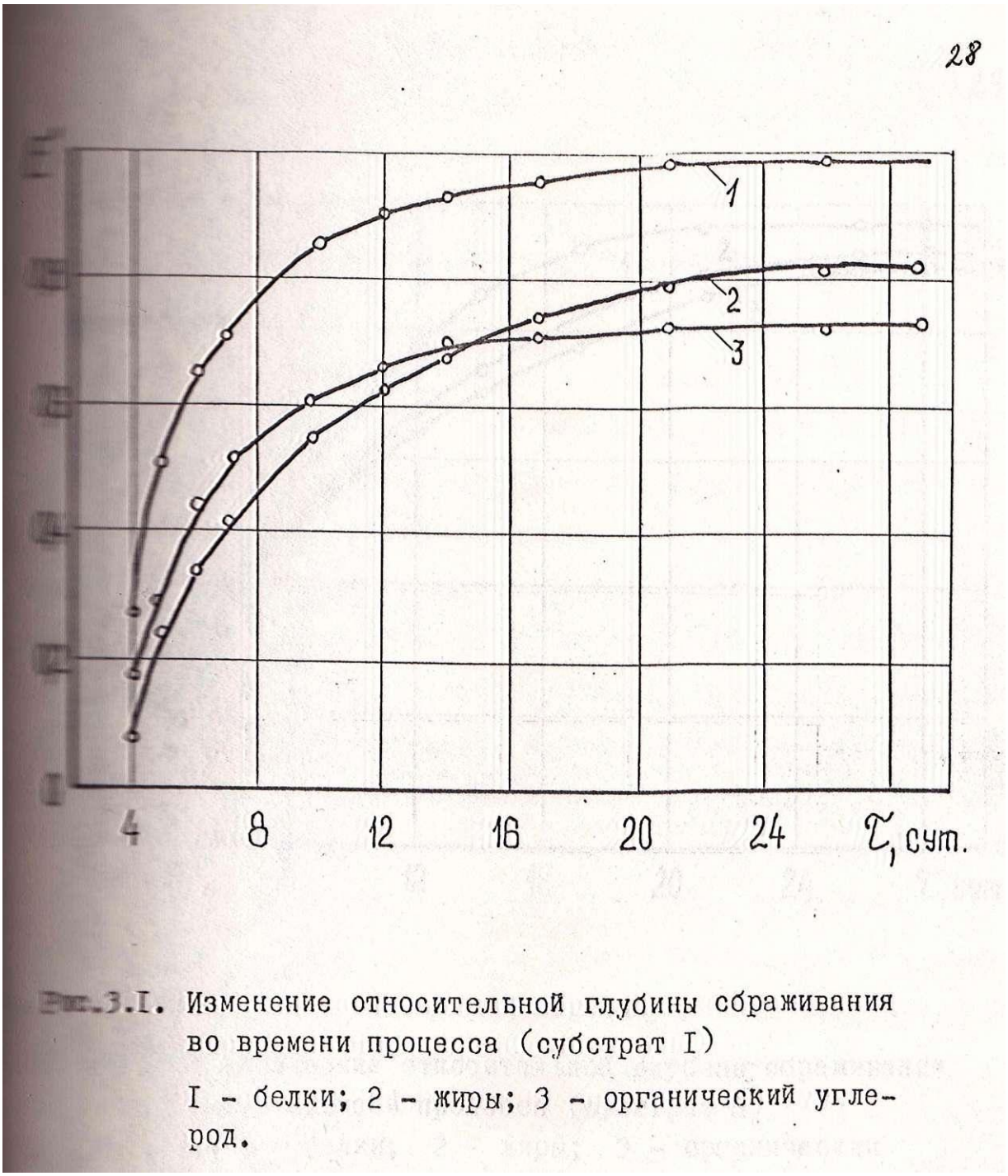

Рис.3.I. Изменение относительной глубины сбраживания во времени процесса (субстрат I)

I - белки; 2 - жиры; 3 - органический углерод.

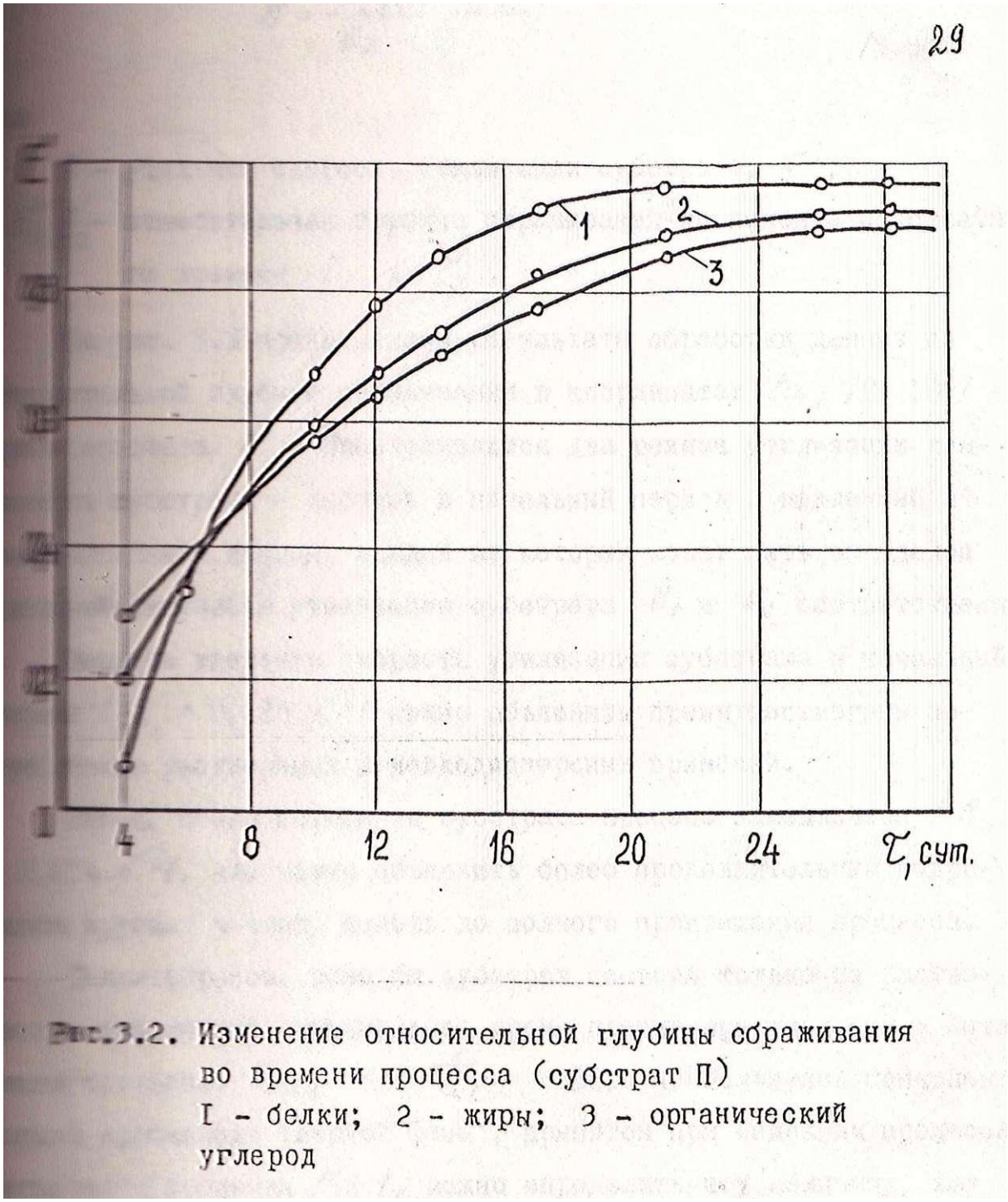

Рис.3.2. Изменение относительной глубины сбраживания во времени процесса (субстрат П)
I – белки; 2 – жиры; 3 – органический углерод

или

$$\varepsilon = \frac{\ln E_2' - \ln E_1'}{\tau_2 - \tau_1}$$

где:
ε – удельная скорость утилизации субстрата, $ч^{-1}$;
E_1, E_2 - относительная глубины сбраживания компонента субстрата по времени τ_1 и τ_2.

На рис. 3.3 представлены результаты обработки относительной глубины сбраживания в координатах ln (E^1 10^2) – время процесса τ. Прослеживаются два режима утилизации компонента субстрата – быстрый в начальный период и

медленный в заключительный период, каждый из которых может быть определен удельной скоростью утилизации субстрата $E_{1,}$ и E_2 соответственно.

Высокою удельною скорость утилизации субстрата в начальный период ($E_{1,}$ - 0,026 $ч^{-1}$) можно объяснить преимущественным потреблением растворимых и мелкодисперсных примесей.

Затем, после истощения субстрата процесс замедляется ($E_{2,}$ - 0,014 $ч^{-1}$), что можно объяснить более продолжительным гидролизом крупных частиц, вплоть до полного прекращения процесса.

Таким образом, если бы субстрат состоял только из растворенных соединений, минимальное время пребывания жидкости в метантенке составило τ_{min} - $\frac{1}{E_1}$-38,4 ч. Пользуясь понятием «время пребывания твердой фазы», можно определить эту величину, как обратную удельную скорость утилизации субстрата второго периода брожения. Для данного случая эта величина равна τ_{max} - $\frac{1}{E_2}$ - 714 часов, то есть в непрерывно действующем метантенке твердая фаза должна пребывать не менее указанного времени для полного его разложения. При расчете объема реактора полученные две величины играют важную роль. Следовательно минимальная скорость раз бавления неразделенного стока животноводческого комплекса и ило-водной смеси аэротенков в непрерывно действующем метантенке должна составлять 0,014$ч^{-1}$, а максимальная – 0,026 $ч^{-1}$.

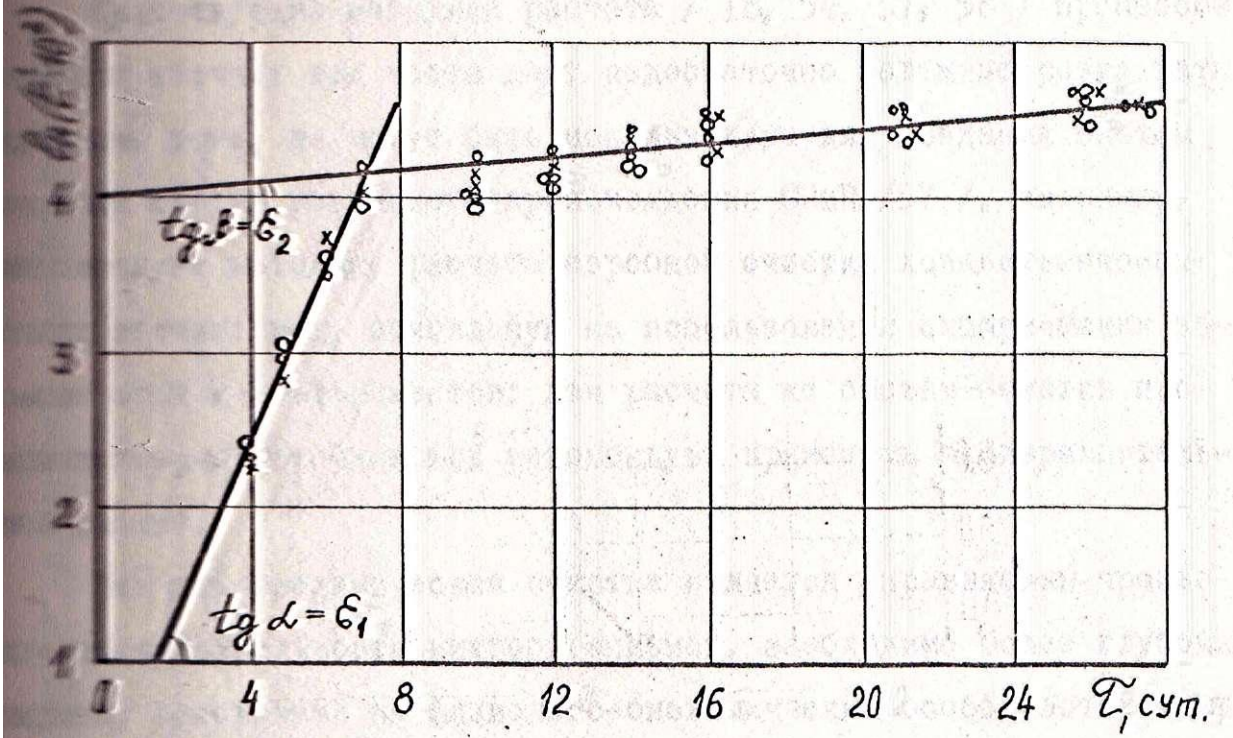

Рис.3.3. Определение минимальной и максимальной удельной скорости утилизации субстрата

× – белки; ○ – жиры; ● – органический углерод.

3.2. Аэробная очистка в периодическом режиме.

Существующие методики расчета /18, 54, 57, 58/ процессов очистки сточных вод часто дают недостаточно надежные результаты и, кроме того, не могут быть использованы для создания систем очистки стоков различного происхождения СНиП /57/, например, рекомендуют методику расчета аэробной очистки хозяйственно – бытовых сточных вод, основанную на использовании эмпирических зависимостей и коэффициентов; для расчета же систем очистки производственных сточных вод рекомендуют применять экспериментальные данные.

Так как биохимическая очистка является управляемым процессом жизнедеятельности микроорганизмов, необходимо более глубокий подход, основанный на физиолого-биохимических особенностях микроорганизмов,

потребляющих многокомпонентный субстрат, для создания методов расчета процесса очистки сточных вод различного происхождения.

Целью данного раздела явилось получение явилось получение исходных данных для расчета аэробной ферментации в непрерывном режиме по экспериментальным данным периодического культивирования.

Данные по периодической аэробной очистке субстрата II, прошедшего обработку в метантенке /снижение ХПК – 75 %/, предоставлены в табл. 3.3.

Основным соотношением, связывающим рост биомассы и потребление субстрата, является следующее уравнение / 51, 59/:

$$\frac{dx}{d\tau} = -Y\frac{ds}{d\tau} \quad , /3.6/$$

где:

Таблица 3.3.

Данные по переодическому аэробному культивированию (M±m)

Время аэрации, $/\tau/$ ч.	Концентрация биомассы, $/x_i/$, г*ч$^{-1}$	БПК5,$/S_i$ БПК5/, гO_2*л$^{-1}$	Скорость потребления кислорода, $\frac{dsO_2}{d\tau}$ г*л*ч$^{-1}$	Скорость потребления субстрата, БПК$_5$, $\frac{dsБsБ_5}{d\tau}$ г*л*ч$^{-1}$	Удельная скорость потребления O_2 $\frac{dsO_2}{d\tau x}$ ч$^{-1}$	Удельная скорость потребления субстрата по БПК$_5$, $\frac{dsБsБ_5}{d\tau x}$ ч$^{-1}$	Удельная скорость роста биомассы, μ, ч$^{-1}$	ε, ч$^{-1}$ $\varepsilon = \mu_{max}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.0	0.30±0.02	4.16±0.05						
0.5	0.38±0.01		0.25±0.01	0.38±0.07	0.65±0.01	0.95±0.02	0.55±0.03	0.67±0.01
1.0	0.51±0.04	3.78±0.13						
1.5	0.64±0.02		0.36±0.04	0.54±0.01	0.57±0.04	0.84±0.02	0.47±0.01	0.67±0.01
2.0	0.86±0.06	3.24±0.09						
2.5	1.01±0.01		0.48±0.01	0.60±0.07	0.47±0.01	0.59±0.01	0.39±0.03	0.72±0.03

3.0	1.20±0.04	2.64±0.22						
3.5	1.39±0.05		0.60±0.05	0.80±0.01	0.43±0.02	0.57±0.01	0.32±0.01	0.89±0.02
4.0	1.54±0.07	1.84±0.18						
4.5	1.70±0.03		0.44±0.03	0.75±0.02	0.26±0.03	0.44±0.06	0.18±0.06	0.83±0.01
5.0	1.84±0.03	1.09±0.10						
5.5	1.92±0.02		0.34±0.02	0.38±0.05	0.18±0.01	0.19±0.03	0.08±0.02	0.75±0.03
6.0	2.00±0.01	0.71±0.11						
6.5	2.06±0.02		0.27±0.01	0.25±0.02	0.13±0.01	0.12±0.01	0.04±0.01	0.86±0.02
7.0	2.10±0.01	0.46±0.05						
7.5	2.15±0.02		0.19±0.02	0.22±0.01	0.11±0.01	0.10±0.01	0.04±0.01	0.86±0.02
8.0	2.18±0.03	0.26±0.01						
8.5	2.18±0.02	0.24±0.02	-	-	-	-	-	-
9.0	2.18±0.01	0.28±0.03						

Y - экономический коэффициент, показывающий ту часть потребляемого микроорганизмами субстрата, которая используется на синтез биомассы;

x – концентрация биомассы, г.л$^{-1}$;

S – концентрация компонента субстрата, г.л$^{-1}$;

τ – время.

Следует отметить, что Y в периодическом и непрерывном режимах ферментации принимается за постоянную величину /60, 54, 61/.

В настоящее время с углублением знаний о физиологии популяций микроорганизмов, показана ошибочность такого подхода /62, **?/.** Перт /59/ предложил описывать зависимость экономического коэффициента от удельной скорости роста, а следовательно и от времени процесса следующим уравнением:

$$\frac{1}{Y} = \frac{1}{Y_{EG}} + \frac{m}{\mu}, \qquad /3.7/$$

где:

Y_{EG} – истинный /максимальный/ экономический коэффициент, биомасса/субстрат, г.г$^{-1}$;

m- постоянная величина, так называемый коэффициент энергии поддержания.

Из уравнений /3.6/ и /3.7/ получаем:

$$\frac{dS}{d\tau x} = \frac{1}{Y_{EG}}\mu + m \qquad /3.8/$$

По исходным данным табл. 3.3 /концентрация биомассы, концентрация субстрата по БПК/ строится график / рис. 3.4/ для расчета методом графического дифференцирования $\frac{dS^{БПК_5}}{d\tau}$, например:

$$\frac{dS^{БПК_5}}{d\tau} = \frac{S_{i-1}^{БПК_5} - S_{i-1}}{},$$

где:

$S_{i-1}^{БПК_5}$ – значение $БПК_5$ в момент времени τ_{i-1}, г $о_2$.$л^{-1}$;

$S_i^{БПК_5}$ – значение $БПК_5$ в момент времени τ_i, г $о_2$.$л^{-1}$.

Для вычисления $\frac{ds}{d\tau x}$ и μ значение *x* приняты в момент времени $\frac{\tau_i - \tau_{i-1}}{2}$. Аналогично рассчитывается скорость потребления кислорода, скорость потребления кислорода единицей биомассы.

Решая уравнение /3.8/ для различных значений μ, можно определить значение Y_{EG} и *m*для любого загрязняющего вещества, обычно применяемых при изучении очистки – ХПК и БПК.

Совместное решение уравнения /3.8 для различных показателей дает возможность рассчитать потребление кислорода для изъятия единицы загрязняющего вещества:

$$\frac{dS_1}{dS_2} = \frac{m_1 + \mu\frac{1}{Y_{EG}}}{m_2 + \mu\frac{1}{Y_{EG}}}, \qquad /3.9/$$

где:

$\frac{dS_1}{dS_2}$ – потребление одного компонента субстрата для изъятия другого / например, количество кислорода, необходимое для изъятия единицы БПК/.

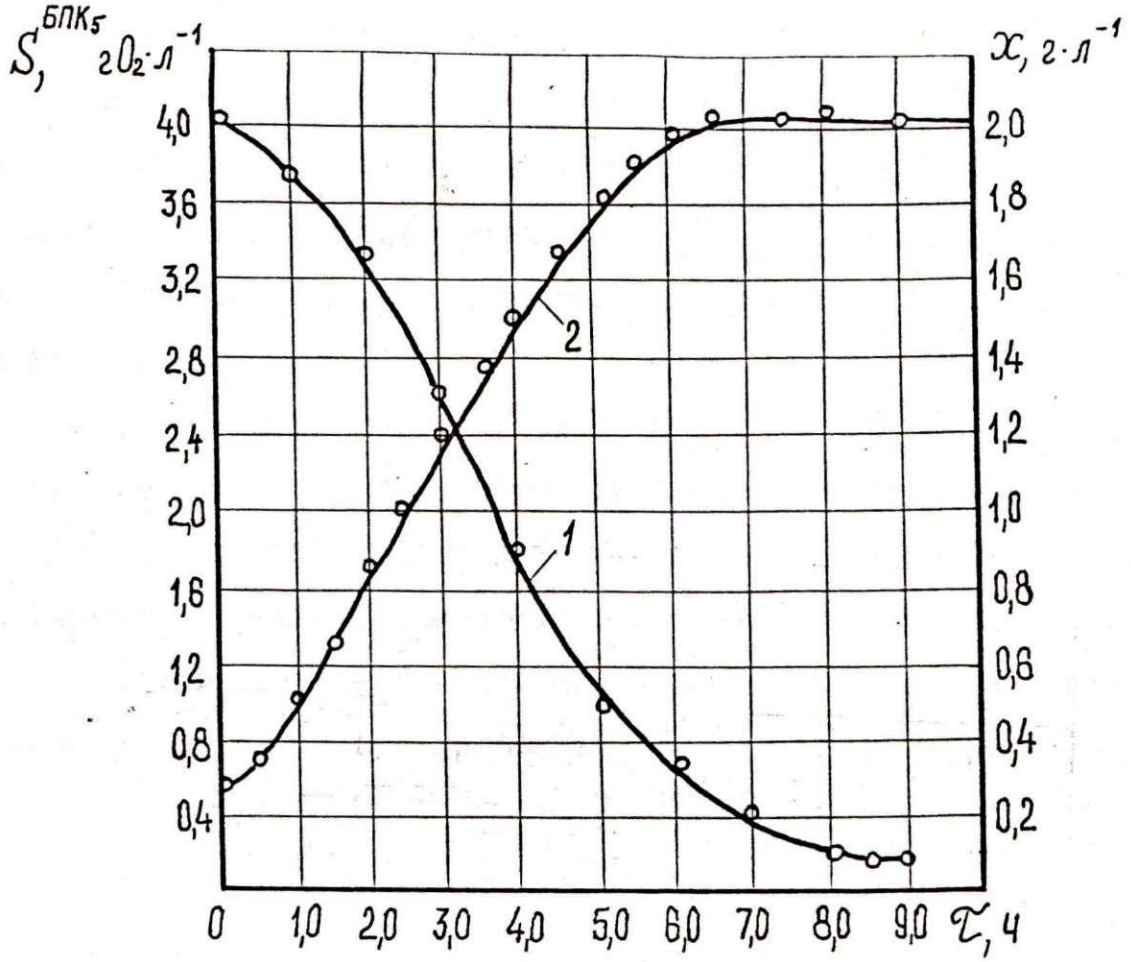

Рис.3.4. Изменение концентрации биомассы активного ила и субстрата при периодической аэробной доочистке

I – концентрация субстрата; 2 – концентрация биомассы

В то же время одной из перспективных моделей роста периодической популяции микроорганизмов является уравнение Ферхюльста-Пирла /51, 64, 65,66/, учитывающее отклонение характера роста популяции от экспоненциального закона вследствие гибели части особей и предполагающее, что интенсивность процесса гибели пропорциональна численности особей в популяции в данный момент:

$$\mu = \frac{dx}{d\tau} \cdot \frac{1}{x} = \varepsilon - \beta \bar{x}, \qquad /3.10/$$

где:

ε – коэффициент, определяющий максимальную удельною скорость роста микроорганизмов, при отсутствии ингибирующих факторов;

β – коэффициент, учитывающий влияние ингибирующих факторов.

Для скорости роста популяции из уравнения /3.10/ получим соотношение:

$$\frac{dx}{d\tau} = \varepsilon x - x^2, \qquad /3.11/$$

которое использовалось нами для описания процесса роста биомассы активного ила.

Интегрируя уравнение /3.11/, можно определить реальную концентрацию биомассы в данный момент времени:

$$x = \frac{\varepsilon x_0}{\varepsilon e^{-\varepsilon\tau} + \beta x_e \left(1 - e^{-\varepsilon\tau}\right)} \qquad /3.12/$$

где:

x_e- исходная концентрация биомассы, г.л$^{-1}$;

τ – время от начала процесса.

Уравнение /3.11/ отражает рост периодической культуры, когда количество биомассы ограничивается исчерпанием субстрата или накоплением продуктов метаболизма.

Рассмотрим порядок расчета коэффициента ε и β при τ на уравнения /3.12/ получаем:

$$x_{биo} = \frac{\varepsilon}{\beta}, \qquad /3.13/$$

где:

$x_{биo}$- предельная концентрация биомассы.

С учетом /3.13/, преобразуем /3.11/, получаем:

$$\varepsilon = \frac{\mu}{1 - \frac{x}{x_{биo}}} \qquad /3.14/$$

Затем рассчитываем величину $\beta = \frac{\varepsilon_e}{x_{биo}}$ /3.15/

Таким образом коэффициенты несложно рассчитывать по экспериментальных данных (удельной скорости роста и концентрации биомассы).

По данных табл. 3.3 рассчитываем значение коэффициента по формуле /3.14/:

для μ_1:

$$\varepsilon_1 = \frac{\mu_1}{1 - \frac{x}{x_0}} = \frac{0{,}55}{1 - \frac{0{,}38}{2{,}18}}$$

для μ_2:

$$\varepsilon_2 = \frac{0,47}{1-\frac{0,54}{2,18}} = 0,67 \text{ ч}^{-1} \text{ и т.д.}$$

Результаты вычислений ε приведены в табл. 3.3.

Среднее значение этой величины составляет 0,78 $ч^{-1}$, откуда

$$\beta = 0,358 \text{ л}\cdot\text{г}^{-1}\cdot\text{ч}^{-1}.$$

Графически определение /рис.3.5/ $\frac{1}{Y_{EG}}$, а также определение m как значения $\frac{ds}{d\tau x}$ при $\mu=0$ дает возможность определить для нашего субстрата:

$Y_{EG}^{БПК_5} = 1,58$ $\qquad m^{БПК}{}_5 = 0,07\ ч^{-1}$

$Y_{EG}^{O_2} = 1,03$ $\qquad m^{O}{}_2 = 0,08\ ч^{-1}$ /расчет аналогичен/

На этих данных, использую уравнение /3.9/, можно рассчитать количество кислорода, необходимое для единицы загрязняющего вещества. Подставляя в полученное соотношение значение μ, можно рассчитать необходимую степень аэрации для непрерывного культивирования.

На экспериментальных данных, используя уравнение /3.9./, получаем:

$$\frac{ds^{БПК_5}}{ds^{O_2}} = \frac{1,58\mu + 0,07}{1,03\mu + 0,08},$$

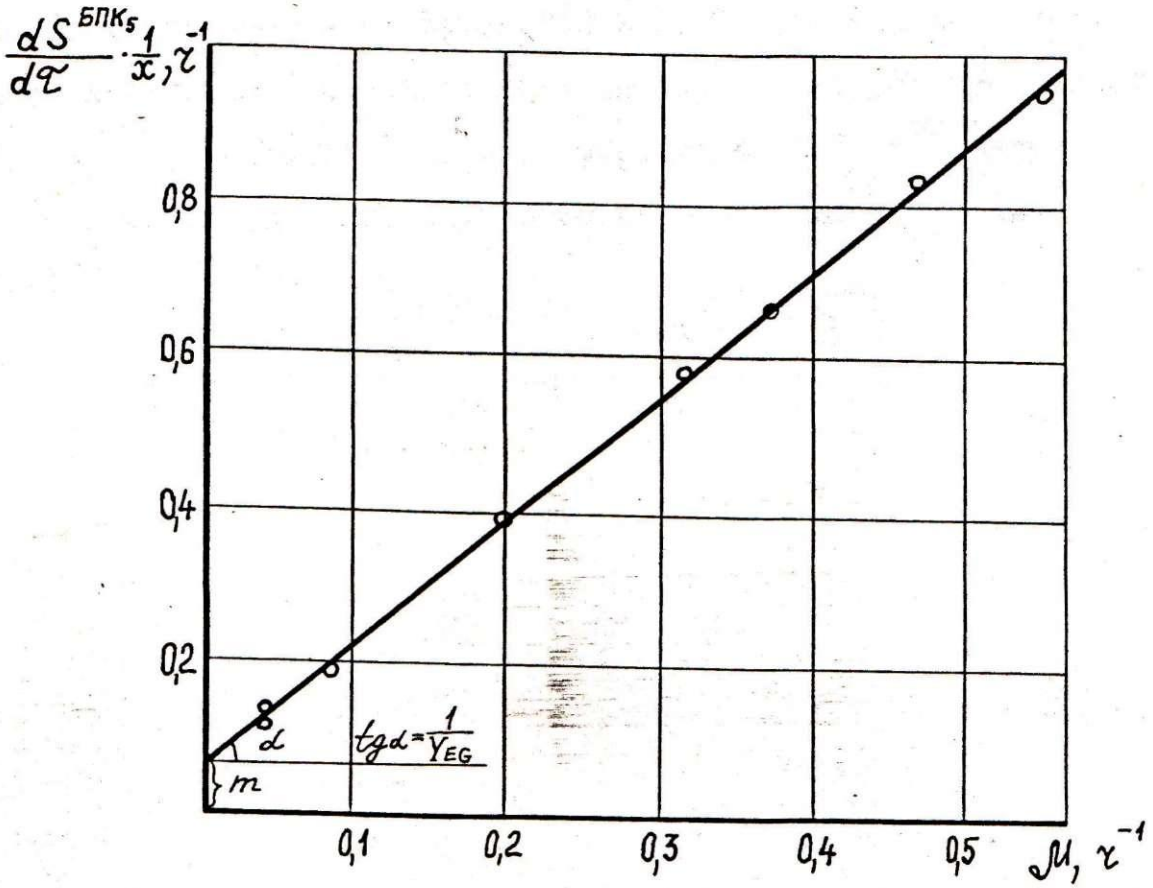

Рис.3.5. Изменение удельной скорости утилизации субстрата при периодической аэробной доочистке

откуда при различных *D* / 0,014 $ч^{-1}$ и 0,026 $ч^{-1}$/ можно рассчитать расход кислорода на снятие единицы загрязнений /$БПК_5$ / для непрерывного режима аэробной очистки. Для нашего случая необходим 1 г кислорода, содержащийся в 0,035 $м^3$ воздуха. Учитывая, что коэффициент использования кислорода воздуха составляет не более 10 %, фактически на это потребуется 0,35 $м^3$ воздуха.

В общем виде аэробную очистку описывают уравнения /3.8/ и /3.10/.

3.3. Техническая проверка и использование полученных результатов.

Применение в настоящие время технологической схемы очистки сточных вод животноводческих комплексов основываются на различных модификациях аэробной обработки стоков.

На некоторых животноводческих комплексах Мурманской области принята схема переработки безподстилочного навоза с содержанием органических веществ около 13г/л, включающая следующие стадии:

механическая очистка(задержка до 40% взвешаных веществ, которые системой транспортеров отводяться в бункер и используються в виде торфокомпостов), отстаивание жидкой фракции, биологическая очистка (4 и более аэротенков), где происходит окисление органических соеденений на 65-75%, вторичное отстаивание (отстоенная масса возвращается в аэротенк), вторичное аэрирование воды в течении 24 часов и отстаивание.

После обработки навозных стоков по такой схеме не обнаруживаеться высокий санитарно-гигиенический эффект: не происходит освобождение от яиц гельминтов, велика и микробная обсемененность стоков, семена сорных расстений сохраняют активность.

В условиях Заполярья условия работы сооружений по такой схеме нарушается из-за невозможности поддержания оптимального температурного режима.

Наиболее экономичной и эффективной является очистка сточных вод животноводческих комплексов в анаэробно-аэробных условиях с использованием в качестве предварительной ступени снижение концентрации органических загрязнений процесса метанового брожения.

Опытной базой для опробации теоретических разработок и внедрение их в практику служил свинооткормочный комплекс «Пригородный» Мурманской области мощностью 48000 голов в год.

Технология очистки животноводческих стоков разработана в КТИПП и испытана в виде экспериментальной установки, работающей по предложенной схеме (Приложение 1,2 – Акт и протокол испытаний). В приложении детально описаны аппаратурно-технологическая схема очистки, показатели, по которым контролировался процесс, режимы очистки, полученные на основание математической обработки данных лабораторных исследований. Так скорость разбавления (0,02 $ч^{-1}$) и время пребывания жидкости в реакторе (48 часов) близки к расчетным (см. раздел 3.1.). На основании испытаний экспериментальной установки сделаны выводи о необходимости интенсификации процесса за счет конструктивного совершенствования каждой технологической единицы схемы. Конструкция метантенка, испытанного в качестве экспериментального устройства обладает новизной, что подтверждено положительным решением от 27.11.89 г. ВНИИГПЗ на изобретение (заявка № 4643717/26, авторы: Воронцов А.А., Никитин Г.А., Левитина Н.В., Иванова Л.А., Вдовин А.Ф.).

Совершенствование технологии очистки применительно к различным категориям стоков заключается не только в обработке режимов очистки (скорость протока, температура, время аэрации, редокс-потенциал и др.), но и в выборе оптимальных конструкторских решений основным аппаратов, обеспечивающих необходимую эффективность процессов биоконверсии органических компонентов.

Предлагается схема комплексной переработки концентрированных сточных вод с утилизацией активного ила (рис. 3.6), в настоящее время заявляется в качестве изобретения.

СХЕМА
КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ СТОЧНЫХ ВОД С УТИЛИЗАЦИЕЙ АКТИВНОГО ИЛА

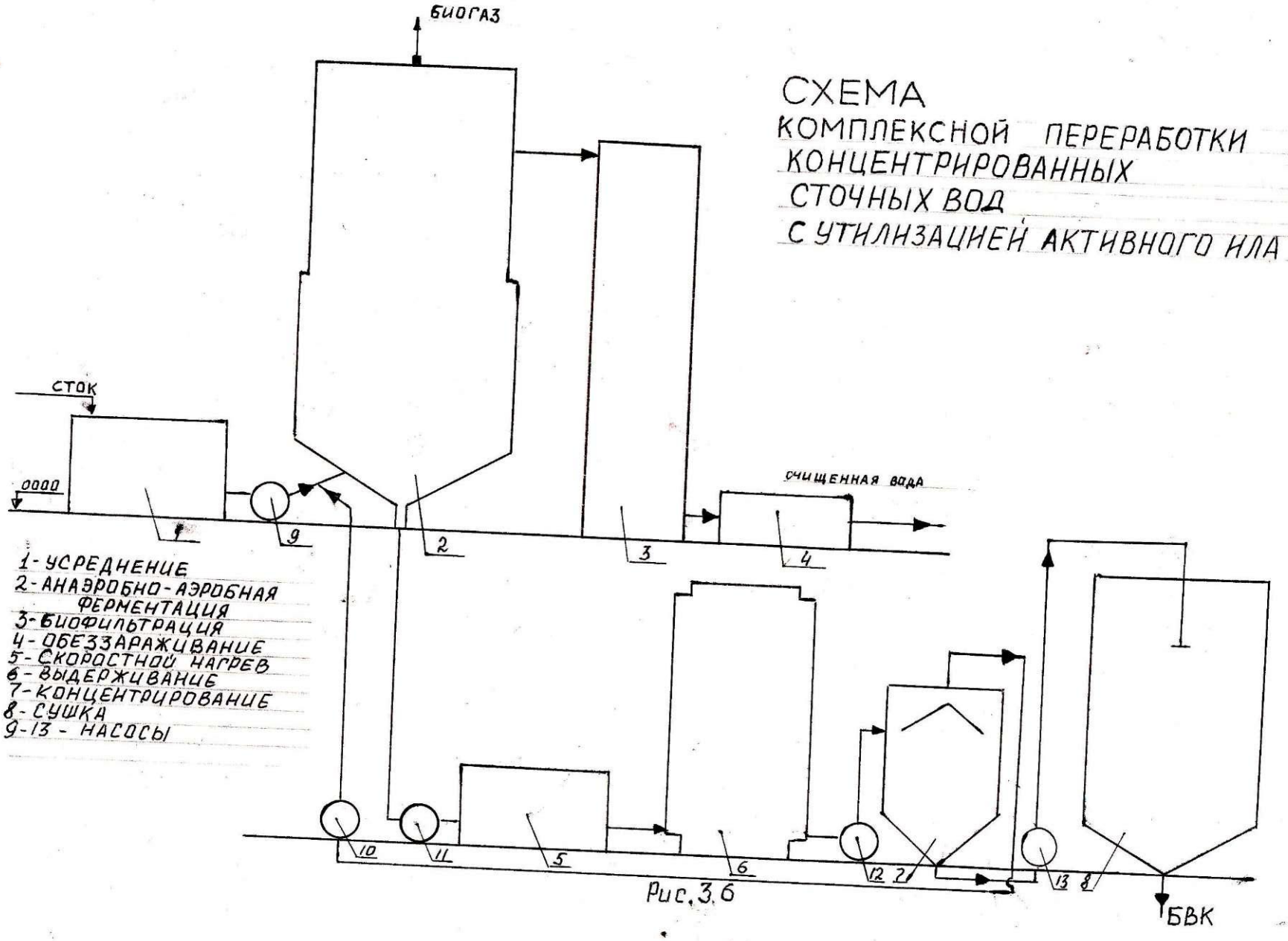

Рис. 3.6

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сточные воды животноводческих комплексов характеризуются большими объемами, высоким содержанием органических веществ и бактериальной об?емененностью, что дает основание считать их одним из опаснейших источников загрязнений окружающей среды.

Используемые в настоящее время методы обработки стоков не обеспечивают необходимых глубины очистки и степени обеззараживания. Вода прошедшая обработку по общепринятой технологии, не может бить использована для полива технических сельскохозяйственных культур, в техническом оборотном водоснабжении комплексов, а тем более сбрасываться в водоем.

Исходя из мирового опыта работы в области очистки концентрированных сточных вод нами предложена комплексная биотехнология переработки стоков животноводческих комплексов с использованием различных биоценозов микроорганизмов.

Известно, что за счет накопления продуктов метаболизма, глубина изъятия загрязнений из субстрата биоценозом аэробных микроорганизмов при оптимальных условиях культивирования не превышает 50 %. Следовательно, в аэротенк должны поступать стоки с концентрацией по ХПК не более 1000 мг o_2 /л.

В качестве предочистки, т.е. первой ступени очистки сооружений, нами предлагается использовать анаэробную ферментацию. В США, Японии, Китае, Индии, Финляндии накоплен большой опыт эксплуатации анаэробных реакторов для предочистки концентрированных стоков. В СССР на очистных сооружениях Москвы, Киева, Череповца успешно применяются анаэробные реакторы первого поколения (метантенки) для сбраживания осадков первичных отстойников городских очистных сооружений.

На основании лабораторных исследований разработаны режимы (температура, скорость протока (скорость разбавления), продолжительность аэрации и т.д.) стоков свиноводческого комплекса и ило-водяной смеси аэротенков.

В заданном режиме проведены испытания на экспериментальной установке по анаэробно-аэробной очистке стоков свинокомплекса совхоза «Пригородный». По результатам работ получено два положительных решения на изобретения.

В настоящее время КТИПП совместно с НПО «Факел» заканчивает разработку документации на изготовление опытно-промышленной (пилотной) установки для очистки концентрированных стоков.

Не менее важным является вопрос утилизации образующихся продуктов (избыточного активного ила).

Разработанная технология промышленной утилизации побочных продуктов, образующихся при очистке концентрированных сточных вод в настоящее время представлена ВНИИГПЗ для регистрации в качестве изобретения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мироненко М.И., Ярмолик И.Ф., Коваленко А.В. Санитарная охрана внешней среды в районах промышленно-животноводческих комплексов. – М. Медицина, 1978. – 160 с.
2. Баадер В., Доне Е., Брендерфер М. Биогаз: теория и практика. М.: Колос, 1982. – 142 с.
3. Цыганков С.П. Утилизация сточных вод агропромышленных предприятий // Биотехнология. – 1987. – Т.з, №3.- с. 402-407.
4. Демченко А.С., Тарасова М.Н., Николаева Г.А., Туманова Т.П. Характеристика сточных вод животноводческих комплексов и их роль в загрязнении природных вод. / Обзор литературы/ //Гидрохимические материалы. Формирование и характеристика химического состава природных вод, методы их использования. – М.: Гидрометеоиздат. – 1984. –Т.9 – с. 100-119
5. Крупные животноводческие комплексы и охрана окружающей среди / Под редак. Д.П. Никитина. – М.: Медицина, 1980. – 225 с.
6. Яковлев С.В., Найденко В.В., Швецов В.Н. и др. Проблема очистки и использования сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. – 1984. №5. – с. 7-8.
7. Евилевич А.З. Утилизация осадков сточных вод. – М.: Стройиздат.,1979. – 87 с.
8. ОНТП 17-81. Общесоюзные нормы технологического проектирования систем удаления, обработки, обеззараживании, хранения и утилизации навоза и помета. – М.: Минсельхоз СССР, 1982. – 64 с.
9. Назарова Т.Н., Рябова М.А. Анаэробное сбраживание как способ предварительной очистки сточных вод животноводческих ферм // Очистка сточных вод сорбционными методами: Тр. Уральского ордена Трудового Красного знамени политехнического института Свердловск. – 1974. - № 222. – с. 104-109.
10. Staab K.F., Skolik G. Abwasserreinigong bei der industriellen Trierproduktion // Korrespond Abwasser. – 1976. – 23, n. 4. – 81-85.
11. Аксомайтене Р.И., Руктенас Б.Б., Калинаускас Р.В., Лауринайтене Л.С. Динамика изменения состава животноводческих стоков при длительном их хранении // Вопросы эпидемиологии и гигиены в Литовской ССР. – Вильнюс. – 1976. с. 5-6.
12. Калачиков В.А., Хруслова Т.Н. Химической состав и сельскохозяйственное использование сточных вод животноводческих комплексов // Мелиорация и водное хозяйство. – 1977. вып. 39. – с.13-20.
13. Бекер М.Е. Введение в биотехнологию. – М.: Пищевая промышленность, 1978. – 232 с.
14. Гасилина М.М. Биологические вещества, выделяемые водными растениями, как фактор бактериального самоочищения водоемов // Автореф. дис. … канд. биол. наук. – М., 1963. – 26 с.
15. Семенова П.Я., Платонова Л.Г. Бесподстилочный навоз и охрана окружающей среды // Агрохимия. – 1977. - № 2. – с. 143-149.

16. Акулов К.И., Шицкова А.П., Савелова В.А. и др. Проблемы гигиены на селе в связи с концентрацией и переводом животноводства на промышленную основу // Гигиена и санитария. – 1977. - №5. – с. 3-8.
17. Дисканенко А.П., Пономарева Г.И., Меренюк Г.В., Проник О.Н., Бобун И.И. и др. Гигиеническая оценка методов очистки стоков животноводческих комплексов // Методы анализа и очистки природных и сточных вод. – Кишенев. – 1985. С. 41-45.
18. Канализация населенных мест и промышленных предприятий / Под ред. В.Н. Самохина. – М.: Стройиздат, 1981. – 639 с.
19. Frank Z.R.. Benson P.H., Heyes T.D., Isaaeson H.R. Gas Researeh institute programs in metane form biomass animal wastes // Energy Biomass and wastes. – Chicago. – 1983. – 3,7. – p 1315-1326.
20. Zoehr Raymond G. Treatment and disposal of animal wastes // Jnd. Water. Eng. – 1970. -7, n 11,- p. 14-18/
21. Mann H.T. Aerobic treatment of farm wastes // Jnd. Water. Eng. – 1970. -7, n 11,- p. 14-18/
22. Pratt G.Z., Harknuss R.S., Butter R.G., Parsons J.Z., Buchanan M.Z. Treatment of beef-cattle wastewater for possible reuse // Trans. A.S.A.E. - 1969.-12, n. 4.- p. 471-473/
23. Staab K.F., Weisbrodt W. Abwassertechnike ma nakmen zur abfallauflereing bei guassiindustrieller fierprodukstion // Eur. Dud. Kev. – 1975. – n.2. – p. 16-18/
24. Ананиашвили Г.Д. Основные положения биоэнергетики.- Тбилисию: Сабчато Сакартвело, 1961. – 125 с.
25. Кигель Е.М. Эксплуатация канализационных очистных сооружений. – Киев.: Будівельник, 1961. – 125 с.
26. Fannin K.F., Conrad J.R., SrivastavaV.J., Jerger D.E., Chynoweth D.P. Anaerobic processes // T. Water. Pollut. Contr. Fed. – 1982. – 54, n. 6. – p. 612-623/
27. Stadlebaur E.A., Trien C. Biogasanlagen: Natrund des mikrobiellen Zebensrauns bei der Ent. – Sorgreng // Chem. – Ztg. – 1984. -108, n.5- p. 165-176/
28. Toiganides E. Paul. Energy and useful by-produet recovery from animal wastes // Water Pollut Contr. Develop. Countries. Proc. Cont. – Bang-Kok. – 1978.- p. 315-323/
29. Chosh S., Conrad J.R. Wastewater treatment. Anaerobic processes // J. Water Pollut. Contr. Fed. – 1975. – 47, n. 6 – 1278-1305/
30. Brand R.A., Srfahrugnen beim Bau von Bioreaktoren fù r die verwertung land wirtschaftlicker Rù ckatände // Mù nch. Beitr. Abwass. – Firsch. – und Flussbiol.- 1983. – 36. – S. 213 – 227.
31. Buonoventara Pamela Methangewimruny aus Abfallstoffen // Gas – wasser. Abwasser. – 1979.- 59, n. 4. – S 232-235.
32. Horton R., Stafford D., Harokes D.Z. Natural gas from animal wast // Heal and Vent. End. – 1976. -50, n. 587. – p. 19-20.
33. Rasch R. Verfahrenstechnik rur Nutrung von klarchlamm, Tierkot und schlachtabfall // Dechema – Monogr – 1976.80. - . 1616 -1638.

34. Hughes' D.E. Possibilities in the fulur hondling of food wastes // Jnd Recov. – 1979. – 25, n.2. – p.10-12.
35. Huss Zennart. The ANAMET praess for food and fermentation industry effluents // Trib. CEBED. – 1977. – 30, n. 408. – p. 390 – 396/
36. Sevage Peter R. Waste disposal with on energy bonus // Chem. Eng. World. – 1984. – 19, n. 1. – p. 77-81.
37. Фокина В.Д. Охрана окружающей среды от загрязнения отходами животноводства. Обзорная информация. – М.: ВАСХЧИЛ, 1980. – 49 с.
38. Докучаев Н.А., Стома Л.А., Гагин В.М. Удаление и использование навоза. – М.: Россельхозиздат. – 1976. – 53 с.
39. Никитин Г.А. Биохимические основы микробиологических производств. – Киев.: Вища школа. – 1981. - 312 с.
40. Янко В.Г., Янко Ю.Г. Обработка сточных вод и осадка в метантенках. – Киев.: Будівельник, 1976. – 120 с.
41. Behr Winfried. Methangas geuwinnung aus Brennereis chlempen // Branntweinwartschaft. – 1980. – 120, n. 17. – S. 291 – 292.
42. Brogas from wastewater purifyng system // Pulp and Pap. Jnt. – 1982. – 24, n. 13 – p 5.
43. Fannin K.F., Conrad J.K., Strivastava V.T., Jerger D.E., Chynjeth D.P., Anaerobic prosesser // J Water. Pollut Contr Fed – 1982 – 54, n. 6 – p. 612 - 623.
44. Simon Olle, Ullmen Pater Anaerobic treatment of offluents today // Paper. – 1985. 203, n. 5. – p. 42-44.
45. Панцхава Е.С., Березин Н.В. Технологическая биоэнергетика // Биотехнология. – 1986. - № 2. с. 1-12.
46. Яковлев С.В., Воронов Ю.В. Биологические фильтры. – М.: Стройиэдат, 1982. – 120 с.
47. Лурье Ю.Ю. Унифицированные методы анализа воды. – М.: Химия, 1971. - 375с.
48. Методика технологического контроля работы очистки сооружений городской канализации. – М.: Стройиздат, 1977. – 299 с.
49. Петров К.П. Методы биохимии растительных продуктов, - Киев.: Вища школа, 1976ю – 246 с.
50. Мельникова В.А., Баснакьян Н.А. Периодическое культивирование как основа прогнозирования некоторых аспектов культивирования // Итоги науки и техники. Микробиология. Управление и непрерывное культивирование микроорганизмов. - М.: 1976, - Т. 5ю – 116 с.
51. Матвеев В.Е. Научные основы микробиологической технологии / кинетика развития и инактивация микробних популяций, масштабирование /. – М.: Агропроиздат. 1985. – 224 с.
52. Pos J., Bookhorst R.H., Walerak B., Pavlicik , The desigh and operation of a 14001 anaerobic digester swine menur // Wast Treatment Util. Theory and Pract. Wast Manag, Proc. 2-nd Int. Symp – Waterleo, June 18-20- 1980/ - 2. Oxford - 1980. – p. 289-308.
53. _____
// Биологическая переработка: тезисы. – Киевю: УкрНИИ- гипросельхоз МСХ УССР. 1983. – 125 с.

54. Яковлев С.В., Карюхина Т.А. Биологические процессы в очистке вод. – М.: Стройиздат, 1980. – 200 с.
55. Яковлев С.В., Карюхина Т.А., Гвоздев Н.В. Принцип расчета метантенков с фазовой сепарацией // Химия и технология воды. – 1983. – 5, №3. – с. 199 - 201.
56. Zawrence A.W., Mecarty P.Z. Kineties of Methane Fermentation in Anaerob Treatment // J Water Pollut Contr. Fed. – 1969. – 41 n. 2. – p. R1 – R16.
57. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения. – М.: ЦИТП Госстроя СССР. – 1986. 72 с.
58. Федоров Н.Ф., Шифрин С.М. Канализация. – М.: Высшая школа, 1968. – 592 с.
59. Нерт С. Дж. Основы культивирования микроорганизмов. – М.: Мир, 1978. – 336 с.
60. Вавилич В.А., Васильев В.Б. Математические моделирование процессов биологической очистки сточных вод активным илом. – М.: Наука, 1979. – 119 с.
61. Payn W.J. Energy Yields and Growth of Heterotropks //Ann Review of Microbiol - 1970. – n 21. p 17-52.
62. Джонс Г.Л. Математическая модель роста бактерий и потребления субстрата при очистке посредством активного ила // Математические модели контроля загрязнения воды. – М.: Мир, 1981. – 472 с.
63. Иванов В.Н. Энергетика роста микроорганизмов. – Киев.: Наукова думка, 1981. – 140 с.
64. Кафаров В.В., Викаров А.Ю., Гордеев Л.С. Моделирование биотехнических реакторов. – М.: Лесная промышленность, 1979. – 344 с.
65. Современные проблемы биокинетики / Под ред. С.Д. Варфоламеева. – М.: Изд-во Моск. Ун-та, 1987. – 265 с.
66. Швытов И.А. Математические модели роста численности клеточных популяций // Математические моделирование в биологии. – М.: Наука, 1975. – 156 с.

Приложение 1.

СОГЛАСОВАНО
Главный инженер совхоза «Пригородный»
_____ М.А. Шалдыгин
«____» _____ 1989 г.

УТВЕРЖДАЮ
Директор совхоза «Пригородный»
_____В.А. Белозеров
Подпись
« 27 » __июля__ 1989 г.
М.п.

АКТ

испытание экспериментальной установки по анаэробно-аэробной очистке сточных вод свиноводческого комплекса

Комиссия на основе приказа № 102 от 21.07.1989 г. в соответствии с утвержденной Киевским технологическим институтом пищевой промышленности программой и методикой провели испытание экспериментальной установки.

В результате испытаний установлена возможность применения комплексной технологии анаэробно-аэробной обработки концентрированных сточных вод и получены данные для совершенствование конструкции установки.

Комиссия считает предъявленную экспериментальную установку, выдержавшей испытание.

Протокол испытаний является неотъемлемой частью настоящего акта.

Комиссия:

Начальник очистных сооружений совхоза «Пригородный»	подпись	А.Ф. Вдовин
Заведующий лабораторией очистных сооружений совхоза «Пригородный»	подпись	В.Т. Ермышев
Руководитель темы 326-88, доцент КТИПП	подпись	А.А. Воронцов
Научный консультант, профессор КТИПП	подпись	Г.Л. Чикитин
Ст. научный сотрудник КТИПП	подпись	Н.В. Левитина

Копия верна

М.п. Инженер НИС Чумакова Е.В.

_____

Приложение 2

УТВЕРЖДАЮ

Директор совхоза «Пригородный»

_____ В.А. Беловеров

Подпись

« 27 » __июля__ 1989 г.

м.п.

ПРОТОКОЛ

проведения испытаний экспериментальной установки по анаэробной – аэробной очистке сточных вод свиноводческого комплекса

Комиссия в составе: начальника очистных сооружений совхоза «Пригородный» Вдовича А.Ф., заведующего лаборатории очистных сооружений совхоза «Пригородный» Ермышева В.Т., руководителя темы 326-88, доцента КТИПП Воронцова А.А., научного консультанта, профессора КТИПП Никитина Г.А., старшего научного сотрудника КТИПП Левитиной Н.В. проблема испытания экспериментальной установки по анаэробно-аэробной очистке сточных вод свиноводческого комплекса.

Испытания проводились по плану выполнения хоздоговорной работы между совхозом «Пригородный» и Киевским технологическим институтом пищевой промышлености; в соответствии с Постановлениями ЦК КПСС и Совета Министров ССР «О мерах по предотвращению загрязнения водных бассейнов».

Целью испытаний явилась проверка комплексной технологии анаэробно-аэробной очистки концентрированных сточных вод на экспериментальной установке, определение ее фактической производительности (скорости протока) и получения данных для совершенствования конструкции установки.

Результаты испытаний:

Согласно программы и методики испытаний предполагалась проверка работы экспериментальной установки, представляющей собой метантенк, используемый в качестве ступени предочистки.

В процессе работы была также смонтирована следующая ступень очистки – аэротенк. Это позволило проверить комплексную технологию в целом и на основании результатов рекомендовать дополнительные меры по усовершенствованию предлагаемого устройства.

Раздел I

Состав аппаратурно-технологической схемы.

В наборку оборудования аппаратурно-технологической схемы входит

- напорный бак;
- метантенк конструкции КТИЛП;
- аеротенк цилиндрической с кольцевым барбатером;

- вторичный отстойник.

Раздел II

Методика проведения анализов.

Процесс осуществлялся в полунепрерывном режиме, соответствующем скорости разбавления 0,02 $ч^{-1}$.

Анализ сточных вод проводился по следующим показателям: химическое потребление кислорода (ХПК), мг $о_2$/л; биохимическое потребление кислорода ($БПК_5$), мг $о_2$/л; взвешенные вещества (В.В.), мг/л; ионы аммония ($Nн_4^+$), мг/л.

Отбор проб проводился в следующих точках:

- исходная сточная вода (точка 1);
- вода после обработки в метентенке (точка 2);
- вода после обработки в аэротенке (точка 3);
- вода после вторичного отстойника (точка 4).

Результаты проведенных анализов представлены в таблице (приложение 1).

Раздел III

Экспериментальная установка работала в период с 15.03. по 11.05.

При работе метантенка в оптимальном режиме (скорость разбавления 0,02 $ч^{-1}$, температура 50 – 55 ^{0}С) эффект очистки составляет 60 – 50 % (12.04 - 19.04.). На этой стадии концентрация аммонийного азота повышалась на 25 – 50%, что свидетельствует о разложении белковых компонентов стока.

В процессе испытаний имели место отклонения температурного режима по техническим причинам, отмечалась неравномерная подача исходной сточной воды в метантенк.

В некоторых пробах (23.03; 5.04; 20.04; 26.04; 4.05), отобранных после аэротенка, наблюдалось увеличение содержания взвешенных веществ, что можно объяснить выносом активного ила из метантенка. Попадание активного ила в аэротенк увеличивало значения гидрохимических показателей (ХПК, $БПК_5$). Исходя из вышесказанного, необходимо введение в схему экспериментальной установки отстойника после метантенка.

В аэротенке также наблюдалось незначительное снижение конценрации аммонийного азота. С целью интенсификации процесса нитрификации в аэротенке необходимо увеличение подачи воздуха в объеме 1-2 $м^3$ / $м^3$ стоков в час.

Работу вторичного отстойника можно считать удовлетворительной. Тем не менее концентрация взвешенных веществ многократно превышала норму. Это можно объяснить неудовлетворительной работой аэротенка и отсутсвием отстойника после метантенка.

Раздел IV

1. В процессе испытаний установлена целесообразность применения анаэробно-аэробной технологии для очистки концентрированных сточных вод свиноводческих комплексов.
2. В период испытаний опытной установки происходило снижение содержания органических загрязнений за счет биоконверсии углеродосодержащих соединений.

3. Процесс метановой ферментации возможно использовать для обработки избиточного активного ила аэротенков и осадков первичных отстойников с достижением уменьшения исходных объемов на 30-45 % и деструкции биомассы. Это подтверждается высокой концентрацией взвешенных веществ в исходном стоке и приростом активного ила в процессе экспуатации.

Комиссия:

Начальник очистных сооружений совхоза «Пригородный»	подпись	А.Ф. Вдович
Заведующий лаборатории очистных сооружений совхоза «Пригородный»	подпись	В.Т. Емышев
Руководитель темы 326-88, доцент КТИПП	подпись	А.А. Воронцов
Научный консультант, профессор КТИПП	подпись	Г.А. Никитин
Старший научный сотрудник КТИПП	подпись	Н.В. Левитича

К приложению 2.

Результаты испытаний эксперементальной установки по анаэробно-аэробной очистке сточных вод свиноводческого комплекса

Дата	Точка 1				Точка 2			
	$ХПК_1$	$БПК_5$	В.В.	N_4^+	$ХПК_1$	$БПК_5$	В.В.	N_4^+
15.03	8820	2333,3	4679		6860		4482,5	
16.03	6790	2962,5	4629	612,8	5820	1390	3261	909,5
22.03	12299	4347,8	5657	659,38	3884	621,62	1755,5	912,72
23.03	5547	3555	3385	488,24	43680	8450	8427	946,28
28.03	6602,8	3381,2	3796	523,47	3236,7	868	1898	909,37
30.03	5940	3400		622,46	11880	1287,5		869,1
5.04	9142	3925	5940	1183	58000	5940	40972	2225
6.04	8857,1	4241,5	4850	598,77	3200	1370	2122	966,41
12.04	10347	4890	5844	545,29	3233	1153	2013	1057,01
13.04	6208	3850	4716	501,6	2522	1212,5	2065	971,45
19.04	8060	3770		923	1339,2	2000	10952	612
20.04	4136	1564,3	1990	302	4512	1214,3	3020	906
26.04	2392	1580	1028	260	4048	1345	2312	688
27.04	50400	6150	12600,5	396	1440	720	698,5	725
3.05	4928	3140	3462,5	414,4	6336	1890	3696,5	723
4.05	6336	3640	3305	382,5	12848	2150	10426	459,7
10.05	6264	2910		494,9	4176	1025		612,4
11.05	3480	1050		411,06	7856	1990		536,9

Дата	Точка 1				Точка 2			
	$ХПК_1$	$БПК_5$	В.В.	N_4^+	$ХПК_1$	$БПК_5$	В.В.	N_4^+
15.03	7840		6335		3920	992,9	1351	
16.03	6790		5546	1256,7	3880		1693,5	869,1
22.03	7768	500	4760,5	810,38	3884	109,59	1458	840,58
23.03	4160	829,2	22591,5	808,7	1456	513,2	1404,5	818,77
28.03	4531,3	661,25		785,21	1553,6	550,7	1337	815,46
30.03	5544	365		765,08	1716	75		672,8
5.04	1800	181	1249	1888				
6.04	2000	474	1352	791,92	1600	527,5	1420	808,7
12.04	5124	1315	3622	1006	2587	590	1811	1027,5
13.04	6790	312,5	4328	887,56	1801,4	329,4	1706	887,56
19.04	1302	374,2	949	545	1488	337	1016	532,5
20.04	1316	184,8	999	621	1190,7	184	834	772
26.04	1349	375	985	721	1196	392	725	503
27.04	1440	699,4	483,5	570	1215	375	464,5	554
3.05	1408	510	1004,5	885,8	1188	336,6	738,5	1006,7
4.05	1408	282,5	1074,6	447,9	1100	220	789	637,56
10.05	1218	422		657,7	1305	418		622,5
11.05	5394	869		659,38	1566	607,5		543,6