МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт химии и инженерной экологии
(наименование института полностью)

Кафедра «Рациональное природопользование и ресурсосбережение»
(наименование кафедры)

18.04.01 Химическая технология
(код и наименование направления подготовки)

Экобиотехнология
(направленность (профиль)

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему Разработка технологии очистки жиросодержащих стоков на примере АО «Тольяттимолоко»

Студент И.Г. Левицкая _____
(И.О. Фамилия) (личная подпись)

Научный руководитель М.В. Кравцова _____
(И.О. Фамилия) (личная подпись)

Руководитель программы к.п.н., доцент, М.В. Кравцова _____
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) (личная подпись)

« ___ » _____ 2019г.

Допустить к защите

Заведующий кафедрой к.п.н., доцент, М.В. Кравцова _____
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) (личная подпись)

« ___ » _____ 2019г.

Тольятти 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4

Глава 1 Теоретический анализ загрязненных стоков на предприятиях пищевой промышленности и существующих систем их очистки 8

1.1 Качественный анализ сточных вод предприятий пищевой промышленности 8

1.1.1 Жиры, их физико-химические свойства 8

1.2 Качественный анализ сточных вод предприятий пищевой промышленности 11

1.3 Анализ воздействия загрязнителей от предприятий молочной промышленности на окружающую среду 14

1.4 Особенности и проблемы очистки жиросодержащих стоков 18

1.5 Выводы по главе 1 29

Глава 2 Разработка технологии очистки жиросодержащих стоков на примере АО «Тольяттимолоко» 30

2.1 Описание рассматриваемого объекта производства 30

2.2 Проведение анализа сточных вод предприятия 32

2.2.1 Физические показатели сточных вод 33

2.2.2 Химические показатели сточных вод 33

2.3 Патентный поиск способов очистки жиросодержащих стоков предприятий молочной промышленности 42

2.4 Предлагаемое техническое решение 46

2.4.1 Анализ биопрепаратов, используемых для очистки жиросодержащих стоков 48

2.4.2 Применение ультразвука и кавитации при очистке сточных вод пищевой промышленности 57

2.5 Расчет материального баланса установки 65

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 72

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ 73

ПРИОЖЕНИЕ А 79

ПРИОЖЕНИЕ Б 86

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. В настоящее время жиросодержащие стоки в большинстве случаев напрямую поступают на городские очистные сооружения, что снижает качество очистки стоков в целом, так как они нарушают кислородный режим, и как следствие, изменяют процесс биологической очистки. Жиросодержащие стоки, попадая в городскую канализационную сеть, приводят к коррозии коллекторов, заиливанию трубопроводов, а также увеличивают требуемые объемы подачи воздуха.

В Самарской области процент предприятий пищевой промышленности составляет 8,1% (рисунок 1) от общего количества предприятий, в городском округе Тольятти - 6,1% (рисунок 2).

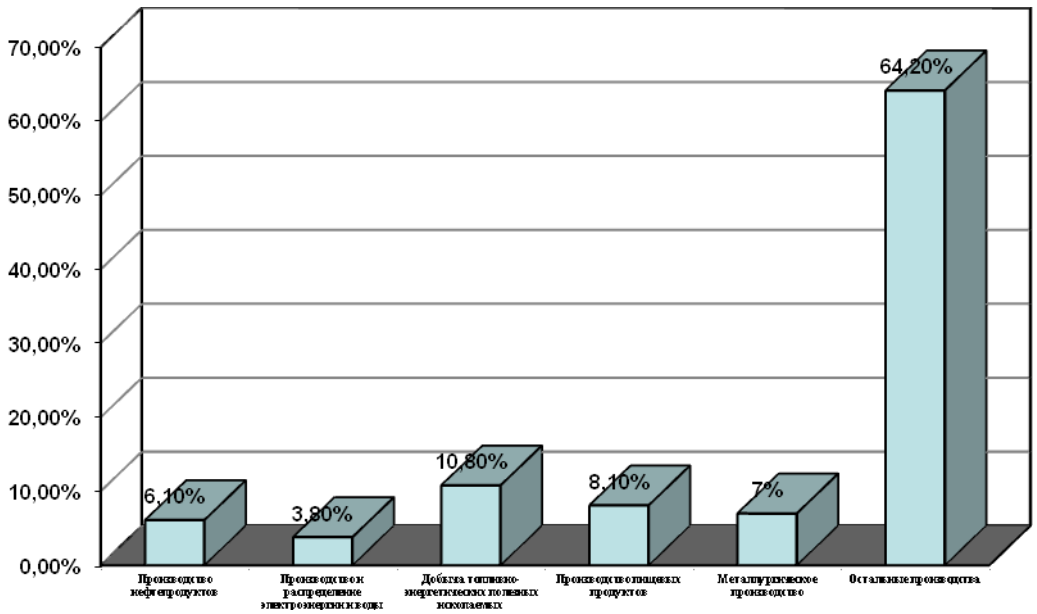


Рисунок 1 – Процент предприятий пищевой промышленности на территории Самарской области

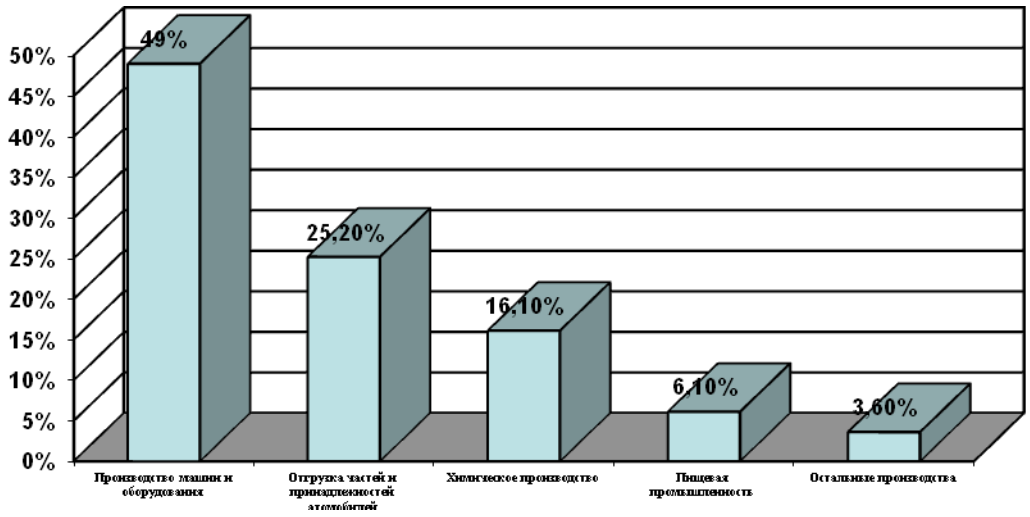


Рисунок 2 – Процент предприятий пищевой промышленности на территории г.о. Тольятти

«Сточные воды пищевой промышленности занимают среди стоков других производств одно из первых мест по объему и концентрации загрязнений. По расходу воды на единицу выпускаемой продукции пищевая промышленность занимает одно из первых мест среди отраслей народного хозяйства. Высокий уровень потребления обуславливает большой объем образования сточных вод на предприятиях, при этом они имеют высокую степень загрязненности и представляют опасность для окружающей среды» [46].

Очистка жиросодержащих сточных вод затруднена из-за многофазного состава жиров – жиры могут находиться в воде в виде поверхностной пленки, эмульсии и раствора. Жировые вещества в разных фазовых состояниях требуют применения различных по принципиальному подходу очистных мероприятий. Основные способы очистки жиросодержащих сточных вод основаны на реагентных и флотационных методах. Проблемы очистки и доочистки жиросодержащих сточных вод до нормативного качества во многих случаях возникают из-за неспецифического поведения жиров в

различных условиях: налипание, кальматация загрузки фильтров, проскоки при повышенных температурах.

Установлено, что загрязненность сточных вод растворенными и эмульгированными жирами является более значимой при поиске рациональных методов водоочистки, поскольку растворимость и свойства жировой эмульсии сильно меняются в зависимости от технологического процесса и при вероятности залповых выбросов.

«Производственные сточные воды на предприятиях молочной промышленности образуются в процессе основного производства, а также мойки оборудования и тары. На 1 тонну готовой продукции молокозавода приходится около 5м^3 сточных вод. Сброс сточных с данных заводов неравномерен из-за периодического характера производства. Температура сточных вод составляет 15…35ºС [46].

Проблема исследования заключается в необходимости обеспечения предварительной очистки стоков от предприятий пищевой промышленности перед сбросом в канализационные сети.

Цель исследования: повышение качества очистки жиросодержащих стоков на примере предприятий молочной промышленности и снижение нагрузки на очистные сооружения города.

Объект исследования: системы очистки жиросодержащих стоков предприятий молочной промышленности.

Предмет исследования: технология очистки жиросодержащих стоков предприятий молочной промышленности.

Для достижения поставленной цели потребовалось решить следующие **задачи**:

1. Провести качественный анализ стоков на предприятиях пищевой промышленности, определить основные загрязняющие вещества и их источники.

2. Проанализировать существующую систему очистки и современные подходы к очистке стоков на предприятиях пищевой промышленности.

3. Предложить эффективную систему очистки жиросодержащих стоков предприятий молочной промышленности на примере АО «Тольяттимолоко».

Теоретической и методологической основой исследования являются научные труды в области исследования способов очистки сточных вод пищевой промышленности, труды Корчика Н.М. (2017), Пономарева В.Я. (2015), Полищук И.И. (2016), Мойжес А.В. (2016).

В диссертационном исследовании используются методы:

— аналитический: систематизация литературного и патентного анализа по способам очистки жиросодержащих сточных вод;

— экспериментальный (анализ качества сточных вод жиросодержащих стоков).

Теоретическая значимость исследования заключается в предложении системы для анализа качества жиросодержащих стоков предприятий молочной промышленности и представлении результатов использования существующих современных способов их очистки, а так же анализ выбора биопрепаратов для эффективной очистки стоков.

Практическая значимость исследования представлена практическими технологическими решениями очистки жиросодержащих стоков предприятий молочной промышленности.

Защищаемое положение: технологическое решение эффективной очистки жиросодержащих стоков предприятий молочной промышленности.

Структура диссертации: диссертация состоит из введения, двух глав, заключения, списка используемых источников, включающего 56 наименования. Объем работы (без приложений) составляет 81 страница машинописного текста, содержит 17 рисунков, 15 таблиц.

Глава 1 Теоретический анализ загрязненных стоков на предприятиях пищевой промышленности и существующих систем их очистки

1.1 Качественный анализ сточных вод предприятий пищевой промышленности

1.1.1 Жиры, их физико-химические свойства

Жиры – важная составная часть биологических организмов и одна из самых распространенных в природе групп веществ. Жировые вещества выполняют физиологические и биохимические функции, являются важнейшим источником энергии. Жиры по химическому составу представляют собой смесь триглицеридов жирных кислот [1]. Состав натуральных жиров – до 97% глицеридов высших кислот, после рафинации жиров содержание глицеридов возрастает до 99,5%. На оставшуюся долю состава приходятся фосфолипиды, воски, стерины, продукты гидролиза глицеридов и прочее. «Жиры классифицируют по различным признакам, в первую очередь их подразделяют на растительные и животные жиры. Каждая из групп жиров подразделяется в зависимости от содержания твердых триглицеридов на жидкие и твёрдые жиры (при нормальной температуре 20°C)» [3].

Жиры выделяются в природную среду естественным образом или в результате хозяйственной деятельности человека: при промышленной переработке туш животных, приготовлении молочных продуктов, приготовлении разных видов пищи, при обработке растительного сырья, в технологических процессах кожевенных и меховых предприятий.

Жировые вещества попадают в природные воды с производственными и хозяйственно-бытовыми сточными водами. Промышленные стоки имеют сложный многокомпонентный состав из органических веществ, включая жиры. Органические вещества, поступающие со стоками в водоем, являются благоприятным субстратом для гнилостных патогенных бактерий, грибков и

микробов. Биохимические превращения этих веществ вызывают вторичное загрязнение водоемов и негативно влияют на водные экосистемы.

Жиросодержащие стоки – это сточные воды, загрязненные жирами (маслами) животного и растительного происхождения. Как правило, кроме жиров в этих стоках присутствуют большое количество взвешенных веществ и органики.

Смешанные по составу жиры, входящие в состав живых организмов, называют липидами. Липиды плохо растворимы в воде, но хорошо растворяются в большинстве органических растворителей – эфире, хлороформе, ацетоне. Фосфолипиды плохо растворимы в ацетоне. Липиды обладают способностью взаимного растворения, и при выделении жиров из растительного или животного сырья получают продукт, называемый «сырым жиром». Жиры плохо проводят тепло и электричество. Жировые вещества обладают низким поверхностным натяжением.

В жирах, маслах и восках растительного и животного происхождения содержатся жирные кислоты – алифатические одноосновные карбоновые кислоты с открытой цепью. Жирные кислоты подвержены реакции этерификации (с образованием сложных эфиров) и характерным кислотным реакциям. Ненасыщенные жирные кислоты вступают в реакции присоединения – например, реакция гидрирования при производстве маргарина. Для определения структуры ненасыщенных жирных кислот применяется реакция Варрентраппа.

При комнатной температуре жирные кислоты подвергаются реакциям автоокисления и прогоркания. Прогоркание сопровождается появлением неприятного запаха и вкуса вследствие образования низкомолекулярных карбонильных соединений. Продуктами реакций прогоркания и автоокисления также служат углеводороды, кетоны, альдегиды и небольшое количество эпоксидов и спиртов [9].

Реакцию автоокисления жирных кислот ускоряют тяжелые металлы, а замедляют хелатирующие агенты – такие, как лимонная или аскорбиновая кислоты.

Свойства жирных кислот вступать в реакции с металлами играют важную роль в инженерной практике. Перед очисткой сточные воды, загрязненные жировыми веществами, необходимо подвергать нейтрализации. Очистные сооружения из черной стали в условиях агрессивной среды быстро приходят в негодность, поэтому для очистки жирных стоков используют такие материалы как нержавеющая сталь или стеклопластик. Выбор того или иного материала происходит после соответствующего технико-экономического обоснования.

Сброс многокомпонентных сточных вод, содержащих жиры, представляет серьезную экологическую проблему для многих водоемов. Загрязнение водоемов зачастую носит систематический характер и служит причиной возникновения опасных природных ситуаций.

Процессы естественного самоочищения водоемов от жировых веществ способны протекать только в теплое время года. Окисление жиров начинается с середины или конца весны (в зависимости от местности, где расположен водоем). Водные бактерии запускают процессы естественного окисления жиров в условиях повышенной температуры воды, поступления солнечной радиации и свободного поступления кислорода через водо-воздушную поверхность, освобожденную от ледового покрова. Однако именно в теплый период года к ранее накопленным загрязнителям поступают дополнительные стоки талых и ливневых вод, содержащие новые порции жировых веществ.

Окисление органических веществ в аэробных условиях происходит с выделением углекислого газа и воды. В анаэробных условиях почти вся органика, и жиры в том числе, разрушается с образованием углекислоты, воды, водорода, жирных кислот и других веществ. Следующая фаза

биотрансформации – распад жирных кислот до метана и углекислоты. Впоследствии из водорода и углекислоты также образуется метан.

Жиры являются природными биополимерами, поэтому их распад начинается с гидролиза. Микроорганизмы, имеющие ферменты-гидролазы, проводят первичное расщепление жиров. Продукты гидролиза перерабатываются гидролитиками и другими кислотогенными микроорганизмами с образованием водорода и жирных кислот – уксусной, пропионовой, масляной.

Гидролиз и образование кислот объединяют в кислотогенную фазу. При накоплении жирных кислот в растворе понижается pH среды, а по достижении pH меньше 6 наблюдается подавление конечной метаногенной фазы.

1.2 Качественный анализ сточных вод предприятий пищевой промышленности

Жиросодержащие сточные воды содержат превышение по показателям БПК, ХПК, взвешенных веществ, жиров и др., при этом превышение составляет от 2 до 30 ПДК. В целом качественный анализ жиросодержащих стоков представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Качественный анализ жиросодержащих стоков [6, 8]

«Нормативные показатели	pH	Взвешенные вещества, мг/л	ХПК, мг/л	$БПК_5$, $мгO_2/л$	Сухой остаток, $мг/дм^3$	Содержание жира, $мг/дм^3$»
1	2	3	4	5	6	7
ПДК	6,0-9,0	0,25-0,75	15-30	2-4	1000-1500	«0,5-50 $мг/дм^3$»
Предприятия						
«Сахарное производство	6-9	1200-2600	4900	1400-3600	1500	-
Производство дрожжей	6,8	1900	1800	1500	2000	-
Пивоваренные предприятия	6,9	2650	2000-6000	1500-4000	3000	-
Спиртзаводы	4	32000-45000	20000-48000	15500-29900	3000»	-

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7
«Крахмальные перерабатывающие заводы	7,2	600-4700	100-2520	300-1300	1000	-
Молочные предприятия	6,5-9	350-600	1200-3000	500-2000	600	200»
«Сырзаводы	3,55	400-750	51200	40000	450	180
Плодовоовощные производства	4	20-1800	440-2690	350-2175	300	-
Мясоперерабатывающие производства»	6,5-7,5	410-12000	1800-12500	650-5100	1000	120
Кондитерские предприятия»	4,5-9,9	1220 - 1790	6060	2190	500	250
Производства мороженного»	6 -11	8000	6000	4000	440	100»

«Среднегодовой объем сбрасываемой сточной воды от предприятий молочной промышленности составляет 150 $м^3$/сут. В их состав входят: взвешенные вещества – 350-600 мг/л, сухой остаток – 600 мг/л, ХПК - 1200-3000 мг/л, $БПК_5$ - 500-2000 мг/л, жиры – 200 мг/$дм^3$, pH составляет - 6,5-9. Основными отходами являются жировые» [46].

Результаты исследования и проведенной оценки состояния промышленных сточных вод предприятий молочной промышленности представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты исследования и оценки состояния промышленных сточных вод молочной промышленности

Наименование компонента (показателя)	Максимально допустимое значение концентрации, Постановление №644	ООО «СКС» для промпредприятий	Результаты анализов	Нормативный документ на методы выполнения измерений
1	2	3	4	5
Водородный показатель, Ед. pH	6,5-8,5	6-9	11,82	ПНД Ф 14.1:2:3:4.121-97
$БПК_5$, мгO_2/$дм^3$		47,6	3752,0	ПНД Ф 14.1:2:3:4.123-97
«Взвешенные вещества, мг/$дм^3$	300,0	90,0	82,1	ПНД Ф 14.1:2.110-97»
«Сухой остаток, мг/$дм^3$	3000,0	622,0	6238	ПНД Ф 14.1:2.114-97»

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
Хлориды, мг/дм^3	1000,0	101,0	138	ПНД Ф 14.1:2.111-97
Сульфаты, мг/дм^3	300,0	100,0	180	ПНД Ф 14.1:2.159-2000
Ион аммония, мг/дм^3		6,02	0,44	ПНД Ф 14.1.1-95
Нитрит ион, мг/дм^3		0,08	<0,02	ПНД Ф 14.1:2.3-95
Нитрат ион, мг/дм^3		13,29	4,8	ПНД Ф 14.1:2.4-95
Фосфаты по фосфору, мг/дм^3		0,2	0,91	ПНД Ф 14.1:2.112-97
Железо общее, мг/дм^3	3,0	0,45	1,5	ПНД Ф 14.1:2.50-96
Нефтепродукты, мг/дм^3	10,0	0,2	0,28	ПНД Ф 14.1:2:4.168-2000
Сероводород сульфиды, мг/дм^3	1,5	0,03	<0,002	ПНД Ф 14.1:2.109-97
ПАВ анионоактивный, мг/дм^3	10,0	0,37	0,36	ПНД Ф 14.1.15-95
Алюминий, мг/дм^3	3,0	0,2	0,9	ПНД Ф 14.1:2:4.166-2000
Медь, мг/дм^3	0,5	0,005	0,046	ПНД Ф 14.1:2.48-96
Цинк, мг/дм^3	1,0	0,03	0,012	ПНД Ф 14.1:2.60-90
Никель, мг/дм^3	0,25	0,003	<0,005	ПНД Ф 14.1.46-96
Кадмий, мг/дм^3	0,015	0,00014	<0,005	ПНД Ф 14.1:2.45-96
Свинец, мг/ дм^3	0,25	0,014	<0,001	ПНД Ф 14.1:2.54-96
Хлориды, мг/дм3	1000,0	101,0	138	ПНД Ф 14.1:2.111-97
Сульфаты, мг/дм3	300,0	100,0	180	ПНД Ф 14.1:2.159-2000
Ион аммония, мг/дм3		6,02	0,44	ПНД Ф 14.1.1-95
Нитрит ион, мг/дм3		0,08	<0,02	ПНД Ф 14.1:2.3-95
Нитрат ион, мг/дм3		13,29	4,8	ПНД Ф 14.1:2.4-95
Фосфаты по фосфору, мг/дм3		0,2	0,91	ПНД Ф 14.1:2.112-97
Железо общее, мг/дм3	3,0	0,45	1,5	ПНД Ф 14.1:2.50-96
Нефтепродукты, мг/дм3	10,0	0,2	0,28	ПНД Ф 14.1:2:4.168-2000

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
Сероводород сульфиды, мг/дм3	1,5	0,03	<0,002	ПНД Ф 14.1:2.109-97
ПАВ анионоактивный, мг/дм3	10,0	0,37	0,36	ПНД Ф 14.1.15-95
Алюминий, мг/дм3	3,0	0,2	0,9	ПНД Ф 14.1:2:4.166-2000
Медь, мг/дм3	0,5	0,005	0,046	ПНД Ф 14.1:2.48-96
Цинк, мг/дм3	1,0	0,03	0,012	ПНД Ф 14.1:2.60-90
Никель, мг/дм3	0,25	0,003	<0,005	ПНД Ф 14.1.46-96
Кадмий, мг/дм3	0,015	0,00014	<0,005	ПНД Ф 14.1:2.45-96
Свинец, мг/ дм3	0,25	0,014	<0,001	ПНД Ф 14.1:2.54-96
Фенолы, мг/ $дм^3$	0,25	0,001	<0,001	ПНД Ф 14.1:2.105-97
Хром (+3), мг/ $дм^3$		отс.	<0,01	ПНД Ф 14.1:2.52-96
Хром (+6), мг/$дм^3$	0,05	отс.	<0,01	ПНД Ф 14.1:2.52-96
Жиры, мг/ $дм^3$	50	50	608,0	ПНД Ф 14.1:2.189-02
ХПК			5600,0	ПНД Ф 14.1:2.100-97 (2004)

К очищенным стокам предъявляются такие требования: жировые вещества – 50 мг/л; сухой остаток – 3000 мг/л; pH – 6,5 – 8,5.

Как видно из представленных результатов большое превышение в сточных водах по содержанию жиров, $БПК_5$, сухому остатку, а также по водородному показателю. Это не позволяет производить сброс вод в канализационную систему. Поэтому возникает необходимость внедрения оборудования для очистки сточных вод.

1.3 Анализ воздействия загрязнителей от предприятий молочной промышленности на окружающую среду

В таблице 3 представлены результаты анализа воздействия приоритетных загрязнителей от сточных вод молочной промышленности.

Таблица 3 – Воздействие приоритетных загрязнителей на окружающую среду

Показатель	Воздействие
1	2
Водородный показатель, Ед. pH	«Для всего живого в воде минимально возможная величина pH = 5, в питьевой воде допускается pH 6,0-9,0, в воде водоемов хозяйственно - питьевого и культурно-бытового водопользования - 6,5-8,5. Величина pH природной воды определяется, как правило, соотношением концентраций гидрокарбонатных анионов и свободного CO_2». «Уровень pH определяет кислотно-щелочной баланс растворов, т.е. нейтрализует ионы водорода. Вода с низким показателем pH отличается коррозионностью, вода же с высокой реакцией pH - вспениванивается, при высоких уровнях (pH>11) вода приобретает характерную мылкость, неприятный запах, способна вызывать раздражение глаз и кожи
БПК5, мгO_2/дм^3	«Показатель БПК – важный критерий уровня загрязнения водоема органическими веществами, он определяет количество легкоокисляющихся органических загрязняющих веществ в воде»
Сухой остаток, мг/дм^3	Сухой остаток оказывает влияние на проникновения света за счет прозрачности воды, а также состав растворенных компонентов и температуру поверхностных вод, адсорбцию токсичных веществ, а также на состав и распределение отложений и на скорость осадкообразования»
Фосфаты по фосфору, мг/дм^3	«Фосфаты, попадающие в окружающую среду, приводят к эвтрофикации водоемов (бурному развитию водорослей)». «Влияние на здоровье человека обусловлено нарушением кислотно-щелочного равновесия клеток кожи, вызывая, дерматологические заболевания».
Жиры, мг/дм^3	«Присутствие жира образует на поверхности водоемов пленку, препятствующую доступу кислорода воздуха, и делает невозможным использование водоема для забора воды и других целей, попадая в значительных количествах в водоёмы или скапливаясь в почве, могут быстро загнивать и ухудшать санитарное состояние водоёмов и атмосферы, способствуя распространению различных заболеваний».

На рисунке 4 представлена общая схема воздействия стоков пищевых предприятий на природные экосистемы.

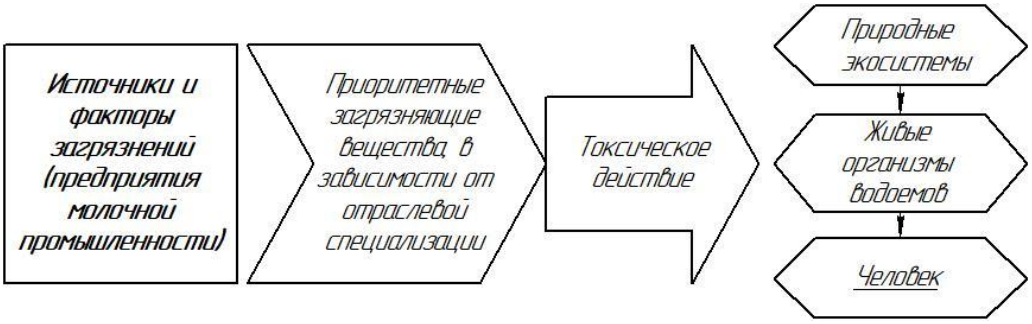


Рисунок 4 – Общая схема воздействия стоков пищевых предприятий на природные экосистемы

Мониторинг стоков по физико-химическим характеристикам представлен на рисунке 5:

- уровень pH определяет кислотно-щелочной баланс растворов. Стоки пищевых предприятий «содержат железо, алюминий, ртуть, аммиак и многие другие вредные вещества, токсичное влияние которых на окружающую среду будет различным в зависимости от уровня pH воды» [22, 24].

- уровень БПК – «биохимическая потребность в кислороде отражает концентрацию органических веществ в воде, т.е. это объем кислорода, который был бы потреблен, если бы вся органическая среда, содержащаяся в 1 литре воды, была окислена бактериями и простейшими организмами. При низких значениях БПК водные объекты и организмы находятся под угрозой» [13].

- «ХПК – величина, характеризующая содержание в воде органических и минеральных веществ, окисляемых одним из сильных химических окислителей при определенных условиях, называется окисляемостью. Окисляемость выражается в миллиграммах кислорода, пошедшего на окисление органических веществ, содержащихся в 1 дм^3 воды. ХПК применяют для характеристики состояния водотоков и водоемов с различной степенью загрязненности» [15], «поступления бытовых и промышленных сточных вод (в том числе, и степени их очистки), а также поверхностного стока» [31, 32]. «Для вычисления концентрации углерода, содержащегося в органических веществах, значение ХПК (мг O_2/дм^3) умножается на 0,375 (коэффициент, равный отношению количества вещества эквивалента углерода к количеству вещества эквивалента кислорода)» [31, 32].

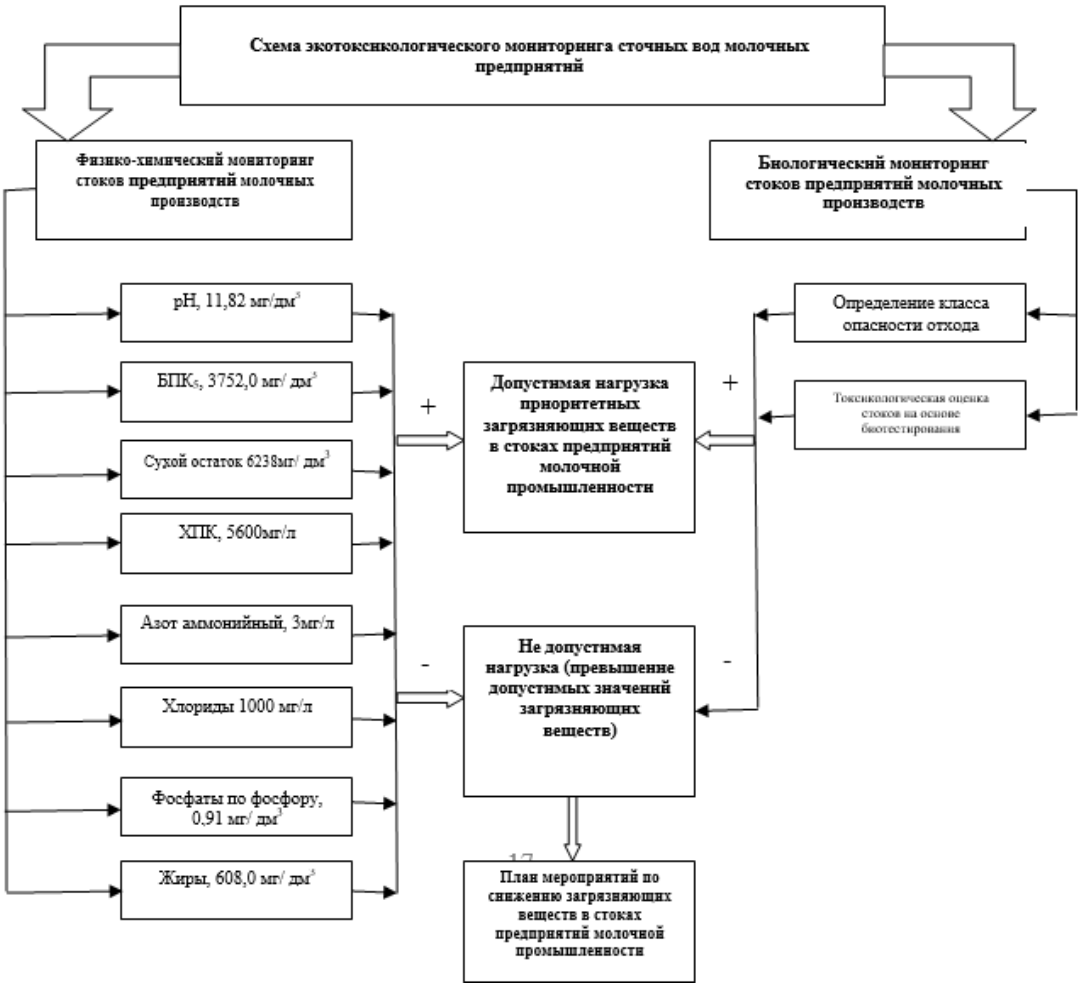


Рисунок 5 - Схема обоснования допустимой нагрузки и содержания основных загрязнителей стоков («+» - наличие отклонения от показателей по нормативным документам; «-» - отсутствие отклонений от показателей)

- «фосфаты – содержание фосфатов в сточных водах один из важных элементов, который отвечает за рост водных растений и рыб. В своей простейшей форме фосфаты очень вредны и токсичны, лучше, когда они входят в состав солей» [PO_4---] [31, 32].

- «жиры – представляют собой полные сложные эфиры глицерина и жирных кислот (стеариновой, пальмитиновой, олеиновой) [31, 32].

Жиры пищевых предприятий, которые сбрасывают жировые отходы в канализацию, загрязняя канализационные сети, образовывают плотные жировые отложения на стенках и на поверхностях насосных станций, аэротенков, выводят из строя биологические фильтры, внутренние пресные водоёмы или вывозят жировые отходы на полигоны, загрязняя почву и источники питьевого водоснабжения. Попадая в водный объект в»

«повышенных концентрациях, жиры ухудшают его кислородный режим, органолептические свойства воды, стимулируют развитие микрофлоры. Заводы масложировой промышленности сбрасывают 15тыс. тонн жиров/год со сточными водами» [34].

1.4 Особенности и проблемы очистки жиросодержащих стоков

Ужесточение штрафных санкций, налагаемых на водопользователей (водоканалы), за «сброс недостаточно очищенных сточных вод в водный объект приводит к усилению контроля за качеством сбрасываемых сточных вод промышленными предприятиями в городскую канализацию. Это связано с тем, что в случае» [34] поступления на очистные сооружения канализации сточных вод с концентрациями загрязнений в 1,5 – 3 раза выше ПДК на прием в городскую канализационную сеть, у эксплуатационного персонала сооружений не остается шансов не допустить сброс недостаточно очищенных сточных вод в водный объект.

При этом штрафные санкции для промышленных предприятий за несоответствие качества сбрасываемых сточных вод требованиям по ПДК несоизмеримо меньше, чем для водоканалов. Это правовое несоответствие не может долго существовать, поэтому есть весомые предположения, что в ближайшее время промышленные предприятия столкнутся с более жесткой политикой в области рационального использования водных ресурсов и предотвращения загрязнения окружающей среды. На первом этапе это может выражаться в постоянном контроле за качеством сточных вод, сбрасываемых промышленными предприятиями в городской коллектор, путем установки автоматических пробоотборников и анализаторов ХПК, соединений азота, фосфора и т. п. на сбросном трубопроводе. Вторым этапом возможно значительное повышение штрафных санкций за превышения норм сброса промышленными предприятиями. А если учитывать, что модернизацию локальной очистки сточных вод любого промышленного предприятия

невозможно провести за короткий срок, начинать действовать необходимо уже сегодня [7].

«Стоки современных молочных производств стали существенно «тяжелее», чем у аналогов таких предприятий 10–20-летней давности. Это связано как со значительным расширением и частым изменением ассортимента продукции, применением широкого спектра вкусовых добавок и наполнителей, эмульгаторов, растительных жиров, красителей, консервантов и т.п., так и с использованием CIP- моек с современными моющими средствами, в том числе синтетическими ПАВ» [1].

«Очистка таких стоков – сложная задача, требующая знания, как состава, так и режима их поступления, изменения состава в зависимости от вида продукции и характера производственных процессов. В частности, эти стоки помимо гидрофобных компонентов (жиры, творог, молочные пленки) содержат и гидрофильные составляющие (белки, частицы молочного жира с гидратированной белковой оболочкой), которые плохо удаляются отстаиванием и обычной флотацией» [2].

В соответствии с требованием законодательства РФ (№ 416-ФЗ «О водоснабжении и водоотведении») предприятия, в результате функционирования которых образуются жидкие отходы, должны обеспечивать их приемлемую очистку. Для очистки жидких отходов, где основную часть составляет вода, практикуют два варианта:

– доочистку на локальных очистных сооружениях до норм сброса в городскую канализацию;

– очистку сточных вод на собственных очистных сооружениях или совместно с другими предприятиями со схожими стоками до норм сброса в водоем.

Большинство предприятий предпочитают вариант с локальными очистными сооружениями (ЛОС) из-за того, что они обходятся дешевле. За скобками остаются качество очистки и реорганизация сбора сточных вод в основной технологии. Для сравнения, стоимость сооружений для локальной

очистки стоков на 1–2 порядка ниже соответствующих сооружений для комплексной очистки. При выборе схемы очистки следует оценивать не только текущие затраты по оплате штрафов за ненормативный сброс. Ограничившись ЛОС, штрафы предприятие платить не будет, но при функционировании локальных очистных сооружений образуются объемные отходы, за размещение которых придется тоже заплатить.

Методы, позволяющие снизить затраты на очистку стоков, давно известны: разделение стоков по составу, ориентация на повторное использование воды, извлечение ценных продуктов из отходов перед их сбросом. Некоторые подходы могут быть присущи только конкретному предприятию в связи с его локальными особенностями, например, использовать стабилизированные стоки для обработки силоса, а сгущенный анаэробный ил – для удобрения почвы.

Для того чтобы полнее представить возможности организации оптимальной работы со сточными водами и увязку с основной технологией, следует рассмотреть источники сточных вод и их состав на молокоперерабатывающих предприятиях, а также существующие методы обработки сточных вод. Нормативное водоотведение составляет 3–4 $м^3$ на 1 т перерабатываемого молока [2], по другим сведениям – 5– 7 $м^3$/т [3], а на практике водоотведение может достигать 15 $м^3$/т. Основной объем сточных вод на молокоперерабатывающих предприятиях образуется после мойки основного технологического оборудования (емкостей, трубопроводов, тары). Предприятия, работающие на свежем молоке (прежде всего, сыродельные и маслодельные, а также низовые молочные заводы), характеризуются выраженной сезонной неравномерностью по производительности. Это приводит к сезонным максимумам и минимумам часового и суточного расходов сточных вод: в летний период продолжительность рабочего дня на предприятии больше и выше среднечасовой расход сточных вод. Объемы сточных вод, генерируемые на молочном заводе, подлежат анализу на предмет их сокращения, для этого рассматривают организацию мойки

оборудования, возможность использования промывных вод и моющих растворов, целесообразно ли это, как соблюдаются нормы расхода воды и есть ли возможность их сократить без ущерба для целевой производственной технологии.

Каждый производитель вынужден выпускать продукцию за счет маленьких издержек. Стоимость за сброс сточных вод и утилизацию стала в последние годы важной темой для рассмотрения. Тариф за сброс сточных вод, а также плата за высоко загрязненные стоки постоянно повышаются. Такие издержки действительно влияют на стоимость производимой продукции, но вопрос в том: каким образом эта связь может быть прервана?

Сточные воды характеризуются параметрами ХПК, БПК, а также содержанием жира и твердых частиц. Эти параметры определяют плату за сброс стоков и дополнительные взимания за сильно загрязненные стоки.

Требования также различаются в зависимости от размера производства и выпускаемого продукта. Тогда как некоторым компаниям требуется избавиться только от жира в стоках, большим же часто необходимо добиться установленного качества для выпуска. Это влечет за собой другие требования, так как очистка стоков сама по себе производит отходы, как флотационный шлам или избыточный активный ил, которые требуют утилизации.

Поэтому разрабатываемая концепция должна учитывать очистку стоков и обращение с отходами. Комплексное проектирование должно быть связано с производственным процессом и включать следующее:

—предотвращать образование и последующую очистку стоков;

—надежное и недорогое снижение нагрузок по сточным водам;

—снижение объема производимого флотационного шлама, избыточного активного ила и осадка путем их сгущения, обезвоживания и высушивания;

—безопасные пути утилизации (например, флотационный шлам для биологического сбраживания).

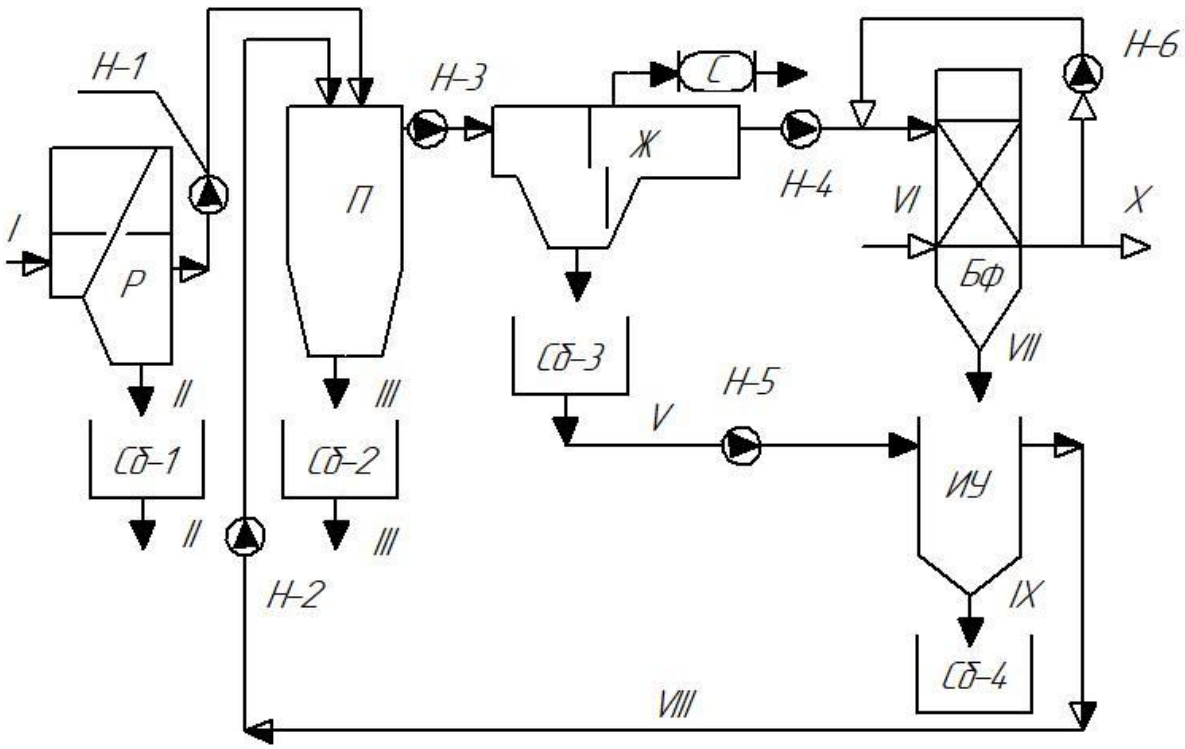
По требованиям к качеству очистки сточных вод и их точке сброса предприятия по переработке молока можно разделить на две группы:

1) находящиеся в черте города и сбрасывающие очищенные сточные воды в городской коллектор;

2) сбрасывающие очищенные сточные воды в водоем.

В связи с этим применяются различные технологические решения очистки: локальная очистка для первой группы и полный цикл очистки – для второй. В большинстве случаев нельзя выделить и очищать сточные воды отдельного цеха, поэтому на локальные очистные сооружения поступает смесь производственных и хозяйственно-бытовых сточных вод. Их локальная очистка в этом случае заключается в процеживании на решетках с прозором 2 – 3мм, усреднении и напорной реагентной флотации, которая является наиболее эффективным методом удаления взвешенных веществ, масел и жиров из сточных вод.

На рисунке 7 представлена схема, по которой производится сбор сточных вод и дальнейшая их очистка, основные аппараты которой, включают: решетку; песколовку; жироуловитель; биофильтр; илоуплотнитель.



I – «сточная вода; II – крупные примеси; III – песок и шлам; IV – уловленный жир; V – шлам; VI – воздух; VII – биопленка; VIII – влага; IX – обработанный осадок; X – очищенная вода; Р – решетка; П – песколовка; Ж – жироловка; Бф – биофильтр; ИУ – илоуплотнитель; Сб -1 – 4 – сборник; Н-1 – 6 – центробежный насос»

Рисунок 7 – Принципиальная технологическая схема очистки сточных вод молочного предприятия

«Сточная вода (I) поступает на механизированную решетку (Р). В данном аппарате происходит улавливание мусора, крупных примесей (II), которые с помощью граблей и транспортирующего устройства направляются в сборник (Сб-1). Осветленная сточная вода центробежным насосом (Н-1) направляется в песколовку (П).

В песколовке производится механическая очистка сточной воды от, грубодисперсных примесей, песка, боя стекла и взвешенных веществ. При этом, образующийся песок и шлам (III) направляются в сборник (Сб- 2)»[15]. После «песколовки сточная вода подается центробежным насосом (Н-3) на жироловку (Ж). В данном аппарате всплывшие жиры (IV) сгоняются скребковым механизмом (С) к щелевым поворотным трубам и выводятся по ним из секции. Шлам (V), образовавшийся на дне, тем же транспортером

сгребается к приямку, откуда его периодически выгружается в сборник (Сб-3) [5, 24].

Осветленная сточная вода из жироловки центробежным насосом (Н-4) направляется в биофильтр (Бф), где происходит снижение содержания органических загрязнений (БПК, ХПК). Сточная вода поступает в водораспределительные устройства, из которых периодически напускается на поверхность биофильтра. Проходя через фильтрующую загрузку биофильтра, загрязненная вода вследствие адсорбции оставляет в ней взвешенные и коллоидные органические вещества, которые создают биопленку (VII), густо заселенную микроорганизмами. Также, через трубопровод осуществляется подвод сжатого воздуха (VI), который необходим для окисления органических загрязнений присутствующих в сточной воде [36].

Далее биопленка из биофильтра (VII) и шлам (V) из жироловки поступают в илоуплотнитель (ИУ), где происходит образование влаги (VIII) и отработанного осадка (IX). Отделяемая влага (VIII) переливается через водослив, расположенный по периметру уплотнителя и направляется обратно в песколовку, обработанный осадок собирается в сборник (Сб-4) [6, 88]. После проведения очистки, очищенная сточная вода (X) в зависимости от концентрации загрязняющих веществ в нем, может направляться в канализационную сеть» ООО «АВТОГРАД-ВОДОКАНАЛ» или использоваться в качестве технической воды на предприятии.

Отходы на предприятиях молочной промышленности очень разнообразны и состоят не только из органики, но также из разбитого стекла и упаковочного материала. Такой материал должен быть задержан и удален до любой флотации или биологической очистки, чтобы защитить последующее оборудование и увеличить эффективность очистки.

Полный цикл очистки заключается в дополнении сооружений по локальной очистке сооружениями биологической очистки и доочистки. К самым современным направлениям при реализации полного цикла очистки относятся технология нитри-денитрификация с биологическим удалением

фосфора и мембранная микрофильтрация. Эти методы с успехом используются за рубежом, а также в российской практике реализации проектов очистных сооружений.

Промышленные предприятия зачастую работают в три смены, поэтому коэффициент неравномерности поступления сточных вод колеблется в пределах 1,3 – 1,8. Для сглаживания неравномерности поступления расходов и загрязнений сточных вод на физико-химическую очистку, а также сглаживание pH сточных вод применяется усреднение. Это позволяет получить стабильно высокую эффективность очистки сточных вод на последующей флотации и сократить количество вводимых реагентов. Западная концепция в обработке сточных вод молочной промышленности заключается в больших объемах сооружений для усреднения: от 12 до 24 часов пребывания сточных вод.

Рассмотрим способы очистки жиросодержащих сточных вод предприятий молочной промышленности. На рисунке 8 представлена схема очистки сточных вод, в таблице 4 дано поэтапное описание технологического процесса очистки и применяемого оборудования.

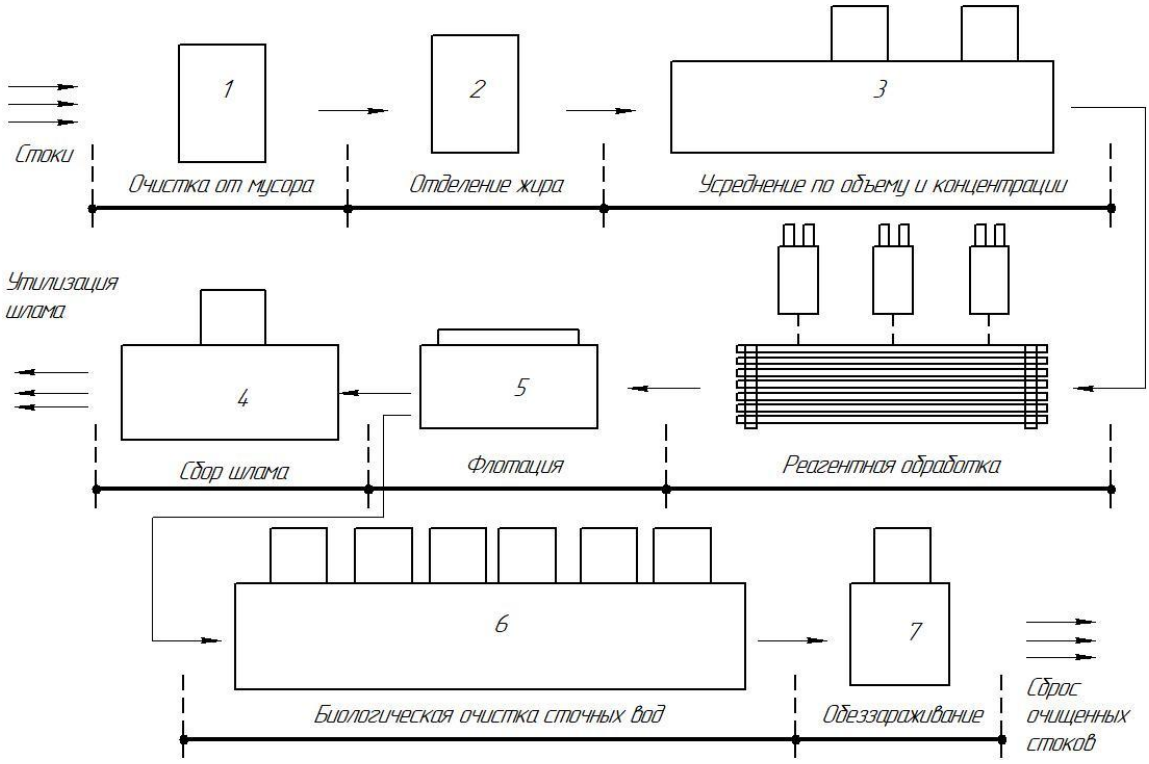
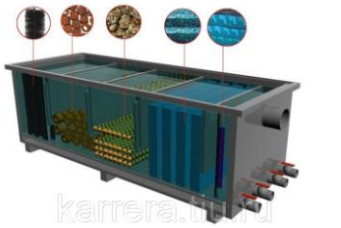
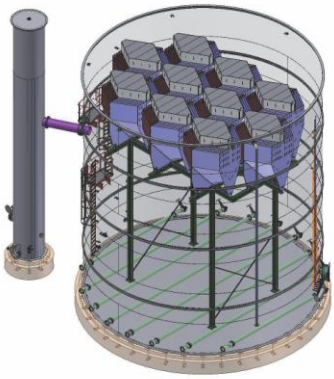


Рисунок 8 – Схема очистки сточных вод молокозавода

Таблица 4 – Этапы очистки сточных вод молочного предприятия и применяемое оборудование

Этап очистки	Описание	Изображение оборудования
1	2	3
1	Механические решетки производят очистку сточных вод от крупных загрязнений, а также производят процеживание поступившей воды.	
2	«Усреднение состава и нейтрализация - этап химической очистки стоков молочных производств. Для этого используют усреднитель, оснащенный механическим перемешивателем.»	
3	«Обезжиривание - физико-химический этап очистки сточных вод молочных производств. Обезжиривание может быть проведено в аппаратах разного типа — гравитационных жироуловителях, флотационных машинах, отстойниках, сепараторах и др. Для очистных сооружений молокозаводов наилучший эффект удаления жира показывают напорные флотаторы. Эти аппараты довольно сложны в эксплуатации, но особенности конструкции решетки, блоков тонкослойного остаивания, трубопроводов с переливными кромками и шнекового транспортера значительно повышают глубину очистки от жиров	
4	Напорная флотация может быть безреагентная и реагентная (с добавлением флотореагентов)». Эффективность безреагентной флотационной очистки характеризуется снижением концентраций: на 50% по жирам; на 35-45% по ХПК; на 50% по взвешенным веществам. Реагентная флотация дает наиболее заметное снижение загрязняющих «веществ, содержащихся в сточных водах молочных производств. Степень очистки с применением напорных флотаторов Flotomax составляет: 95% по жирам; 65-90% по ХПК; 90-95% по взвешенным веществам. При реагентной флотации образуется больше флотошлама. Флотошлам может быть насыщен тяжелыми металлами, что затрудняет его аэробную переработку и увеличивает стоимость утилизации отходов.	

Продолжение таблицы 4

1	2	3
	Поэтому выбор безреагентной флотации с экономической точки зрения более обоснован для мелких производств». Сфлотированный пенофлотошлам удаляют с поверхности стоков флотационных машин. В результате отделения жировых фракций образуется пена, насыщенная загрязнителями - флотошлам, который в дальнейшем сгущают и фильтруют. Пенофлотошлам подвергают аэробной стабилизации. За счет активно идущих процессов окисления во время стабилизации температура возрастает до 50°С. Выделяемую энергию можно использовать в процессах рециркуляции для подогрева потоков сточной воды	
5	«Биофильтры предварительной аэробной очистки оптимально оснащать структурированными пластиковыми загрузками, которые доводят эффективность окисления до 50-60% при показателе ХПК 3–4,5 кг/м³сут»	
6	«Аэротенки с принудительной аэрацией работают при дозе активного ила 4–5 г/л с низкой загрузкой по $БПК_{полн}$ – 0,2 г/ гсут. Для этих сооружений можно предусмотреть плавающую загрузку»	
7	«Анаэробный реактор в биологической очистке сточных вод – следующий технологический этап в работе очистных сооружений молокозаводов. Перед поступлением в реактор регулируют значения температуры и pH очищаемой воды, при необходимости предусматривают подогрев в теплообменнике. При проектировании системы очистки можно выбрать один из видов анаэробных биореакторов. Выбор зависит от исходного состава стоков, необходимой степени очистки, особенностей строительной площадки и других условий на объекте. Окислительная мощность биореакторов измеряется по кратности снижения ХПК и находится в пределах от 10 до 40 кг ХПК/м³сут. В аэротенках аэробного типа эта величина не превышает 1,5–2 кг/м³сут. В образующемся биогазе доля метана составляет до 75%, а удельный выход метана 0,35–0,38 м³ на 1 кг удаляемой ХПК.»	

Продолжение таблицы 4

1	2	3
	«Переработка биогаза на топливо полностью покрывает нужды водоочистного сооружения на отопление и подогрев воды, причем избыток энергии можно продавать сторонним потребителям. Образование активного ила происходит в 10-15 раз меньше по весу, чем при аэробных методах очистки. Удельные показатели выхода активного ила —0,04–0,05 кг/кг ХПК. С учетом анализа всех действующих схем очистки, проектирование новых очистных сооружений и расширение существующих станций водоочистки при молокозаводах более целесообразно вести с использованием анаэробных способов предварительной очистки. Несмотря на то, что оборудование анаэробных очистных сооружений обходится на 30-50% дороже аэробных схем и на несколько лет возрастает срок окупаемости, в итоге такая система становится рентабельной и может приносить прибыль. При сочетании методов аэробной и анаэробной глубокой очистки с использованием современных конструкторских достижений можно достичь высоких показателей эффективности»	
8	«Ультрафиолетовое обеззараживание традиционно является конечной стадией очистки хозяйственно-бытовых сточных вод от микроорганизмов, биологических вирусов и бактерий. На стадии уф-дезинфекции происходит уничтожение микроорганизмов на клеточном уровне. УФ-излучение воздействует на ДНК, вызывая разрушение её структуры. В результате прекращается процесс воспроизводства микроорганизмов. Эффективность обеззараживания сточных вод молочных производств с применением станций СДВ как правило является достаточной в технологической схеме организации водоочистки со сбросом в водоем.»	

1.5 Выводы по главе 1

1. Проведен качественный анализ сточных вод, образующихся от предприятий пищевой промышленности, определены приоритетные загрязняющие вещества, такие как фосфаты (по фосфору), жиры, сухой остаток. Имеются превышения по водородному показателю и $БПК_5$.

2. Представлен анализ воздействия загрязнителей, содержащихся в сточных водах предприятий молочной промышленности, на окружающую среду, что подтверждает необходимость обязательной очистки стоков.

3. Проведен теоретический обзор основных методов очистки стоков предприятий пищевой промышленности.

4.Обоснован наиболее эффективный подход очистки жиросодержащих сточных вод предприятий молочной промышленности.

Глава 2 Разработка технологии очистки жиросодержащих стоков на примере АО «Тольяттимолоко»

2.1 Описание рассматриваемого объекта производства

АО «Тольяттимолоко» располагается на одной производственной площадке в промзоне Автозаводского района г. Тольятти по адресу: ул.Коммунальная, 26.

По производственной структуре АО «Тольяттимолоко» включает в себя следующие подразделения, расположенные на единой производственной площадке:

– цеха: маслоцех, цех розлива;

– производственные участки: приемно-аппаратный (переработка молока, приемка молока), производства творога и творожных изделий;

– вспомогательные участки: сварочный, аккумуляторный, технического обслуживания и технического ремонта, мехмастерская, стоянка автомобилей, работа погрузчика;

– лаборатории: центральная, аппаратная, приема сырья.

Мощность по переработке молока составляет 80 тонн в сутки.

На приемно-аппаратном участке проводится скачивание молока из цистерн молоковозов в емкости завода. После чего осуществляется промывка самого молоковоза (имеется специальный автотранспорт (молоковоз) самого предприятия) по замкнутому циклу каустической содой, затем чистой водой и острым паром.

По мере опорожнения резервуаров, проводится их мойка по замкнутому циклу. Сначала в емкости заливается раствор каустической соды (жидкой), потом оборудование промывается водой, а затем проводится дезинфекция азотной кислотой и снова ополаскивание чистой водой с температурой около 100°С.

На приемно-аппаратном участке производится резервирование молока (охлаждение). Далее производится тепловая обработка молока,

сепарирование, нормализация смеси, пастеризация молока на розлив, пастеризация смеси для выработки диетической продукции (кефир, ряженка, снежок, бифидок, бифилайн, сметана, творог), сквашивание и выработка творожный изделий.

Все производственные стоки поступают в колодцы-отстойники объемом 1,0 $м^3$. Зачистка колодцев производится 2 раза в месяц.

Растворное отделение предназначено для приготовления растворов для мойки оборудования. Растворы готовятся в емкостях и по трубопроводам перекачиваются в емкости производственного корпуса.

Кальцинированная, каустическая сода поступают в полиэтиленовых мешках по 50 кг в мешке. Азотная кислота поступает в пластиковых однокубовых емкостях, которые являются оборотной тарой.

Лаборатория. Данное подразделение предназначено для контроля качества исходного сырья и выпускаемой продукции. Химические реактивы закупаются небольшими партиями, которые полностью расходуются в процессе работы.

Большое количество стоков образуется в «процессе переработки молока, мойки технологического оборудования, трубопроводов, тары и производственных помещений. Образуются высококонцентрированные стоки, содержащие нерастворимые хлопья белковых веществ, частицы жира, растворимый молочный сахар, растворы белковых веществ, моющих и дезинфицирующих средств.» [4]. При нерациональной организации водоотведения на предприятии в стоках могут также содержаться нефтепродукты.

По содержанию поллютантов «сточные воды предприятий молочной промышленности в 5-10 раз более загрязнены, чем хозяйственно-бытовые стоки и при сбросе без очистки представляют значительную опасность для окружающей среды» [4]. Сточные воды характеризуются значительными колебаниями объемов и загрязненности в течение суток, что вызвано залповыми сбросами отходов производства, моющих веществ и

цикличностью технологических процессов [1].

Рисунок 9 - Карта-схема АО «Тольяттимолоко»

2.2 Проведение анализа сточных вод предприятия

За сутки на предприятии образуется ≈ 750 $м^3$ сточных вод, примерно 300 грамм жира содержится в 1 $м^3$, а, следовательно, это около 6 т жиров в месяц. Собственных очистных сооружений на АО «Тольяттимолоко» нет.

2.2.1 Физические показатели сточных вод

2.2.1.1 Уровень прозрачности

«Для определения прозрачности воды в стеклянную колбу налили исследуемую воду высотой примерно 20 см. Под колбу подложили белый лист бумаги и дали отстояться 25 минут, затем оценили результат. В нашем случае вода была прозрачной» [36].

2.2.1.2 Цвет

Для определения цвета воды проделали тот же опыт, что и для определения прозрачности. Цвет у пробы не наблюдался.

2.2.1.3 Запах

Для определения запаха воды набранную пробу закрыли плотно пробкой так, чтобы не было контакта с кислородом. Колбу с водой оставили на несколько часов. Затем открыли и понюхали. Запах был чуть заметный.

2.2.1.4 Температура

Для определения температуры пробы в колбу с исследуемой водой опустили термометр, выдержали в течение 5 минут. Температура воды была $19{,}5^0$ С.

2.2.2 Химические показатели сточных вод

2.2.2.1 Водородный показатель

Измерили водородный показатель при помощи pH – метра. pH = 7,3 – это слабощелочная, практически нейтральная среда.

2.2.2.2 Окисляемость

«Органика легко окисляется в воде, в результате вода обедняется кислородом. Для ориентировочного определения окисляемости налили в пробирку 10мл предварительно отфильтрованной воды, затем добавили 0,5 мл 30%-ной серной кислоты и 1мл 0,01%-ного раствора перманганата калия. Смесь перемешали и оставили на 20мин при температуре 20^0 С. Соотнесли»

«полученный результат со шкалой окисляемости воды» и сделали вывод, что окисляемость нашей пробы, которая в результате имела лилово – розовый цвет равна 2 мг/л» [36].

«Предельно допустимая величина окисляемости кислорода – 15-20мг/л зимой и 20-30мг/л летом. А, следовательно, наша проба имеет допустимую величину» [49].

2.2.2.3 Наличие сульфатов

«Экспресс-метод определения сульфатов в воде заключается в сравнении цвета пробы с добавленным к ней реактивом со шкалой эталонов (качественному описанию)» [36]. В пробирки налили по 5мл исследуемой воды, добавили «по 3 капли 10%- ного раствора хлорида бария и по 3 капли 25%-ного раствора соляной кислоты. Пробирки не взбалтывали. По объему выпавшего осадка оценили содержание сульфатов» [36]. В нашей пробе выпала слабая муть сразу после добавления реактивов, а, следовательно, содержание сульфатов в ней 10 – 100 мг/л. По данным предприятия в их пробах содержится 74 мг/л. А, значит, анализ мы провели правильно.

«Предельно допустимое содержание сульфат – ионов 300 мг/л. А, следовательно, наша проба имеет допустимую величину» [36].

2.2.2.4 Наличие хлоридов

«Экспресс-метод определения хлоридов в воде заключается в сравнении цвета пробы с добавленным к ней реактивом со шкалой эталонов (качественным описанием)» [36]. «К 5 мл исследуемой воды добавляли по 2-3 капли 30%-ной азотной кислоты и по 3 капли 10%-ного раствора нитрата серебра. По выпавшим осадкам определили количество хлоридов в пробах. И соотнесли их со шкалой хлоридов в воде» [36]. У нас выпала сильная муть, а, следовательно, в пробе содержится 10-50 мг/л. По данным предприятия в их пробах содержится 22 мг/л. А, значит, анализ мы провели правильно.

«Предельно допустимое содержание 500 мг/л. А, следовательно, проба имеет допустимую величину» [36].

2.2.2.5 Массовая концентрация жиров и нефтепродуктов в пробе

«Для определения воспользовались методикой измерений массовой концентрации жиров в поверхностных и сточных водах гравиметрическим методом» (ПНД Ф 14.1:2.122-97). Пробу воды объемом 100 см^3 поместили в делительную воронку. Анализируемый раствор должен иметь pH>2, наш имеет pH=7,3. Перед экстракцией в него ввели 1,50 г хлорида натрия. Разделение слоев после экстракции проходило хорошо. Экстрагентом служил петролейный эфир. «Экстракцию проводили 3 раза (время проведения экстракции 1-2 минуты) порциями первый раз - 20мл, второй и третий – 10см^3 органического растворителя, обмывая им стенки всех применяемых стеклянных сосудов: делительной воронки, склянки, в которой была проба. Экстракты объединили и сушили прокаленным сернокислым натрием около 30 минут» [49].

«После экстракт перенесли в мерную колбу вместимостью 100 см^3, сернокислый натрий промыли тремя порциями по 3см^3 петролейного эфира, которые присоединили к экстракту. Довели объем раствором до метки в мерной колбе петролейным эфиром и перемешали. Отобрали аликвотную порцию экстракта, перенесли ее в предварительно взвешенный бюкс (82,5338 г) и осторожно удалили органический растворитель нагреванием на водяной бане, а в конце при 100-105ºС в сушильном шкафу, после чего взвесили бюкс (82,5350 г)».

«Высушивание и взвешивание повторяли до получения постоянной массы. Нашли массовую концентрацию всех экстрагированных веществ по формуле)» [49]:

$$x_1 = \frac{(m_1 - m_2) \cdot V_2 \cdot 1000}{V_1 \cdot V}, \qquad (2.1)$$

где

„m_1 – масса бюкса с остатком после удаления петролейного эфира, мг;

m_2 – масса пустого бюкса, мг;

V_1 – объем аликвотной порции экстракта, см^3;

V_2 – вместимость мерной колбы с экстрактом, см^3;

V – объем пробы, взятой для анализа, см^3.»

$$x_1=\frac{(82,5350-82,5338)\cdot 100\cdot 1000}{25\cdot 16,1365}=0,29\ , \qquad (2.2)$$

«Для определения массовой концентрации нефтепродуктов другую аликвотную порцию экстракта» пропустили «через колонку с оксидом алюминия» после поступили, как описано выше. Масса пустого бюкса 29,4162 г. Масса бюкса с навеской после сушки 29,4165 г.

Нашли массовую концентрацию нефтепродуктов «по формуле:

$$x_2=\frac{(m_1-m_2)\cdot V_2\cdot 1000}{V_1\cdot V}, \qquad (2.3)$$

где m_1 – масса бюкса с остатком после удаления петролейного эфира, мг;

m_2 – масса пустого бюкса, мг;

V_1 – объем аликвотной порции экстракта, см^3;

V_2 – вместимость мерной колбы с экстрактом, см^3;

V – объем пробы, взятой для анализа, см^3.»

$$x_2=\frac{(29,4165-259,4162)\cdot 100\cdot 1000}{10\cdot 10}=0,3, \qquad (2.4)$$

Нашли массовую концентрацию жиров.

Сначала провели расчет по формуле:

$$x = x_1 - x_2, \qquad (2.5)$$

получили отрицательное значение, поэтому подставили данное выражение под модули:

$$x = |x_1 - x_2|, \qquad (2.6)$$

получилось, что массовая концентрация жиров в данных стоках равна 0,01 мг/дм^3.

2.2.2.6 Биотестирование хлореллой и дафниями

Хлорелла

Мы воспользовались «методикой измерений оптической плотности культуры водоросли хлорелла (Chlorella vulgaris Beijer) для определения

токсичности питьевых, пресных природных и сточных вод, водных вытяжек из грунтов, почв, осадков сточных вод, отходов производства и потребления».

«Приготовленная тест-культура водоросли вносится по 2 $см^3$ в 6 стаканов с 48 $см^3$ контрольной и тестируемых проб воды. В результате такого разбавления засеваемой культуры содержание элементов питания в тестируемой воде будет соответствовать 2% среде Тамия, а исходная оптическая плотность тест-культуры водоросли будет равна 0,005. При работе с водными вытяжками из отходов в 6 стаканов с 45 мл экстрактов из отходов, разбавленных кратно 10-ти, тест-культура водоросли вносится по 1,9 $см^3$. Содержимое каждого стакана разливается по 6 $см^3$ во флаконы-реакторы (по 4 флакона на каждый вариант тестируемой воды, включая контрольную пробу). Ростовые характеристики культуры водоросли хлорелла определяются во многокюветном культиваторе КВМ-05. Прибор позволяет в одинаковых и контролируемых условиях по температуре, интенсивности света, снабжению ССЬ (0,03%) и перемешиванию одновременно выращивать 24 пробы культуры водорослей. При оптимальном режиме (Т-36±0,5 °С, средней интенсивности света 60 $Вт/м^2$) увеличение оптической плотности контрольной культуры водоросли и, следовательно, численности клеток за 22 часа составляет порядка 30 раз (конечная = 0,150±0,03). Таким образом, за это время действие загрязняющих веществ, содержащихся в пробах, проявится примерно в пяти поколениях клеток водоросли. Если после 22 часов культивирования оптическая плотность суспензии превышает указанную величину, то следует сократить время биотестирования на 1-2 часа. Все 24 заправленных флакона закрыли чистыми полиэтиленовыми пробками, в которых для обеспечения оптимального газообмена со средой и предотвращения излишнего испарения культуральной жидкости сделаны отверстия диаметром 6 мм. Перед использованием пробки заливали кипящей водой, выдержали в ней 10 минут, а затем, слив воду, просушили фильтровальной бумагой. После этого

флаконы с пробками строго по» «вариантам установили в предварительно включенный в сеть культиватор КВМ-05. Флаконы загрузили в приостановленную кассету по ходу ее вращения, т.е. против часовой стрелки.»

Через 22 часа [50] «культивирования выключили культиватор КВМ- 05 из сети и провели измерение оптической плотности суспензии водоросли во всех флаконах. Для этого флаконы извлекли из культиватора и разместить в штативе. Затем, поочередно устанавливая флаконы в измеритель ИЛ С-03, провели замеры их оптической плотности» [50].

Таблица 5 – Биотестирование. Хлорелла

№ кювета	Оптическая плотность	№ кювета	Оптическая плотность
1	2	3	4
1	0,129	13	0,217
2	0,132	14	0,187
3	0,125	15	0,185
4	0,150	16	0,165
5	0,270	17	0,270
6	0,140	18	0,230
7	0,126	19	0,227
8	0,088	20	0,204
9	0,178	21	0,122
10	0,145	22	0,123
11	0,148	23	0,155
12	0,137	24	0,103

Рассчитываем относительную разницу средней величины оптической плотности для каждого разделения по сравнению с контролем по формуле:

$$I = \frac{\bar{D}_k - \bar{D}_o}{\bar{D}_k} \cdot 100\%, \qquad (2.7)$$

где $\overline{D}_k$ и $\overline{D}_o$ – среднее значение оптической плотности в контроле и в оптической плотности, соответственно.

$$I_0 = 0\%, \quad (2.8)$$

$$I_1 = \frac{0,134-0,118}{0,134} \cdot 100 = 11,9\%, \quad (2.9)$$

$$I_5 = \frac{0,134-0,116}{0,134} \cdot 100 = 13,4\%, \quad (2.10)$$

«Критерием токсичности пробы воды является снижение средней величины оптической плотности по сравнению с контрольным вариантом на 20% и более» [15]. В опыте такого не наблюдается, а, следовательно, проба не является токсичной.

Воспользовались методикой «измерений количества Daphnia magna Straus для определения токсичности питьевых, пресных природных и сточных вод, водных вытяжек из грунтов, почв, осадков сточных вод, отходов производства и потребления методом прямого счета (ПНД» Ф Т 14.1:2:3:4.12-06 Т 16.1:2:2.3:3.9-06).

Для приготовления разбавлений исследуемых вод мы использовали культивационную воду.

«Определение токсичности каждой пробы без разбавления и каждого разбавления проводим в трех параллельных сериях. В качестве контроля используем три параллельные серии с культивационной водой. Биотестирование проводили» с «соблюдением требований к температуре, продолжительности фотопериода и качеству культивационной воды.» [41].

Таблица 6 – Биотестирование. Дафнии

Кол-во дафний через 24 часа	Кол-во дафний через 48 часа	№ п\п	Кол-во дафний через 24 часа	Кол-во дафний через 48 часа
1	2	3	4	5
10	10	10	10	10
10	10	11	10	10
10	10	12	10	10
10	10	13	10	10

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4	5
10	10	14	10	10
10	10	15	8	7
10	10	16	10	9
10	10	17	10	9
10	9	18	10	9

Для определения острой токсичности исследуемой воды рассчитываем «процент погибших в тестируемой воде дафний (А,%) по сравнению с контролем:

$$A = \frac{x_к - x_т}{x_к} \cdot 100\%, \quad (2.11)$$

где $x_к$ – количество выживших дафний в контроле;

$x_т$ – количество выживших дафний в тестируемой воде» [41].

$$A_0 = 0\%, \quad (2.12)$$

$$A_{1,2,3} = \frac{10-10}{10} \cdot 100 = 0\%, \quad (2.13)$$

$$A_{4,5} = \frac{10-9}{10} \cdot 100 = 10\%, \quad (2.14)$$

«При А≤10% тестируемая вода не оказывает острого токсического действия» [41]. Следовательно, забранная сточная вода не токсична.

В таблице 7 представлен перечень веществ, по которым необходимо проводить качественный анализ стоков предприятий молочной промышленности и нормативные показатели, которым они должны соответствовать.

Таблица 7 – Перечень загрязняющих веществ для производственного контроля стоков предприятия молочной промышленности

Наименование загрязняющих веществ (ЗВ)	Код ЗВ	Правила холодного водоснабжения и водоотведения*	Постановление Мэрии г.о. Тольятти от 12.07.2012 №1984-п/1**
		Норматив допустимого сброса (лимит на сброс), мг/л	Норматив водоотведения (сброса), мг/л
1	2	3	4
Температура, ^{o}C		40	

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4
pH		6,0-9,0	6,0-9,0
Взвешенные вещества	113	300	155,3
Нефтепродукты	80	10	1,14
$БПК_5$		300	-
БПК полн.	132	-	150
ХПК	70	500	230
Соотношение ХПК/БПК5		2,5	-
Цинк	55	1	0,023
Никель	27	0,25	0,0064
Медь	22	0,5	0,006
Хлорид-ион	52	1000	59,23
Фосфат-ион	90	-	2,1
Сульфат-ион	40	300	96,6
Аммоний-ион	3	-	13
Железо общее (раств.)	13	-	0,9
Железо общее (вал.)	13	3	-
АПАВ	36	10	0,97
Нитрит-ион	29	-	1,66
Нитрат-ион	28	-	8,21
Сухой остаток	83	3000	505,85
Алюминий	1	3	0,15
Хром 6-ти валентный		0,05	0
Хром общий	73	0,5	-
Свинец (раств.)	35	-	0
Свинец (вал.)	35	0,25	0
Кадмий	15	0,015	-
Фенолы	46	0,25	0
Сульфиды (S-H2S+S2-)	84	1,5	0
Азот общий		50	-
Жиры		50	

* – Постановление Правительства РФ от 29.07.2013 №644 (ред. От 05.01.2015) «Об утверждении Правил холодного водоснабжения и водоотведения и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации».

** – Постановление Мэрии г.о. Тольятти от 12.07.2012 №1984-п/1 «О внесении изменений в Постановление Мэрии г.о. Тольятти от 05.02.2010 №254-п/1 «Об утверждении нормативов водоотведения (сброса) по составу сточных вод в системы канализации г.о. Тольятти».

Согласно результатов исследований, было получено, что в исследуемых образцах сточных вод имеются превышения по хлоридам,

сульфатам, фосфатам (по фосфору), сухому остатка, а также высокое содержание жиров.

2.3 Патентный поиск способов очистки жиросодержащих стоков предприятий молочной промышленности

Рассмотрим некоторые варианты предлагаемых патентов по теме очистки сточных вод для молочного производства. В таблицах и представлен результат проведенного патентного поиска при введении флокулянта и коагулянта.

Таблица 8 – Патентный поиск при введении флокулянта

Патент	Содержания патента	Недостатки
1	2	3
Введение флокулянта		
«Патент RU 2341463 C02F1/28 Опубликовано 20.12.2008»	«Способ очистки сточных вод от взвешенных частиц с помощью реагентов - флокулянта и алюминийсодержащего сорбента с последующим отстаиванием» [33]	«Очистка сточных вод только от взвешенных частиц»
«Патент SU №979276, C02F 1/46, опубл. 07.12.1982»	«Проведение очистки сточных вод предприятий молочной промышленности с помощью введения извести в объеме 0,5-1,0 г/л, с последующей электрофлотации при наличии ионов хлора. 90% сухих веществ осаждается, что более эффективно, чем обработка сульфатом алюминия и хлоридом железа»	«Низкая степень очистки»

Продолжение таблицы 8

1	2	3
«Патент RU №2042642, МПК C02F 1/52, 1995 г»	«Очистка сточной вод от работы предприятий мясной и молочной промышленности, которая включает коагуляцию при помощи реагента, отстаивание, осветление осадка. Коагуляция происходит фрезотом, его количество составляет 1,0-1,5 л на 1 $м^3$ сточных вод»	«Недостаточная степень очистки», 93%
«Патент SU № 1799364, МПК C02F 1/56, 1993 г.»	«Способ очистки сточных вод масложировой и пищевой промышленности, включающий введение коагулянта и флокулянта с последующим отделением образующегося осадка, в котором в качестве коагулянта используют сульфат алюминия, а в качестве флокулянта - тройной сополимер итаконовой, нитрилакриловой кислоты и метакрилата натрия. Преимущественное выполнение способа, когда коагулянт и флокулянт вводят в количестве 0,1-0,5 и 0,01-0,1 г/л соответственно»	«Недостаточная степень очистки, 90%»

Продолжение таблицы 8

1	2	3
«Патент RU 2234466, опубл. 20.08.2004, МПК C02F 1/56, B01D 21/01, C02F 103:24»	«Способ очистки сточных вод, включающий введение коагулянта сульфата алюминия и флокулянта, в котором в качестве флокулянта используют полимер, являющийся продуктом взаимодействия полиакриламида с натриевой солью акриловой кислоты с молекулярной массой $12{,}6 \cdot 10^6$ и содержанием ионогенных звеньев 19,8 мол.% в количестве 0,03-0,05 мг/л, а сульфата алюминия - 0,4-0,6 г/л.»	«Степень очистки сточных вод до 98%»

Патентный поиск при введении коагулянта представлен в таблице 9.

Таблица 9 – Патентный поиск при введении коагулянта

Наименование патента	Содержания патента	Недостатки
1	2	3
Введение коагулянта		
Патент RU №2104963, МПК C02F 1/52, опубл. 20.02.1998 г.	Способ очистки сточных вод, в частности сточных вод молочных заводов, включающий предварительное введение	требует введения высоких доз реагентов и при этом малоэффективен для снижения концентрации органических загрязнений из-за

Продолжение таблицы 9

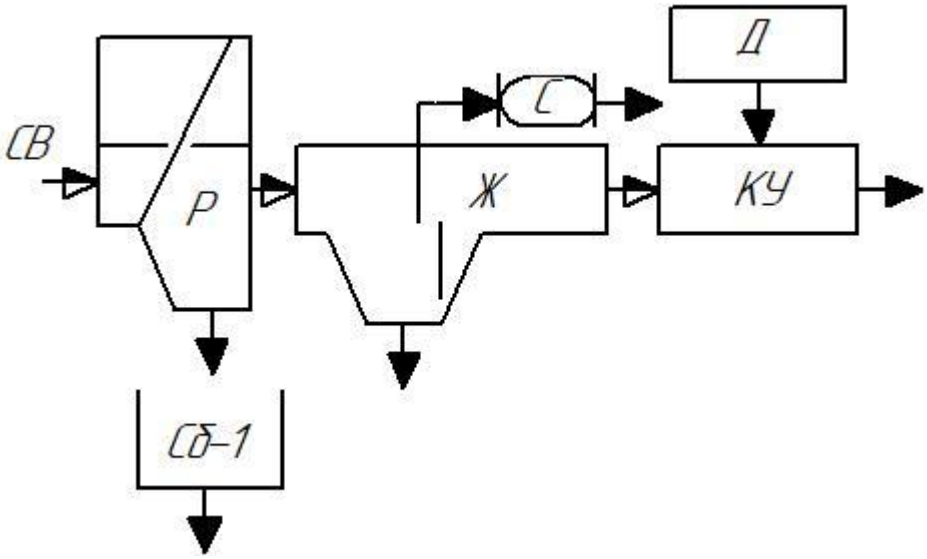
1	2	3
	собирателя, затем коагулянта, отстаивание и отделение осадка	нестабильности процесса коагуляции, т.к. не учитывается неоднородность состава сточных вод молокоперерабатывающих заводов
Патент RU №2234463, МПК C02F 1/52, C02F 1/56, опубл. 20.08.2004 г.	Способ физико-химической очистки с использованием в качестве коагулянта хлорида магния и флокулянта (ПАА) с последующим отстаиванием, при котором перед введением коагулянта в сточные воды предварительно разбавляют промывными или оборотными водами до концентрации взвешенных веществ 8-15 г/л и pH=9,5 и выше	Способ сложен в использовании и малоэффективен при удалении органических веществ, т.к. требуемая степень удаления взвешенных веществ для сточных вод молочных заводов практически всегда обеспечивается при обработке этих стоков более простым способом.
Патент RU №2228301, МПК C02F 1/52, C02F 1/56, опубл. 10.05.2004 г.	Способ очистки масло- и жиросодержащих сточных вод путем обработки совместно азотной кислотой и флокулянтом «Флокатон BC-854» с последующим разделением фаз флотацией	Недостатком способа является низкая эффективность снижения концентрации органических загрязнений, т.к. не обеспечивается стабильность процесса коагуляции с применением кислоты и флокулянта, а также то,

Продолжение таблицы 9

1	2	3
		что не учитываются возможные резкие колебания состава (в т.ч кислотности) сточных вод молокозаводов.

2.4 Предлагаемое техническое решение

На основании проведенного исследования был выбран метод очистки жиросодержащих стоков на предприятии молочной промышленности (рисунок 10), преимуществами которого является очистка сильнозагрязненных жиросодержащих технологических сточных вод (ЖТСВ).



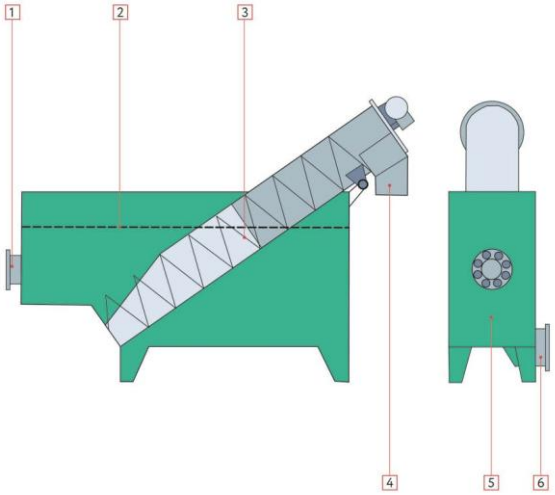
СВ – сточные воды; Р – решетка; Ж- жироуловитель; КУ – кавитационная установка; Д- дозатор биопрепарата; Сб-1, С – сборники

Рисунок 10 – Предлагаемая технологическая схема очистки сточных вод молочного предприятия

Объем сточных вод составляют 750 м^3/ сутки, имеются превышения по содержанию хлоридов, сульфатов, фосфатов (по фосфору), сухого остатка, а также высокое содержание жиров.

В соответствии с данными параметрами подберем оборудование, которое требуется для очистки жиросодержащих сточных вод.

1) Механическая решетка РМ-45 (рисунок 11, таблица10).



1 – ввод стоков; 2 – верхний уровень стоков; 3 – шнек;
4 – выгрузка отбросов; 5 – емкость; 6 – отвод очищенной воды
Рисунок 11 – Механическая решетка для очистки сточных вод РМ-25

Таблица 10 – Технические характеристики механической решетки РМ-45

Производительность	45 $м^3$/час
Диаметр шнека, мм	300
Диаметр отверстий перфорации, мм	4
Общая длина, мм	1750

2) Жироуловитель (рисунок 12, таблица 11)

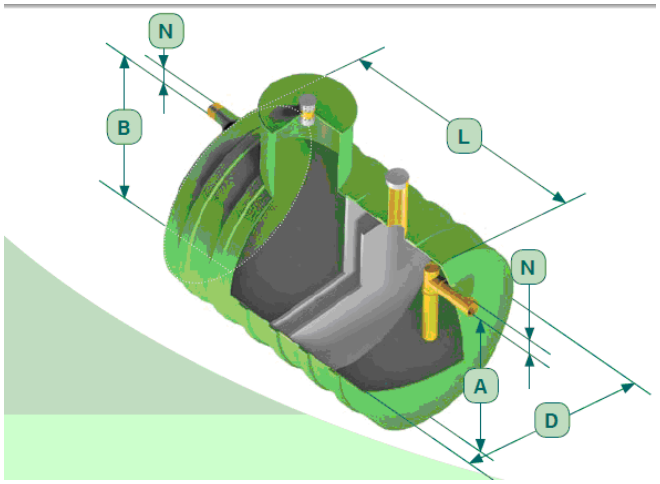


Рисунок 12 – Жироуловитель

Таблица 11 – Технические характеристики жироуловителя

Производительность	50 $м^3$/час
Время отстаивания	55 мин.
Эффективность отстаиваниям по жирам	65%
Габаритные размеры (ДхШхВ)	6000х2000х2400 мм

3) Кавитационная установка CAF-50 (рисунок 13, таблица 12)

Рисунок 13 – Кавитационная установка CAF-50

Таблица 12 – Технические характеристики кавитационной установки CAF-50

Производительность	50 $м^3$/час
Габаритные размеры (ДхШхВ)	5300х1800х1800 мм
Количество аэраторов	1
Общая мощность	2,94 кВт

2.4.1 Анализ биопрепаратов, используемых для очистки жиросодержащих стоков

Биопрепараты – это многокомпонентные продукты, основу которых составляют микроорганизмы (бактерии) и вспомогательные вещества (ферменты, питательные вещества, отдушки, ПАВ и т. д). Как правило, в одном биопрепарате находятся от 4 до 24 различных видов (штаммов) бактерий.

Селективность в питании каждого штамма позволяет устранять только определенный вид загрязнений и простая комбинация этих штаммов дает возможность выводить биопрепараты с заданными и уникальными свойствами. Сегодня существуют бактерии, питательной основой для которых являются: стиролы, диоксиды, гербициды, силикаты. Такие бактерии получили название «Фабрика энзимов».

В области очистки сточных вод «и утилизации отходов имеются множество сложных проблем: разложение жиров, углеводородов, фенолов, поверхностно-активных веществ, обработка лишнего ила на иловых площадках, эффективная работа метантенков, отстойников - перегнивателей и других сооружений» [56] для сбрасывания ила. В настоящее время в России практически отсутствует практика использования биологических препаратов для решения экологических проблем. В то же время ведущие производители стран Западной Европы и Северной Америки предлагают широчайший спектр микробиологических продуктов для решения проблем, связанных с очисткой сточной воды и утилизации органических отходов. В се биопрепараты содержат селективно адаптированные бактерии для «разрушения разнообразнейших субстрактов (жиров, масел, белков, углеводородов, крахмала, и других органических веществ). Все бактериальные культуры встречаются в природе и непатогенны» [55].

В каждом отдельном случае необходимо разработать технологию применения препаратов. При этом следует учитывать состояние объекта на данный момент, иловых масс, их объемы и другие параметры для определения оптимальной дозы биопрепарата. При использовании препаратов не нарушается действие принятых на очистных сооружениях технологий, наоборот, они улучшают и дополняются работой бактерий.

За последние пять лет в европейских странах происходит постоянный рост (до 15% каждый год) применения и потребления биопрепаратов. В Российской Федерации за этот же период потребление биопрепаратов

каждый год вырастает свыше 100%. Такое развитие в области новых технологий будет сохранятся ближайшие несколько лет.

«Преимущества биопрепаратов перед химическими средствами:

- экологически безопасны (для окружающей среды, природы и человека);

- экономически выгодны (для решения проблемы требуется меньшее количество препаратов);

- полностью решают проблему (за счет устранения самого источника загрязнений);

- обеспечивают продолжительный эффект от применения;

- решают проблемы там, где химические средства бессильны» [27].

Бактерии действуют как «разумная, эффективная система» распознающая присутствующие органические соединения и (до тех пор, пока есть возможность) производящая энзимы (ферменты) для разложения этих специфических соединений.

Они используют органические соединения, как пищу, позволяющую бактериям расти и размножаться, «поедая» всё больше и больше этих веществ.

Примеры энзимов:

- Амилаза (разложение крахмала);

- Протеаза (разложение белков);

- Целлюлаза (разложение целлюлозы);

- Кератиназа (разложение кератина);

- Липаза (разложение жира).

Существующие проблемы:

1. Разложение жиров в насосных станциях и канализационных сетях;

2. Эффективная работа аэротенков;

3. Эффективная работа сооружений сбраживания ила (септики, отстойники-перегниватели, метантенки, двухъярусные отстойники);

4. Утилизация ила на иловых площадках, прочистка дренажа.

«Применение биологических препаратов позволит многократно:

- снизить трудозатраты в 3-5 раз;» [37]

- снизить энергопотребление от 50 до 100%;

- повысить функциональные качества сооружений в 5-10 раз.

Благодаря селективной адаптации, бактерии размножаются с повышенной скоростью. Бактерии разрушают органику, жиры и другие вещества, которые они используют для питания, построения клеток и др. Значительно уменьшается слой иловых масс, вода отделяется от ила. Когда органика переработана, бактерии прекращают рост, размножение и отмирают. Косвенный эффект при этом заключается в достаточной очистке воды, в которой значительно снижаются БПК, ХПК, содержание взвешенных веществ, нитратов и фосфатов, а также исчезает запах и увеличивается количество растворенного кислорода.

Биологическое удаление органических загрязнителей является прекрасной альтернативой ныне известных методов очистки, которые зачастую малоэффективны. При этом биопрепараты являются самым» «дешевым средством, не требуют энергозатрат и крупных капиталовложений, работают интенсивно и абсолютно надежно, они безвредны при работе с ними и не загрязняют окружающую среду, являются единственным доступным способом очистки озер, прудов, илохранилищ, устраняют необходимость применения» [18] сильных химикатов.

«Биопрепараты серии «Биодеструктор» должны соответствовать следующим требованиям:

- обладать повышенной специфичностью к биодеструкции загрязнителя» (жиры), преобладающего на очищаемом объекте;

- быть безвредными для экосистемы;

- «иметь разрешение к применению санитарных органов Российской Федерации;

- быть пожаро- и взрывобезопасными и нетоксичными для персонала, работающего при их доставке и использовании;

- быть устойчивыми во времени по качественным показателям;

- транспортироваться любыми доступными видами транспорта на любые расстояния в прочной упаковке, не подвергающейся порче и не нарушающей их свойств.

Биопрепараты серии «Биодеструктор» проявляют универсальные свойства при разложении» жиров, «однако их специфичность, проявляющаяся в повышенной активности, зависит от определенных условий.

Оптимизация условий применения биопрепаратов в процессе очистки определяется, исходя из загрязненного объекта природной среды, количества загрязнителя, гидрометеорологической обстановки на месте работ, наличия технических средств и возможности их оперативной доставки.

Биопрепараты наиболее эффективны при температуре среды не ниже + 10°С и не выше + 50°С; - влажности поверхности почвы около 70 % полной влагоемкости; внесении основных биогенных элементов (аммонийного азота, водорастворимых солей фосфора, калия, магния и т.д.); отсутствии токсичных для биопрепаратов соединений либо их предварительной нейтрализации и удалении. Сравнительные характеристики биопрепаратов» представлены «в таблице 13.

Таблица 13 – Сравнительные характеристики биопрепаратов

Название биопрепарата	Описание	Характеристики	Преимущества
1	2	3	4
«Bacti - Bio 9500 (Бакти Био 9500)»	«Bacti-Bio 9500 – порошкообразный концентрат, разработанный для разложения широкого спектра субстратов. Многочисленные микробные штаммы Bacti-Bio 9500 некультивированные и непатогенные.»	«Bacti-Bio 9500 - порошок белого цвета. Диапазон pH от 6.0 до 9.0 с оптимумом 7.5.» Наиболее эффективный «диапазон температуры - от 25оС. до 55оС (77оF - 131оF) с	«Быстрое и глубокое воздействие, благодаря совместному действию бактерий, ферментов и биогенов. Полное удаление жиров и других органических отложений из канализационных сетей и очистных сооружений; Быстрый запуск очистных сооружений.»

Продолжение таблицы 13

1	2	3	4
	«Отобранные штаммы - активные продуценты ферментов: амилазы» (разложение крахмала), протеазы (разложение белков), целлюлазы (разложение целлюлозы), кератиназы (разложение кератина), липазы (разложение масел и жиров) и т.д. «Несколько культур синтезируют биологические поверхностно активные вещества.»	оптимальной температурой около 30оС»	«Позволяет системам очистки работать лучше и дольше без обслуживания; Поддерживает канализационные сети чистыми; Контролирует газовыделение (устраняет неприятные запахи); Длительное самостоятельное существование в системах очистки.»
«BioRemove 5100 (Bichem DC 1008 CB)»	«BioRemove 5100 представляет собой смесь специально подобранных микроорганизмов, которые используются для очистки промышленных сточных вод с широким спектром загрязнений. BioRemove 5100 используется в промышленных сточных водах для снижения значений ХПК и обеспечения стабильности работы очистных сооружений»	«BioRemove 5100 вносится ежедневно непосредственно на вход в аэротенк. Уровень pH фактора 6.0-9.0 , оптимальный близок к 7.0. Температура сточных вод оказывает влияние на активность микроорганизмов, с удвоением роста для каждых 10 °C, верхний предел 40°C»	«Повышение стабильности работы канализационных и очистных систем, снижение риска засоров, уменьшение запахов; Уменьшение общего количества органики в стоках; Целевое удаление специфической органики; Быстрое устранение последствий аварийных сбросов; Уменьшение зависимости качества стоков от изменений объемов производства и ассортимента выпускаемой продукции; Снижение сумм муниципальных платежей и штрафов; Быстрый запуск работы очистных сооружений при вводе в строй новых предприятий, после сезонных или ремонтно-профилактических остановок».
Bichem GTX	«Порошкообразная смесь на основе нескольких штаммов микроорганизмов, специально отобранных	«Насыпная плотность 0,7 – 0,8 г/мл «Влажность приблизительно 15%	«Быстрое и глубокое воздействие обеспечивается синергетическому действию энзимов,

Продолжение таблицы 13

1	2	3	4
	«за их способность к разложению животного, растительного или минерального жира и масел»	«диапазон pH 6.0 - 8,5 (предпочтительный 7-7.5) диапазон температур 15 - 45°С Срок годности 2 года»	«бактерий и вспомогательных веществ; -Нормализует работу жироловки, не дает жиру накапливаться -Пробивает засоры, образованные эмульгированными жирами и моющими средствами, маслами и волокнами; -Незаменим для гигиены ресторанов.»
GREASE GUARD EU. Гриз Гард	«БиоС 3112 – это новый запатентованный штамм Bacillus, придающий препарату Гриз Гард EU способность разлагать наиболее трудноудаляемую часть молекул жира – жирные кислоты с длинной углеводородной цепочкой»	«Регулярная обработка: суточная доза препарата вводится по коммуникациям, расположенным до жироуловителя; Посев: 1,5 л/м3 объема жироуловителя Концентрация микроорганизмов 1,5.108 КОЕ/мл Виды микроорганизмов Споры различных бацилл».	«Препарат снижает количество накапливающегося жира, поддерживает хорошую проходимость коммуникаций. Снижает уровень неприятных запахов в жироуловителях и сливных системах, за счет ингибирования биологического образования летучих веществ. Содержит новый запатентованный штамм» Bacillus БиоС 3112, придающий препарату способность разлагать наиболее трудноудаляемую часть молекул жира - жирные кислоты с длинной углеводородной цепочкой, которые, как известно, постоянно присутствуют в таких средах, вызывая большинство проблем, связанных с обслуживанием и обработкой. Не агрессивен по отношению к оборудованию и экологически безопасен. BI-CHEM GREASE GUARD EU используется в общественных учреждениях (столовых, ресторанах, кафе, больницах, школах и т.д.»

Продолжение таблицы 13

1	2	3	4
			«для восстановления работы и превентативного обслуживания жироуловителей и коммуникационных сетей.»
Микрозим(tm) «ГРИЗ ТРИТ»	«Биопрепарат Микрозим(tm) «ГРИЗ ТРИТ» представляет собой биологический деструктор (биологический жироуловитель) пищевых жиров и растительных масел. Биопрепарат содержит консорцию (12) штаммов нетоксичных натуральных селективно улучшенных факультативных анаэробных микроорганизмов, которые благодаря высокой секретивной «и ферментативной активности обеспечивают «эффективный гидролиз органорастворенных жиров и твердой жировой массы с последующим разложением простых продуктов путем адсорбции до углекислоты. Свойства биопрепарата ГРИЗ ТРИТ позволяют очищать сток от органорастворенных жиров перед сбросом на очистные сооружения, утилизировать твердый жир в жироуловителе, прочищать жировыезасоры»	«Диапазон рабочих температур в пределах +5 до +55 градусов Цельсия. Оптимальная рабочая температура воды при которой происходит наиболее активная биодеструкция жира +15/+45 градусов Цельсия. При температуре +2 градуса Цельсия бактерии формируют споры и переходят в состояние анабиоза. При повышении температуры свыше +5 градусов Цельсия бактерии» возобновляют активность; - Рабочий pH 4-10; - Препарат примерно одинаково эффективно разлагает жир как в аэробных (режим аэротэнков), так и в анаэробных условиях (режим жироуловителей, отстойников, содержание кислорода 0 мгО/литр).»	- В» «результате действия препарата в жироуловителе происходит гидролиз растворенных в воде и твердых жиров. Конечным продуктом переработки жира является легкий минерализованный флотирующий осадок состоящий из отдельных мельчайших частиц, не образующий твердой корки при любом сроке хранения, не застывающий при отрицательных температурах, не подвергающийся действию гнилостной микрофлоры, легко переносимый потоком воды, не представляющий опасности для активного ила очистных сооружений.» - «Масса твердого жира уменьшается в жироуловителе на 60-80% в зависимости от благоприятных условий: температуры, времени экспозиции, благодаря чему реже приходится прибегать к откачке и вывозу жировой массы. - Биопрепарат комплексно очищаетё сточную воду по показателям БПК_5, БПК_полн, ХПК, взвешенные вещества, жиры, азот, фосфор, ОКБ, ТКБ с эффективностью от 80% - 97% в сроки от 2 (с аэрацией) до 7 суток (без аэрации). Однако необходимо учитывать,»

Продолжение таблицы 13

1	2	3	4
	канализации.»		«что при разложении больших объемов твердого жира, возможен временный рост показателя ХПК, во временном промежутке между образованием продуктов разложения жира и их полным усвоением бактериями. - Уменьшаются и локализуются неприятные запахи из жироуловителя за счет полного микробиологического усвоения всех продуктов биодеструкции жира и бактериального подавления жизнедеятельности гнилостной микрофлоры. - На рабочих поверхностях труб канализации образуется устойчивая живая бактериальная био-пленка разлагающая существующие жировые наросты и предотвращающая новые» жировые засоры и обрастание труб. - Снижается нагрузка на насосы, предотвращаются засоры канализации, упрощается откачка статических подземных жироуловителей, полезный объем жироуловителей с годами не сокращается.»

Проанализировав характеристики и преимущества» препаратов, представленных в таблице, можно сделать следующие выводы: все представленные препараты прекрасно расщепляют жиры, но у каждого свои особенности. Два из представленных препарата (GREASE GUARD EU. Гриз Гард и Bichem GTX) принято использовать в кафе, ресторанах и столовых, где объёмы производства и сброса сточных вод значительно отличаются от предприятий, следовательно эти препараты не будут эффективно справляться

с поставленными задачами в более крупных масштабах. Два других препарата (Bacti - Bio 9500 (Бакти Био 9500) и BioRemove 5100 (Bichem DC 1008 CB)) функционируют в достаточно узком диапазоне рабочих температур и «pH, следовательно можно сделать вывод что наиболее эффективным биопрепаратом для предприятий пищевой промышленности является» «Микрозим(tm) «ГРИЗ ТРИТ» помимо преимущества в наиболее широких диапазонах рабочих условий и широты применения (от столовых до крупных предприятий) у препарата есть достоинство, в том, что при понижении нижнего предела температуры, в отличие от вышепредставленных препаратов бактерии не погибают, а образуют споры и переходят в состояние анабиоза, а при повышении температуры вновь возобновляют работу» [36].

2.4.2 Применение ультразвука и кавитации при очистке сточных вод пищевой промышленности

«Современные технологии наиболее часто основываются на реализации гетерогенных процессов, протекающих между двумя или несколькими неоднородными средами в системах жидкость – жидкость и жидкость – твердое тело. Это процессы массообмена, процессы диспергирования, разделения жидкостей и суспензий, кристаллизации, предотвращения накипеобразования на поверхностях теплообменных аппаратов и трубопроводов, полимеризации и деполимеризации и т.д., а также различные химические и электрохимические реакции. Скорость протекания большинства гетерогенных процессов в обычных условиях очень мала и определяется величиной поверхности соприкосновения реагирующих компонентов» [14] (рисунок 15).

«Ультразвуковые колебания обеспечивают сверхтонкое диспергирование (не реализуемое другими способами), увеличивая межфазную поверхность реагирующих элементов. Таков один из механизмов интенсификации процессов в жидких средах. Возникающая под действием

колебаний в жидкости кавитация и сопровождающие ее мощнейшие микропотоки», «звуковое давление и звуковой ветер воздействуют на пограничный слой и «смывают» его. Таким образом, устраняется сопротивление переносу реагирующих веществ и интенсифицируется технологический процесс. Наиболее интересными из гетерогенных процессов являются процессы ультразвукового эмульгирования (диспергирование жидкостей в жидкостях) и диспергирования (получения тонкодисперсных суспензий). Эти процессы связаны с увеличением поверхности взаимодействия и поэтому лежат в основе интенсификации множества других процессов» [14].

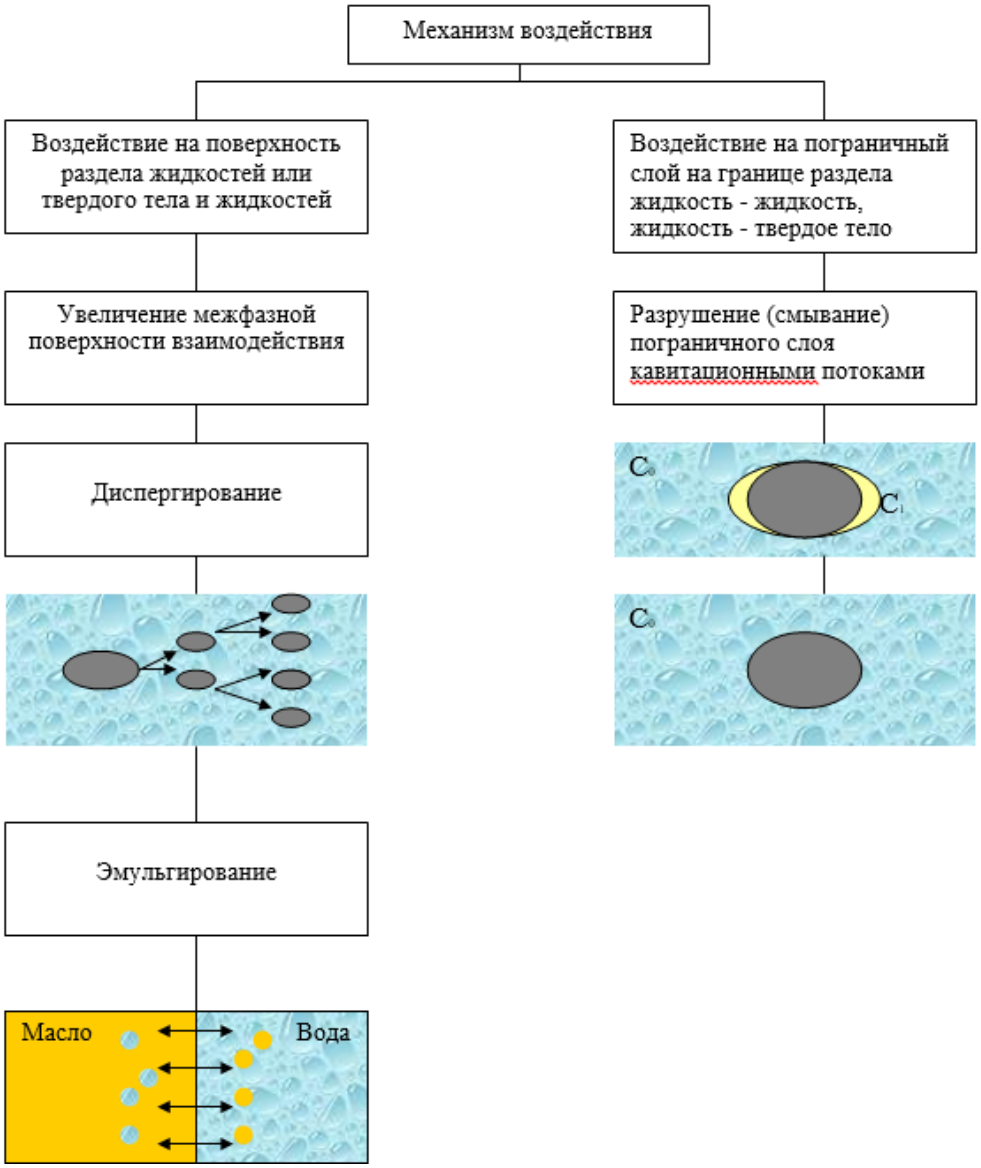


Рисунок 14 – Механизмы ускорения процессов в гетерогенных средах

«Высокая эффективность ультразвуковых технологий в жидких средах обусловлена следующими причинами:

1. Условия ввода ультразвуковых колебаний из колебательных систем» [14] с помощью металлических рабочих инструментов в жидкости наиболее благоприятные, по сравнению с введением УЗ колебаний, например, в газовые среды. Обусловлено это тем, что удельное волновое сопротивление жидких сред значительно (для воды в 3500 раз) больше, чем у газов и поэтому, большая мощность излучается из колебательной системы в жидкость при одинаковой амплитуде колебаний инструмента колебательной системы» [10].

2. «В жидких средах возникает и протекает специфический физический процесс – ультразвуковая кавитация, обеспечивающий максимальные энергетические воздействия, как на сами жидкости, так и на твердые тела в жидкостях. Аналогичного по эффективности воздействия физического процесса нет в твердых телах и газовых средах» [14].

3. «Ультразвуковая кавитация порождает большое количество эффектов второго порядка, которые, в свою очередь, также обеспечивают интенсификацию протекающих технологических процессов. Эти обстоятельства привели к тому, что ультразвуковое воздействие получило наиболее широкое распространение при реализации технологических процессов, связанных с жидким состоянием реагентов. В следующих подразделах рассмотрены примеры и особенности реализации процессов, ускоряемых под воздействием ультразвуковых колебаний в жидких средах» [14].

«УЗ кавитация - основной инициатор физико-химических процессов, возникающих в жидкости под действием ультразвука» [21]. «Она реализуется за счет трансформации низкой плотности энергии ультразвука в высокую плотность энергии вблизи и внутри газового пузырька. Кавитация – образование в жидкости пульсирующих пузырьков (каверн, полостей), заполненных паром, газом или их смесью. В ультразвуковой волне во время

полупериодов разрежения возникают кавитационные пузырьки, которые резко захлопываются после перехода в область повышенного давления, порождая сильные гидродинамические возмущения в жидкости, интенсивное» излучение акустических волн. При этом, в жидкости [10] «происходит разрушение поверхностей твёрдых тел, граничащих с кавитирующей жидкостью по стадиям» [14]:

1. «Действуем на жидкость УЗ колебаниями малой интенсивности. Как известно, УЗ волна, проходя через жидкость, создает зоны сжатия и зоны разряжения, меняющиеся местами в каждый полупериод волны» [18]. «Возникающее при этом знакопеременное давление можно подсчитать по формуле» [14]:

$$P = \sqrt{\rho \cdot C \cdot I} \cdot 4.6 \cdot 10^{-3} \qquad (2.15)$$

где C - скорость распространения УЗ [м/с],

I - интенсивность УЗ [Вт/см^2].

«При этом частицы среды колеблются с малыми амплитудами (доли микрометра) и громадными ускорениями, порядка 10^5*g» [14].

2. «Увеличиваем интенсивность до 1 Вт/см^2 . Появится нарушение однородности жидкости. В фазу разряжения (пониженного давления) в наиболее слабых местах начинается выделение растворенных газов с образованием одного долгоживущего пузырька. При этом, образующийся пузырек стабилизируется монослоем органических веществ и линейно колеблется с частотой УЗ относительно своего равновесного R. Очевидно, что максимальная амплитуда A у резонансных для данной частоты f пузырьков» [14].

3. «Дальнейшее повышение интенсивности до 1,5 Вт/см^2 приводит к нарушению линейности колебаний стенок пузырьков [23]. Начинается стадия стабильной кавитации. Пузырек сам становится источником УЗ колебаний: гармоник, с частотой n/f, субгармоник, с частотами n/f. На его поверхности возникают волны, микротоки, электрические разряды» [14].

4. «Четвертая стадия называется стадией нестабильной кавитации. Возникает при дальнейшем увеличении интенсивности I > 2,5 Вт/см^2. Она характеризуется образованием быстрорастущих парогазовых пузырьков, которые в фазу сжатия мгновенно сокращаются в объеме и схлапываются, т.е. наступает коллапс» [14].

«Для разных жидкостей, значения давления, при котором образуется «кавитация, находится в пределах от 1,0 до 3,9 атм. Например: вода-1 атм, касторовое масло-3,2 атм., керосин-3,9 атм., четыреххлористый углерод - 1,75 атм. Характеристика кавитационного процесса» [14]:

- «в пузырьке происходит разогрев парогазовой смеси до 8000…12000°К;» [25]

- «колебания пузырька характеризуются высокой радиальной скоростью стенок, большей скорости звука (340 м/с)» [25];

- «в пузырьке создаются большие давления, превышающие 10000 атм» [25].

«Теоретически эти цифры могут быть превышены и при определенных условиях можно достичь значений, при которых наступят термоядерные реакции» [25].

5. «Когда газовый пузырек захлопывается:

а) На месте исчезнувшего пузырька образуется ударная волна.

б) Если пузырек при сжатии имел линзообразную форму, между сближающимися стенками возникает микроточечный электрический разряд высокого напряжения (десятки миллионов вольт). В результате развития в среде всех стадий кавитационного процесса возникает сложная гидродинамическая обстановка, влияющая на структуру жидкости» [18], которая обусловлена следующими факторами:

1.»Осцилирующие пузырьки - образуют волны давления Р в среде.

2.Захлопывающиеся области образуют ударные волны.

3.Существует общее акустическое давление ультразвуковые волны» [25].

«Накладываясь друг на друга, на пузырьки газа, и твердые частицы, эти факторы в объеме образуют неоднородность давлений P, что порождает быстрые микропотоки и общие течения. Обобщенно физические и химические эффекты, имеющие место при пульсациях каждого рассмотренного вида парогазовых пузырьков, представлены на рисунке 15. Наибольший вклад в многообразие эффектов, показанных на рисунке 15, вносят именно захлопывающиеся кавитационные пузырьки. Следовательно, при реализации технологических процессов,» [9] «интенсифицируемых ультразвуковыми колебаниями, необходимо создавать условия возникновения именно захлопывающихся кавитационных пузырьков. При этом существует понятие оптимального времени захлопывания кавитационного пузырька. Таким образом, в жидкости возникают такие физико-химические явления, как акустическая кавитация, интенсивное перемешивание, переменное движение частиц, интенсификация массообменных процессов. Сопутствующими факторами здесь являются эффекты диспергирования в системе твердое тело - жидкость, жидкость – жидкость (получение суспензий, эмульсий, селективное разрушение клеток и микроорганизмов в суспензиях), расслоение по относительной массе и размеру взвешенных в жидкой среде твердых частиц, коагуляция. Воздействие УЗ с частотой 20-100 кГц характеризуется разделением молекул и ионов с различной массой, искажением формы волны, появлением переменного электрического поля, капиллярно-акустическим и тепловым эффектами, активацией диффузии» [9].

«Здесь проявляются сопутствующие эффекты, влияющие на процессы экстракции из лекарственного, растительного и животного сырья, наблюдается усиление процессов гиперфильтрации, проницаемости клеточных мембран, становятся возможными стерилизация термолабильных веществ, фонофорез, получение концентрированных ингаляционных аэрозолей. При использовании высокочастотного ультразвукового диапазона

частот (более 100 кГц) могут возникнуть изменения в структуре веществ, воздействие на клеточном и субклеточном уровне» [48].

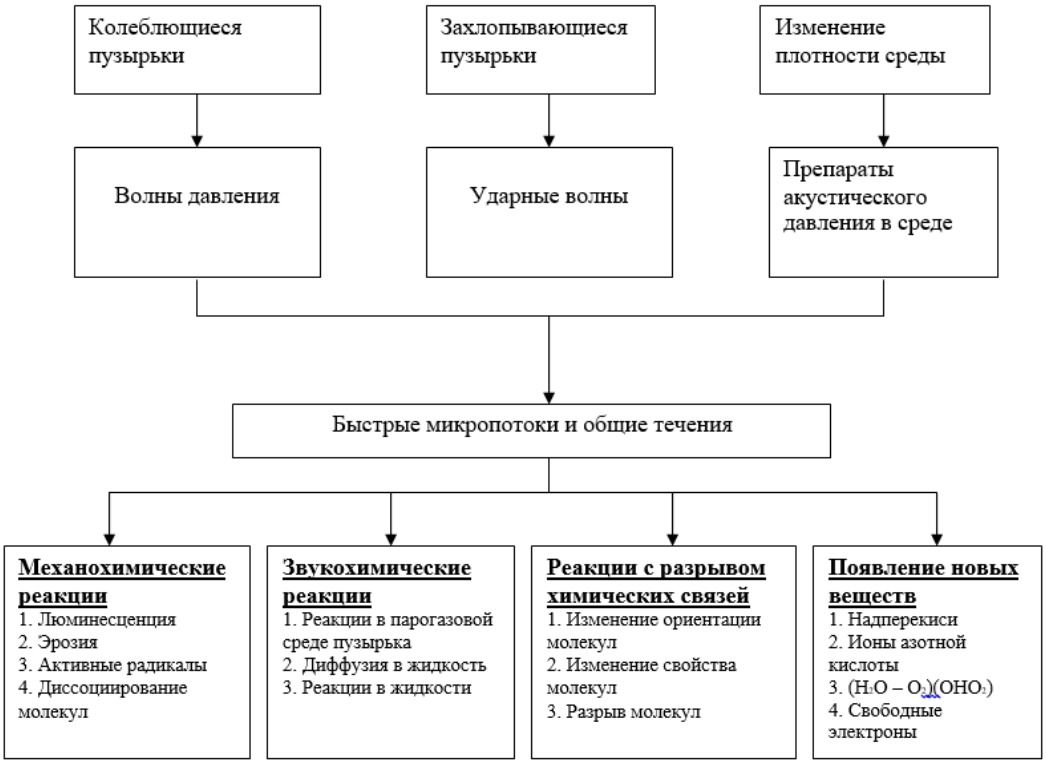


Рисунок 15 – Кавитационный процесс

«Образование звукохимических процессов открыто более 60 лет назад, однако до сих пор нет единого мнения о природе первичного акта звукохимического процесса. Однако, основные факторы, влияющие на скорость таких реакций, установлены точно» [9]:

1. «Интенсивность УЗ энергии, приходящей на единицу площади излучателя в озвучиваемой среде;

2. Все реакции начинаются с определенного порога интенсивности УЗ колебаний и этот порог всегда совпадает с началом кавитации;

3. При превышении определенного порога интенсивности скорость реакций резко убывает;

4. На низких частотах кавитация начинается при меньших интенсивностях и, соответственно, реакции протекают при меньших интенсивностях;

5. Скорость химической реакции (рисунок 16) ω_0 определяется скоростью образования и расходования радикалов R».

$$\omega_0 = \frac{F_r \cdot \eta_{xa}}{100 \cdot N_a} \cdot \frac{\delta^2 \cdot E}{\delta_v \cdot \delta_\tau} \qquad (2.16)»$$

«где Fr - начальный выход радикалов,

η_{xa} - химическая активность КПД,

E - звуковая энергия, поглощенная в объеме V за время τ,

Na - число Авогадро,

δ^2 - частный дифференциал второго порядка от E по V, частный дифференциал от E (по V и δ).

«В качестве примера, на рисунке 18 приведена зависимость скорости образования йода из йодида калия от интенсивности УЗ при озвучивании в течение 20 минут. Из практики известно, что схлопывание одного кавитационного пузырька приводит к образованию от 10000 до 100000 пар радикалов» [20]. Это много больше, чем образуется при ионизирующих излучениях или при фотолизе.

6. «Влияние УЗ колебаний различных частот на скорость реакций. Сегодня однозначно установлено, что возникновение кавитации в любом диапазоне частот приводит к возникновению химических эффектов. Рассмотрим еще одно важное явление, возникающее в звукохимии - так называемый эффект защиты» [20].

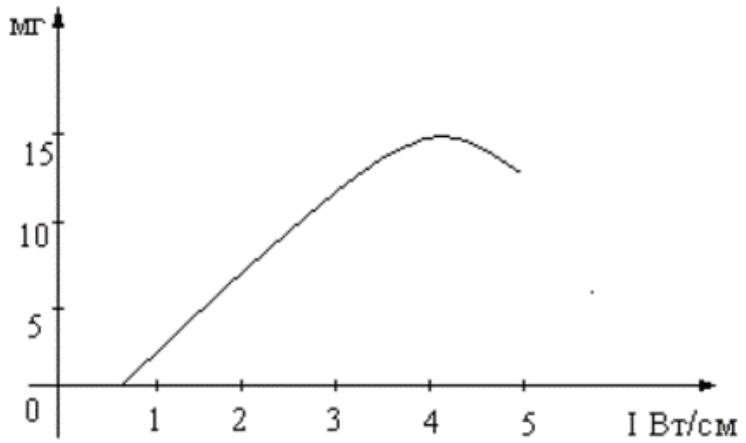
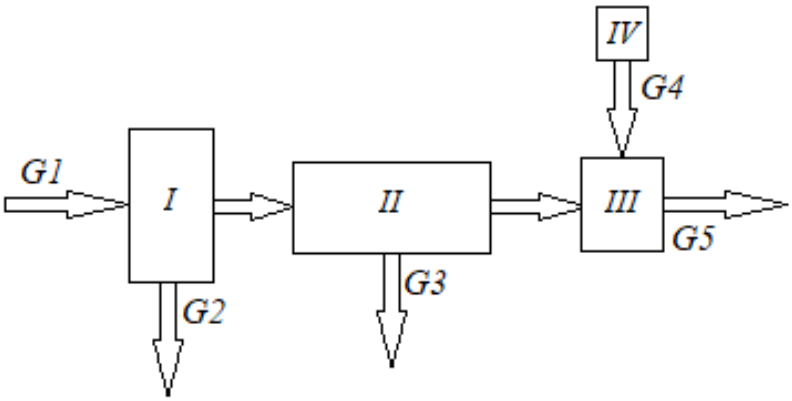


Рисунок 16 – Зависимость скорости реакций от интенсивности»

2.5 Расчет материального баланса установки

На рисунке 7 представлена схема материальных потоков рассматриваемого процесса.



I – механическая решетка; II – жироулавливатель; III – кавитационная установка; IV – дозатор препарата; G1 – сточная вода; G2 –механические примеси; G3 – сборник жировых шламов; G4 – биопрепарат Микрозим (tm) «ГРИЗ ТРИТ»; G5 – очищенные сточные воды

Рисунок 17 – Материальные потоки

В таблице 14 представлены результаты количественного химического анализа, которые превышают предельно допустимые концентрации.

Таблица 14 – Результаты количественного химического анализа и предельно допустимые концентрации

Наименование компонента (показателя)	Максимально допустимое значение концентрации, Постановление №644	ООО «СКС» для промпредприятий	Результаты анализов, C_i	Перевод единиц
БПК$_5$, мгO_2/дм^3	300	47,6	3752,0	3,752 кгO_2/м^3
Сухой остаток, мг/дм^3	3000,0	622,0	6238	6,238 кг/м^3
Жиры, мг/дм^3	50	50	608,0	0,608 кг/м^3
Фосфаты по фосфору, мг/дм^3	12	0,2	0,91	0,00091 кг/м^3

Объем сточных вод V = 750 м^3/сутки;

Производительность механической решетки A_1 = 45 м^3/ч;

Производительность жироуловителя A_2 = 50 м^3/ч;

Производительность кавитационной установки A_3 = 50 м^3/ч;

Степень очистки от взвешенных веществ $\eta_{в.в.}$ = 60 %;

Влажность осадка после механической очистки $\omega_{м.о.}$ = 45 %;

Концентрация взвешенных веществ $C_{в.в.}$ = 82,1 мг/дм^3 = 0,0821 кг/м^3;

Степень отстаивания жиров $\eta_ж$ = 65 %;

Влажность жирового осадка $\omega_{ж.о.}$ = 47,8 %;

Плотность воды ρ = 1 кг/дм^3;

Степень очистки биопрепаратом в кавитационной установке η= 97 %.

1) Рассчитаем среднечасовую производительность сточных вод по формуле 2.17:

$$G_{ср.ч.} = \frac{V}{24}, \qquad (2.17)$$

где V – объем сточных вод, м^3/сутки.

$$G_{ср.ч.} = \frac{750}{24} = 31{,}25 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

По данной производительности сточной воды все выбранное оборудование подходит, так как оно превышает фактическое значение производительности.

2) Рассчитаем массу взвешенных веществ, содержащихся в стоках за один час по формуле 2.18:

$$m_{в.в.} = G_{ср.ч.} \cdot C_{в.в.}, \qquad (2.18)$$

где $C_{в.в.}$ – концентрация взвешенных веществ.

$$m_{в.в.} = 31{,}25 \cdot 0{,}0821 = 2{,}56 \text{ кг/ч}.$$

3) Рассчитаем массу БПК, содержащегося в стоках за один час по формуле 2.19:

$$m_{БПК} = G_{ср.ч.} \cdot C_{БПК}, \qquad (2.19)$$

где $C_{БПК}$ – концентрация БПК, кгO_2/м^3.

$$m_{БПК} = 31{,}25 \cdot 3{,}752 = 117{,}25 \text{ кг}O_2/\text{ч}.$$

4) Рассчитаем массу сухого остатка, содержащегося в стоках за один час по формуле 2.20:

$$m_{с.о.} = G_{ср.ч.} \cdot C_{с.о.}, \qquad (2.20)$$

где $C_{с.о.}$ – концентрация сухого остатка, кг/м^3.

$$m_{с.о.} = 31{,}25 \cdot 6{,}238 = 194{,}94 \text{ кг/ч.}$$

5) Рассчитаем массу жиров, содержащихся в стоках за один час по формуле 2.21:

$$m_{ж} = G_{ср.ч.} \cdot C_{ж}, \qquad (2.21)$$

где $C_ж$ – концентрация жиров, кг/м^3.

$$m_{ж} = 31{,}25 \cdot 0{,}608 = 19{,}0 \text{ кг/ч.}$$

6) Рассчитаем массу фосфатов, содержащихся в стоках за один час по формуле 2.22:

$$m_{ф} = G_{ср.ч.} \cdot C_{ф}, \qquad (2.22)$$

где $C_ф$ – концентрация фосфатов, кг/м^3.

$$m_{ф} = 31{,}25 \cdot 0{,}00091 = 0{,}03 \text{ кг/ч.}$$

7) Найдем массу сточной воды относительно плотности воды по формуле 2.23:

$$m_{стH2O} = G_{ср.ч.} \cdot \rho \cdot 1000, \qquad (2.23)$$

где ρ – плотность воды, кг/дм^3.

$$m_{стH2O} = 31{,}25 \cdot 1 \cdot 1000 = 31250 \text{ кг/ч.}$$

8) Рассчитаем массу воды без примесей по формуле 2.24:

$$m_{H2O} = m_{стH2O} - m_{в.в.} - m_{БПК} - m_{с.о.} - m_{ж} - m_{ф} \qquad (2.24)$$

$$m_{H2O} = 31250 - 2{,}56 - 117{,}25 - 194{,}94 - 19{,}0 - 0{,}03 = 30916{,}22 \text{ кг/ч.}$$

9) Найдем массу взвешенных веществ после механической очистки по формуле 2.25:

$$m'_{в.в.} = \frac{m_{в.в.} \cdot \eta_{в.в.}}{100}, \qquad (2.25)$$

где $\eta_{в.в.}$ – степень очистки от взвешенных веществ, %.

$$m'_{в.в.} = \frac{2{,}56 \cdot 60}{100} = 1{,}54 \text{ кг/ч.}$$

10) Рассчитаем массу влажного осадка по формуле 2.26:

$$m_{м.о.} = \frac{m'_{в.в.} \cdot \omega_{м.о.}}{100} + m'_{в.в.}, \qquad (2.26)$$

где $\omega_{м.о.}$ – влажность осадка после механической очистки, %.

$$m_{м.о.} = \frac{1{,}54 \cdot 45}{100} + 1{,}54 = 2{,}23 \text{ кг/ч.}$$

11) Рассчитаем массу воды после механической очистки по формуле 2.27:

$$m_{H2O}^{м.о.} = m_{стH2O} - m_{м.о.} \quad (2.27)$$

$$m_{H2O}^{м.о.} = 31250 - 2{,}23 = 31247{,}77 \text{ кг/ч.}$$

12) Найдем массу жиров после жироуловителя по формуле 2.28:

$$m_{ж}^{'} = \frac{m_{ж} \cdot \eta_{ж}}{100}, \quad (2.28)$$

где $\eta_ж$ – степень отстаивания жиров, %.

$$m_{ж}^{'} = \frac{19{,}0 \cdot 65}{100} = 12{,}35 \text{ кг/ч.}$$

13) Рассчитаем массу влажного жирового осадка по формуле 2.29:

$$m_{ж.о.} = \frac{m_{ж}^{'} \cdot \omega_{ж.о.}}{100} + m_{ж}^{'}, \quad (2.29)$$

где $\omega_{м.о.}$ – влажность жирового осадка после жироуловителя, %.

$$m_{м.о.} = \frac{12{,}35 \cdot 47{,}8}{100} + 12{,}35 = 18{,}25 \text{ кг/ч.}$$

14) Рассчитаем массу (объем) воды после жироуловителя по формуле 2.30:

$$m_{H2O}^{ж.о.}(V_{H2O}^{ж.о.}) = m_{H2O}^{м.о.} - m_{ж.о.} \quad (2.30)$$

$$m_{H2O}^{ж.о.}(V_{H2O}^{ж.о.}) = 31247{,}77 - 18{,}25 = 31229{,}52 \text{ кг/ч} = 31229{,}52 \text{ дм}^3\text{/ч.}$$

15) Рассчитаем массу оставшихся жиров в стоках по формуле 2.31:

$$m_{ж}^{''} = m_{ж} - m_{ж}^{'} \quad (2.31)$$

$$m_{ж}^{''} = 19{,}0 - 12{,}35 = 6{,}65 \text{ кг/ч.}$$

16) Найдем массу жиров после кавитационной установки по формуле 2.32:

$$m_{ж}^{к.у.} = \frac{m_{ж}^{''} \cdot \eta}{100} \quad (2.32)$$

где η – степень очистки биопрепаратом в кавитационной установке, %.

$$m_{ж}^{к.у.} = \frac{6{,}65 \cdot 97}{100} = 6{,}45 \text{ кг/ч.}$$

17) Рассчитаем массу оставшихся жиров в стоках по формуле 2.33:

$$m_{ж}^{к.у.'} = m_{ж}^{''} - m_{ж}^{к.у.} \qquad (2.33)$$

$$m_{ж}^{к.у.'} = 6{,}65 - 6{,}45 = 0{,}2 \text{ кг/ч.}$$

18) Найдем концентрацию оставшихся жиров в стоках по формуле 2.34:

$$C_{ж}^{'} = \frac{m_{ж}^{к.у.'}}{V_{H2O}^{ж.о.}} \qquad (2.34)$$

$$C_{ж}^{'} = \frac{0{,}2}{31229{,}52} = 0{,}00001 \text{ кг/дм}^3 = 10 \text{ мг/дм}^3.$$

19) Найдем массу БПК после добавления биопрепарата в кавитационную установку по формуле 2.35:

$$m_{БПК}^{к.у.} = \frac{m_{БПК} \cdot \eta}{100}, \qquad (2.35)$$

$$m_{БПК}^{к.у.} = \frac{117{,}25 \cdot 97}{100} = 113{,}73 \text{ кг}O_2\text{/ч.}$$

20) Рассчитаем массу оставшегося БПК в стоках по формуле 2.36:

$$m_{БПК}^{к.у.'} = m_{БПК} - m_{БПК}^{к.у.} \qquad (2.36)$$

$$m_{БПК}^{к.у.'} = 117{,}25 - 113{,}73 = 3{,}52 \text{ кг}O_2\text{/ч.}$$

21) Найдем концентрацию оставшегося БПК в стоках по формуле 2.37:

$$C_{БПК}^{'} = \frac{m_{БПК}^{к.у.'}}{V_{H2O}^{ж.о.}} \qquad (2.37)$$

$$C_{БПК}^{'} = \frac{3{,}52}{31229{,}52} = 0{,}00011 \text{ кг/дм}^3 = 110 \text{ мг}O_2\text{/дм}^3.$$

22) Найдем массу сухого остатка после добавления биопрепарата в кавитационную установку по формуле 2.38:

$$m_{с.о.}^{к.у.} = \frac{m_{с.о.} \cdot \eta}{100}, \qquad (2.38)$$

$$m_{с.о.}^{к.у.} = \frac{194{,}94 \cdot 97}{100} = 189{,}09 \text{ кг/ч.}$$

23) Рассчитаем массу оставшегося сухого осадка в стоках по формуле 2.39:

$$m_{с.о.}^{к.у.'} = m_{с.о.} - m_{с.о.}^{к.у.} \quad (2.39)$$

$$m_{с.о.}^{к.у.'} = 194{,}94 - 189{,}09 = 5{,}85 \text{ кг/ч.}$$

24) Найдем концентрацию оставшегося сухого осадка в стоках по формуле 2.40:

$$C_{с.о.}^{'} = \frac{m_{с.о.}^{к.у.'}}{V_{H2O}^{ж.о.}} \quad (2.40)$$

$$C_{с.о.}^{'} = \frac{5{,}85}{31229{,}52} = 0{,}00019 \text{ кг/дм}^3 = 190 \text{ мг/дм}^3.$$

25) Найдем массу фосфатов после добавления биопрепарата в кавитационную установку по формуле 2.41:

$$m_{ф}^{к.у.} = \frac{m_{ф} \cdot \eta}{100}, \quad (2.41)$$

$$m_{ф}^{к.у.} = \frac{0{,}03 \cdot 97}{100} = 0{,}029 \text{ кг/ч.}$$

26) Рассчитаем массу оставшихся фосфатов в стоках по формуле 2.42:

$$m_{ф}^{к.у.'} = m_{ф} - m_{ф}^{к.у.} \quad (2.42)$$

$$m_{ф}^{к.у.'} = 0{,}3 - 0{,}029 = 0{,}001 \text{ кг/ч.}$$

27) Найдем концентрацию оставшихся фосфатов в стоках по формуле 2.43:

$$C_{ф}^{'} = \frac{m_{ф}^{к.у.'}}{V_{H2O}^{ж.о.}} \quad (2.43)$$

$$C_{с.о.}^{'} = \frac{0{,}001}{31229{,}52} = 3{,}2 \cdot 10^{-8} \text{ кг/дм}^3 = 0{,}03 \text{ мг/дм}^3.$$

Полученные значения по концентрациям загрязняющих веществ занесем в таблицу 16.

Таблица 16 – Сравнительная таблица

Наименование компонента (показателя)	Максимально допустимое значение концентрации, Постановление №644	ООО «СКС» для промпредприятий	Результаты анализов	Результаты после очистки
БПК$_5$, мгО$_2$/дм^3	300	47,6	3752,0	110
Сухой остаток, мг/дм^3	3000,0	622,0	6238	190
Жиры, мг/дм^3	50	50	608,0	10
Фосфаты по фосфору, мг/дм^3	12	0,2	0,91	0,03

После сравнения полученных данных с ПДК можно сделать вывод, что выбранная технология очистки сточных вод способствует очистке стоков от загрязняющих веществ в пределах допустимых норм.

2.6 Выводы по главе 2

1. Дано описание АО «Тольяттимолоко» как источника сточных вод с высоким жиросодержанием. Приведено описание основных подразделений предприятия.

2. Представлен перечень веществ, по которым необходимо проводить качественный анализ стоков предприятий молочной промышленности и нормативные показатели, которым они должны соответствовать.

3. Проведены анализы сточных вод предприятия согласно утвержденных методик (определение хлоридов, сульфатов, измерения концентрации жиров).

4. Проведенные исследования позволили выбрать метод очистки сильнозагрязненных жиросодержащих технологических сточных вод.

5. Расчет материального баланса предлагаемого усовершенствования доказывает, что предлагаемая схема очистки сточных вод позволит снизить содержание жиров до предельно-допустимых концентраций.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для достижения данной цели был проведен анализ промышленных стоков предприятий пищевой промышленности. Выявлено, что основными загрязняющими веществами являются фосфаты (по фосфору), жиры, сухой остаток, также имеются превышения по водородному показателю и $БПК_5$.

Представлены данные по воздействию загрязняющих веществ на окружающую среду.

Проведены анализы сточных вод путем измерений и экспресс определений содержания хлоридов, сульфатов, фосфатов (по фосфору) согласно утвержденных методик.

Проведен патентный поиск современных способов очистки жиросодержащих стоков предприятий молочной промышленности. Представлена сравнительная характеристика биопрепаратов, которые используются в пищевой промышленности для расщепления жиров в сточных водах.

Предложена эффективная система очистки жиросодержащих стоков предприятий молочной промышленности – применение ультразвука и кавитации с введением биопрепарата.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Алексеев, М.И. Основы постановки научных исследований по очистке сточных вод: учеб. пособие для слушателей ФПК преподавателей. – Л, 2016. – 53с.

2 Амрани, М.Ф. Многоступенчатая очистка отработанной культуральной жидкости гидролизнодрожжевого производства. – СПб.: Литерат, 2017. – 75с.

3 Андрюшин, А.И. Технологические модели очистки сточных вод от плавающих, эмульгированных и растворенных жиров // Экология и инженерия. – М.: Щелковоиздат, 2017. – №3. – С. 18-21.

4 Бейм, А.М. Бресткина, Л.М. Мизандронцев, М.И. Нефедов Н.К. Смирнов, А. И. Касаикин, В.А. Токсичность сточных вод, очищенных флокулянтом ВПК-402//Целлюлоза, бумага, картон, 2015. – №1-2. – С. 36-38.

5 Варежкин, Ю.М. Очистка сточных вод. – М.: СтройТехИздат, 2016. – 54с.

6 Вольф, И.В. Физико-химическая очистка сточных вод. – СПб.: АутЛит, 2018 – 36 с.

7 Гончарук, В.В. Вода: проблемы устойчивого развития цивилизации в XXI веке//Химия и технология воды, 2017. – Т.26, №1. – С.3-25.

8 Гумеров, Ф.З. Использование процессов коагуляции и флокуляции при очистке производственных сточных вод //Современные наукоемкие технологии. – СПб.: ЛитРЕС, 2016. – №8. – С. 37-38

9 Делалио, А., Гончарук, В.В. Корнилович, Б.Ю. Пшинко, Г.Н. Спасенова, Л.Н. Криворучко, А.П. Утилизация осадков городских сточных вод//Химия и технология воды, 2016. – Т25, №5. – С.458-468.

10 Дмитревская, Е.С. Определение параметров фильтров с плавающей загрузкой для доочистки сточных вод//Бумажная промышленность, 2017. – №1. – С.29-31.

11 Дмитренк, В.П. Экологический мониторинг техносферы: учебное пособие. вузов по университ. политех. образ .для студ. вузов, обуч. – СПб. Издательство «Лань», 2015. – 368с.

12 Дмитриев, М.Т. Санитарно-химический анализ загрязняющих веществ в окружающей среде. Справочник. – М. Химия, 2015. – 368с.

13 Дягилева, А.Б. Технология основных производств и промышленная экология: учебное пособие. – СПб. ВШТЭ, 2018. – 89с.

14 Есин, М.А., Ромашко, А.В. Очистка сточных вод предприятий молочной промышленности [Электронный ресурс]. – URL: http://myproject.msk.ru/ru/my-project/stati/ochistka-stochnyh-vod-predpriyatij-molochnoj-promyshlennosti/ (дата обращения: 28.12.2018)

15 Жирные кислоты [Электронный ресурс]. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Жирные_кислоты (дата обращения: 23.05.2019)

16 Комаров, В.И. Техногенное влияние предприятий пищевой промышленности на окружающую среду: проблемы и решения. – М., 2017. – 69 с.

17 Кузнецов, А.Н. Экологически чистые установки для сушки шламов гальванических производств // Проблемы экономии топливно-энергетических ресурсов на промпредприятиях и ТЭС: Межвуз.сб-к научн. трудов. – СПб, 2016. – с.267-274.

18 Литвинов, Г.Г. Манометрический контроль очистки сточных вод//Экология и промышленность России. – М, 2015 – №2. – С.12-13.

19 Литературный обзор. Жировые вещества и способы их удаления и утилизации [Электронный ресурс]. – URL: http://www.biotimes.ru/top.html дата обращения: 15.05.2019).

20 Лоренцсон, А.В. Теоретические основы очистки и обезвреживания выбросов и сбросов (охрана гидросферы): учебное пособие. – СПб, 2017. – 12с.

21 Мазо, А.А Экологические проблемы очистки воды//Химия и технология воды, 2018. – Т.15, №11-12. – С.745-766.

22 Максимов, В.Ф. Охрана окружающей среды от загрязнения промышленными выбросами (Охрана водного и воздушного бассейнов). – Л. ЛТА, 20189. – 161с.

23 Максимов, В.Ф. Санитарная охрана водоемов и очистка сточных вод. – СПб, Литерат, 2017. – 32 с.

24 Маслов И.Н., Разработка локальных систем очистки промстоков с использованием центробежного сгустителя. Автореф.дис.канд.техн.наук 90 :11.00.11.-Казань, 2015.-16с.

25 Мищуков, Б.Г. Методы и сооружения для очистки и доочистки сточных вод и систем водопользования. – Л. – 2018. – 132 с.

26 Никифоров, А.О. Утилизация сточных вод, содержащих нефтепродукты, путем приготовления водотопливных эмульсий в роторно-статорном аппарате // Проблемы экономии топливно-энергетических ресурсов на промпредприятиях и ТЭС: Межвуз.сб-к научн. трудов. – СПб, 2016. – с.274-277

27 Обухова, И.Н. Обработка и удаление осадков сточных вод. – М., 2015. – 67 с.

28 Осов, В.К. Особенности очистки сточных вод молокоперерабатывающих предприятий // Молочная река. – М., 2018. – № 9.

29 Очистка жиросодержащих сточных вод [Электронный ресурс]. – URL: https://nomitech.ru/ochistka_vod (дата обращения: 20.05.2019).

30 Очистка стоков мясокомбината [Электронный ресурс]. – URL: http://www.vo-da.ru/articles/ochistka-stokov-myasokombinatov/trebovaniya-los (дата обращения: 25.05.2019).

31 Очистка сточных вод от жиров [Электронный ресурс]. – URL: http://www.biotimes.ru/btims-86-1.html (дата обращения: 16.05.2019).

32 Очистка сточных вод от жиров и взвешенных частиц на жировом комбинате [Электронный ресурс] – URL: http://nomitech.ru/implemented-projects/ochistka_stochnykh_vod_ot_zhirov_i_vzveshennykh_chastits_na_zhirovom_kombinate/ (дата обращения: 22.05.2019).

33 Очистные сооружения молокозаводов [Электронный ресурс]. – URL: http://www.vo-da.ru/articles/ochistnyie-molokozavodov/protsess-ochistki (дата обращения: 25.05.2019).

34 Павлюк, Д.М Оптимизация процессов очистки сточных вод. – М, 2018. – 68с.

35 Пахненко, Е.П. Осадки сточных вод и другие нетрадиционные органические удобрения. – М., 2017. – 74 с.

36 Прохоров, Б.В. Защита окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов на промышленных предприятиях: учеб. пособие. – СПб, 2016. – 52с.

37 Редкол, Г.В. Ресурсосберегающие технологии и охрана окружающей среды. – СПб, 2015. – 102с.

38 Самохин, В.Н. Канализация населенных мест и промышленных предприятий: справочник проектировщика. – М.: Стройиздат, 2015. – 278 с.

39 СанПиН 2.1.4.1074-01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения. – М. : Изд-во стандартов, 2017. – 201с.

40 СанПиН 2.1.4.559-96 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения контроль качества. – М. : Изд-во стандартов, 2016. – 93с.

41 Семенов, С.В. Физико-химическая очистка сточных вод: метод.указания к лаб.работам. – Л, 2017. – 36с.

42 Сорбент для очистки воды от нефтепродуктов и других загрязнений [Электронный ресурс]. – URL: https://invasorb.ru/ochistka (дата обращения: 21.05.2018)

43 Стадницкий, Г.В. Охрана природы:(Основы рационального природопользования): учеб. пособие для сред. ПТУ. – М. Лесн.пром-сть, 2018. – 143с.

44 Структура жировых веществ [Электронный ресурс]. – URL: http://www.biotimes.ru/btims-73-1.html (дата обращения: 17.05.2019).

45 Сюняев, Н.К. Очистка сточных вод и утилизация их осадков. – М., 2015. – 46с.

46 Терещенко, А.Г. Автоматизированный контроль качества поверхностных и сточных вод//Экология и промышленность России. – М. 2016. – №4. – С.22-25.

47 Флотатор Flotomax S [Электронный ресурс]. – URL: http://www.flotator.ru (дата обращения: 24.05.2019)

48 Чернобережский, Ю.М. Перспективы применения композиционных коагулянтов-флокулянтов в технологии физико-химической очистки специфических потоков ЦБП // Ресурсо-и энергосбережение в ЦБП и городском, коммунальном хозяйстве. – Екб., 2016. – С.169-172.

49 Шифрин, С.М. Очистка сточных вод предприятий молочной и мясной промышленности // Легкая и пищевая промышленность. – М. 2015. – №4 – С.12-15.

50 Яблокова, М.А. Очистка конденсатных стоков промышленных энергоустановок от маслонефтепродуктов // Проблемы экономии топливно-энергетических ресурсов на промпредприятиях и ТЭС. – СПб, 2015. – с.249-257.

51 Яромский, В.Н. Очистка сточных вод пищевых и перерабатывающих предприятий. – Мн., 20128. – 148 с.

52 Aken, GA. Coalescene mechanisms in protein-stabilized emulsion. In: Friberg S, Larsson K, Sjoblom J, editors. Food emulsions. New York: Marcel Dekker; 2017.

53 Garner J.W. Cleaning of drains //Pulp and paper, 2015. – 65, N4. – pp.86-89.

54 Hamm U, Bobek B, Gottsching L. Anaerobic wastewater treatment from waste paper recycling //Papier, 2016. – 45, N10A. – pp.55-63.

55 Robichaud W.T. Regulation of anaerobic bacteria activity in order to improve product quality and ensure plant safety //Tappi Journal, 2018. – 74, N2. – pp.149-153.

56 Small, D.M., Prescott, J. Odor/taste integration and the perception of flavor. Exp Brain Res 2015.

ПРИОЖЕНИЕ А

Изобретение относится к области биотехнологии и экологии.

Актуальность поставленной задачи заключается в том, что пищевые предприятия загрязняют окружающую среду стоками, содержащими высокие концентрации отработанных растительных и животных жиров.

Наиболее близким из известных аналогов изобретения является патент DE 4009806 C1, 14.11.91, заключающийся в использовании культур следующих бактерий: Bacillus, Pseudomonas, Vibrio, Sarcina.

В указанном патенте констатируется факт спонтанного роста бактерий на остатках пищевых масел и жиров; при этом естественно отмечается разрушение данными бактериями пищевых масел и жиров.

Недостатком аналога является также и то, что среди описанных микроорганизмов имеются как аэробы, так и анаэробы и факультативные анаэробы; к тому же некоторые из них являются патогенными и условно патогенными. Так, представители рода Sarcina являются анаэробами, осуществляя метаболизм бродильного типа; некоторые виды Bacillus также анаэробы, к тому же проявляющие патогенные свойства в отношении позвоночных и беспозвоночных организмов; некоторые виды Pseudomonas патогенны для человека, животных и растений; многие виды Vibrio ассоциированы с раневыми инфекциями, желудочно-кишечными заболеваниями и разнообразными внекишечными инфекциями. Естественно, что об использовании данных микроорганизмов в практических целях не может быть и речи.

Техническая цель изобретения достигается направленным скриннингом бактерий в условиях ферментации на сточной воде в присутствии пищевых масел и жиров и источников азота, фосфора и микроэлементов; штаммы биодеструкторов получали методом накопительных культур с последующей селекцией по следующим признакам: - скорость биодеструкции масел и жиров; - непатогенность, нетоксичность и неинвазивность выделенных

штаммов; - конкурентоспособность в реальных природных условиях; - возможность промышленного производства порошкообразных препаратов.

В результате проведенной работы селекционировано 4 штамма бактерий: Acinetobacter species M-2, Acinetobacter species M-3, Arthrobacter species M-4, Rhodococcus species M-5.

Характеристика штаммов.

Acinetobacter species M-2.

Бактериальный штамм - грамотрицательный. Клетки на мясо-пептонном агаре (МПА) одно-двухсуточной культуры представляют собой короткие палочки размером 1,2-1,6x1,5-3,0 мкм, неподвижные, спор не образуют. Колонии на МПА округлые, с ровным краем, беловатые, блестящие, равномерно выпуклые. Ассимилирует: глюкозу, рамнозу, маннозу, сахарозу, лактозу, мальтозу, маннит, арабинозу, адонит, триглицериды, мочевину, сульфат аммония, азотнокислый калий, аммофос. Индол и сероводород не образует. Потребность в витаминах и дополнительных факторах роста отсутствует. Непатогенен и нетоксичен. Температура роста 10-45°C.

Acinetobactter species M-3.

Бактериальный штамм - грамотрицательный. Клетки на МПА одно-двухсуточной культуры представляют собой короткие палочки, одиночные и сдвоенные, размером 0,7-0,8x0,9-2,0 мкм, спор не образует, неподвижные. Колонии на МПА округлые, гладкие, кремоватые, блестящие, с ровным краем. Ассимилирует: глюкозу, маннозу, арабинозу, адонит, лактозу, мальтозу, маннит, триглицериды, мочевину, сульфат аммония, азотнокислый калий, аммофос. Потребность в дополнительных факторах роста отсутствует. Температура роста 30-50°C. Непатогенен и нетоксичен.

Arthrobacter species M-4.

Бактериальный штамм - грамвариабельный. Клетки на МПА одно-двухсуточной культуры представляют собой укороченные палочки размером 1,0-1,5x1,6-1,8 мкм, спор не образуют, неподвижные. Колонии на МПА

округлые, с ровным краем, гладкие, беловатые, блестящие, равномерно выпуклые. Ассимилирует: глюкозу, сахарозу, мальтозу, D-ксилозу, мелецитозу, D-глюкоронат, N-ацетилглюкозамин, мезоинозит, 2-кетоглюторат, глицин, тирамин, мочевину, мочевую кислоту, сульфат аммония, калий азотнокислый, аммофос. Потребность в витаминах и дополнительных факторах роста отсутствует. Температура роста 10-35°C. Фиксирует атмосферный азот. Утилизирует триглицериды. Непатогенен и нетоксичен.

Rhodococcus species M-5.

Бактериальный штамм - грамположительный. Клетки на МПА одно-двухсуточной культуры представляют собой короткоовальные палочки размером 1,0-1,3x1,5-1,7 мкм, спор не образуют, неподвижные. Колонии на МПА округлые, гладкие, с ровным краем, кремоватые, блестящие. Ассимилирует: глюкозу, сахарозу, мальтозу (слабо), лактозу (слабо), D-ксилозу, D-глюкоронат, аспарагин, малат, мочевину, сульфат аммония, калий азотнокислый, аммофос, триглицериды. Потребность в витаминах и дополнительных факторах роста отсутствует. Температура роста 15-35°C.

Активность селекционированных штаммов.

Селекционированные штаммы бактерий исследуют на способность утилизировать различные пищевые масла и жиры. Модельные опыты проводят в колбах на качалке (180 об/мин), объем среды 100 мл. Состав минеральной среды: ($NH_4H_2PO_4$- 10 г/л, K_2HPO_4- 10 г/л, $MgSO_4$ $7H_2O$ - 0,7г/л, $ZnSO_4$ $7H_2O$, $FeSO_4$ $7H_2O$, $MnSO_4$ $7H_2O$ - по 12,5 мг/л. pH среды 7,0, температура выращивания 30°C. Время выращивания 24 часа. Содержание масла и жира (нативных и термообработанных) составляет 1 вес.%. Оценку роста бактерий проводят визуально по пятибалльной системе и микроскопированием. Степень деструкции масел и жиров проводят аналитическим методом экстракции.

Результаты исследований представлены в таблице 1, из которой видно, что все селекционированные штаммы бактерий способны утилизировать различные масла и жиры. При этом потребление растительных масел (подсолнечного, оливкового), сливочного масла, маргарина "Рама", куриного жира достигает 100%, в то время как свиного и говяжьего жира - 65-90%.

Менее эффективное потребление животных жиров (свиного и говяжьего) обусловлено их плохим эмульгированием в воде.

Однако при добавлении в среду эмульгатора - "жидкого мыла" или после обработки жиров ультразвуком степень деструкции жиров достигает 100%.

Получение биопрепаратов.

На основе селекционированных культур бактерий наработаны в камеральных условиях опытные партии биопрепаратов.

Выращивание штаммов бактерий проводят в аппарате интенсивного массообмена в периодическом (время выращивания 6-8 часов) и в непрерывном режиме ($D = 0,2$ час$^{-1}$) при температуре 34°С на минеральной среде, указанной выше, источником углерода служит подсолнечное масло в количестве 2% весовых. После процесса выращивания полученную бактериальную суспензию сепарируют, а затем сгущенную биомассу высушивают на распылительной сушильной установке типа СРЦ-12/1500 НК мощностью 300 кг/мин по испаренной влаге. Сушильным агентом является воздух, нагреваемый паром до температуры 110-115°С и подаваемый в сушильную камеру нагнетательным вентилятором, входящим в комплект сушильной установки СУ-1. Сгущенная суспензия после сепарации насосом-дозатором подается на центробежный распылительный механизм, расположенный в сушильной камере. При контакте распыленной до тонкодисперсного состояния суспензии с теплоносителем продукт высушивают до порошкообразного состояния с влажностью 10-12%. Отработанный теплоноситель с выходящей температурой 50-55°С подвергается очистке в системе циклонов и в скруббере мокрой очистки.

Основные характеристики полученных биопрепаратов представлены в таблице 2, согласно которым количество живых клеток бактерий-декструкторов масел и жиров в биопрепаратах составляет 10^8 - 10^{11} кл/г препарата.

Биотехнический способ очистки сточных вод, загрязненных маслами и жирами.

Очистку загрязненных стоков (смесью масел и жиров в количестве 2%) осуществляют в аппарате с перемешиванием и аэрацией при pH 7,0 и температуре 15°C, 30°C, 45°C, 50°C, В стоки добавляют следующие минеральные компоненты, H_3PO_4 (70%) - 2 мл, KCl - 2 г, $MgSO_4$ $7H_2O$ - 1,4 г, $FeSO_4$ $7H_2O$ - 0,27 г, $ZnSO_4$ $7H_2O$ - 0,06 г, $MnSO_4$ $5H_2O$ - 0,034 г на 1 л стока, а также 20% раствор сульфата аммония в количестве 4 мл на 1 л стока. Засев аппарата осуществляют нативной бактериальной биомассой каждого из штаммов отдельно или их биопрепаратами в количестве 0,01-0,02г абсолютно сухой биомассы (то есть соотношение субстрата и биомассы составляет 100-200:1). Ферментацию осуществляют при остаточной концентрации азота 200-400 мг/л, фосфора 100-200 мг/л. Процесс ферментации ведут до полной (100%) деструкции масел и жиров в стоке, при этом время выращивания составляет 6-8 часов при периодическом режиме, при непрерывном режиме скорость разбавления среды составляет 0,12-0,16 $час^{-1}$.

Изобретение иллюстрируется следующими примерами.

Пример 1.

Утилизацию свиного жира проводят путем периодического выращивания штамма Arthorobacter species M-4 либо биопрепарата на его основе в колбах объемом 800 мл на качалке (180 об/мин) в 100 мл минеральной среды следующего состава (г/л): $NH_4H_2PO_4$ - 10, K_2HPO_4 - 10, $MgSO_4$ $7H_2O$ - 0,7, $ZnSO_4$ $7H_2O$, $FeSO_4$ $7H_2O$, $MnSO_4$ $7H_2O$ - по 0,0125. Топленый свиной жир предварительно подвергают эмульгированию

ультразвуком и вносят в среду в количестве 1 вес.%. Количество внесенной биомассы (по абсолютно сухому весу) составляет 0,01 г на 100 мл среды. Культивирование осуществляют при 15°С. Через 48 часов деструкция свиного жира составляет 100%.

Пример 2.

Утилизацию куриного жира, собранного после жарки, проводят по примеру 1, за исключением ультразвуковой обработки субстрата. В качестве засевной культуры используют суспензию нативной биомассы штамма бактерий Acinetobacter species М-2 или биопрепарат на его основе. Через 24 часа культивирования при температуре 45°С деструкция жира составляет 100%.

Пример 3.

Утилизацию подсолнечного масла (нативного и термообработанного) проводят по примеру 1, но без эмульгирования. Для деструкции применяют суспензию нативной биомассы штамма бактерий Rhodococcus species М-5 либо биопрепарат на его основе. Культивирование проводят при 30°С. Степень деструкции масла через 24 часа составляет 100%.

Пример 4.

Утилизацию нативного оливкового масла проводят по примеру 1. Для деструкции применяют суспензию нативной биомассы штамма бактерий Acinetobacter species М-3 или биопрепарат на его основе. Степень деструкции масла при температуре культивирования 50°С через 24 часа составляет 100%.

Пример 5.

Утилизацию маргарина "Рама" проводят по примеру 1, но в качестве эмульгатора используют поверхностно-активное вещество в количестве 0,1%. Через 24 часа культивирования при температуре 20°С деструкция маргарина составляет 100%.

Пример 6.

Очистку растворенного стока, загрязненного смесью пищевых масел и жиров в количестве 3%, осуществляют в аппарате с перемешиванием и

аэрацией. Состав минеральной среды по примеру 1. В качестве засевной биомассы используют биопрепарат, полученный на основе штамма бактерий Acinetobacter species M-2, который вносят в количестве 0,03 г на 100 мл стока. Температура культивирования 30°C, pH среды 7,0. Подтитровку среды осуществляют 6% раствором аммиака. После стадии накопления в периодическом режиме (8 часов), переходят на непрерывный режим при D = 0,12 час$^{-1}$. Остаточное содержание азота в среде в процессе непрерывного культивирования составляет 250 мг/л, фосфора 100 мг/л. В выходящем жидкостном очищенном стоке после процесса ферментации масла и жиры отсутствуют. Степень деструкции субстрата составляет 100%.

Таким образом, на основании проведенных исследований предлагается биотехнолотический способ очистки стоков, загрязненных пищевыми маслами и жирами, характеризующийся следующими особенностями: - применением биопрепаратов в виде сухих порошков, характеризующихся хорошей сохранностью активности бактериальных клеток-деструкторов масел и жиров и легко транспортирующихся в разные регионы; - высокой эффективностью очистки стоков от масел и жиров (степень деструкции 100%); - экологической чистотой: во-первых, за счет использования для очистки стоков непатогенных штаммов бактерий, что обеспечивает безопасность обслуживающего персонала и окружающей среды; во-вторых, за счет того, что очищенный сток вместе с бактериальной биомассой может сбрасываться в канализацию, при этом может происходить частичная очистка от жиров и масел канализационной системы.

ПРИОЖЕНИЕ Б

Изобретение относится к биотехнологии и экологии и может быть использовано для очистки сточных вод от масложировых загрязнений.

В результате деятельности пищевых предприятий и повышения нагрузки на водоотводящие и очистные сооружения для промышленных и хозяйственно-бытовых стоков стало особенно актуальным решение проблемы очистки сточных вод от масложировых загрязнений. Так, доля производственных сточных вод в общем объеме стоков мясоперерабатывающего предприятия составляет 70-75%. Из них около 50% стоков содержат масложировые загрязнения (Belousova, N.I., Manuilova, T.D. Sposoby I. Sredstva ochistki zhirosoderzhashchikh stochnykh vod // Myasnaya industriya. 2007. №7, p. 57-60). Серьезной проблемой является удаление отложения жиров в канализационных системах пищевых предприятий, и их утилизация в жироуловителях. Для решения этой проблемы в последнее время все чаще используют методы биоремедиации, основанные на применении микроорганизмов-деструкторов масложировых отходов.

Известен биопрепарат на основе штамма бактерий Aspergillus niger (штамм 288), предназначенный для очистки сточных вод пищевой промышленности. Обработку сточных вод, содержащих масложировые загрязнения, осуществляют биопрепаратом на основе штамма бактерий Aspergillus niger 288 при pH 4.5-5.0 и температуре 28-30°C в течение 48-50 ч (патент RU 2016851 C1, опубл. 30.07.1994).

Недостатком данного биопрепарата является узкий спектр действия, предусматривающий возможность его использования только при pH 4.5-5.0 и температуре 28-30°C. Кроме этого, не представлены сведения о безопасности культуры Aspergillus niger, что необходимо, так как микроорганизмы рода Aspergillus относятся к 4 группе патогенности, при этом патогенный агент вызывает обычно серьезное заболевание у человека или животных и легко распространяется от больного к здоровому или опосредованно.

Известен биопрепарат для очистки сточных вод от жиров на основе штамма бактерий Serratia marcescens ИБ 2-2, проявляющего активность по деструкции твердых жиров животного и растительного происхождения. Для культивирования штамма Serratia marcescens ИБ 2-2 с целью получения липазы применяют питательную среду следующего состава, г/л: соевая мука - 5; дрожжевой экстракт - 60; K2HPO4 - 5,0; (NH4)2SO4 - 1,0. Время выращивания 40 ч. По окончании процесса ферментации штамма Serratia marcescens ИБ 2-2 титр бактерий в культуральной жидкости составил 3,0·109 колониеобразующих единиц (КОЕ) /мл, а деструкция кулинарного жира - 100% (патент RU 2310686 C1, опубл. 20.11.2007).

Недостатком данного биопрепарата является узкий спектр действия, предусматривающий возможность его использования только для биодеструкции жиров при pH 7.0 и температуре 28°C.

Наиболее близким к предлагаемому биопрепарату - прототипом, является биопрепарат на основе комплекса бактериальных штаммов Acinetobacter species M-2, Acinetobacter species M-3, Arthrobacter species M-4, Rhodococcus species M-5 с содержанием живых клеток бактерий-декструкторов масел и жиров 108-1011 кл/г сухого препарата. Выращивание штаммов бактерий проводят в аппарате интенсивного массообмена в периодическом и в непрерывном режиме (D=0,2 ч-1) на минеральной среде (NH4H2PO4 - 10 г/л, K2HPO4 - 10 г/л, MgSO4·7H2O - 0,7 г/л, ZnSO4·7H2O, FeSO4·7H2O, MnSO4·7H2O - по 12,5 мг/л) при pH 7.0, температуре 30°C, в течение 24 ч. После процесса выращивания полученную бактериальную суспензию сепарируют, а затем сгущенную биомассу высушивают на распылительной сушильной установке. Очистку загрязненных стоков от пищевых масел и жиров осуществляют путем засева бактериальной биомассы штаммов Acinetobacter species M-2, Acinetobacter species M-3, Arthrobacter species M-4, Rhodococcus species M-5 с добавлением в стоки минеральных компонентов. Процесс ферментации ведут при pH 7.0 и

температурах 15, 30, 45, 50°С до полной деструкции масел и жиров в стоке (патент RU 2161595 C2, опубл. 10.01.2001).

Недостатками данного биопрепарата является узкий спектр действия, предусматривающий возможность его использования только при pH 7.0, а также недостаточная эффективность в отношении биодеструкции жиров животного происхождения, вследствие чего необходимо дополнительно добавлять в стоки «жидкое мыло» либо подвергать жиры обработке ультразвуком.

Задачей изобретения является разработка более эффективного биопрепарата для очистки сточных вод, загрязненных пищевыми маслами и жирами, обладающего липолитической активностью в широком диапазоне значений pH и температур среды, а также в присутствии хлорида натрия.

Технический результат: повышение эффективности и расширение спектра действия биопрепарата.

Поставленная задача достигается предлагаемым биопрепаратом, содержащим комплекс штаммов бактерий Pseudomonas koreensis Ca3 и Stenotrophomonas maltophilia ZhD, взятых в соотношении 1:1 (по массе), с конечной концентрацией колониеобразующих единиц бактерий в сухом биопрепарате не менее 1×1010 КОЕ/г.

Действующая основа биопрепарата (условное наименование «Липойл») - штаммы бактерий Pseudomonas koreensis Ca3 и Stenotrophomonas maltophilia ZhD, являются новыми.

Штамм бактерий Pseudomonas koreensis Ca3 депонирован во Всероссийской Коллекции Промышленных Микроорганизмов (ВКПМ) ФГУП Государственного научно-исследовательского института генетики и селекции промышленных микроорганизмов (ГосНИИГенетика) под регистрационным номером В-12712, а штамм бактерий Stenotrophomonas maltophilia ZhD депонирован во Всероссийской Коллекции Промышленных Микроорганизмов (ВКПМ) ФГУП ГосНИИГенетика под регистрационным номером В-12702. По показателям вирулентности, диссеминации,

токсичности и токсигенности микроорганизмы Pseudomonas koreensis Ca3 B-12712 и Stenotrophomonas maltophilia ZhD B-12702 являются непатогенными для теплокровных животных. Согласно методическим рекомендациям «Критерии оценки патогенных свойств штаммов-продуцентов, предлагаемых для использования в промышленности микробиологического синтеза», Москва, 1992 г., микроорганизмы Pseudomonas koreensis Ca3 B-12712 и Stenotrophomonas maltophilia ZhD B-12702 удовлетворяют требованиям, предъявляемым к промышленным микроорганизмам (Заключение НИЦ ТБП - филиал ФГБУ «ГНЦ Институт иммунологии ФМБА России»).

Характеристика используемых штаммов (компонентов биопрепарата).

Штамм бактерий Pseudomonas koreensis Ca3 B-12712 выделен из образцов жирозагрязненных отходов г. Новосибирска.

Культурально-морфологические признаки.

Прямые или слегка изогнутые, но не спиральные, палочки, размер бактерий 0,5 - 1,0×1,5 - 5,0 мкм. Грамотрицательные, подвижные за счет одного или нескольких полярных жгутиков. На стандартных питательных средах (МПА, LB, King B) образует круглые колонии 2-3 мм в диаметре, плоские, гладкие, края слегка неровные, бежевые, непрозрачные. Окраска по Граму и реакция по Граму методом Gregersen (1978) грамотрицательные.

Физиолого-биохимические признаки.

Аэроб. Метаболизм чисто дыхательного типа с использованием кислорода в качестве конечного акцептора электронов; в некоторых случаях альтернативным акцептором электронов может служить нитрат, что обеспечивает анаэробный рост. Образует флуоресцирующий пигмент. Оксидазный тест положительный. Каталазный тест положительный. Желатин не гидролизует. Крахмал не гидролизует. Нет потребности в факторах роста или специальных добавках. Способен к росту на средах с маргарином, подсолнечным, оливковым, горчичным, сливочным и льняным маслами, а также со свиным и рыбьим жирами в качестве источников углерода и энергии для роста. Способен к росту в присутствии хлорида натрия в

концентрации до 5%. Штамм способен к росту в температурном диапазоне 10-42°С. Микроорганизм способен утилизировать пищевые масла и жиры в диапазоне pH среды 6-9.

Штамм бактерий Stenotrophomonas maltophilia ZhD B-12702 выделен из образцов жирозагрязненных отходов г. Новосибирска.

Культурально-морфологические признаки.

Прямые мелкие палочки, размер бактерий 0,5 - 1,0 ×1,5 - 5,0 мкм. Грамотрицательные, подвижные за счет одного или нескольких полярных жгутиков. На стандартных питательных средах (МПА, LB, King B) образует круглые колонии 1-2 мм в диаметре, плоские, гладкие, края ровные, бежевые, непрозрачные. Окраска по Граму и реакция по Граму методом Gregersen (1978) - грамотрицательные.

Физиолого-биохимические признаки.

Аэроб. Метаболизм чисто дыхательного типа с использованием кислорода в качестве конечного акцептора электронов. Оксидазный тест отрицательный. Каталазный тест положительный. Желатин не гидролизует. Крахмал не гидролизует. Нет потребности в факторах роста или специальных добавках. Способен к росту на средах с маргарином, подсолнечным, оливковым, горчичным, сливочным и льняным маслами, а также со свиным и рыбьим жирами в качестве источников углерода и энергии для роста. Способен к росту в присутствии 5% хлорида натрия. Штамм способен к росту в температурном диапазоне 10-42°С. Микроорганизм способен утилизировать пищевые масла и жиры в диапазоне pH среды 6-9.

Получение биопрепарата реализуется путем раздельного глубинного культивирования каждого из микроорганизмов Pseudomonas koreensis Ca3 и Stenotrophomonas maltophilia ZhD на питательной среде, содержащей кислотный гидролизат казеина, дрожжевой автолизат, глюкозу, набор минеральных солей.

Выращенные бактериальные культуры Pseudomonas koreensis Ca3 B-12712 и Stenotrophomonas maltophilia ZhD B-12702 сепарируют на проточном

сепараторе. Полученную концентрированную суспензию каждого микроорганизма по отдельности стерильно смешивают в соотношении 1:1,5 (по массе) с защитной средой на основе 0,05М натрий-калиевого фосфатного буфера, содержащего 20 г/л тиомочевины; 50 г/л сахароза; 0,5 мл/л твин 80; 40 г/л полиглюкина. Далее полученную смесь замораживают при температуре -40°С - -70°С в течение 24 ч и подвергают сублимационной сушке.

Полученные сухие лиофилизованные порошковые формы бактериальных культур Pseudomonas koreensis Ca3 B-12712 и Stenotrophomonas maltophilia ZhD B-12702 смешивают между собой в соотношении 1:1 (по массе) и получают препарат с конечной численностью бактерий не менее 1×1010 КОЕ/г сухого биопрепарата.

Полученную сухую форму биопрепарата «Липойл» хранят в сухом темном месте при температуре 2-8°С в течение 6-12 месяцев.

Применение сухого лиофилизированного биопрепарата реализуют путем внесения в промышленные стоки суспензии микроорганизмов, полученной путем его растворения в воде в соотношении 1:1000 (по массе).

Определяющими существенными отличиями биопрепарата, по сравнению с прототипом, являются:

1) в качестве микроорганизмов-деструкторов пищевых масел и жиров используют комплекс штаммов бактерий Pseudomonas koreensis Ca3 B-12712 и Stenotrophomonas maltophilia ZhD B-12702, взятых в соотношении 1:1 (по массе), с конечной численностью бактерий в сухом биопрепарате не менее 1×1010 КОЕ/г, что позволяет повысить эффективность биопрепарата и расширить спектр его действия.

2) в состав биопрепарата «Липойл» входят непатогенные и нетоксичные микроорганизмы, способные утилизировать пищевые масла и жиры в широком диапазоне pH (6-9) и температур среды (10-42°С), а также в присутствии соли (хлорида натрия до 5%).

Предлагаемый биопрепарат способен эффективно очищать сточные воды, загрязненные маслами и жирами, а также удалять отложения жиров в канализационных системах предприятий и утилизировать жиры в жироуловителях.

Изобретение иллюстрируется следующими примерами конкретного выполнения.

Пример 1. Получение биопрепарата «Липойл»

Для получения биомассы бактерий Pseudomonas koreensis Ca3 B-12712 и Stenotrophomonas maltophilia ZhD B-12702 проводили глубинное культивирование каждого из микроорганизмов раздельно на питательной среде, содержащей кислотный гидролизат казеина, дрожжевой автолизат, глюкозу, набор минеральных солей.

Культивирование бактерий Pseudomonas koreensis Ca3 B-12712 и Stenotrophomonas maltophilia ZhD B-12702 поводили в ферментерах объемом 250 л, с коэффициентом заполнения 0,6. Ферментеры оснащены фильтрами тонкой очистки воздуха, датчиками температуры, pH, скорости перемешивания и расхода воздуха на аэрацию. В ферментер вносили 3 л посевного материала (инокулята) в виде микробной суспензии с численностью не менее 1×1010 КОЕ/мл на 150 л питательной среды, содержащей: кислотный гидролизат казеина - 8 г/л; дрожжевой экстракт - 5 г/л; глюкоза - 20 г/л; сульфат магния - 0,3 г/л; сульфат марганца - 0,1 г/л; гидрофосфат калия - 2 г/л; сульфат аммония - 5 г/л; пеногаситель - 0,5 мл/л. Конечный объем доводили водопроводной водой до 150 л.

В течение культивирования бактерий показатель pH поддерживали автоматически на уровне 7,0-7,2 путем подачи 15% раствора гидроксида аммония, при непрерывном перемешивании. Технологические параметры процесса культивирования микроорганизмов: температура 28°С; расход воздуха на аэрацию - от 0 до 4 ч - 30 л/мин, от 4 до 20 ч - 60 л/мин; скорость перемешивания - 350 об/мин. Продолжительность культивирования 20 ч.

Выращенные бактериальные культуры Pseudomonas koreensis Ca3 B-12712 и Stenotrophomonas maltophilia ZhD B-12702 сепарировали на проточном сепараторе при скорости вращения ротора 16000 об/мин. Скорость сепарирования подбирали такой, чтобы проба фильтрата на выходе из сепаратора была визуально прозрачной. Скорость подачи культуральной жидкости на сепаратор поддерживали в интервале 30-40 л/ч. Полученную концентрированную суспензию каждого микроорганизма по отдельности стерильно смешивали в соотношении 1:1,5 с защитной средой на основе 0,05 М натрий-калиевого фосфатного буфера, содержащей 20 г/л тиомочевины; 50 г/л сахароза; 0,5 мл/л твин 80; 40 г/л полиглюкина. Далее полученную смесь замораживали при температуре -40°С - -70°С в течение 24 ч. В дальнейшем замороженную биомассу подвергали сублимационной сушке с целью получения лиофильно высушенной биомассы каждого из штаммов, входящих в состав биопрепарата «Липойл».

Полученные сухие формы бактериальных культур Pseudomonas koreensis Ca3 B-12712 и Stenotrophomonas maltophilia ZhD B-12702 в виде порошка смешивали между собой в соотношении 1:1 (по массе) так, чтобы конечная численность бактерий составила не менее 1×1010 КОЕ/г сухого биопрепарата.

Пример 2. Оценка эффективности деградации растительных и животных жиров биопрепаратом «Липойл» в лабораторных условиях

Эксперимент проведен в 100 мл жидкой минеральной среде Эванса (Evans C.G.T., Herbert D., Tempest D.B. 1970. The continuous cultivation of microorganisms. Construction of a Chemostat // Methods in Microbiology. Vol. 2. Pp. 277-327) с добавлением смеси пищевых масел и жиров в количестве 2% (об./об. или масс./об.) и с добавлением биопрепарата «Липойл» в количестве 10 мл с концентрацией 1×107 КОЕ/мл, в течение 10 сут, при температуре 24°С. Смесь пищевых масел и жиров состояла из оливкового, льняного, подсолнечного, горчичного, миндального, соевого, кокосового и сливочного масел, а также рыбьего и свиного жира. Указанные масла и жиры были

смешаны в равных пропорциях. Количественный химический анализ проводился по ПНД Ф 14.1:2.122-97 «Методика измерений массовой концентрации жиров в поверхностных и сточных водах гравиметрическим методом» (Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации жиров в поверхностных и сточных водах гравиметрическим методом. ПНД Ф 14.1:2.122-97. МОСКВА 1997 г. (издание 2011 г.) В.С. Талисманов. С. 14). В течение эксперимента проводилась количественная оценка численности микроорганизмов, входящих в состав ассоциации, путем проведения серийных разведений отобранной суспензии бактерий и последующим высевом на агаризованную среду ЛБ. Эффективность утилизации смеси пищевых масел и жиров составила 95% в течение 10 сут при температуре 24°С.

На фиг. 1 представлена кривая роста численности микроорганизмов, входящих в состав микробной ассоциации, в течение 10 сут. На фиг. 1 видно, что общая численность бактерий данного комплекса (ассоциации) увеличилась почти на 3 порядка.

Пример 3. Оценка эффективности деградации растительных и животных жиров биопрепаратом «Липойл» в промышленных условиях

Проводили очистку канализационной системы предприятия общественного питания от масложировых загрязнений посредством внесения 15 л суспензии биопрепарата «Липойл» в течение 1 месяца. В течение месяца ежедневно вносилось 500 мл суспензии микроорганизмов с численностью 107 КОЕ/мл. Оценка эффективности применения биопрепарата «Липойл» проводилась путем визуального осмотра сливной системы и выявлением запаха. По истечении месяца было выявлено отсутствие характерного канализационного запаха и засора сифона сливной системы канализации.

Таким образом, при использовании заявляемого биопрепарата для очистки масложировых загрязнений сточных вод наблюдалось разжижение масложировых отходов и отсутствие образования пробок из масложировых отходов в канализационной системе, что свидетельствует об эффективности

биопрепарата и подтверждается данными прироста численности бактерий микробной ассоциации (увеличение на 3 порядка).

Предлагаемый биопрепарат позволит эффективно очищать сточные воды, загрязненные пищевыми маслами и жирами, а также удалять отложения жиров в канализационных системах предприятий и утилизировать жиры в жироуловителях.