

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)

18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии,  
нефтехимии и биотехнологии

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Рациональное природопользование, рециклинг и утилизация отходов

(направленность (профиль)/специализация)

## БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Разработка локальных очистных сооружений для очистки стоков  
предприятий пищевой промышленности на примере АО «Тольяттмолоко»

Студент

А.Н. Попова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

М.В. Кравцова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

В.В. Петрова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

О.А. Головач

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой к.п.н., доцент М.В. Кравцова

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019г.

Тольятти 2019

## АННОТАЦИЯ

Бакалаврскую работу выполнила: Попова А.Н.

Тема работы: Разработка локальных очистных сооружений для очистки стоков предприятий пищевой промышленности на примере АО «Тольяттмолоко».

Научный руководитель: к.п.н., доцент Кравцова М.В.

Бакалаврская работа содержит 52 страниц, 8 рисунков, 8 таблиц, 38 источников.

Объектом исследования является предприятия АО «Тольяттмолоко» - предприятие молочной промышленности г.о. Тольятти.

Цель работы – снижение негативного воздействия на окружающую среду за счет уменьшения концентрации жиров в сточных водах поступающих в городскую канализацию путем их очистки локальными очистными сооружениями.

Бакалаврская работа состоит из введения, двух разделов, заключения и списка используемых источников. Обоснование актуальности темы исследования и ее проблемы приведены в введении.

В первой части проведен анализ состава загрязнения жиросодержащих сточных вод и выявлены проблемы загрязнения таких стоков. Рассмотрены виды загрязнения жиросодержащих сточных вод в зависимости от отрасли их составы и концентрации загрязняющих веществ. Проведен анализ существующих методов локальной очистки жиросодержащих стоков.

Во второй части рассмотрен объект исследования - АО «Тольяттмолоко» и проведен подбор технологии локальной системы очистки жиросодержащих сточных вод для данного предприятия. На основании патентного поиска существующих систем очистки и необходимого оборудования разработана необходимая система очистки сточных вод и описан ее технологический процесс. Рассчитан материальный баланс разработанной системы очистки и ее экономическая эффективность.

В заключении приведены основные выводы о проделанной работе.

## **ABSTRACT**

The title of the bachelor's work is "Development of local treatment facilities for wastewater treatment of food industry enterprises by the example of JSC «Togliattimilk»".

The bachelor's work contains 52 pages, 8 figures, 8 tables, 38 sources.

The object of the research is the company JSC «Togliattimilk», the dairy industry in Togliatti.

The purpose of the work is to reduce the negative impact on the environment by reducing the concentration of fats in the wastewater entering the city sewage system by cleaning them with local wastewater treatment plants.

The bachelor's work consists of an introduction, two chapters, a conclusion and a list of sources used. Justification of the relevance of the research topic and its problems are given in the introduction.

In the first part, an analysis of the composition of the contamination of fat-containing wastewater was conducted and the problems of contamination of such effluent were identified. The types of pollution of fat-containing wastewater are considered depending on their composition and concentration of pollutants. The analysis of existing methods of local treatment of fat-containing drains is conducted.

In the second part, the object of study JSC "Togliattimilk" is considered and the selection of the technology of the local system of purification of fat-containing wastewater for this enterprise is carried out. On the basis of a patent search for existing treatment systems and the necessary equipment, the necessary wastewater treatment system has been developed and its technological process described. The material balance of the developed cleaning system and its economic efficiency are calculated.

In conclusion, the main conclusions about the work done.

## СОДЕРЖАНИЕ

|  |    |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ.....  | 5  |
| 1 Анализ существующих локальных систем очистки жиросодержащих стоков.....                          | 8  |
| 1.1 Литературный обзор в области исследования.....   | 8  |
| 1.2 Анализ состояния загрязнения жиросодержащих стоков.....  | 9  |
| 1.2.1 Проблема загрязнения жиросодержащих стоков .....   | 9  |
| 1.2.2 Виды загрязнения жиросодержащих стоков в зависимости от отрасли .....                        | 15 |
| 1.2.3 Анализ качества стоков предприятия .....   | 19 |
| 1.3 Анализ методов локальной очистки жиросодержащих стоков.....                                    | 24 |
| Выводы к разделу 1.....  | 28 |
| 2 Разработка локальных очистных сооружений для очистки жиросодержащих стоков.....                  | 29 |
| 2.1 Описание объекта исследования.....   | 29 |
| 2.2 Определение качества стоков предприятия молочной промышленности на содержание жира.....        | 30 |
| 2.3 Описание технологического процесса очистки жиросодержащих стоков.....                          | 32 |
| 2.4 Расчет материального баланса.....  | 42 |
| 2.5 Экономическая эффективность предлагаемой локальной системы очистки жиросодержащих стоков ..... | 44 |
| Выводы к разделу 2.....  | 46 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....  | 47 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ .....   | 48 |

## ВВЕДЕНИЕ

В современном мире проблема загрязнения сточными водами производств окружающей среды обретает все более масштабный характер.

Сточные воды предприятий, концентрация которых с каждым годом увеличивается, все чаще сбрасываются в городскую канализацию без очистки и создают постоянные засоры и поломки канализационной системы. И это не самая большая проблема. Такие сточные воды оказывают огромное влияние на окружающую среду нарушая почвенный слой, засоряя водные объекты и разрушая естественные экологические системы.

Для предприятий молочной промышленности характерно большое потребление пресной воды, следовательно, они являются источниками образования больших объемов сточных вод. На 1 тонну перерабатываемого молока удельный расход стоков молочных заводов составляет примерно 5-7 м<sup>3</sup>, но часто этот показатель значительно выше.

В сточных водах предприятий молочной промышленности содержатся высокие концентрации органических загрязнений (лактоза, белок и жир). Так же такие сточные воды могут быть загрязнены неорганическими и синтетическими соединениями. От профиля и производительности предприятия зависят состав и концентрация загрязнений стоков..

Метод выбранный для очистки стоков молочной промышленности зависит от количества и характеристик загрязнений стоков, а также условий их сброса, которые устанавливаются природоохранными органами и коммунальными организациями водопроводно-канализационного хозяйства. Существующие требования к стокам от предприятий молочной промышленности обязывают предприятия перед сбросом стоков в городскую канализацию подвергать их локальной очистке.

Устанавливаемые на молокозаводах системы локальной очистки сточных вод должны быть простыми и надежными в эксплуатации,

компактными, а также должны обеспечивать необходимую степень очистки стоков.

Учитывая, что на многих молокозаводах очистные станции либо отсутствуют, либо работают малоэффективно, вопрос организации эффективной локальной очистки становится весьма актуальным.

**Актуальность темы исследования.** Актуальность темы исследования обусловлена:

- высокие требования к сточным водам промышленных предприятий (изменения нормативно-правовой базы с 2014г., ФЗ №416 «Водопользование и водоотведение»), что приводит к необходимости внедрения локальных сооружений по очистке и использованию новых доступных технологий по ресурсосбережению [27];

- загрязненность стоков молочной промышленности значительно превышает требования, предъявляемые к приему сточных вод в системы канализации населенных пунктов;

- отсутствие у многих предприятий молочной промышленности собственных очистных систем.

**Проблема темы исследования:** Отсутствие эффективной системы мониторинга качества промышленных сточных вод и систем очистки стоков от загрязняющих веществ предприятий пищевой промышленности и как следствие увеличение антропогенной нагрузки на окружающую среду.

**Цель бакалаврской работы:** снижение негативного воздействия на окружающую среду за счет уменьшения концентрации жиров в сточных водах поступающих в городскую канализацию путем их очистки локальными очистными сооружениями.

**Для достижения поставленной цели, необходимо выполнить следующие задачи:**

1. Провести анализ загрязнения жиросодержащих стоков.
2. Провести анализ методов локальной очистки жиросодержащих стоков.

3. Разработать локальную систему очистки жиросодержащих стоков для предприятия пищевой промышленности на примере АО «Тольяттмолоко».

4. Провести оценку экономической эффективности установки локальной системы очистки для предприятия АО «Тольяттмолоко».

**Объект темы исследования:** сточные воды предприятия АО «Тольяттмолоко» поступающие в городскую канализацию.

# **1 Анализ существующих локальных систем очистки жиросодержащих стоков**

## **1.1 Литературный обзор в области исследования**

Для предприятий молочной промышленности характерно большое количество различных сточных вод. Самые объемные из них это (технологические) сточные воды от промывки оборудования. Не менее значимыми являются и бытовые стоки из помещений персонала, административных помещений, поверхностные сточные воды непосредственно с территории предприятия, технические воды от продувания системы оборотного водоснабжения

«В настоящее время, когда проблема приобрела более масштабный характер, ученые еще больше занялись этим вопросом. Так в своей работе «Очистка сточных вод предприятий по переработки молока» Г.В. Сакаш, А.Ф. Колова, Т.Я. Пазенко рассмотрели два типа биореакторов для очистки сточных вод предприятий молочной промышленности, их преимущества и недостатки. В результате биореактор комбинированного типа оказался эффективнее биореактора с плоской нагрузкой так как рН обработанной воды соответствует требованиям, в то время как воду после второго типа биореактора необходимо подщелачивать (для отправления на аэробную стадию)» [18].

«А.Ф. Алимова и Э.Р. Бариева в своей работе «Технологическое решение по совершенствованию системы очистки жиросодержащих сточных вод» для более эффективной очистки жиросодержащих сточных вод предложили использовать биопрепарат, представляющий собой биологический деструктор пищевых и растительных масел. Биопрепарат содержит консорцию 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. Благодаря биопрепарату, возможно, очистить сток от органорастворенных жиров перед сбросом на очистные сооружения, утилизировать твердый жир в жиρούловителе, прочистить жировые засоры канализации» [1].

«В статье «Анализ качества очистки сточных вод на предприятии молочной промышленности» автор В.А. Шатецкая предлагает для повышения качества очистки сточных вод на предприятии молочной промышленности использовать мембранный биореактор. Мембранный биологический реактор совмещает в себе биологическую очистку активным илом с мембранным фильтрованием. Для разделения очищенной после биологической очистки воды и активного ила используются специальные микро- или ультрафильтрационные мембраны. Конструкция мембранного биореактора позволяет создать высокую концентрацию активного ила, способствуя повышению окислительной мощности данного метода очистки из-за гораздо более интенсивно проходящих процессов биологической очистки»[29].

«В трудах Жукова А.И. указано, что при наличии в сточных водах жировых остатков в завышенных концентрациях возникает проблема эксплуатации канализационных систем и последующей очистки сточных вод на специальных сооружениях. По этой причине крайне необходимо очистить сточные воды до их выпуска с очистных сооружений предприятия, так как последующая очистка производится городскими системами, принимающими стоки со строго лимитированными показателями, которые с каждым годом ужесточаются»[2].

## **1.2 Анализ состояния загрязнения жиросодержащих стоков**

### **1.2.1 Проблема загрязнения жиросодержащих стоков**

Россия обладает одним из самых высоких водных потенциалов в мире. Около 30 000 м<sup>3</sup>/год воды приходится на каждого россиянина. В настоящее время примерно 70% рек и озер Российской Федерации из-за загрязнения и засорения все больше утрачивают свои качества питьевой воды, и как следствие - около половины населения потребляют загрязненную воду.

Существует более 400 видов различных веществ вызывающих загрязнение окружающей среды и водных объектов.

Экологическая ситуация на Средней Волге, в том числе и на территории Самарской области довольно сложная.

На территории Самарской области имеется два водохранилища – Куйбышевское и Саратовское. Из-за недостаточной очистки сточных вод поступающих с химических, промышленных, пищевых и автотранспортных производств в стоки качества этих водохранилищ ухудшается.

Анализируя состояние и загрязненность рек и озер Самарской области, можно отметить, что многие загрязняющие вещества, такие как фенолы, аммонийный азот, легкоокисляемые вещества, соединения меди, марганца и пищевые отходы превышают установленные нормативы.

Доля пищевой промышленности в общем сбросе загрязненных сточных вод промышленностью составляет около 2-3%.

«Сброс сточных вод в отдельных отраслях в год составляет (млн м<sup>3</sup>): в мясной – 18-30, молочной – 25-30, спиртовой – 5,6, хлебопекарной –14,8, масложировой – 22,2, пивоваренной – 33,7» [5]. Для лучшего представления приведем эти данные в виде диаграммы на рисунке 1.

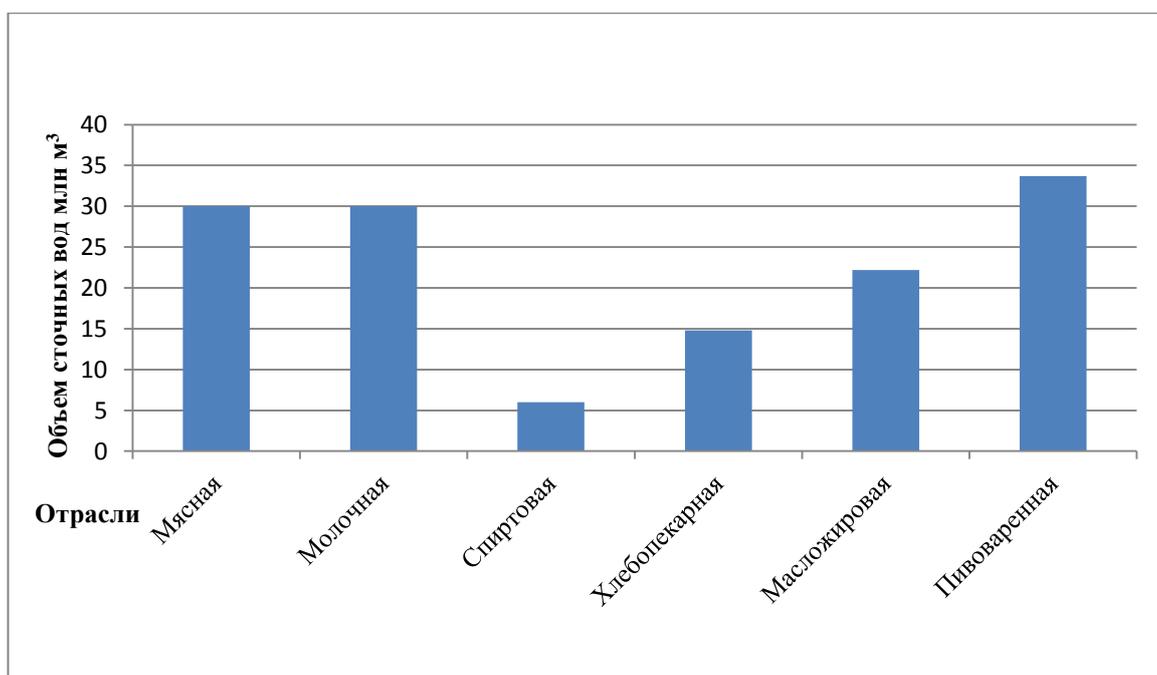


Рисунок 1 — Объем образования сточных вод в отдельных отраслях пищевой промышленности

«При этом отношение количества сброшенных сточных вод к потреблению (использованию) воды составляет (%): в мясной – 90, молочной – 80-90, хлебопекарной – 55-60, спиртовой – 70-80, крахмалопаточной – 90 (картофелекрахмальное производство) и 55 (кукурузо-крахмальное), сахарной – 68, масло-жировой – 80»[1].

Удельные показатели расхода воды и объемов сточных вод в отраслях пищевой промышленности приведены в таблице 1.

Таблица 1 — Среднегодовые удельные показатели расхода воды и объемов сточных вод в отраслях пищевой и перерабатывающей промышленности

| Отрасль промышленности             | Среднегодовой расход воды | Объем выпускаемых сточных вод |
|------------------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| Мясная, м <sup>3</sup> /т мяса     | 14,8-24,2                 | 12,0-19,3                     |
| Молочная, м <sup>3</sup> /т молока | 5,0                       | 4,8                           |
| Сахарная, м <sup>3</sup> /т свеклы | 2,5                       | 1,7                           |
| Крахмалопаточная                   |                           |                               |

|   |          |         |
|---|----------|---------|
| картофелькрахмальное<br>производство, м <sup>3</sup> /т картофеля | 8,4      | 7,5     |
| Кукурузо крахмальное<br>производство, м <sup>3</sup> /т кукурузы  | 7,9      | 4,4     |
| Спиртовая, м <sup>3</sup> /1000 дал<br>спирта                     | 921      | 721     |
| Хлебопекарная, м <sup>3</sup> /т хлеба                            | 4,65-6,9 | 2,7-4,1 |
| Пивоваренная, м <sup>3</sup> /1000 дал<br>пива                    | 109      | 74      |
| Зерноперерабатывающая,<br>м <sup>3</sup> /т                       | 3,7      | 1,8     |
| Масложировая, м <sup>3</sup> /т                                   |          |         |
| масло растительное  | 6,7      | 5,36    |
| маргарин  | 7,7      | 6,16    |
| МЫЛО  | 11,94    | 9,55    |

Как видно из приведенных данных в таблице, даже для предприятий имеющих собственные локальные очистные сооружения очистить все стоки практически невозможно. Это обусловлено большими объемами водопотребления и водоотведения соответственно.

Доля загрязненных вод к общему объему сбрасываемых сточных вод составляет около 77%.

«Загрязняющие вещества, находящиеся в сточных водах, очень различны по своему составу, объемам образования, агрегатному состоянию и характеру воздействия на окружающую среду. Их можно грубо разделить на две основные группы – минеральные с примесями песка глины или взвешенных веществ и органические с содержанием остатков жиров, белков или зеленой массы»[11].

«Стоки предприятий, содержащие остатки растительного и животного происхождения, плохо фильтруются, быстро закисают, загнивают, выделяя

сильные неприятные запахи, повышенная концентрация их вызывает необратимое загрязнение окружающей среды, угрожая здоровью людей. При сбросе таких неочищенных сточных вод в водоемы ухудшаются свойства воды, так как снижается содержание в ней кислорода, ведущее при определенных условиях к гибели рыб и планктона»[3].

Наиболее характерными для деятельности предприятий пищевой промышленности видами загрязняющих веществ, сбрасываемых со сточными водами в водоемы, являются взвешенные вещества, жир, общий и аммонийный азот, хлориды, тяжелые металлы, СПАВ, нефтепродукты и др.

Воздействие загрязнений характеризуется степенью загрязненности, которая определяется рядом физико-химических показателей. Основные из них – химическое и биохимическое потребление кислорода, содержание взвешенных веществ, активная реакция среды и др.

«Доля пищевой промышленности Самарской области составляет 11%, г.о. Тольятти – 8% от общего количества предприятий, эти данные представлены соответственно на рисунке 2 и рисунке 3. Анализ данных позволяет сделать вывод, что по городу Тольятти, пищевая индустрия находится на четвертом месте от общего количества предприятий»[4].

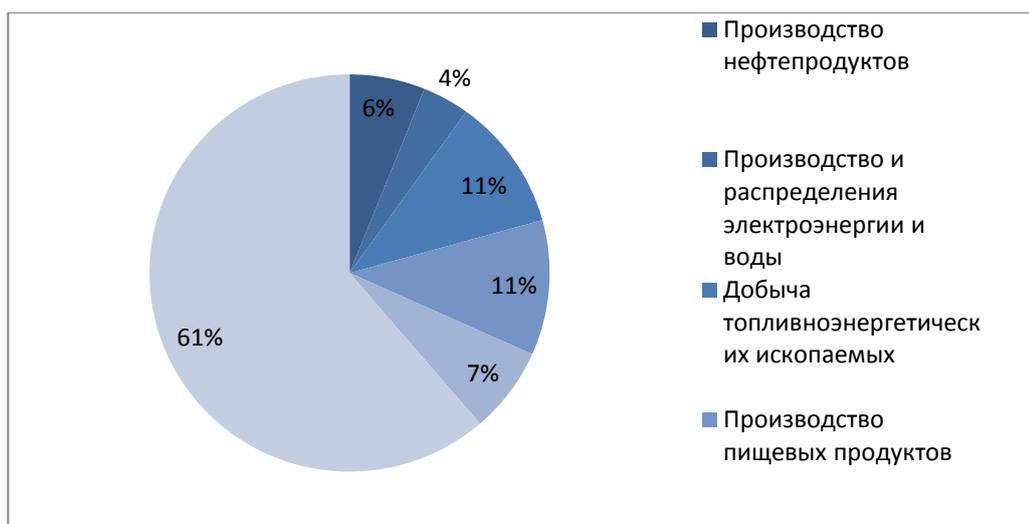


Рисунок 2 – Доля пищевой промышленности по Самарской области

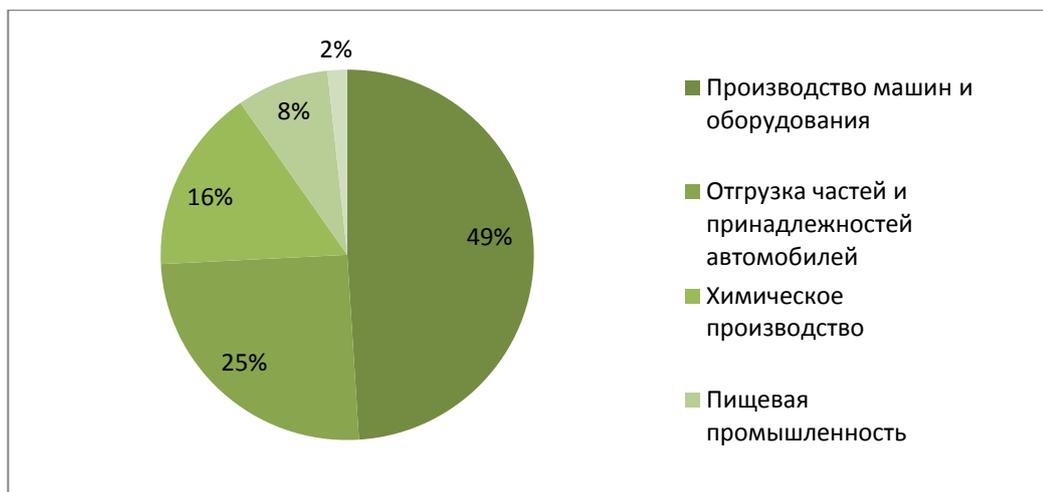


Рисунок 3 – Доля пищевой промышленности предприятий г.о. Тольятти

«На основе исследования и оценки состояния промышленных сточных вод пищевой промышленности определен перечень основных предприятий, при работе которых образуется наибольшее количество жировой массы, одним из основных источников загрязнения служат предприятия молочной промышленности»[17].

«Сточные воды пищевой промышленности занимают среди стоков других производств одно из первых мест по объему и концентрации загрязнений. Пищевая индустрия занимает первое место по расходу воды на единицу выпускаемой продукции, при этом они имеют высокую степень загрязненности и представляют большую опасность для окружающей среды»[17].

Жиры и жирные кислоты, загрязняющие стоки предприятий пищевой промышленности представляют угрозу канализационным системам. Они скапливаются на стенках труб и задерживают прохождение сточной воды. Используемые предприятием моющие средства не способны в полной мере растворить жиры и жирные кислоты, направляемые в канализационную систему. В случае закупорки жирами трубопровода предприятие должно будет приостановить производство на достаточно длительный срок чистки или ремонта трубопровода.

«Полностью предотвратить предприятие от таких последствий обеспечит специальное устройство – жируловитель. Данные агрегаты способны работать при температуре окружающей среды от +5-10°С до +40°С и при температуре сточной воды до 70°С»[13].

1.2.2 Виды загрязнений жиросодержащих стоков в зависимости от отрасли

«Во всех отраслях пищевой промышленности определены показатели основных видов загрязнений сточных вод. Значения показателей (удельных) загрязнений сточных вод разрабатывались для анализа состояния влияния предприятий на окружающую среду, ущерба, наносимого ей, а также для обоснования необходимости капитальных вложений в водохозяйственные объекты с учетом экологических требований»[28].

Состав стоков предприятий зависит от вида производства и характеризуется усредненными данными, представленными в таблице 2.

Таблица 2 – Состав стоков предприятий

| Нормативные показатели   | рН      | Взвешенные вещества, мг/л | ХПК, мг/л   | БПК5, мгО2/л | Сухой остаток, мг/дм3 | Содержание жира, мг/дм3 |
|--------------------------|---------|---------------------------|-------------|--------------|-----------------------|-------------------------|
| 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 2

|   |         |             |                |          |      |     |
|---|---------|-------------|----------------|----------|------|-----|
| Крахмальные<br>перерабатывающие<br>заводы | 7,2     | 600-4700    | 100-2520       | 300-1300 | 1000 | -   |
| Молочные<br>предприятия                   | 6,5-9   | 350-600     | 1200-3000      | 500-2000 | 600  | 200 |
| Сырзаводы                                 | 3,55    | 400-750     | 51200          | 40000    | 450  | 180 |
| Фруктоовощные<br>производства             | 4       | 20-1800     | 440-2690       | 350-2175 | 300  | -   |
| Мясоперерабатываю<br>щие производства     | 6,5-7,5 | 410-12000   | 1800-<br>12500 | 650-5100 | 1000 | 120 |
| Кондитерские<br>предприятия               | 4,5-9,9 | 1220 – 1790 | 6060           | 2190     | 500  | 250 |
| Производства<br>мороженого                | 6 -11   | 8000        | 6000           | 4000     | 440  | 100 |

Сточные воды с превышенными ПДК показателями не могут направляться в систему канализации или природные водоемы без предварительной очистки. Поступление стоков с превышенными показателями могут привести к нарушению кислородного режима или изменению микрофлоры в природных водоемах или вызвать коррозию коллекторов в системе канализации.

На основании таблицы можно сделать вывод, что рН сточных вод и сухой остаток молочных предприятий практически всегда находятся в допустимом ПДК диапазоне. Взвешенные вещества превышают допустимые концентрации в 800 раз. По химическому показателю кислорода показатели превышены в 100 раз, по биохимическому показателю кислорода в 500 раз. Содержание жировых отходов превышает ПДК в 4 раза.

Если же делать вывод относительно всех предприятий, то молокоперерабатывающие предприятия не являются самым большим источником жиросодержащих стоков, но наносят свой вред городской канализационной системе. Для того что бы понять на сколько велик процент содержания сточных вод молокозаводов провели анализ предприятий, при переработке которых образуется наибольшее количество жировой массы опираясь на данные имеющиеся в интернете. Результат данного анализа представлен графически на рисунке 4.

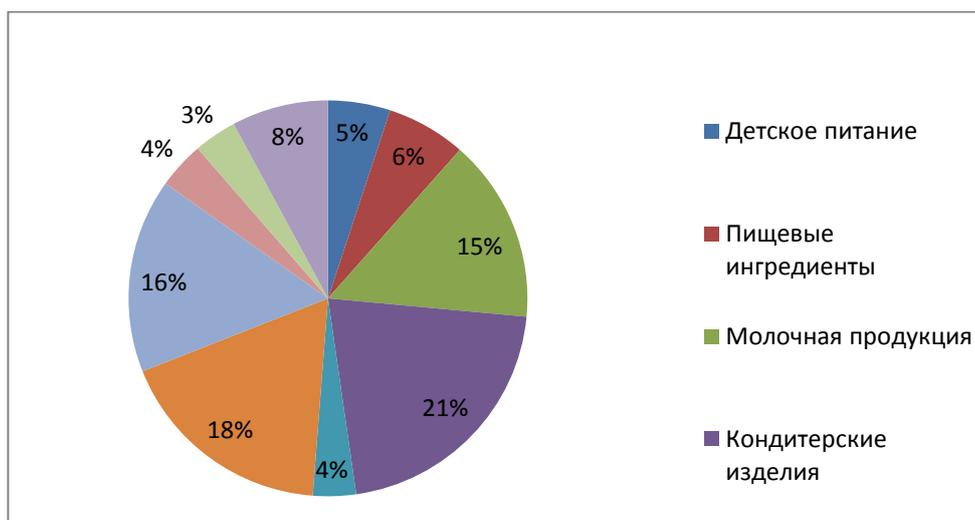


Рисунок 4 – Предприятия, с образованием наибольшим количеством жировой массы, % от общего

### 1.2.3 Анализ качества стоков предприятия

На территории области функционируют 22 молокоперерабатывающих предприятия.

«Молочный комбинат «САМАРАЛАКТО» входит в состав компании «ЮНИМИЛК» и является флагманом молочной промышленности области. Основным видом деятельности является переработка молочного сырья. В 2018 году на предприятии были установлены локальные очистные сооружения производительность которых 1300 м<sup>3</sup>/сутки, при сбросе сточных вод, примерно, 1000 м<sup>3</sup>/сутки. После установки нового оборудования показатели осветлённых стоков на выходе соответствуют федеральному законодательству»[24].

У ОАО Маслозавод «Пестравский» также установлены локальные очистные сооружения на территории предприятия. Соответственно состояние стоков соответствует допустимым нормам для спуска их в городскую канализацию.

У предприятия АО «Тольяттимолоко» собственных очистных сооружений на данный момент нет. Соответственно опираясь на усредненные данные о стоках молокозаводов можно сделать вывод, что без очистки данные стоки могут нанести вред канализационной системе и окружающей среде.

«Температура сточных вод предприятий молочной промышленности колеблется от 16 до 33°C. Среднемесячная температура сточных вод составляет зимой 17-18°C, летом – 22-25°C. Величина рН сточных вод в значительной степени зависит от технологии производства, ассортимента продукции. Для производств, не связанных с процессами молочного брожения, рН стока близок к нейтральному (6,8-7,4 для молочноконсервных и маслодельных заводов). На сыродельных заводах, предприятиях, вырабатывающих творог и другие кисломолочные продукты, рН сточных вод

снижается до 6,2»[14]. Состав сточных вод предприятий молочной промышленности представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Состав сточных вод предприятий молочной промышленности

| Предприятия                      | Взвешенные вещества, мг/л | XПК, мг/л | БПК <sub>полн</sub> , мг/л | Жиры, мг/л | Хлориды, мг/л | Азот общий, мг/л | Фосфор, мг/л | pH      |
|----------------------------------|---------------------------|-----------|----------------------------|------------|---------------|------------------|--------------|---------|
| Городские молочные заводы        | 350                       | 1400      | 1200                       | До 100     | 150           | 60               | 8            | 6,6-8,5 |
| Заводы сухого и молочного молока | 350                       | 1200      | 100                        | До 100     | 150           | 50               | 7            | 6,8-7,4 |
| Сыродельные заводы               | 600                       | 3000      | 2400                       | До 100     | 260           | 90               | 16           | 6,2-7,0 |

Сточные воды содержат большое количество органических соединений (белки, жиры, молочный сахар), обусловленное потерями сырья и отходами при производстве молочных продуктов. «Кроме того, сточные воды содержат неорганические соединения: моющие средства, соединения металлов. Высокая концентрация органических загрязнений характерна для сточных вод, образующихся при производстве сыра, творога, казеина. Это объясняется как особенностями технологии, так и потерей части сыворотки, имеющей высокую загрязненность»[30].

Качественный состав и объемы, поступающие в очистные конструкции, разнородны и неравномерны. Они варьируются в зависимости от сезона, достигая максимальных показателей в летний период. Вследствие этого сточные воды перед биологической очисткой должны пройти стадию усреднения и коагуляции (как части физико-химической обработки).

Загрязненные воды молочных заводов образуются в трубопроводах, на мойке оборудования, в флягах, цистернах. Они подвергаются очистке совместно с бытовыми стоками. Бытовые сточные воды составляют от 2 до 10% общих стоков.

«Незагрязненные воды образуются в результате охлаждения молочных продуктов. Как правило, предприятия молочной промышленности используют эти воды в системе оборотного водоснабжения или для мойки тары, оборудования, панелей цехов и т.д.»[26].

Водная среда стоков молочной промышленности характеризуется слабощелочным характером (рН составляет от 6,0 до 8,0). Это определяет характер состояния вод как мутные, а некоторые стоки переходят в разряд высокомутных. О высоком содержании в стоках биогенных элементов, которые обеспечивают активность микроорганизмов и бактерий, говорит концентрация фосфора и азота.

На молочных предприятиях самые высокие (по сравнению с другими пищевыми отраслями) значения БПК. Они составляют от 1200 до 2400 мг/л. Показатели ХПК равны 1500-3000 мг/л и выше. Эти данные говорят о больших количествах органических загрязнений, легко окисляемых биологическим путем.

Провели анализ имеющихся жиросодержащих стоков, данные которого приведены в таблице 5. В результате анализа выявлены превышения некоторых показателей относительно ПДК.

Таблица 5 – Показатели химического анализа предприятий молочной промышленности [19,20]

| Наименование компонента (показателя)                 | Результаты анализов | Данные анализа проведенного ОАО «ТЕВИС» | Максимальное допустимое значение концентрации; Постановление №644 | Санитарные нормы допустимых концентраций                     |
|--|---------------------|---|---|--|
| 2  | 3                   | 4                                       | 5   | 6  |
| Водородный показатель, Ед. рН                        | 11,82               | 6-9                                     | 6,5 – 8,5   | СанПин 2.1.4. 1074-01  |
| БПК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> | 752,0               | 47,6                                    | 500   | СанПиН 2.1.5.980-00  |
| Взвешенные вещества, мг/дм <sup>3</sup>              | 82,1                | 90,0                                    | 300,0   | СанПиН 2.1.5.980-00  |
| Сухой остаток, мг/дм <sup>3</sup>                    | 1238                | 622,0                                   | 3000,0  | СанПин 2.1.4. 1074-01  |
| Хлориды, мг/дм <sup>3</sup>                          | 138                 | 101,0                                   | 1000,0  | СанПиН 2.1.5.980-00<br>ГН 2.1.5.1315-03<br>ПНД Ф 14.1:2.9697 |
| Сульфаты, мг/дм <sup>3</sup>                         | 180                 | 100,0                                   | 300,0   |  |
| Ион аммония, мг/дм <sup>3</sup>                      | 0,44                | 6,02                                    | 1,5   | ГН 2.1.5.1315-03   |

Продолжение таблицы 5

|  |                |       |       |   |
|--|----------------|-------|-------|---|
| Нитрат – ион,<br>мг/дм <sup>3</sup>          | 4,8            | 0,08  | 45    | ГН 2.1.5.1315-03                          |
| Фосфаты по<br>фосфору,<br>мг/дм <sup>3</sup> | 0,91           | 0,2   | 3,5   | СанПин 2.1.4. 1074-01<br>ГН 2.1.5.1315-03 |
| Железо<br>общее, мг/дм <sup>3</sup>          | 1,5            | 3,0   | 3,0   | СанПин 2.1.4. 1074-01                     |
| Нефтепродук<br>ты, мг/дм <sup>3</sup>        | 0,28           | 0,2   | 10,0  | СанПин 2.1.4. 1074-01                     |
| Сероводород,<br>мг/дм <sup>3</sup>           | Менее<br>0,002 | 0,03  | 1,5   |   |
| Медь, мг/дм <sup>3</sup>                     | 0,0046         | 0,005 | 0,5   | СанПин 2.1.4. 1074-01                     |
| Цинк, мг/дм <sup>3</sup>                     | 0,012          | 0,03  | 1,0   | ГН 2.1.5.1315-03                          |
| Никель,<br>мг/дм <sup>3</sup>                | Менее<br>0,005 | 0,003 | 0,25  |   |
| Кадмий,<br>мг/дм <sup>3</sup>                | Менее<br>0,005 | 0,015 | 0,015 | ГН 2.1.5.1315-03                          |
| Свинец,<br>мг/дм <sup>3</sup>                | Менее<br>0,001 | 0,25  | 0,25  | ГН 2.1.5.1315-03                          |
| Фенолы,<br>мг/дм <sup>3</sup>                | Менее<br>0,001 | 0,001 | 0,25  | СанПин 2.1.4. 1074-01                     |

Продолжение таблицы 5

|  |               |      |      |  |
|--|---------------|------|------|--|
| Хром(+3),<br>мг/дм <sup>3</sup>          | Менее<br>0,01 | Отс. | 0,05 | СанПиН 2.1.4. 1074-01<br>ГН 2.1.5.1315-03                  |
| Хром(+6),<br>мг/дм <sup>3</sup>          | Менее<br>0,01 | Отс. | 0,05 | СанПиН 2.1.4. 1074-01<br>ГН 2.1.5.1315-03                  |
| Жиры, мг/дм <sup>3</sup>                 | 608,0         | 50   | 50   | ПНД Ф 14.1;2.189-02  |
| ХПК<br>мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> | 5600,0        |      | 800  | СанПиН 2.1.5.980-00<br>ГН 2.1.5.1315-03<br>ГОСТ 31859-2012 |

На основании таблицы определили загрязняющие вещества превышающие предельно допустимые концентрации, к ни относятся:

-водородный показатель, его значения превышены примерно на 3 ед. рН;

-БПК, превышение, примерно, на 30 – 35%;

-жиры;

-ХПК, превышение, примерно, в 7 раз.

### 1.3 Анализ методов локальной очистки жиросодержащих стоков

Существует большое количество методов очистки сточных вод. Их можно разделить на механический, химический, физико – химический, биологический и термический, что представлено на рисунке 6.

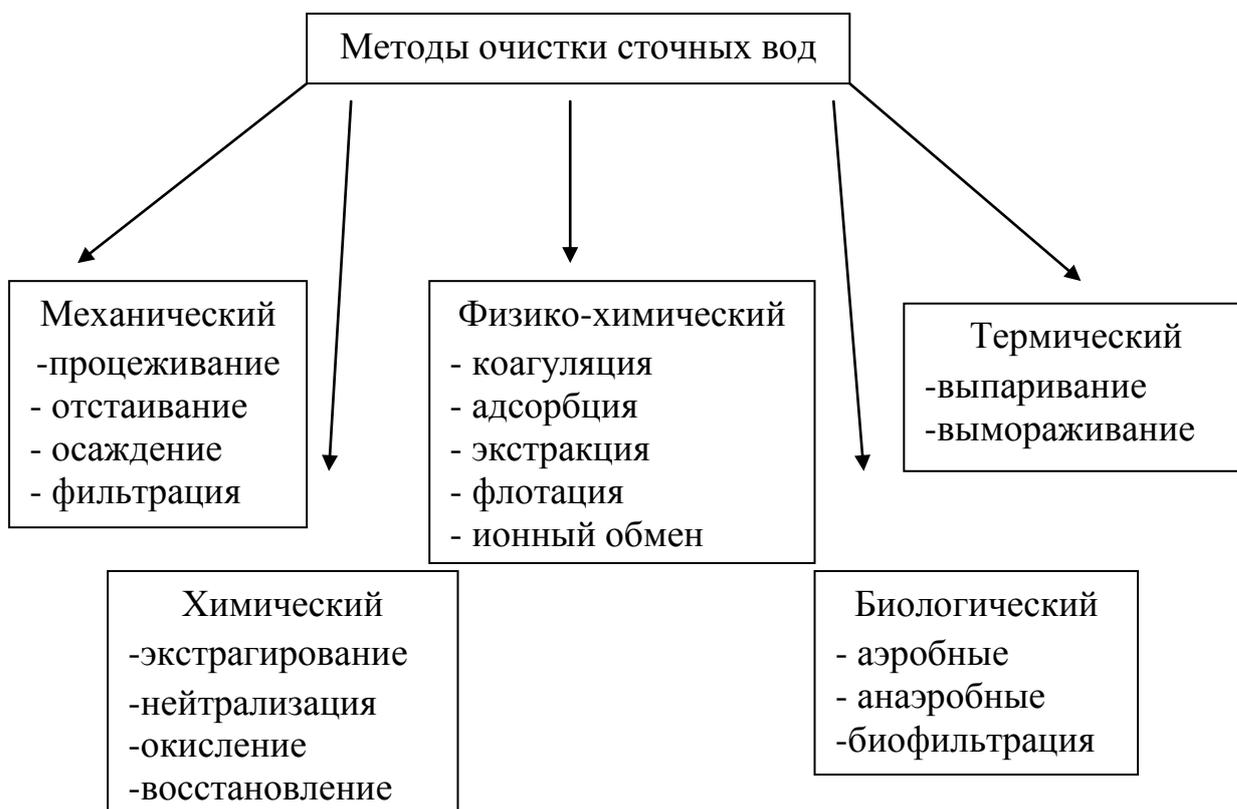


Рисунок 6 – Методы очистки сточных вод

Каждый из методов допустимо использовать как самостоятельный или комбинировать и использовать как систему.

«В процессе очистки сточных вод образуются осадки, которые подвергаются обезвреживанию, обеззараживанию, обезвоживанию, сушке. Если по условиям сброса сточных вод в водоем требуется более высокая степень очистки, то после сооружений полной биологической очистки сточных вод устраивают сооружения глубокой очистки. В соответствии с «Водным кодексом», сточные воды после очистки перед сбросом в водоем подвергают обеззараживанию с целью уничтожения патогенных микроорганизмов»[31].

«Механический метод очистки сточных вод предназначен для очистки стоков от крупнодисперсных нерастворимых примесей. Аппаратами механической очистки являются фильтры и решетки различных конструкций улавливающие крупные загрязняющие вещества и отстойники осаждающие плавающие примеси»[32].

Сооружения механической очистки сточных вод являются предварительной стадией перед биологической очисткой. При механической очистке городских сточных вод удается задержать до 60% взвешенных частиц и до 90 - 95% нерастворенных грубодисперсных элементов.

«Еще одним методом очистки является химический метод. Химические способы очистки стоков основываются на применении химического взаимодействия между разными соединениями и элементами. Реагенты подбирают строго по результатам химического анализа воды. Данные вещества вступают в химические реакции с загрязнителями и разлагают их. Очистка химическим методом является эффективной, но экологически не безопасной. При снижении концентрации нерастворимых примесей в стоках в них попадают химические элементы неблагоприятно влияющие на окружающую среду и здоровье человека»[12].

Если правильно подобрать реагенты, из воды будут удаляться только лишние примеси, а нужные никуда не денутся. То есть вода останется «живой». Химические методы очистки в комплексе с механической фильтрацией – основа автономного водоснабжения на производстве.

«Физико-химический метод очистки городских сточных вод с учетом технико-экономических показателей используют весьма редко. Этот метод в основном применяют для очистки производственных сточных вод. Эта обработка предполагает удаление из сточных вод тонкодисперсных и растворенных в них неорганических веществ, разрушение трудноокисляемых и органических соединений» [9].

«Биологический метод очистки сточных вод основан на жизнедеятельности микроорганизмов, которые минерализуют растворенные органические соединения, являющиеся для микроорганизмов источниками питания. Сооружения биологической очистки условно могут быть разделены на два вида. К первому виду относятся сооружения, в которых процесс биологической очистки протекает в условиях, близких к естественным (поля фильтрации и биологические пруды). В сооружениях второго вида

аналогичная очистка осуществляется в искусственно созданных условиях — в аэротенках и биофильтрах» [23].

Термический метод включает в себя процессы выпаривания или вымораживания в специальных аппаратах с последующей стадией выделения сухих веществ. Такой метод очистки используется для минерализованных стоков.

Для выбор метода очистки сточных вод и разработки технологической системы очистки необходимо рассмотреть характеристики предприятия, например, состав исходного продукта, объемы стоков, необходимую степень очистки, и рассчитать экономическую эффективность для данной технологии. При выборе сооружений для очистки сточных вод предприятию необходимо обращать внимание на технические условия предприятия:

- наличие уже имеющегося оборудование для очистки стоков,
- место для модернизации новой установки.
- необходимая степень очистки для сброса стоков в городскую канализацию.

«Очистка промышленных сточных вод организуется с целью использования их в системах оборотного, последовательного или замкнутого водоснабжения, обеспечения условий приема в городские системы водоотведения или сброса в водные объекты»[17].

«Сточные воды пищевой промышленности содержат большое количество органических веществ, чья деятельность связана с производством продуктов питания, неизбежно в своей производственной деятельности сталкиваются с проблемой утилизации жировых отходов. В зависимости от масштаба производства суточный объем удаляемой в отходы жировой массы может составлять от нескольких килограммов до нескольких тонн»[15].

Жиросодержащие сточные воды с превышенными показателями ПДК должны непременно подвергаться очистке.

Основываясь на химический анализ стоков предприятия молочной промышленности можно сделать вывод, что приоритетными загрязнителями являются жиры. На сегодняшний день для очистки сточных вод молокозаводов принято устанавливать технологические системы механического метода очистки с содержанием всплывающего на поверхность воды жиром.

#### Выводы к разделу 1

1. Доля предприятий пищевой промышленности составляет 11% по Самарской области и 8% по г. Тольятти, эти значения убеждают в необходимости исследования качественного состава стоков и их влиянии на окружающую среду данной отрасли.

2. На основании качественного анализа стоков предприятий пищевой промышленности, выявлены приоритетные загрязняющие вещества для каждой отраслевой специализации.

3. Исходя из наличия токсических веществ в стоках молочных заводов, выявлена острая необходимость устанавливать локальные системы очистки на всех предприятиях такого типа.

4. Применяемые технологические методы очистки сильнозагрязненных сточных вод на предприятиях пищевой промышленности не являются высокоэффективными, а чаще всего они даже не обеспечивают степень очистки необходимую для сброса стоков в городскую систему канализации.

«Таким образом, экологические проблемы очистки сточных вод пищевой промышленности не решены и требуют дальнейшего изучения. Учитывая, что на большинстве предприятий пищевой промышленности локальные очистные сооружения отсутствуют либо работают малоэффективно, вопрос организации эффективной локальной очистки становится весьма актуальным»[17].

## **2 Разработка локальных очистных сооружений для очистки жиросодержащих стоков**

### **2.1 Описание объекта исследования**

Предприятие молочной промышленности АО «Тольяттимолоко» находящееся в городе Тольятти расположено на улице Коммунальной. 9 построек расположены на территории предприятия в промышленно-коммунальной зоне. На АО «Тольяттимолоко» 236 рабочих мест.

«В Самарской области молочный комбинат является одним из крупных перерабатывающих предприятий. Его история уходит ещё в довоенные годы, когда в 1934 году начал свою работу механизированный маслозавод мощностью 1,5 тонны переработанного молока в смену. В 1974 году для обеспечения увеличивающегося населения Автограда молочными продуктами в Автозаводском районе был открыт молокозавод мощностью 150 тонн переработанного молока в смену. С 1993 года его официальное название АО «Тольяттимолоко»»[16].

Ведущий род деятельности АО «Тольяттимолоко» - производство и выпуск молочных продуктов, розничная и оптовая торговля.

Основными видами продукции выпускаемыми заводом АО «Тольяттимолоко» являются молоко пастеризованное и топленое, ряженка, кефир, сливки питьевые пастеризованные, йогурт, напиток кисломолочный «Снежок».

На предприятии АО «Тольяттимолоко» имеется собственная производственная лаборатория, работающая со дня основания завод. Она состоит из подразделений:

-лаборатория по контролю качества поступающего молока площадью 12 кв. м;

-лаборатория по контролю за технологическим процессом выработки молочной продукции, контролю за качеством выпускаемой продукции с выдачей качественных удостоверений;

-химическая лаборатория площадью 36 кв. м, в которой проводятся более сложные анализы по качеству молока и молочной продукции, приготовление химических реактивов, контроль за лабораторной посудой и обеспечение ими вышеуказанной лаборатории, контроль поступающей на завод упаковки, моющих средств и других припас материалов, используемых в производстве.

Одной из задач предприятия в настоящее время является подбор технологии и оборудования для очистки жиросодержащих сточных вод предприятия.

Рассчитать количество сточных вод образующихся от одного вида производимой продукции на предприятии практически невозможно, но есть данные образования сточных вод на предприятии в целом:

$\approx 1300 \text{ м}^3$  сточных вод образуется на предприятии в сутки и  $\approx 600 \text{ гр}$  жира содержится в  $1 \text{ м}^3$ , а следовательно это около 19,5 т жиров в месяц.

## **2.2 Определение качества стоков предприятия молочной промышленности на содержание жиров**

Определение массовой концентрации жиров в сточных водах предприятия молочной промышленности.

Для определения используют методику измерения массовой концентрации жиров в поверхностных и сточных водах гравиметрическим методом.

«Пробу воды объемом  $100 \text{ см}^3$  помещают в делительную воронку. Анализируемый раствор должен иметь  $\text{pH} > 2$ , проба имеет  $\text{pH} = 7,3$ . Перед экстракцией в него вводят 1,50 г хлорида натрия. Разделение слоев после экстракции проходило хорошо. Экстрагентом служил петролейный эфир. Экстракцию проводится 3 раза (время проведения экстракции 1-2 минуты)

порциями первый раз - 20мл, второй и третий – 10см<sup>3</sup> органического растворителя, обмывая им стенки всех применяемых стеклянных сосудов: делительной воронки, склянки, в которой была проба. Экстракты объединяют и сушат прокаленным серноокислым натрием около 30 минут»[15].

«После экстракт переносят в мерную колбу вместимостью 100 см<sup>3</sup>, серноокислый натрий промывают тремя порциями по 3см<sup>3</sup> петролейного эфира, которые присоединяют к экстракту. Доводят объем раствором до метки в мерной колбе петролейным эфиром и перемешивают. Отбирают аликвотную порцию экстракта, переносят ее в предварительно взвешенный бюкс (82,5338 г) и осторожно удаляют органический растворитель нагреванием на водяной бане, а в конце при 100-105°С в сушильном шкафу, после чего взвешивают бюкс (82,5350 г)»[15].

Высушивание и взвешивание повторяют до получения постоянной массы.

Находят массовую концентрацию всех экстрагированных веществ по формуле:

$$x_1 = \frac{m_1 - m_2 \cdot V_2 \cdot 1000}{V_1 \cdot V}, \quad (1)$$

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<sup>3</sup>;

$V_2$  – вместимость мерной колбы с экстрактом, см<sup>3</sup>;

$V$  – объем пробы, взятой для анализа, см<sup>3</sup>.» [3]

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

«Для определения массовой концентрации нефтепродуктов другую аликвотную порцию экстракта пропускают через колонку с оксидом алюминия, после поступают, как описано выше»[15].

Масса пустого бюкса 29,4162 г. Масса бюкса с навеской после сушки 29,4165 г.

Рассчитывают массовую концентрацию жиров.

Для этого сначала проводят расчет по формуле:

$$x = x_1 - x_2, \quad (2)$$

получено отрицательное значение, поэтому подставляют данное выражение под модули:

$$x = |x_1 - x_2|, \quad (3)$$

получается, что массовая концентрация жиров в данных стоках равна 0,01 мг/дм<sup>3</sup>.

### **2.3 Описание технологического процесса очистки жиросодержащих стоков**

Для выбора наиболее подходящей технологии очистки вод молочной промышленности провели патентный поиск

Объектом исследования является жируловитель для удаления жиров и снижения их концентрации до ПДК.

Исследуемая тема индексируется согласно международной патентной классификации (МПК) по последующим классам:

C02F 3/12, C02F 3/30, C02F 3/34, C02F 101/16, C02F 101/30, C02F 3/02, C02F 3/12, C02F 3/02, C11B 13/00, C02F 1/40, C12N 11/02, C02F 3/34, C11B 3/00, C11D 13/00.

Таблица 6 – Патентный поиск локальных систем очистки жиросодержащих сточных вод

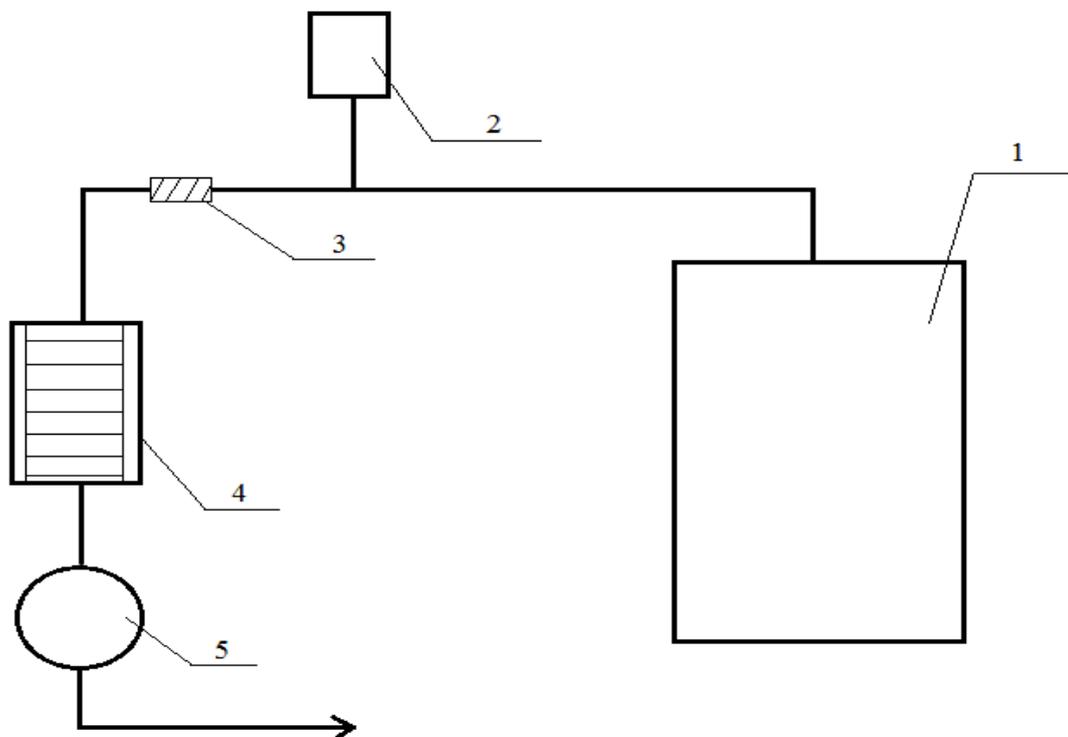
| Номер документа | Дата публикации | Название   | Авторы                      | Характеристика  | Ссылки |
|-----------------|-----------------|--|-----------------------------|---|--------|
| №RU 94038094    | 27.06.1996      | Способ нейтрализации растительных масел и жиров с получением концентрата натриевых мыл | Стопский В.С., Фридман И.А. | «Формирование в процессе нейтрализации жира структурированного осадка натриевых мыл, что достигается цементирующим действием сульфата или гидрофосфата натрия, образующих кристаллогидраты (например $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ , $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ), являющиеся центрами осаждения мыл» | [21]   |
| №RU 2065407     | 20.08.1996      | Установка по очистке зажиренных стоков   | Тумченко В.И.               | «Установка очистки и обеззараживания зажиренных стоков, отличающаяся тем, что, с целью повышения качества осветленной воды, она снабжена размещенными в цилиндрической части корпуса лучевыми трубами с горизонтальными отверстиями»  | [26]   |

Продолжение таблицы 6

|             |            |  |   |  |      |
|-------------|------------|--|---|--|------|
| №RU 2161595 | 10.01.2001 | Биотехнологический способ очистки сточных вод от пищевых масел и жиров | Мурзаков Б.Г.,<br>Заикина А.И.,<br>Зобнина В.П.,<br>Листов Е.Л.,<br>Рогачева Р.А.,<br>Зорина Л.В. | «Изобретение относится к биотехнологическим способам очистки сточных вод. Очистку загрязненных стоков от пищевых масел и жиров осуществляют при pH 7,0 и температуре 15, 30, 45, 50°C. В стоки добавляют минеральные компоненты. Осуществляют засев бактериальной биомассой штаммов Acinetobacter species M-2, Acinetobacter species M-3, Arthrobacter species M-4, Rhodococcus species M-5» | [4]  |
| №RU 2156749 | 27.09.2000 | Способ очистки жиродержащих сточных вод                                | Куликов Н.И.,<br>Насонкина Н.Г.,<br>Субратов А.А.   | «Снижение капитальных, энергетических и эксплуатационных затрат при сохранении высокой степени очистки, а также получение комплексного органического удобрения»  | [22] |

При обработке данных патентного поиска были разработаны технологические решения для данной дипломной работы.

На основе свойств патентов был выбран механический метод очистки жиродержащих сточных вод на предприятии АО «Тольяттмолоко».



1 – Первичная емкость; 2 – Реагентное хозяйство (щелочь); 3 – Гидросмеситель; 4 – Жироуловитель; 5 – Промежуточная емкость.

Рисунок 7 – Технологическая схема очистки сточных вод АО «Тольяттмолоко»

Накопление жиродержащих сточных вод происходит в первичной емкости. Далее погружным насосом стоки попадают на очистные сооружения, в частности на жироуловитель. В процессе подачи стоков на жироуловитель происходит дохлорирование и подача щелочи в технологическую линию. Пройдя очистку жироуловителем стоки самотеком поступают в переходную емкость, откуда постепенно сливаются в городскую систему канализации. Шлам после работы жироуловителя собирается с поверхности резервуара специальными машинами и вывозится специальными машинами на предприятия перерабатывающие жиродержащую массу во вторичное сырье.

Таблица 7 – Патентный поиск моделей жиросепаратора

| Номер документа | Дата публикации | Название                | Авторы                         | Характеристика   | Объем перерабатываемых сточных вод, л/ч | Степень очистки от жиров | Ссылки |
|-----------------|-----------------|-------------------------|--------------------------------|--|---|--------------------------|--------|
| №RU 177037      | 06.02.2018      | Коалесцентный сепаратор | Пукемо М.М.                    | Обеспечение высокого уровня разделения (сепарирования) неустойчивых водожировых эмульсий и удержанию жира на поверхности жиросепаратора.   | До 54                                   | 98%                      | [10]   |
| №RU 2432321     | -               | Жиросепаратор           | Кочетов О.В.,<br>Стареева М.О. | Технической задачей предлагаемого изобретения является повышение надежности работы и улучшение условий эксплуатации в аварийных ситуациях. | 25                                      | 80%                      | [7]    |

Продолжение таблицы 7

|            |            |                       |                              |  |    |   |      |
|------------|------------|-----------------------|------------------------------|--|----|---|------|
| №RU 114949 | 20.04.2012 | Узел улавливания жира | Худякова Т.В.,<br>Алиев А.Д. | Полезная модель относится к области очистных сооружений, в частности, к бытовым очистным сооружениям, рассчитанным на обслуживание частных домов, коттеджей, а также ресторанов и кафе.                                  | 20 | - | [25] |
| №RU 103531 | 20.04.2011 | Жироуловитель         | Тренов М.И.                  | Жироуловитель предназначен для устранения жиров из бытовых и производственных сточных вод, образующихся от столовых, кафе, ресторанов, различных пищевых производств, стоки которых загрязнены большим количеством жира. | 25 |   | [6]  |

На основе патентного поиска выбираем жируловитель с большим объемом производительности подходящей для предприятия. Патент №RU 177037 коалесцентный сепаратор марки Alta M.

Преимуществом данного жируловителя является высокая степень очистки, позволяющая сбрасывать очищенные воды в коммунальные системы водоотведения без риска загрязнения окружающей среды.

Таблица 8 – Характеристики жируловителя марки Alta M.

| Параметры                                | Значения       |
|--|----------------|
| Производительность, л/час                | До 54,0        |
| Высота до вх/вых патрубка, мм            | 1710/1660      |
| Диаметр патрубка, мм                     | 200            |
| Производительность, л/с                  | 15             |
| Производительность, куб.м/час            | 54,0           |
| Пиковый сброс, л                         | 3600           |
| Размеры рабочей камеры (Д×Ш×В), мм       | 3000×1500×2000 |
| Диаметр/ высота/ количество горловин, мм | 630/200/2      |
| Габаритные размеры (Д×Ш×В), мм           | 3177×1500×2200 |
| Вес, кг                                  | 435            |

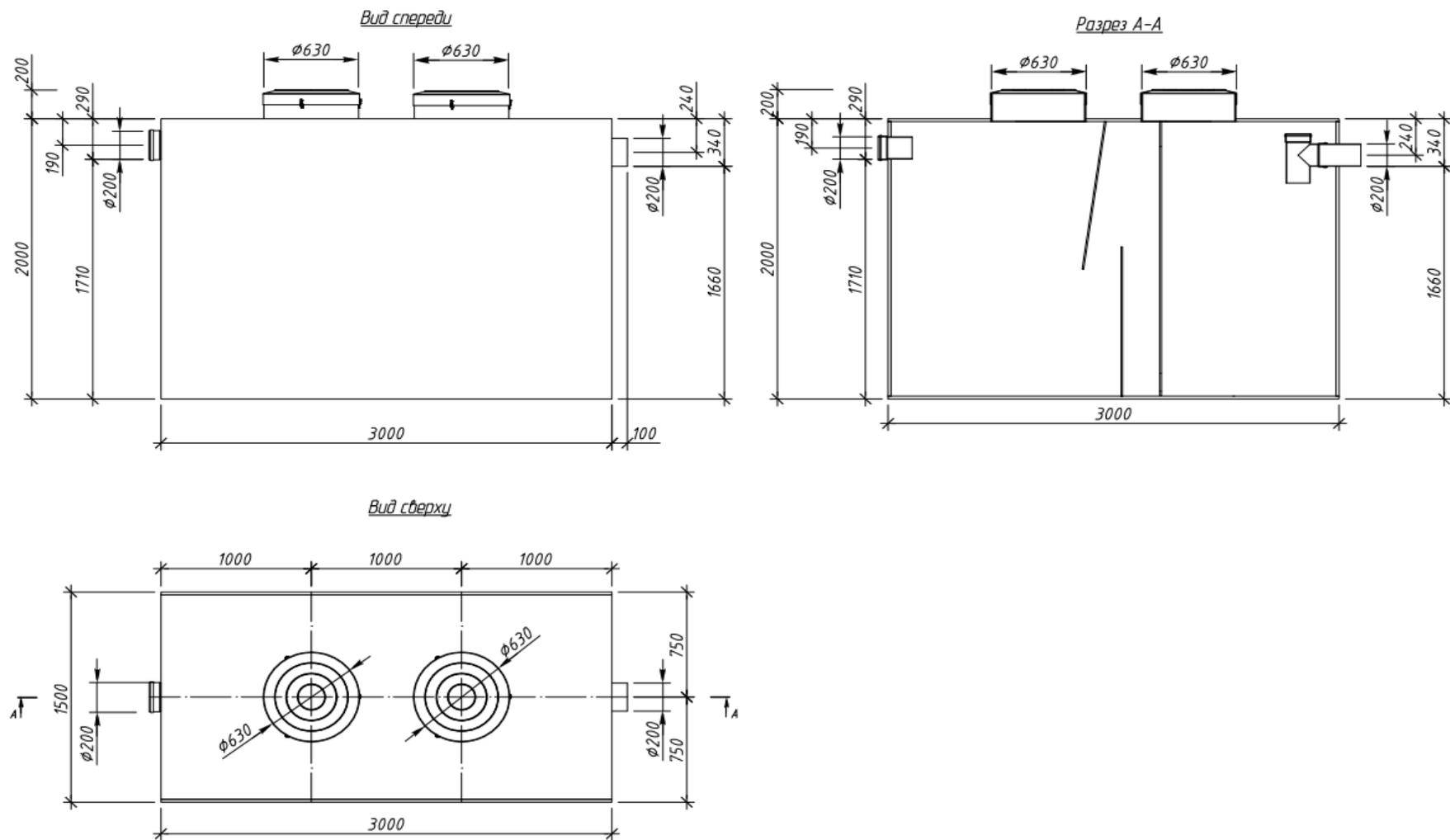


Рисунок 8 – Чертеж жироуловителя Alta M

Жируловитель Alta M - это устройство, предназначенное очищать сточные воды от жиров различного происхождения (растительного и животного), поступающих от предприятий пищевой промышленности.

Жируотделитель является герметичной емкостью состоящей из трех камер. Корпус сепаратора жира состоит из пищевого пластика с крышкой.

Тщательно рассчитанная система перегородок и переливов внутри жируловителя качественно отделяет жир из входящего стока и удерживает его.

Плѐнка жира, образующаяся на поверхности благодаря гравитационному отстою стока, образует коалесцентный фильтр, который обеспечивает высокий уровень разделения (сепарирования) неустойчивых водожировых эмульсий и удержанию жира на поверхности жируловителя.

«Сепаратор разделяет – любые неустойчивые эмульсии любого вещественного и концентрационного состава, в частности, водожировые эмульсии, во всех случаях гарантируется чистота разделения составляющих эмульсии до 99%»[32].

После очистки жируловителем концентрация жира становится ниже норм ПДК и колеблется в диапазоне 5 – 20 мг/л, такие концентрации позволяют сбрасывать стоки в систему канализации без последствий для канализационной системы и окружающей среды.

Содержание воды в отделенном жире колеблется в пределах от 0,1 до 2,0% и, как правило, не превышает 1%.

Удельная эффективность сепаратора водожировых эмульсий Alta - M весьма высока. Слой жира необходимой толщины создается в коалесцентном сепараторе Alta M в процессе текущей работы. Отделенный в сепараторе жир по мере накопления в жиросборнике необходимо удалять.

После коалесцентного сепаратора очищенные от жира сточные воды самотеком подаются в канализацию. На дне сепаратора скапливаются поступающие вместе с ХБСВ обезжиренные взвешенные вещества, гидравлическая крупность которых превышает величину в 3-5 мм/сек.

Отделившиеся в сепараторе взвешенные вещества необходимо удалять по мере накопления. Небольшие модели и модели, не оснащенные сигнализацией уровня накопившегося жира, необходимо визуально контролировать на наличие накоплений взвешенных веществ. Модели, не оснащенные вентилями для смыва жира и штуцерами для откачки жира, опорожняются вручную или при помощи ассенизационной службы через колодец обслуживания.

В жиरोуловителе предусмотрены аварийные переливы, позволяющие в случае превышения производительности и при больших залповых сбросах исключить затопление оборудования и разлив стока из жироуловителя.

Для промышленного жироуловителя Alta M-OS 54-3600 предусмотрена возможность монтажа вне помещений для экономии внутреннего пространства.

Конструкция сепаратора – самонесущий резервуар из прочного пластика. Прочность корпуса обеспечивается применением пластика, который имеет очень высокие прочностные характеристики, и наличием внутренних технологических перегородок. Срок службы корпуса более 50-ти лет.

Промышленный жироуловитель Alta M-OS 54-3600 имеет входное отверстие для подсоединения канализации, при монтаже входной патрубок подсоединяется и герметизируется. Данный жироуловитель устанавливается в котлован на ровное по горизонтали дно таким образом, чтобы между стенками сепаратора и откосами котлована было расстояние не менее 25 см с каждой стороны, а крышка находилась на 0,2 м выше уровня земли. Грунт и место установки должно быть спланировано таким образом, чтобы во время дождя или паводка, крышка сепаратора находилась выше уровня дождевой или паводковой воды.

«При установке системы, отметку крышки относительно уровня земли, необходимо спланировать с учетом возможной дальнейшей планировки и подсыпки грунта на участке (например, проведение ландшафтных работ на

участке). При монтаже в обычных грунтах (песок, супесь, суглинок, глина) достаточна установка на плотный материковый грунт с применением анкерных элементов, препятствующих случайному всплытию при очистке сепаратора. Вместо анкерных элементов можно использовать бетонное основание, к которому сепаратор необходимо прикрепить, так же как и к анкерным элементам. При установке с помощью анкерных элементов, необходимо сделать подсыпку песчаным утрамбованным слоем толщиной 100 мм с добавлением цемента 1/5. Крен при монтаже сепаратора недопустим. Сепаратор монтируется строго по горизонтальному уровню. Высота уровня грунтовых вод для эксплуатации сепаратора значения не имеет. После установки сепаратора на дно котлована, его необходимо сразу же заполнить водой с одновременной отсыпкой смеси песка и цемента в пропорции 1/5. При заглублении сепаратора более чем на 0,5 м, рекомендуется заменить пескоцементную смесь бетоном»[18]. Во избежание промерзания сепаратора, необходимо утеплять верхнюю часть сепаратора доступными утеплителями, предназначенными для работы в грунте.

#### 2.4 Расчет материального баланса



Рисунок 9 – Схема очистки сточных вод молокозавода

*Исходные данные:*

$$G_1=1300 \text{ м}^3/\text{сут}$$

$$C_{\text{жиров}}=600 \text{ г/м}^3=600 \text{ мг/дм}^3$$

$$\text{ПДК}_{\text{жиров}} = 50 \text{ мг/дм}^3$$

*Расчетная часть:*

1. Расчет среднечасовой производительности:

$$G'_1 = \frac{G_1}{24} = \frac{1300}{24} = 54,16 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}} = 54\,160 \frac{\text{дм}^3}{\text{ч}} \quad (1)$$

где  $G_1$  – расход сточных вод,  $\text{м}^3/\text{сут}$ .

2. Определение массы стоков:

$$m_{\text{стоков}} = G'_1 \cdot \rho_{\text{воды}} = 54\,160 \cdot 1 = 54\,160 \text{ кг} \quad (2)$$

где  $\rho_{\text{воды}}$  - плотность воды равная 1 кг/л.

3. Расчет массы жиров за единицу времени (1 час):

$$m_{\text{жиров/ч}} = G'_1 \cdot C_{\text{жиров}} = 54\,160 \cdot 600 = 32,5 \text{ кг/ч} \quad (3)$$

где  $C_{\text{жиров}}$  - концентрация жиров.

4. Расчет массы жиров после очистки жировуловителем:

$$G_2 = m_{\text{жиров}} \cdot \eta' = 32,5 \cdot 0,05 = 1,625 \text{ кг/ч} \quad (4)$$

где  $\eta'$  - эффективность жируловителя.

$$\eta' = \frac{100 - \eta''}{100} = \frac{100 - 95}{100} = 0,05$$

где  $\eta''$  - КПД жируловителя равное 95%.

5. Расчет концентрации жиров в сточных водах после очистки жируловителем:

$$C_{\text{жиров после жируул.}} = \frac{G_2}{G_1} \cdot 1\,000\,000 = \frac{1,625}{54\,160} \cdot 1\,000\,000 = 30 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3} \quad (5)$$

6. Расчет массы сточных вод до очистки жируловителем:

$$M = m_{\text{стоков}} + m_{\text{жиров/ч}} = 54\,160 + 32,5 = 54\,192,5 \quad (6)$$

7. Расчет массы стоков после очистки жируловителем:

$$G_3 = M - G_2 = 54\,192,5 - 1,625 = 54\,190,875 \text{ кг} \quad (7)$$

Таблица 8 – Материальный баланс

|                              |          |                                 |            |
|------------------------------|----------|---------------------------------|------------|
| $m_{\text{воды до очистки}}$ | 54 160   | $m_{\text{воды после очистки}}$ | 54 190,875 |
| $m_{\text{жира до очистки}}$ | 32,5     | $m_{\text{жира после очистки}}$ | 1,625      |
| Итого:                       | 54 192,5 |                                 |            |

Основываясь на результаты материального баланса, можно сделать вывод, что после очистки жируловителем содержание жиров в сточных предприятия АО «Тольяттимолоко» соответствует нормам ПДК.

## 2.5 Экономическая эффективность предлагаемой локальной системы очистки жиросодержащих стоков

Для того, что бы определить, на сколько эффективна установка жируловителя на предприятии необходимо рассчитать сумму выплачиваемую предприятием за спуск сточных вод с превышением содержания жиров и стоимость системы очистки сточных вод и ее установка.

*Исходные данные:*

Содержание жиров в сточных водах молочной промышленности = 600 гр/м<sup>3</sup>

Объем сточных вод за сутки на предприятии молочной промышленности = 1300 м<sup>3</sup>/сут

Цена жируловителя Alta M – OS 54-3600 = 314 600 руб.

Стоимость установки жируловителя Alta M–OS 54-3600 = 125 840 руб.

Вес жируловителя Alta M – OS 54-3600 = 435 кг

Стоимость одной откачки жиров из жируловителя = 1000 руб за 1м<sup>3</sup>

Количество рабочих дней предприятия в году = 302 дня

ПДК жиров для сброса их в городскую систему канализации = 50 ПДК

Фиксированная ставка за сброс стоков в систему канализации = 15,37 руб/м<sup>3</sup>

*Расчетная часть:*

1. Расчет стоимости сброса стоков в городскую систему канализации без очистных сооружений:

$$П = (\Phi К - ПДК) \cdot ПДК \cdot a \cdot V = (600 - 50) \cdot 50 \cdot 15,37 \cdot 1300 = 66\,376\,882 \text{ руб} \quad (8)$$

где  $\Phi К$  – содержание жиров в сточных водах молочной промышленности;

$ПДК$  –  $ПДК$  жиров для сброса их в городскую систему канализации;

$a$  – фиксированная ставка за сброс стоков в систему канализации;

$V$  – объем сточных вод за сутки на предприятии молочной промышленности.

66 376 882 такая сумма выплачивается предприятием молочной промышленности в год за сброс неочищенных сточных вод в городскую систему канализации. К этой сумме можно добавить штраф в размере 250 000 руб. примерно 1 раз в год за пиковый сброс жиросодержащих сточных вод.

2. Расчет затрат предприятия в год за сброс сточных вод с учетом штрафов:

$$A = П + Ш = 66\,376\,882 + 250 = 66\,626\,882 \text{ руб./год} \quad (9)$$

где  $Ш$  – штраф за пиковый сброс жиросодержащих сточных вод превышающих  $ПДК$ .

3. Расчет стоимости установки локальной системы очистки жиросодержащих сточных вод:

$$G = F + S + D = 314\,600 + 125\,840 + 9\,272 = 637\,200 \text{ руб} \quad (10)$$

где  $F$  – цена жируловителя Alta M;

$S$  – стоимость установки жируловителя;

$D$  – доставка жируловителя с Москвы (исходя из максимального объема жируловителя – 9 м<sup>3</sup> и стоимости доставки в зависимости от расстояния).

4. Расчет объема жира на утилизацию после очистки жируловителем:

$$V_{ж/сут} = V \cdot \Phi К = 1300 \cdot 600 = 780\,000 \text{ гр/сут} = 780 \text{ кг/сут} \quad (11)$$

$$V_{ж/год} = V_{ж/сут} \cdot T = 780 \cdot 302 = 236 \text{ т/год} \quad (12)$$

где  $T$  – количество рабочих дней предприятия в году.

5. Расчет стоимости откачки жира из жируловителя в год:

$$I_T = 2,7 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$V_{\text{ж/год}}(\text{м}^3/\text{год})=236 \cdot 2,7=637,2 \text{ м}^3/\text{год} \quad (13)$$

$$S=V_{\text{ж/год}}(\text{м}^3/\text{год}) \cdot C=637,2 \cdot 1000=637\,200 \text{ руб} \quad (14)$$

где С - Стоимость одной откачки жиров из жиρούловителя.

6. Расчет окупаемости установки локальной системы очистки на предприятии пищевой промышленности:

$$A-(G+S)=66\,626\,882-(637\,200+637\,200)=64\,988\,482 \text{ тыс.} \quad (15)$$

Основываясь на данный расчет можно сделать вывод, что установка данной системы очистки экономически эффективна. Срок службы жиρούловителя 50 лет, а на окупаемость потребуется меньше года.

Выводы к разделу 2

В разделе два рассмотрен объект исследования – АО «Тольяттмолоко», его расположение, производимые виды продукции и основные задачи на данный момент времени.

Проведен патентный поиск существующих систем очистки жиродержащих стоков и подходящего, под нашу систему очистки стоков, оборудования.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В бакалаврской работе была рассмотрена проблема загрязнения сточных вод предприятий пищевой промышленности жировыми соединениями. Проблема выбранной темы исследования становится все более актуальна. Отсутствие собственных очистных сооружений у многих предприятий пищевой, в том числе и молочной промышленности, увеличивает антропогенную нагрузку на окружающую среду и не редко приводит к сбоям в городских канализационных системах.

В работе был проведен качественный анализ сточных вод и выявлены виды приоритетных загрязнителей в зависимости от отрасли пищевой промышленности.

В ходе работы была разработана локальная система очистки для предприятия молочной промышленности г. Тольятти АО «Тольяттмолоко» и подобрано оборудование для очистки от жиров марки Alta M-OS 54-3600.

После подсчета материального баланса было выявлено, что сточные воды, очищенные на данной установке, не превышают предельно допустимые концентрации. А расчет экономической эффективности показал, что установка окупится меньше чем за год. Как следствие предложенная установка поможет при минимальных затратах получить максимальный ресурсосберегающий эффект, который рассчитан с учетом объемов потребления и спуска воды на данном предприятии. После внедрения локальных очистных сооружений концентрация жиров в сточных водах снизится, и снизятся экономические затраты предприятия.

Таким образом можно сделать вывод, что поставленные цели и задачи были достигнуты.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Алимова, А.Ф. Технологическое решение по совершенствованию системы очистки жиросодержащих сточных вод / А.Ф. Алимова, Э.Р. Бариева // Вестник магистратуры 12(39). 2014. 46-48 сс.
2. Анализ воды. [Электронный ресурс]: - URL: [http://www.astro.websib.ru/sites/default/files/userfiles/5\\_analiz.pdf](http://www.astro.websib.ru/sites/default/files/userfiles/5_analiz.pdf) (дата обращения: 23.01.2019).
3. Анализ сточной воды: понятие, виды, характеристика. [Электронный ресурс]: - URL: <https://nomnoms.info/vliyanie-deyatelnosti-pischevyh-predpriyatiy-na-okruzhayuschuyu-sredu/> (дата обращения: 23.04.2019).
4. Пат. 2161595 Российская Федерация / Биотехнологический способ очистки сточных вод от пищевых масел и жиров / Заикина А.И. и др., патентообладатель Заикина А.И., публ. 27.06.1198
5. Влияние деятельности пищевых предприятий на окружающую среду. [Электронный ресурс]: - URL: <https://nomnoms.info/vliyanie-deyatelnosti-pischevyh-predpriyatiy-na-okruzhayuschuyu-sredu/> (дата обращения: 27.04.2019).
6. Горелов, Е.М. Сточные воды или жидкие отходы? / Е.М. Горелов // Экология и охрана труда. 2015. № 10. С.38-41.
7. Пат. 103531 Российская Федерация МПК C02F 1/00 / Жироуловитель / Тренов М.И.; патентообладатель Тренов М.И.; опубл. 20.04.2011
8. Пат. 2132321 Российская Федерация C02F1/58/ Обработка воды, промышленных и бытовых сточных вод или отстоя сточных вод / Кочетов О.С., Стареева М.О.; патентообладатели Кочетов О.С., Стареева М.О.; опубл. 07.05.1989

9. Иванова, А.О. Модернизация системы очистки сточных вод на предприятиях молочной промышленности / А.О. Иванова, Э.Р. Бариева, Е.В. Серазеева // Вестн. магистратуры. № 12(51). 2015. С. 63-64.
10. Карманов, А. П. Технология очистки сточных вод: учебное пособие/ А.П. Карманов, И.Н. Полина. – Сыктывкар. : Редакционно-издательский отдел СЛИ, 2015. 25 – 27с.
11. Патент 177037 Российская Федерация/ МПК В01D 17/02 C02F 1/40 / Пукемо М.М.; патентообладатель Пукемо М.М.; публ. 06.02.2018
12. Кофман, В.Я. Сточные воды современного города / В.Я. Кофман // Энергия: экономика, техника, экология. 2014. № 6. С.60-62.
13. Кравцова, М.В. Анализ эффективности использования биопрепаратов для очистки сточных вод в пищевой промышленности / М.В. Кравцова, О.П. Писклова, И.С. Белова / Сб. ст. по материалам XLIV Международной научно-практической конференции. Технические науки - от теории к практике, № 3 (40). – Новосибирск. : Издательство «СИБАК», 2015. – 136 с.
14. Мазуряк, О.Н. Очистка сточных вод молокозаводов. 2016. С 432 – 440. [Электронный ресурс] : URL: [http://ekolog.org/books/16/5\\_24\\_2.htm](http://ekolog.org/books/16/5_24_2.htm) (дата обращения: 19.03.2019).
15. Очистные сооружения для молокозавода [Электронный ресурс]. — URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293846/4293846509.pdf> (дата обращения: 01.03.2019).
16. Очистные сооружения молокозавода [Электронный ресурс]. — URL: <https://student2.ru/fiziologiya/1666091-osnovnye-metody-ochistki-stochnykh-vod/> (дата обращения: 10.02.2019).
17. Писклова, О.П. Экотоксикологический мониторинг качества сточных вод предприятий пищевой промышленности/ О.П. Писклова. Тольятти - 2015. – 40 С.

18. Промышленный жируловитель Alta-M-OS 54-3600 [Электронный ресурс]. — URL: <https://ecoseti.ru/item/248-alta-m-os-54-3600> (дата обращения: 27.02.2019).

19. Сакаш, Г.В. Очистка сточных вод предприятий по переработке молока / Г.В. Сакаш, А.Ф Колова, Т.Я. Пазенко // Вестник КрасГАУ. 2016 . №8. С 10-14.

20. СанПиН 2.1.5.980-00. Водоотведение населенных мест, санитарная охрана водных объектов. Гигиенические требования к охране поверхностных вод. Санитарные правила и нормы" (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 22.06.2000) (с изм. от 04.02.2011, с изм. от 25.09.2014)

21. СанПин 2.1.4. 1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Санитарно-эпидемиологические правила и нормы. от 26 сентября 2001 года N 24 О введении в действие санитарных правил (с изменениями на 2 апреля 2018 года).

22. Пат. 94038094 Российская Федерация / МПК С11В 3/00 С11D 13/00 / Способ нейтрализации растительных масел и жиров с получением концентрата натриевых мыл / Стопский В.С., Фридман И.А., патентообладатель Стопский В.С., Фридман И.А., публ. 27.06.1996

23. Пат. 2156749 Российская Федерация/ МПК С02F 9/00/ Способ очистки жиросодержащих сточных вод/ Куликов Н.И. (UA), Насонкина Н.Г. (UA), Субратов А.А., патентообладатели Куликов Н.И. (UA), Насонкина Н.Г. (UA), Субратов А.А., публ. 14.01.2006

24. Степанов, С.В. Биологическая очистка сточных вод предприятий молочной промышленности в мембранном биореакторе / С.В. Степанов и др. // Водоснабжение и санитарная техника. № 2. 2017. С. 60-65.

25. Типы и виды жируловителей [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.stroitelstvosovety.ru/drugoe/typy-i-vidy-zhirouloviteley> (дата обращения: 11.01.2019).

26. Пат. 114949 Российская Федерация H01F27/255/ Узел улавливания жира/ Быковский С.П., Кокомин М.П., Курицын А.А., патентообладатели Быковский С.П., Кокомин М.П., Курицын А.А, публ. 27.01.1997

27. Пат. 2065407 Российская Федерация/ МПКС02F 3/30 С02F 3/28 С02F 11/02 С02F 11/04 С02F 101/32 С02F 103/22 / Установка по очистке зажиренных стоков / Тумченко В.И., патентообладатель Тумченко В.И., публ. 20.08.1996

28. Федеральный закон «О водоснабжении и введении» № 416-ФЗ от 29.06.2011. (действующая ред.09.01.2015г.). [Электронный ресурс]: - URL : [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_122867/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_122867/) (дата обращения: 02.04.2019).

29. Чирикова, М.С. Интенсификация очистки сточных вод от жировых веществ: статья научного журнала / М.С. Чирикова, Самсонова А.С. // М. : Евразийский союз ученых (ЕСУ) . – № 4 (12) / 2014. - 162с.

30. Шатецкая, В.А. Анализ качества очистки сточных вод предприятий молочной промышленности [Электронный ресурс]: - URL: [https://vuzlit.ru/763700/osobennosti\\_zagryazneniya\\_stochnyh\\_molochnoy\\_promyshlennosti](https://vuzlit.ru/763700/osobennosti_zagryazneniya_stochnyh_molochnoy_promyshlennosti) (дата обращения: 03.01.2019).

31. Экологические проблемы реки Волги. [Электронный ресурс]: - URL: <http://mirznanii.com/a/329915-4/ekologicheskie-problemy-reki-volgi-2-4> (дата обращения: 07.01.2019).

32. Эксплуатация и монтаж промышленного жироуловителя. [Электронный ресурс]: - URL: <https://altamex.jimdo.com/%D0%BA%D0%B0%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B3-%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%86%D0%B8%D0%B8/%D0%B6%D0%B8%D1%80%D0%BE%D1%83%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D0%B8/%D0%BF%D1%80%D0%B8%D0%BD%D1%86%D0%B8%D0%BF->

%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D1%8B/ (дата обращения: 10.03.2019).

33. Эффективные методы очистки жиросодержащих сточных вод. [Электронный ресурс]: - URL: [https://bookuceba.com/vodosnabjenie-vodootvedenie\\_1382/metodyi-ochistki-stochnyih-66063.html](https://bookuceba.com/vodosnabjenie-vodootvedenie_1382/metodyi-ochistki-stochnyih-66063.html) (дата обращения: 17.05.2019).

34. Caroline, P.T. Production of esters from grease trap waste lipids under supercritical conditions. / P.T. Caroline // Effect of water addition on ethanol. 2019. 19 -26 pp.

35. MarkellaTzirita. Enhanced fat degradation following the addition of a Pseudomonas species to a bioaugmentation product used in grease traps. / Tzirita Markella. 2018. 174 – 188 pp.

36. Langtangen, H.P. A Primer on Scientific Programming with Python. / H.P. Langtangen // Texts in Computational Science and Engineering . Springer. 2017. P.830.

37. Staudenmann J. The Otelfinger aquaculture proekt. / StaudenmannJ,Jungeberberovic R. // Recycling of nutrients from waste water in a temperate climate. 2015. P.17.

38. French, W.T Effekts of n-hexadecane and PM-100 clay on trichloroethylene degradation by Burkholderiacepatica /French W.T., Brown L.R.// № 031185, 2012. P.10.