



ГЛУБОКАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД С ЧРЕЗМЕРНО ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ ЖИРА

Г.И. Зубарева

Пермский государственный аграрно-технологический университет им. Д.Н. Прянишникова

Дана качественная и количественная характеристика высококонцентрированных жиросодержащих стоков пищевой промышленности. Обсуждены агрегатные состояния нахождения жира в сточных водах, определяющие состав очистных сооружений в технологической схеме глубокой очистки жиросодержащих стоков. Проанализированы основные классические методы очистки сточных вод от жира: механические, физико-химические (напорная флотация, электрофлотация), а также метод глубокой доочистки стоков – биологическая очистка. Показано, что традиционная технологическая схема очистки сточных вод от чрезмерно высокого содержания жира не обеспечивает качества очищенных стоков, соответствующего нормативным требованиям. Обсуждена перспективность анаэробно-аэробной технологии очистки стоков предприятий пищевой промышленности от чрезмерно высокой концентрации жира в качестве метода глубокой доочистки. Сделан вывод об эффективности комбинированной технологии очистки сточных вод с чрезмерно высоким содержанием жира, основанной на применении физико-химических методов (напорная флотация, электрофлотация) и биологической очистки (анаэробно-аэробный метод).

Ключевые слова: жиросодержащие сточные воды, методы очистки, глубокая очистка, технологические схемы очистки

Deep Wastewater Treatment with Excessively High Fat Content

G.I. Zubareva

Perm State Agrarian and Technological University named after D.N. Pryanishnikov, 614990 Perm, Russia

The qualitative and quantitative characteristics of highly concentrated fat-containing wastes of the food industry are given. The aggregate states of the presence of fat in wastewater are discussed, which determine the composition of treatment facilities in the technological scheme for the deep treatment of fat-containing effluents. The basic classical methods of wastewater treatment from fat are analyzed: mechanical, physicochemical (air flotation, electroflotation), as well as the method of deep wastewater treatment - biological treatment. It is shown that the traditional technological scheme of wastewater treatment from excessively high fat content does not ensure the quality of treated effluents to regulatory requirements. The prospects of anaerobic-aerobic technology for cleaning wastewater from food industry enterprises from excessively high fat concentrations as a method of deep post-treatment are discussed. The conclusion is drawn about the effectiveness of the combined technology for wastewater treatment with an excessively high fat content, based on the use of physicochemical methods (air flotation, electroflotation) and biological treatment (anaerobic-aerobic method).

Key words: fat-containing wastewater, purification methods, deep treatment, treatment technological schemes

DOI: 10.18412/1816-0395-2019-10-34-38

Жиросодержащие сточные воды — это стоки предприятий пищевой промышленности. Данные сточные воды относятся к категории высококонцентрированных по содержанию органических загрязнений, что не только не позволяет сбрасывать их в водные объекты, но и передавать на коммунальные и даже собствен-

ные сооружения биологической очистки без предварительной очистки.

В настоящее время проблема загрязнения водного бассейна жиросодержащими сточными водами пищевой промышленности (мясоперерабатывающие комбинаты, предприятия по производству мясных полуфабрикатов, молочных продуктов,

хлебопекарные и кондитерские предприятия, предприятия общественного питания, рестораны и др.) стоит особенно остро. Жировые вещества при поступлении в водоем без какой-либо локальной очистки интенсифицируют жизнедеятельность грибов, простейших, гнилостных патогенных бактерий, содержащихся в воде. При этом органи-

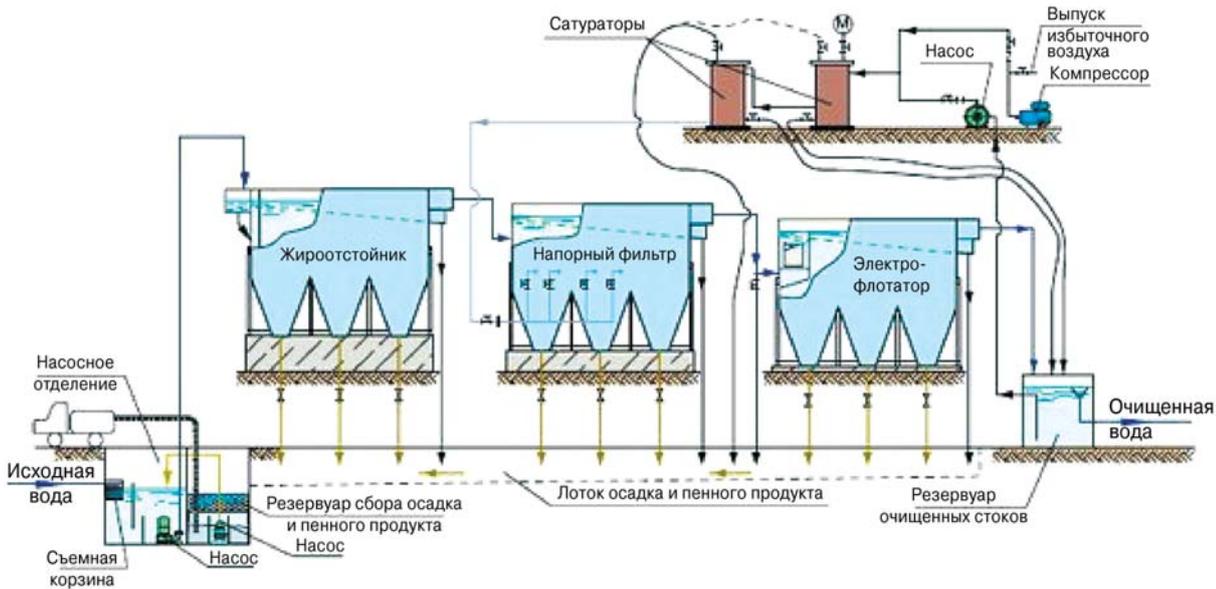


Рис. 1. Технологическая схема очистки жиросодержащих сточных вод предприятий пищевой промышленности
Fig. 1. The technological scheme for the treatment of fat-containing wastewater of food industry enterprises

ческие компоненты участвуют в сложных биохимических процессах, обуславливая вторичное загрязнение водоемов и оказывая негативное влияние на водные организмы.

Сточные воды предприятий пищевой промышленности — не только сложные высококонцентрированные полидисперсные системы, но они не стабильны по качественным и количественным показателям. Стоки пищевого перерабатывающего предприятия (мясо, рыба, молоко, сыры, торты, кондитерские изделия, птица, овощные консервы) обладают сходными количественными и качественными характеристиками. Все они содержат чрезмерно высокое количество жиров, взвешенных веществ, органики, склонной к быстрому загрязнению [1]. Однако различная специализация, ассортимент продукции, уровень загрязнения сточных вод определяют состав очистных сооружений каждого из предприятий отрасли. Единой технологической схемы очистки сточных вод предприятий пищевой промышленности от жира и сопутствующих загрязнений не существует. Не существует ее и в пределах предприятий одного направления пищевой промышленности.

Среднестатистический количественный состав сточных вод предприятий пищевой промышленности варьируется в широком интервале (см. таблицу) [2].

Жиры в сточных водах могут находиться в четырех агрегатных состояниях: грубодисперсном, тонкодисперсном, эмульгированном и растворенном в зависимости от pH стоков. При этом загрязненность сточных вод растворенными и эмульгированными жирами является доминирующей и изменяется в зависимости от характера технологического процесса [3].

Принимая во внимание сложный качественный и количественный состав жиросодержащих стоков, можно сказать, что очистка сточных вод с чрезмерно высоким содержанием жира представляет собой сложную задачу. При этом требует решения и другая проблема, связанная с очисткой сточных вод, — уменьшение потерь жира со сточными водами.

Обычно очистка стоков осуществляется на локальных очистных сооружениях с целью снижения всех показателей до уровня требований, предъявляемых к сточным водам, сбрасываемым в канализационную систему или в водоем. Как правило, процесс очистки сточных вод предприятий пищевой промышленности сводится к снижению концентрации взвешенных веществ и жиров. Этим достигается защита канализационных сетей от засорения и возможность извлечения из сточных вод для утилизации содержащихся в них ценных веществ.

Сложный состав сточных вод предприятий пищевой промышленности обуславливает комплексность и многоступенчатость технологических схем очистки. На сегодняшний день большинство российских и зарубежных разработчиков предлагают технологические схемы очистки сточных вод от чрезвычайно высокого содержания жира, сочетающие классические методы обработки (механические, физико-химические, химические, биологические и т.д.) с довольно новыми методами (микрофильтрация, ультрафильтрация, обратный осмос, электродиализ, усовершенствованные биологические методы и др.). Такое сочетание способов очистки жиросодержащих сточных вод позволяет достичь нормативных требований на сброс очищенных сточных вод в водоем [4, 5].

Механический метод основан на отстаивании сточных вод.

Характеристики сточных вод предприятий пищевой промышленности
Characteristics of the wastewater of food industry enterprises

Показатель	Сточные воды	Сброс в канализацию (ПДК)
Содержание, мг/л:		
жиров	200–1000	300
взвешенных веществ	500–4000	300
ХПК, мг/л	1500–5500	500
БПК ₅ , мг/л	800–2200	50



Рис. 2. Технологическая схема очистки сточных вод предприятий пищевой промышленности

Fig. 2. The technological scheme of wastewater treatment of food industry enterprises

Механическая очистка, как правило, является предварительной в технологических схемах и предназначена для подготовки высококонцентрированных жиродержащих стоков к следующим стадиям обработки сточных вод. В результате механической очистки из сточных вод выделяются диспергированные жировые загрязнения (в основном в виде крупно- и средне-дисперсных), находящиеся во взвешенном состоянии, и частично коллоидные примеси. В блок механической очистки обычно входят решетки-процеживатели, песколовки, горизонтальные жиросеиватели или отстойники (горизонтального, вертикального и радиального типа). Жиросеивание отстаиванием уменьшает концентрацию грубодисперсных жировых частиц примерно на 30–40 %, однако показатель БПК остается на прежнем уровне, поскольку жиросеиватели стандартной конструкции не способны удалять эмульгированные жиры и жиры в растворенном состоянии [6].

Из физико-химических методов очистки жиродержащих сточных вод наиболее оптимальным решением как в техническом, так и в экономическом отношении является флотационный метод, в особенности метод напорной флотации.

Метод напорной флотации заключается в насыщении сточной воды газом (воздухом) под избыточным давлением с последующим снижением давления до ат-

мосферного. При этом происходит интенсивная десорбция газа и выделение большого количества мельчайших пузырьков. Пузырьки с прилипшими к ним частичками жира и взвеси всплывают, что позволяет значительно ускорить процесс выделения жировых веществ из сточных вод. Метод напорной флотации считается эффективным для удаления нерастворенных примесей, взвешенных веществ, эмульгированных жиров, коллоидных примесей, содержащихся в высоких концентрациях в сточных водах отрасли. Флотация под давлением без применения реагентов позволяет уменьшить концентрацию нерастворимых веществ и жира до пределов, предусмотренных Комитетом по охране окружающей среды [6]. Вместе с тем имеются и недостатки: недостаточно высокая эффективность очистки сточных вод по ХПК и БПК, поскольку большинство биогенных веществ находятся в стоках в растворенном состоянии, а также имеется значительное количество образующегося флотошлама, требующего затрат на последующую стабилизацию и обезвреживание. Поэтому при использовании напорной флотации в технологических схемах очистки жиродержащих сточных вод необходимы дополнительные методы глубокой очистки для достижения степени очищенной воды до заданных значений.

В практике очистки сточных вод от жира в последние годы стала внедряться электрофлота-

ция. Электрофлотацией называется процесс выделения из жидкости взвешенных частиц путем их флотации газовыми пузырьками, получаемыми при электролизе воды. При этом сточные воды насыщаются воздухом за счет пузырьков, выделяемых постоянно с поверхности катода. Преимущества электрофлотации перед классическими видами флотации заключаются в высокой степени извлечения загрязнений и в повышении скорости процесса. Как показали исследования, при подборе оптимальных параметров процесса электрофлотационной обработки эффект очистки жиродержащих сточных вод достигает 98 % при начальной концентрации жировых загрязнений 4000–4500 мг/л [7].

На рис. 1 приведена технологическая схема очистки жиродержащих сточных вод предприятий пищевой промышленности, которая включает в себя ряд ступеней:

- удаление свободных жиров в жиросеивателе;
- удаление эмульгированных жиров и коллоидных примесей в напорном флотаторе;
- глубокую очистку (доочистку) сточных вод в электрофлотаторе.

Данная технологическая схема обеспечивает очистку стоков до показателей, удовлетворяющих требованиям Водоканала [8].

Цель глубокой очистки сточных вод — повышение эффективности степени извлечения загрязнений, присутствующих в стоках. Глубокая очистка актуальна в следующих случаях:

- при сбросе очищенных сточных вод в водоем рыбохозяйственного назначения;
- при возврате очищенных стоков в оборотную систему водоснабжения предприятия;
- при сбросе очищенных сточных вод в канализацию по требованию местного отделения Водоканала.

В каждом из этих случаев глубина очистки задается нормативными требованиями.

В настоящее время наиболее эффективной глубокой очисткой считается очистка биологическим методом, основанным на способности микрооргани-

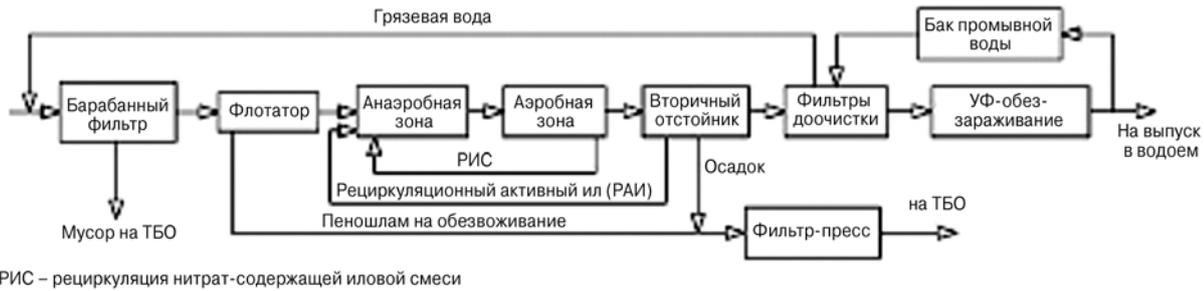


Рис. 3. Технологическая схема очистки сточных вод молокозавода
Fig. 3. The technological scheme of wastewater treatment milk factory

мов использовать растворенные и коллоидные органические загрязняющие вещества в качестве источника питания и дыхания в процессах своей жизнедеятельности. Биологический метод имеет важные преимущества по сравнению с другими способами очистки стоков. Микроорганизмы осуществляют полную деструкцию загрязнений до газообразных продуктов (диоксид углерода), минеральных соединений и воды. При биологической очистке не происходит концентрации загрязнений или перевода их в другую форму в отличие от других способов. Вместе с тем, биологические методы считаются наиболее экономичными (за исключением основных капиталовложений), ведь главный действующий компонент биологической очистки — активный ил — самовоспроизводится.

Другими преимуществами биологического аэробного метода являются возможность работы при низких концентрациях загрязнений, ХПК, БПК в сточных водах, снижение содержания соединений азота и фосфора, возможность использования нескольких ступеней очистки для достижения требуемых значений ПДК.

К недостаткам биологической очистки можно отнести необходимость утилизации избыточного активного ила, затраты на аэрацию.

Процесс деструкции жиров, белков и других соединений происходит в аэротенках, работающих с высокими дозами активного ила и чистым кислородом.

На рис. 2 показана технологическая схема очистки сточных вод предприятий пищевой промышленности [9]. Схема вклю-

чает в себя несколько основных стадий очистки стоков: предварительную очистку, биологическую очистку и стадию доочистки.

В блок предварительной очистки входят решетки, жироловушка и напорный флотатор (с реагентной обработкой стоков).

Предварительная очистка обеспечивает эффективное удаление из сточной воды жира, твердых мелкодисперсных загрязнений и СПАВ. Согласно данным [9], после флотационной очистки сточные воды можно сбрасывать в городскую канализационную сеть.

Полная биологическая очистка обеспечивает очистку стоков (по основным показателям — взвешенные вещества, ХПК, БПКпол. и др.) до требований контролирующих органов.

Стадия доочистки включает фильтры с плавающей загрузкой и сорбционные фильтры. После глубокой биологической очистки сточные воды могут быть сброшены в водоем.

Для обеззараживания очищенных сточных вод применяются установки ультрафиолетового облучения.

Выбор технологической схемы локальной системы очистки сточных вод определяется, прежде всего, составом исходной сточной воды, требуемой степенью очистки и объемом стоков. Описанная технологическая схема компактна, надежна и обеспечивает высокую эффективность очистки сточных вод.

Известно, что переменный состав сточных вод по количественному и качественному показателям приводит к перегрузкам сооружений аэробной биологической очистки, в результате чего загрязнения попадают в

водоемы. Поэтому, используя только аэробную биологическую очистку, невозможно достичь жестких нормативов как при сбросе очищенных сточных вод на городские очистные сооружения, так и в водоем.

Перспективным с экономической и экологической точек зрения считается комбинированная анаэробно-аэробная технология глубокой очистки (доочистки) жиросодержащих сточных вод [10]. В такой технологической схеме анаэробный метод очистки применяется как первая биологическая ступень, а в качестве доочистки используется одна или две стадии аэробной очистки. Конечными продуктами разложения органических углеводородных соединений при анаэробном методе очистки являются метан и диоксид углерода.

Применение анаэробно-аэробной биологической очистки сточных вод имеет ряд преимуществ: высокая степень очистки сточных вод с высокими концентрациями органических загрязнений, низкие эксплуатационные затраты, небольшой прирост избыточной биомассы (в 5–10 раз меньше, чем при аэробной очистке), незагниваемость биомассы, устойчивость к длительным перерывам в подаче сточной воды. Основным недостатком — высокие капиталовложения [11].

На рис. 3 приведена технологическая схема очистки сточных вод молокозавода [3].

В соответствии со схемой, очистка ведется в несколько ступеней, основные из которых:

- физико-химическая очистка методом напорной флотации;
- анаэробно-аэробная биологическая очистка;
- доочистка на фильтрах.

Для обеззараживания очищенных сточных вод применено УФ-облучение.

Качество очищенных сточных вод по данной технологии соответствует требованиям сброса в водоем рыбохозяйственного назначения.

Осадки, образующиеся на различных стадиях очистки высококонцентрированных жировых вод технологических схем, представляют собой трудно фильтруемые суспензии коллоидного типа не-

однородного состава и свойств. Для таких осадков характерны большие объемы, бактериальная зараженность, наличие органики в составе и способность быстро гнить. Обычно такие осадки подвергаются механическому обезвреживанию и обеззараживанию [7].

Таким образом, проблема очистки сточных вод с чрезмерно высоким содержанием жира актуальна, она существует, и уже предприняты попытки ее решить,

главным образом, за счет применения комбинированных технологических схем очистки. Комбинация эффективных физико-химических (напорная флотация, электрофлотация) и биологических методов (в анаэробно-аэробных условиях) позволяет использовать преимущества различных по принципу действия технологий обработки в едином процессе, добиться максимального качества очистки и минимальных экономических затрат.

Литература

1. **Никифоров Л.Л.** Локальная очистка жиросодержащих сточных вод. Palmarium academic publishing 214. 172 с.
2. **Антонова Е.С.** Интенсификация процесса очистки сточных вод пищевого комбината с использованием флотационной машины с эжекционной системой аэрации с диспергатором. Научные труды КубГТУ. 2017. № 7. С. 63–70.
3. **Мазурык О.Н.** Очистка сточных вод молокозаводов. Материалы конференции «Современные технологии в строительстве. Теория и практика». Пермь, ПНИПУ, 2016. Т. 1. С. 432–44.
4. **Андрюшкин А.И.** Технологические модели очистки сточных вод от плавающих, эмульгированных и растворенных жиров. Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Шелково, 2009. 34 с.
5. **Барышникова Т.Н.** Очистка высококонцентрированных стоков рыбообрабатывающих производств методом ультрафильтрации. Дис. ... канд. техн. наук. Санкт-Петербург, 2001. 215 с.
6. **Очистка сточных вод от жиров.** [Электронный ресурс]. URL: <http://biofile.ru/bio/17042.html> (дата обращения 17. 07.2019).
7. **Еремина Т.В., Ижунцов О.В.** Средства очистки сточных вод на животноводческих комплексах. Вестник ВСГУТУ. 2014. № 6. С. 79–85.
8. **Очистка жиросодержащих стоков.** [Электронный ресурс]. URL: http://www.nwr-bio.ru/ochistka_zhirosoderzhashchih_stokov/ (дата обращения 17.07.2019).
9. **Система очистки сточных вод предприятий пищевой промышленности и агропромышленного комплекса.** [Электронный ресурс]. URL: <http://www.chistim-vodu.ru/promyishlennyye-stochnyye-vodyi/> (дата обращения 17. 07.2019).
10. **Воронов Ю.В., Берцун С.П.** Биологическая очистка сточных вод. Вестник МГСУ. 2014. № 3. С. 205–211.
11. **Благодарная Г.И., Шевченко А.А.** Анализ методов очистки высококонцентрированных сточных вод предприятий пищевой промышленности. [Электронный ресурс]. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/11336725.pdf> (дата обращения 17. 07.2019).

References

1. **Nikiforov L.L.** Lokal'naya ochistka zhirosoderzhashchikh stochnykh vod. Palmarium academic publishing 214. 172 с.
2. **Antonova E.S.** Intensifikatsiya protsessa ochistki stochnykh vod pishchevogo kombinata s ispol'zovaniem flotatsionnoi mashiny s ezheksionnoi sistemoi aeratsii s dispergatorom. Nauchnye trudy KubGTU. 2017. № 7. S. 63–70.
3. **Mazuryak O.N.** Ochistka stochnykh vod molokozavodov. Materialy konferentsii «Sovremennye tekhnologii v stroitel'stve. Teoriya i praktika». Perm', PNIPU, 2016. T. 1. S. 432–44.
4. **Andryushkin A.I.** Tekhnologicheskie modeli ochistki stochnykh vod ot plavayushchikh, emul'girovannykh i rastvorenykh zhirov. Avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. Shchelkovo, 2009. 34 с.
5. **Baryshnikova T.N.** Ochistka vysokokontsentrirrovannykh stokov ryboobrabatyvayushchikh proizvodstv metodom ul'trafil'tratsiyu Dis. ... kand. tekhn. nauk. Cankt-Peterburg, 2001. 215 с.
6. **Ochistka stochnykh vod ot zhirov.** [Elektronnyi resurs]. URL: <http://biofile.ru/bio/17042.html> (data obrashcheniya 17. 07.2019).
7. **Eremina T.V., Izhuntsov O.V.** Sredstva ochistki stochnykh vod na zhivotnovodcheskikh kompleksakh. Vestnik VSGUTU. 2014. № 6. С. 79–85.
8. **Ochistka zhirosoderzhashchikh stokov.** [Elektronnyi resurs]. URL: http://www.nwr-bio.ru/ochistka_zhirosoderzhashchih_stokov/ (data obrashcheniya 17.07.2019).
9. **Sistema ochistki stochnykh vod predpriyatii pishchevoi promyshlennosti i agropromyshlennogo kompleksa.** [Elektronnyi resurs]. URL: <http://www.chistim-vodu.ru/promyishlennyye-stochnyye-vodyi/> (data obrashcheniya 17. 07.2019).
10. **Voronov Yu.V., Bertsun S.P.** Biologicheskaya ochistka stochnykh vod. Vestnik MGSU. 2014. № 3. S. 205–211.
11. **Blagodarnaya G.I., Shevchenko A.A.** Analiz metodov ochistki vysokokontsentrirrovannykh stochnykh vod predpriyatii pishchevoi promyshlennosti. [Elektronnyi resurs]. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/11336725.pdf> (data obrashcheniya 17. 07.2019).

Г.И.Зубарева – д-р техн. наук, профессор, Пермский государственный аграрно-технологический университет им. Д.Н. Прянишникова, 614990 Россия, г. Пермь, ул. Петропавловская 23, e-mail: zubarevag@inbox.ru

G.I. Zubareva – Dr. Sci. (Eng.), Professor, Perm State Agrarian and Technological University named after D.N. Pryanishnikov, 614990 Russia, Perm, Petropavlovskaya Str. 23, e-mail: zubarevag@inbox.ru