

Дата поступления рукописи в редакцию: 31.01.2026 г.
Дата принятия рукописи в печать: 07.04.2026 г.
DOI: 10.24412/3034-4042-2026-1-124-129

ГОТВАЛЬД Елена Дмитриевна,
магистрант,
МГТУ им. Н.Э. Баумана,
e-mail: lena.gotvald@icloud.com

ЗАЙЦЕВА Софья Павловна,
студент,
МГТУ им. Н.Э. Баумана,
e-mail: sfmshlkn@gmail.com

КАЗАКОВА Елизавета Дмитриевна,
студент,
МГТУ им. Н.Э. Баумана,
e-mail: elizaveta.kazakova@mail.ru

ТЮТЮНЬКОВА Маргарита Викторовна,
кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры,
МГТУ им. Н.Э. Баумана,
e-mail: tyutyunkova82@mail.ru

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД КОНДИТЕРСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Аннотация. Данная научная статья посвящена решению актуальной экологической проблемы — очистке сточных вод кондитерских предприятий. Эти стоки характеризуются сложным составом, включающим высокие концентрации органических веществ, сахаров, жиров и других биоразлагаемых загрязнителей, которые при сбросе в водоемы наносят значительный ущерб водным экосистемам. Авторы подчеркивают, что, вопреки устоявшемуся мнению о малой опасности, такие стоки способны вызывать эвтрофикацию, критическое снижение концентрации растворенного кислорода и нарушать биологическое равновесие. Особое внимание уделяется характеристикам этих сточных вод, в частности, их неравномерному режиму сброса и периодическим залповым выбросам высокой концентрации, что существенно осложняет процесс очистки. В качестве решения предлагается разработанная авторами комплексная технологическая схема очистки производительностью 4400 м³/сутки, которая интегрирует механические, физико-химические и биологические методы. Детально описан многоступенчатый процесс, начинающийся с механической решетки и включающий такие ключевые этапы, как азрируемая жироловушка, преаэратор с горизонтальным отстойником, двухступенчатая флотация, каркасно-засыпной фильтр и финальное ультрафиолетовое обеззараживание. В работе представлены подробные расчеты эффективности очистки на каждом этапе по ключевым показателям (химическое потребление кислорода, биохимическое потребление кислорода, взвешенные вещества, жиры, анионные поверхностно-активные вещества, азотные и фосфорные соединения). Результаты демонстрируют, что предлагаемая схема обеспечивает снижение концентраций всех нормируемых загрязнений до уровней, строго соответствующих предельно допустимым концентрациям для водоемов рыбохозяйственного назначения. Таким образом, научная и практическая ценность работы заключается в обосновании высокоэффективной технологической схемы, направленной на минимизацию антропогенной нагрузки и обеспечение соблюдения жестких экологических стандартов.

Ключевые слова: очистка сточных вод, кондитерские предприятия, технологическая схема, предельно допустимая концентрация рыбохозяйственных водоемов, методы очистки, сток, эффективность очистки, загрязняющие вещества.

GOTVALD Elena Dmitrievna,
master's student,
Bauman Moscow State Technical University

ZAITSEVA Sofia Pavlovna,
student,
Bauman Moscow State Technical University

KAZAKOVA Elizaveta Dmitrievna,
student,
Bauman Moscow State Technical University

TYUTYUNKOVA Margarita Viktorovna,
Candidate of Biological Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the Department,
Bauman Moscow State Technical University

DEVELOPMENT OF A TECHNOLOGICAL SCHEME FOR TREATMENT OF WASTE WATER OF CONFECTIONERY ENTERPRISES

Annotation. This scientific article is devoted to solving an urgent environmental problem - wastewater treatment of confectionery enterprises. These effluents are characterized by a complex composition involving high concentrations of organic matter, sugars, fats, and other biodegradable pollutants that cause significant damage to aquatic ecosystems when discharged into bodies of water. The authors emphasize that, contrary to the established opinion of low danger, such effluents can cause eutrophication, a critical decrease in the concentration of dissolved oxygen and disrupt the biological equilibrium. Particular attention is paid to the characteristics of these wastewater, in particular, their uneven discharge regime and periodic volley emissions of high concentration, which significantly complicates the treatment process. As a solution, the complex technological scheme of purification developed by the authors with a capacity of 4400 m³/day, which integrates mechanical, physicochemical and biological methods, is proposed. A multi-stage process is described in detail, starting with a mechanical lattice and including such key stages as an aerated fat trap, a preaerator with a horizontal settler, two-stage flotation, a frame-backfill filter and a final ultraviolet disinfection. Detailed calculations of the purification efficiency at each stage are presented for key indicators (chemical oxygen consumption, biochemical oxygen consumption, suspended solids, fats, anionic surfactants, nitrogen and phosphorus compounds). The results demonstrate that the proposed scheme reduces the concentrations of all regulated contaminants to levels strictly corresponding to the maximum permissible concentrations for fishery water bodies. Thus, the scientific and practical value of the work lies in the justification of a highly effective technological scheme aimed at minimizing anthropogenic load and ensuring compliance with strict environmental standards.

Key words: wastewater treatment, confectionery enterprises, technological scheme, maximum permissible concentration of fishery water bodies, treatment methods, runoff, treatment efficiency, pollutants.

Введение

Длительное время считалось, что сточные воды от кондитерских предприятий малоопасные, но на данный момент известно, что стоки кондитерских заводов могут содержать большое количество остатков продуктов. Основную экологическую проблему представляют органические компоненты сточных вод, которые при попадании в водоемы провоцируют интенсивное размножение бактерий и микроорганизмов. Этот процесс приводит к серии негативных экологических последствий:

- активный рост водной растительности (эвтрофикация);
- значительное снижение концентрации растворенного кислорода;
- нарушение биологического равновесия водных экосистем;
- накопление токсичных продуктов анаэробного разложения.

Многочисленные исследования подтверждают, что для кондитерских производств характерен неравномерный режим сброса сточных вод с периодическими залповыми выбросами высокой концентрации. Анализ показывает, что примерно

50% всего объема стоков содержат повышенные концентрации жиров и органических соединений, что существенно осложняет процесс их очистки [1].

Очистка сточных вод кондитерских является актуальной, так как выбросы сточных вод без должного очищения могут нанести значительный вред окружающей среде, загрязняя водные экосистемы, воздух и почву. Это может привести к ухудшению качества воды, гибели растений и животных, а также к проблемам для здоровья людей.

Очистка сточных вод кондитерской необходима для предотвращения загрязнения окружающей среды, сохранения ресурсов воды и соблюдения экологических норм и стандартов. Стоки, выходящие из кондитерских предприятий, содержат различные загрязнения, такие как органические вещества, сахара, жиры, муку, пенообразователи и др. Они могут негативно повлиять на качество водоемов, почву и биоразнообразие, если попадут в природные водоемы без предварительной очистки.

Целесообразность и эффективность очистки сточных вод кондитерской может быть достиг-

нута с использованием соответствующих технологий очистки, а также регулярным контролем и мониторингом качества сточных вод.

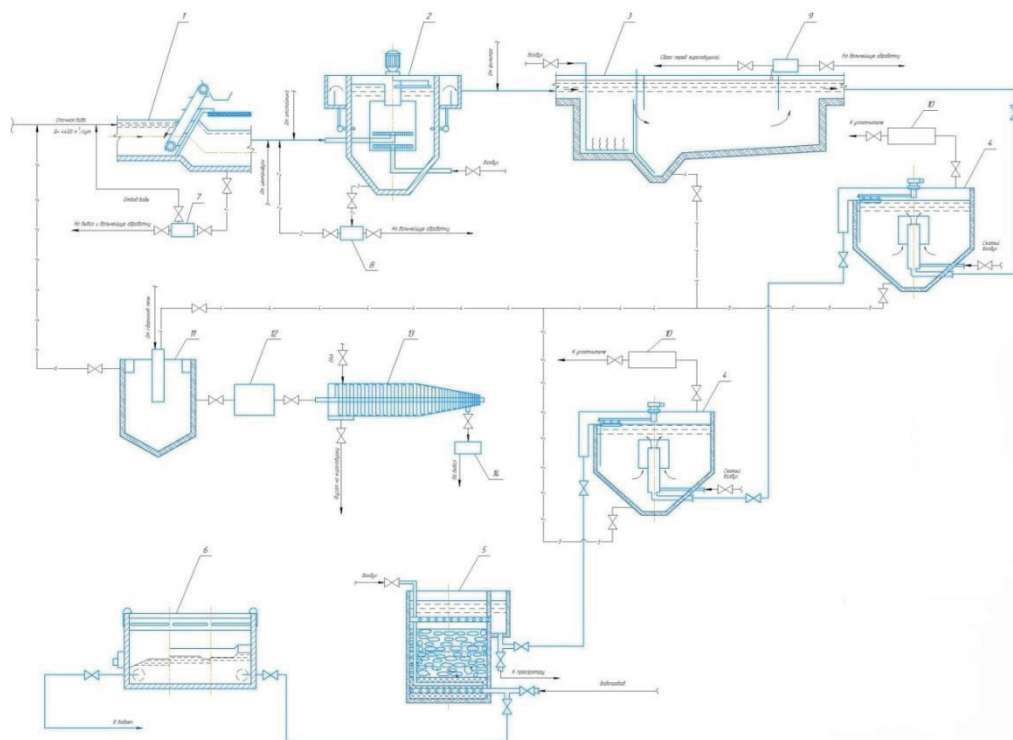
Целью данной статьи является разработка технологической схемы очистки сточных вод предприятий по производству кондитерских изделий.

Объектом исследования является загрязнение сточных вод кондитерского производства.

Обоснование разрабатываемой технологической схемы очистки сточных вод кондитерского производства

На рисунке 1 представлена разработанная технологическая схема для кондитерского предприятия производительностью 4400 м³/сутки. В основу проектного решения положены наиболее эффективные и апробированные методы очистки, обеспечивающие стабильное достижение нормативных показателей сброса.

Рисунок 1. Технологическая схема очистки сточных вод кондитерского производства.



- 1 – механическая решетка; 2 – аэрируемая жироловушка;
 3 – преаэратор с горизонтальным отстойником; 4 – напорный флотатор; 5 – каркасно-засыпной фильтр; 6 – установка УФ обеззараживания; 7 – сборник после механической решетки;
 8 – сборник после аэрируемой жироловушки; 9 – разделительный колодец; 10 – пеносорбник; 11 – осадкоуплотнитель;
 12 – сборник осадка; 13 – центрифуга; 14 – сборник после центрифуги

Схема включает многоступенчатую систему обработки, адаптированную к специфическому составу сточных вод кондитерского производства и учитывающую особенности технологического процесса [2; 3; 4].

Исходная сточная вода поступает на механическую решетку, где очищается от наиболее крупных примесей. Далее сточная вода направляется в аэрируемую жироловку, затем поступает в преаэратор, после направляется в горизонтальный отстойник, основным предназначением которого является очистка сточных вод от механических частиц. Далее вода последовательно проходит флотатор I ступени, флотатор II ступени, где происходит снижение показателей ХПК, БПК и жиров. После очистки на флотаторах,

сток подается на каркасно-засыпной фильтр, где удаляется остаточное содержание в воде АПАВ и БПК. Финальной стадией технологического процесса является обеззараживание на установке УФ-обработки. Ультрафиолетовое излучение эффективно уничтожает патогенную микрофлору, обеспечивая соответствие очищенной воды строгим санитарно-гигиеническим нормативам перед ее сбросом в водоем рыбохозяйственного назначения.

В разработанной схеме сброс очищенной воды производится в водоем (река). Для этого учитывается предельно допустимая концентрацию рыбохозяйственного назначения (ПДК_{рыб.хоз.}) [5]. Концентрации веществ представлены в таблице 1.

Таблица 1. Концентрация загрязняющих веществ, поступающих на очистку и ПДК.

Показатель	Концентрация загрязнения, мг/л	ПДК _{рыб.хоз.} , мг/л [6]
Взвешенные вещества	447	10,0
АПАВ	1	0,5
ХПК	800	30
БПК	200	3
рН	7,1	6,0-9,0
Жиры	50	3
Нитраты	14	9
Фосфат-ион	1,23	0,2
Нитриты	0,096	0,2
Аммоний-ион	4,5	0,5

Степень очистки Э, % определяют по формуле (1):

$$\mathcal{E} = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \cdot 100 \%, \quad (1)$$

Из формулы (1) получаем формулу (2):

$$C_2 = \left(1 - \frac{\mathcal{E}}{100\%}\right) \cdot C_1, \quad (2)$$

где C_1 - концентрация загрязнителя в сточной воде до очистки, мг/л;

C_2 - концентрация загрязнителя в сточной воде после очистки, мг/л.

Результаты эффективности работы сооружений схемы очистки сточных вод кондитерского производства

Расчет эффективности работы сооружений схемы очистки сточных вод кондитерского производства приведен в таблице 2.

Таблица 2. Эффективность работы сооружений схемы очистки сточных вод кондитерского производства.

Сооружение	Показатель	% очистки	C_1 , мг/л	C_2 , мг/л
Механическая решетка	Взвешенные вещества	5%	447	424,65
Аэрируемая жи-роловушка	Взвешенные вещества	40%	424,65	254,79
	Жиры	80%	50	10
	АПАВ	40%	1	0,6
	ХПК	10%	800	720
Преаэратор с горизонтальным отстойником	Взвешенные вещества	70%	254,79	76,43
	БПК	40%	200	120
	ХПК	30%	720	504
Флотатор I	Взвешенные вещества	95%	76,43	3,82
	Жиры	90%	10	1
	БПК	80%	120	24
	ХПК	80%	504	100,8
	Нитраты	90%	14	1,4
	Фосфат-ион	90%	1,23	0,123
	Аммоний-ион	90%	4,5	0,45

Флотатор II	БПК	80%	24	4,8
	ХПК	80%	100,8	20,16
Каркасно-засыпной фильтр	АПАВ	70%	0,6	0,18
	БПК	40%	4,8	2,88

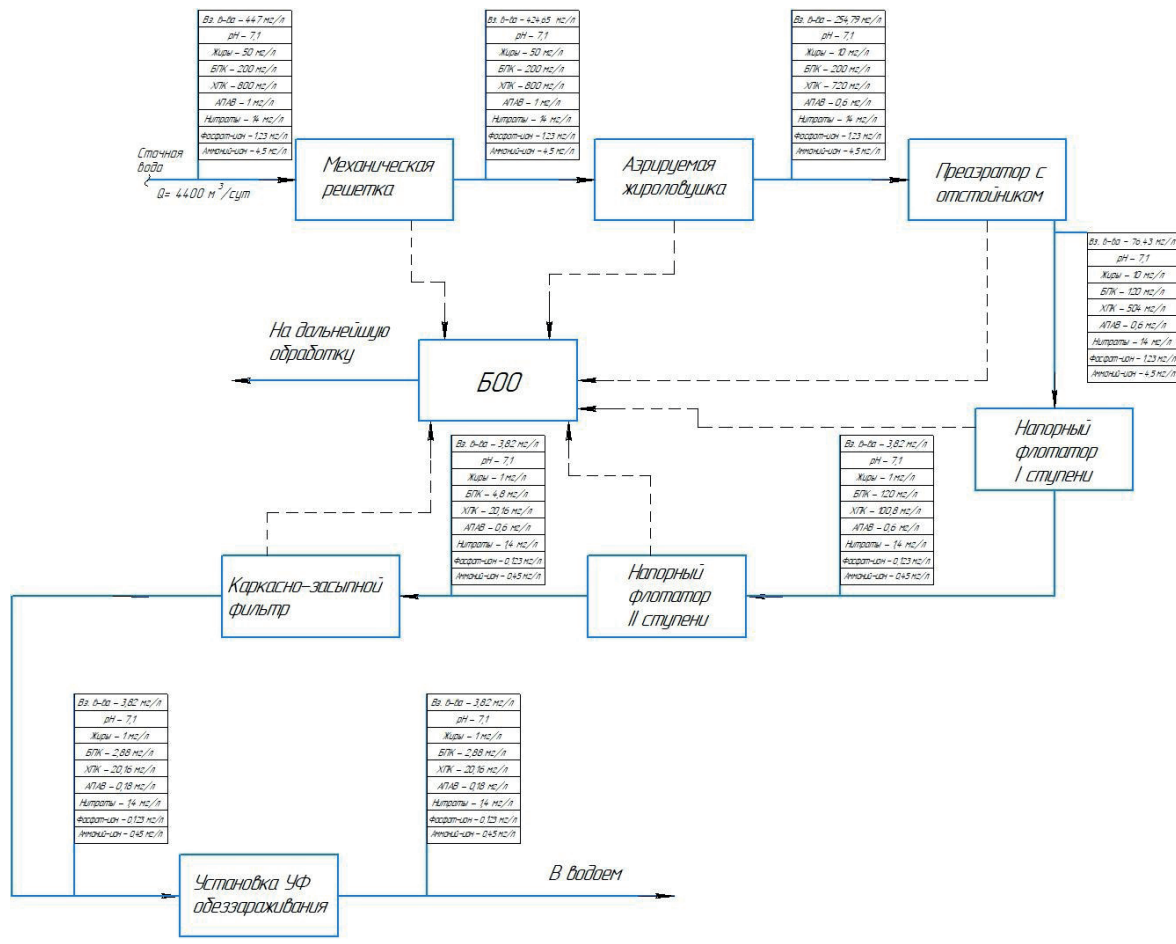
Сравнение результатов очистки сточных вод ПДК_{рыб.хоз.} представлено в таблице 3. разработанной схемы с требованием сброса

Таблица 3. Сравнение результатов очистки сточных вод разработанной схемы с требованием сброса ПДК_{рыб.хоз.}

Показатель	Результат очистки, мг/л	ПДК _{рыб.хоз.} , мг/л [6]
Взвешенные вещества	3,82	10,0
АПАВ	0,18	0,5
ХПК	20,16	30
БПК	2,88	3
рН	7,1	6,0-9,0
Жиры	1	3
Нитраты	1,4	9
Фосфат-ион	0,123	0,2
Нитриты	0,096	0,2
Аммоний-ион	0,45	0,5

На рисунке 2 представлена блок-схема эффективности работы сооружений.

Рисунок 2. Блок-схема очистки сточных вод разработанной схемы.



Из данных таблицы 3 и рисунка 2 можно сделать вывод о том, что подобранные сооружения обеспечивают эффективную очистку сточной воды до ПДК_{рыб.хоз.}

Заключение

На основании анализа состава сточных вод кондитерского производства и проведенного аналитического исследования применяемых методов очистки, технологических схем, самостоятель-

но разработана технологическая схема очистки сточных вод кондитерского производства. Приведено описание принципа работы технологической схемы. В представленном обосновании разрабатываемой технологической схемы приведены расчеты эффективности очистки сточных вод, демонстрирующие соответствие очищенной воды установленным нормам ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения.

Список литературы:

- [1] Скобельская З.Г., Горячева Г.Н. Технология производства сахарных кондитерских изделий. — СПб : Лань, 2023. — 428 с.
- [2] Преаэратор для очистки сточных вод // URL: <https://www.vo-da.ru/articles/preaerator>. (дата обращения: 12.11.2025).
- [3] Расчет флотационной установки // URL: https://vuzlit.com/766260/raschet_flotasionnoy_ustanovki (дата обращения: 12.11.2025).
- [4] Расчёт аэрируемой жировушки // URL: <https://studfile.net/preview/2659609/page:2/> (дата обращения: 15.11.2025).
- [5] Яковлева О.В. Системы обеспечения техносферной безопасности. — Калуга : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2019. — 51 с.
- [6] Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 13 декабря 2016 г. № 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения».

References:

- [1] Skobelskaya Z.G., Goryacheva G.N. Technology of production of sugar confectionery products. - St. Petersburg: Lan, 2023. - 428 p.
- [2] Pre-aerator for wastewater treatment // URL: <https://www.vo-da.ru/articles/preaerator>. (date of access: 12.11.2025).
- [3] Calculation of a flotation unit // URL: https://vuzlit.com/766260/raschet_flotasionnoy_ustanovki (date of access: 12.11.2025).
- [4] Calculation of an aerated grease trap // URL: <https://studfile.net/preview/2659609/page:2/> (date of access: 15.11.2025).
- [5] Yakovleva O.V. Systems for ensuring technosphere safety. — Kaluga: Bauman Moscow State Technical University, 2019. — 51 p.
- [6] Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation of December 13, 2016 No. 552 «On approval of water quality standards for water bodies of fishery importance, including standards for maximum permissible concentrations of harmful substances in the waters of water bodies of fishery importance.»





ЮРКОМПАНИ
www.law-books.ru

Юридическое издательство «ЮРКОМПАНИ»
издает научные журналы:

- Научно-правовой журнал «Образование и право», рекомендованный ВАК Министерства науки и высшего образования России (специальности 12.00.01, 12.00.02), выходит 1 раз в месяц.
- Научно-правовой журнал «Право и жизнь», рецензируемый (РИНЦ, E-Library), выходит 1 раз в 3 месяца.