

3 Вторичное загрязнение – опасность водопроводной воды // Ключ здоровья. – URL: <http://www.artvoda.com/vtorichnoe-zagryaznenie-opasnost-vodoprovodnoj-vody> (дата обращения: 05.01.2025).

4 Продоус, О. А. Предотвращение вторичного загрязнения питьевой воды в металлических сетях водоснабжения / О. А. Продоус, Д. И. Шлычков, Д. В. Спицов // Строительство: наука и образование. – 2022. – Т. 12, № 2. – С. 62–71. – URL: <https://doi.org/10.22227/2305-5502.2022.2.5> (дата обращения: 05.01.2025).

5 Клейн, С. В. Приоритетные факторы риска питьевой воды систем централизованного питьевого водоснабжения, формирующие негативные тенденции в состоянии здоровья населения / С. В. Клейн, С. А. Вековшинина // Анализ риска здоровью. – 2020. – № 3. – С. 49–60. – DOI: 10.21668/health.risk/2020.3.06.

6 Гевод, В. С. Загрязнение питьевой воды внутри водопроводов и экономичный способ ее доочистки в местах потребления / В. С. Гевод, И. А. Борисов // Водные ресурсы и климат : материалы V Междунар. Водного Форума, 5–6 окт. 2017 г., г. Минск : в 2 ч. Ч. 2 / Белорусский государственный технологический университет ; редкол.: О. Б. Дормешкин [и др.]. – Минск, 2017. – С. 10–18.

7 Богданова, О. Ю. Микробиологический анализ качества водопроводной и фильтрованной воды г. Санкт-Петербурга с учетом современных требований / О. Ю. Богданова, Т. Ф. Черных // Формулы Фармации. – 2022. – Т. 4, № 1. – С. 70–75.

8 Дроздова, Е. В. Питьевая вода – безопасная и полезная / Е. В. Дроздова // Научно-исследовательский институт гигиены, токсикологии, эпидемиологии, вирусологии и микробиологии. – URL: <https://rspch.by/ru/node/312/> (дата обращения: 05.01.2025).

9 Guidelines for drinking-water quality: first addendum to the fourth edition. – Geneva : WHO, 2017. – 541 p.

10 Методы фильтрации воды их достоинства и недостатки // AQUANOVA. – URL: <https://www.aquanova.com.ua/stati-i-obzory/metody-filtratsii-vody-ikh-dostoinstva-i-nedostatki/> (дата обращения: 05.01.2025).

УДК 628.31

## ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД В МОЛОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В. В. СЕМЁНОВ, А. Н. ЛУГОВКИН, И. В. ПАВЛОВИЧ

Общество с ограниченной ответственностью «НПО Экосистема»,

г. Солнечногорск, Российская Федерация

*info@eco-systema.com*

**Актуальность.** В России и Беларуси актуальна проблема защиты водных ресурсов от загрязнения сточными водами коммунальных и промышленных предприятий. Законодательство устанавливает строгие нормы на сброс загрязняющих веществ в водоемы и на централизованные очистные сооружения. За превышение допустимых показателей предусмотрены штрафы, которые могут достигать значительных сумм, сопоставимых с прибылью компаний. Однако одними финансовыми санкциями дело не ограничивается: при систематических нарушениях или нанесении серьезного ущерба

окружающей среде деятельность предприятия может быть приостановлена до устранения экологических нарушений.

Основная угроза, связанная с производственными сточными водами предприятий молочной промышленности, заключается в высоком содержании органических загрязнений. Эти загрязнения поступают преимущественно в результате мойки оборудования, а также из-за остатков продукции и производственных отходов. Дополнительную опасность представляет сброс кислотных и щелочных моющих средств, способных изменять уровень pH сточных вод в пределах от 2 до 12.

Попадание таких загрязнений в водоем приводит к резкому снижению концентрации растворенного кислорода, что вызывает гибель водных организмов. Санитарное состояние водоема ухудшается, делая его непригодным для водоснабжения. Если же сточные воды попадают на городские очистные сооружения, это может привести к угнетению или даже гибели активного ила, который, в свою очередь, становится новым источником загрязнения. Для небольших водоёмов такие последствия могут перерасти в экологическую катастрофу.

**Цель работы** – исследование состава и характеристик сточных вод предприятий молочной промышленности, а также обоснование эффективных методов их очистки. Рассматриваются основные источники загрязнения, их влияние на окружающую среду и очистные сооружения. Особое внимание уделяется разработке технологических решений, позволяющих привести состав сточных вод в соответствие с установленными нормативами.

**Основные результаты.** Основным источником органического загрязнения сточных вод на молочных предприятиях является сыворотка. На современных производствах предусмотрены ее сбор и переработка.

Полностью исключить кислотные и щелочные промывки из технологического процесса невозможно, однако можно минимизировать затраты на их нейтрализацию, установив перед очистными сооружениями усреднитель необходимого объема. Для молокоперерабатывающих предприятий объем усреднителя рекомендуется устанавливать в пределах 40–50 % от суточного расхода сточных вод. Это необходимо для эффективного перемешивания кислотных и щелочных стоков, выравнивания концентраций загрязняющих веществ и расхода при залповых сбросах.

Также учитывается различие в составе сточных вод на различных молокоперерабатывающих предприятиях. На молочных заводах основными загрязнителями являются жиры, взвешенные вещества и органические соединения. В сточных водах сыротельных производств, помимо этих загрязняющих веществ, отмечается повышенное содержание солей.

Сточные воды молочных заводов содержат загрязняющие вещества в растворенном, нерастворённом и эмульгированном виде. Первостепенной задачей является выбор оборудования для предварительной механической очистки, так как от его эффективности зависит надёжность функционирования всей системы очистки.

На этапе предварительной очистки удаляется крупный мусор, тяжелые минеральные примеси и всплывающие жиры, так как их присутствие может привести к засорению трубопроводов и повреждению насосного оборудования. Для этих целей традиционно используются механические решетки, жироуловители и песколовки, которые размещаются перед усреднителем.

После удаления твердых частиц и жиров необходимо определить оптимальный метод дальнейшей очистки, соответствующий требованиям к качеству очищенной воды. Современные технологии предлагают различные способы очистки сточных вод молочного производства, которые можно разделить на пять ключевых категорий: физико-химические методы; ультрафильтрация; обратный осмос; анаэробная биологическая очистка; аэробная биологическая очистка.

Как правило, на практике эти методы комбинируют для достижения наилучшего результата. В качестве примера можно рассмотреть очистные комплексы «Валдай-ОРГАНИК» (рисунок 1), созданные на основе опыта компании «НПО Экосистема» в проектировании и наладке очистных систем для предприятий молочной промышленности.



Рисунок 1 – Комплекс очистки «Валдай-ОРГАНИК»  
производства «НПО Экосистема»

Эти комплексы реализуют технологическую схему, обеспечивающую стабильную и эффективную работу оборудования. Локальная система очистки включает в себя:

- механическую очистку (решетки, песколовки, жироуловители);
- усреднение состава и объема поступающих сточных вод (резервуары-усреднители с механическим или пневматическим перемешиванием);
- физико-химическую очистку (процессы нейтрализации, а также флотационную обработку с применением коагулянтов и флокулянтов);
- сбор и обезвоживание осадков (шнековые обезвоживатели).

Применение данной схемы позволяет добиться высоких показателей очистки (таблица 1). Эксплуатационные затраты на очистку промышленных сточных вод молочных предприятий с использованием комплекса «Валдай-ОРГАНИК» составляют не более 12–14 рос. рублей за 1 м<sup>3</sup>. Такая технология обеспечивает эффективную локальную очистку сточных вод перед их отведением в систему хозяйствственно-бытовой канализации или на заводские сооружения биологической очистки.

**Таблица 1 – Эффективность очистки комплекса «Валдай-ОРГАНИК»**

Показатель сточных вод	До очистки	После механической очистки и усреднения	Эффективность реагентной флотации, %	ПДК для сброса в канализацию*
Взвешенные вещества, мг/л	1500–2000	<1000	90	300
Плотный остаток, мг/л	800–1500	<1200	**	3000
ХПК, мг О <sub>2</sub> /л	2500–3000	<1500	60–70	500
БПК <sub>подн.</sub> , мг О <sub>2</sub> /л	1500–2000	<1000	60–70	300***
Жиры, мг/л	1500–2000	<1000	95	50
Фосфор общий, мг/л	10–15	<12	50–60	12
Азот общий, мг/л	60–110	<50	5–10	50
pH, ед.	2–12	3–10	Стоки нейтрализуются до ПДК	6–9

\*Постановление Правительства РФ от 09.07.2013 г. № 644 «Об утверждении правил ходового водоснабжения и водоотведения и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации». В Республике Беларусь нормы сброса в городскую сеть канализации устанавливаются местными исполнительными и распорядительными органами.

\*\*Показатель «Сухой остаток» практически не снижается на стадии физико-химической очистки, кроме того, за счет применения минеральных кислот, щелочей и коагулянтов он увеличивается по сравнению с входящим стоком.

\*\*\*По БПК<sub>5</sub>.

В случае, если очищенные сточные воды предприятия должны сбрасываться в водоем, после локальных очистных сооружений дополнительно проводится биологическая очистка. Для этого используются комплексы «Валдай-БИО» (рисунок 2), процесс очистки включает несколько стадий:

- биохимическое окисление органических веществ и нитрификацию (аэротенк-нитрификатор со взвешенным активным илом);
- денитрификацию (удаление нитратного азота в аноксидной зоне аэротенка);
- глубокую аэробную доочистку с использованием иммобилизованного активного ила на полимерном бионосителе;
- доочистку на напорных песчаных фильтрах с хлорированием и коагуляцией, обеспечивающую удаление остаточных соединений азота, фосфора и органики;
- обеззараживание очищенного стока с помощью ультрафиолетового излучения.

Избыточный активный ил, образующийся в процессе биологической очистки, подается на шнековый обезвоживатель (рисунок 2) или на установку обезвоживания, где также удаляется осадок, образующийся после физико-химической очистки. Данная схема позволяет достичь высоких результатов, как указано в таблице 2. Удельные эксплуатационные затраты на доочистку промстоков молочных производств на комплексе «Валдай-БИО» не превышает 8–10 рос. рублей за 1 м<sup>3</sup>.



Рисунок 2 – Железобетонный биоблок с установленными аэрационными элементами (слева) и шнековый обезвоживатель (справа)

**Таблица 2 – Эффективность очистки комплекса «Валдай-БИО»**

Показатель сточных вод	На входе в сооружения биоочистки	После биоочистки	После доочистки	ПДК для сброса в водоём*
Взвешенные вещества, мг/л	<200	5–10	< 3	3,0
Плотный остаток, мг/л	<1500	<1500	1500**	1000
ХПК, мгO <sub>2</sub> /л	<800	<30	<30	30
БПК <sub>полн.</sub> , мгO <sub>2</sub> /л	<500	<3,0	<3,0	3,0
Жиры, мг/л	<50	<0,5	<0,5	–
Фосфор общий, мг/л	<8	<0,5	<0,2	0,2
Азот аммонийный, мг/л	<30	<0,39	<0,39	0,39
Нитраты, мг/л	<5	<40	<40	40
Нитриты, мг/л	<0,5	<0,08	<0,08	0,08
pH, ед.	3–10	6,5–8,5	6,5–8,5	6,5–8,5

\*Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 13.12.2016 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».

\*\*Показатель «Сухой остаток» практически не снижается на стадии биологической очистки. Для его снижения требуется применение методов обессоливания воды.

Следует отметить, что схема очистки рассчитана на гораздо более жесткие нормы сброса, чем действующие для большинства водных объектов в Республике Беларусь. В условиях Республики Беларусь обычно не требуются стадии глубокой биологической и фильтрационной доочистки.

**Выводы.** Результаты исследования подтверждают необходимость применения комбинированных методов очистки сточных вод молочной промышленности. Для предотвращения негативного воздействия на окружающую среду и сбоя работы централизованных очистных сооружений рекомендуется использовать комплексные системы обработки, включающие механическую, физико-химическую и биологическую очистку. Внедрение таких решений позволяет обеспечить соблюдение экологических нормативов, снизить нагрузку на городские очистные сооружения и минимизировать экологические риски.

#### **Список литературы**

1 Данилович, Д. А. Современные решения по локальной очистке сточных вод предприятий молочной промышленности / А. А. Данилович, А. А. Максимова // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. – 2014. – № 3. – С. 55–63.