

**А. К. СТРЕЛКОВ**  
**С. Ю. ТЕПЛЫХ**  
**А. О. БЫСТРАНОВА**

## **СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ МАСЛОЖИРОСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД**

**MODERN METHODS FOR CLEANING FAT-AND-OIL WASTE WATERS**

*Рассмотрены современные методы очистки и технологические схемы предприятий масложировой промышленности. На основании литературных источников исследована эффективность очистки сточных вод физико-химическими методами очистки. Реагентная предварительная обработка сточных вод широко используется, а исследования направлены на выбор оптимальных реагентов и доз. Современным методом обработки масложиродержащих сточных вод являются биомембранные технологии. Классические схемы очистки зачастую не способны обеспечить достижения нормативных требований к качеству очищенных сточных вод, поэтому технология мембранных биореакторов может быть востребована для очистки пищевых сточных вод. Выявлены проблемы применения различных способов очистки масложировых сточных вод. Определена экономическая эффективность предложенных способов очистки*

**Ключевые слова:** *масложировые сточные воды, физико-химический метод очистки, мембранные биореакторы*

*The article studied modern cleaning methods and technological schemes of enterprises of the fat-and-oil industry. Based on literary sources, the efficiency of wastewater treatment by physicochemical treatment methods has been investigated. Reagent pretreatment of wastewater is widely used, and research focuses on the selection of optimal reagents and doses. A modern method for the treatment of fat and oil containing wastewater is biomembrane technology. Classic treatment schemes are often unable to achieve regulatory requirements for the quality of treated wastewater; therefore, the use of membrane bioreactor technology may be in demand for treating food wastewater. The problems of using various methods of purification of fat-and-oil wastewater are identified. The economic efficiency of the proposed cleaning methods is determined.*

**Keywords:** *fat-and-oil waste water, physico-chemical method of purification, membrane bioreactors*

Загрязненные сточные воды подвергаются очистке совместно с бытовыми сточными водами населенных пунктов или других предприятий. Самостоятельная очистка производится только при отсутствии технической возможности или экономической целесообразности подачи стоков на общие очистные сооружения.

### **Методы очистки сточных вод масложировой промышленности**

Особое внимание при очистке сточных вод следует уделять выделению из сточных вод ценных пищевых компонентов, которые при попадании в канализацию и в водоемы на стадии разложения выделяют высокотоксичные продукты.

Современные предприятия масложировой промышленности, как правило, оборудованы станциями безразборной СР-мойки для очистки технологических трубопроводов и оборудования на предприятии. Отработанные

щелочные и кислотные моющие растворы от СР-станции рекомендуется очищать с помощью нанофильтрации и возвращать в систему для повторного использования на СР и на технологические нужды.

На территории предприятия перед сбросом стоков в канализационную сеть, как правило, располагают следующие сооружения: усреднители расхода отработавших моечных растворов, обеспечивающие прием залпового сброса с последующим равномерным выпуском его; грязеотстойники с маслотовушками у площадок мойки автомобилей.

Для механической очистки сточных вод предприятий масложировой промышленности предусматривают установку решеток, песколовков, жироловок, осветлителей с естественной аэрацией, осветлителей-перегнивателей, вертикальных отстойников [1].

Опыт применения флотационных способов очистки стоков предприятий масложировой промышленности показал, что флотация

без добавки коагулянтов малоэффективна, так как позволяет снизить концентрацию жиров только на 50–60 %, ХПК – на 35–45 %, а взвешенных веществ – на 40–50 %.

При применении в качестве коагулянтов сернокислого алюминия или хлорного железа дозой 100 мг/л (по безводной соли) на 1000 мг/л загрязнений по ХПК при pH = 6,7 эффективность очистки по взвешенным веществам составляет 75–80 %, по жирам – 80–90 %, по БПКполн – 60–70%. Однако из-за высокой дозы реагента, сложности реагентного хозяйства и большого объема образующегося осадка (до 10 % количества сточных вод) реагентная напорная флотация, по мнению авторов справочника [1], нецелесообразна. Кроме того, флотошлам после реагентной обработки содержит значительное количество ионов металла, что может ингибировать последующий процесс аэробной стабилизации, соответственно усложняя обезвоживание флотошлама и увеличивая затраты на вывоз жидких отходов. Поэтому отдается предпочтение безреагентной флотации.

Также экспериментально доказано, что в схемах с дальнейшей биологической очисткой применение реагентной флотации приводит к резкому снижению фосфатов в сточных водах, что препятствует нормальному течению процессов биологической очистки.

Тем не менее реагентная предварительная обработка сточных вод масложировых производств широко используется, а исследования направлены на выбор оптимальных реагентов и их доз. В практике эксплуатации сооружений очистки сточных вод масложировых производств также применяется их обработка алюмокремниевыми коагулянтами-флокулянтами, модифицированными и немодифицированными флокулянтами, бифлокулянтами и коагулянтами на основе отходов сельскохозяйственных производств [2].

Биологические методы удаления органических загрязнений считаются наиболее экономически эффективными и экологически приемлемыми. На практике нашли применение различные варианты схем, основанных на биологическом методе очистки сточных вод масложировых заводов.

Существуют схемы с окислительными каналами, включающие в себя: решетки, песколовки, окислительные каналы, вторичные отстойники. Сточные воды в каналах циркулируют постоянно. Устройство каналов с двумя парами параллельно расположенных рукавов позволяет осуществить непрерывную работу станции без первичного отстойника [3].

Во многих странах для очистки сточных вод масложировых заводов применяются сооруже-

ния, в которых главную роль играют биологические фильтры различных конструкций [4]. В состав таких сооружений чаще всего входят решетки, песколовки, первичные отстойники, биологические фильтры, вторичные отстойники, камеры для ферментации ила и площадки для его обезвоживания.

В последнее время на многих очистных сооружениях, работающих по схеме с активным илом, не предусматриваются первичные отстойники. Сточные воды после решеток и песколовки направляются в аэротенки.

Выбор биологических методов очистки также обусловлен наличием в сточных водах биогенных элементов, удаление которых с применением биологической очистки наиболее рационально.

Технология анаэробной очистки высококонцентрированных сточных вод масложировых заводов широко распространена за рубежом. В России этот метод менее применим по сравнению с другими, так как отсутствует потребность получения коммерческого биогаза. Анаэробные процессы характеризуются гораздо более низким приростом биомассы и позволяют получать биогаз как энергоноситель. Поэтому анаэробную ступень рекомендуется применять в качестве первой ступени очистки высококонцентрированных сточных вод масложировой промышленности с ХПК от 2500–3000 мг/л [5]. В мировой практике на масложировое производство приходится лишь 2 % анаэробных сооружений.

#### **Использование биомембраной технологии для очистки сточных вод масложировой промышленности**

Перспективным техническим решением для биологической очистки сточных вод масложировых заводов является технология мембранного биореактора (МБР), объединяющая преимущества биологического и мембранного процессов. В сточных водах после предварительной механической и физико-химической очистки преобладают вторичные загрязнения, которые впоследствии попадают в биореактор с активным илом [6]. Мембраны могут быть погружены внутрь аэротенка или вынесены в отдельное помещение. Разделение ила происходит за счет использования микро- и ультрафильтрационных мембран с размером пор 0,04–0,5 мкм, что меньше размера хлопьев активного ила. Невозможность выноса ила из системы позволяет повысить концентрацию ила в аэротенках в два-три раза, соответственно увеличить окислительную мощность биореактора, а также отказаться от вторичных отстойников и фильтров доочистки, так как пермеат

практически не содержит взвешенных веществ и, кроме того, размер пор мембраны меньше размера бактерий, что позволяет физическое обеззараживание. Для обеспечения постоянной эффективной работы мембран установки оборудованы системами аэрации, реагентным хозяйством для химической очистки.

В мембранном биореакторе применяют в основном погруженные в иловую смесь блоки полволоконных или плоскорамных микро- или ультрафильтрационных мембран, обеспечивающих отведение пермеата под вакуумом. Их промывка осуществляется путем периодической химической обратной промывки (лимонная кислота, гипохлорит, сода, щелочь и др.), которая производится непосредственно в реакторе, а для полволоконных мембран предусматривается частая обратная промывка потоком очищенной воды [7,8].

Применяемые в МБР мембраны изготавливаются в основном из полимеров (полиэтилена, полисульфона, полиэтиленсульфона, полиакриланитрила, поливинилиденфторида, поливинилхлорида и др.), а в ряде случаев из неорганических материалов (оксиды Al, Ti, Zr и др.). По своей геометрии применяемые в МБР мембраны делятся на трубчатые, плоскорамные и полволоконные. Наиболее распространены в практике очистки сточных вод плоскорамные и полволоконные мембраны.

Рост количества МБР и производительности промышленных установок начался с середины 1990-х гг. Использование биомембранных технологий стимулирует, несмотря на более высокую стоимость по сравнению с традиционными сооружениями, строгое природоохранное законодательство, повышение стоимости услуг водоотведения, необходимость очистки производственных сточных вод, международный стандарт по созданию экологического менеджмента ISO 14001, наличие устаревших очистных сооружений, обеспокоенность общественности экологическими проблемами и интерес инженерного сообщества.

Важным свидетельством востребованности технологии МБР является постоянно возрастающее количество вводимых в эксплуатацию установок по очистке сточных вод с использованием данной технологии. Уже к 2010 г. было отмечено успешное ее применение на более 7000 сооружений очистки и доочистки сточных вод по всему миру.

По обобщенной информации на 2014 г., 60 % сооружений очистки с МБР очищают хозяйственно-бытовые сточные воды и 40 % используются для обработки производственных стоков. Более 99 % всех МБР-установок оснащены мембранными модулями погружного

типа, так как они позволяют устойчиво работать в жестких условиях с концентрацией ила до 15 г/л и отличаются более низкими энергозатратами и простотой обслуживания [9].

Особенно следует отметить широкое применение технологии МБР для очистки производственных сточных вод, концентрации загрязняющих веществ которых значительно превышают аналогичные значения для хозяйственно-бытовых стоков и классические схемы очистки зачастую не способны обеспечить достижение нормативных требований к качеству очищенных сточных вод. Применение МБР для очистки производственных сточных вод также обосновано при наличии трудноокисляемых загрязнений, ограниченной территории для размещения очистных сооружений, повторного использования очищенных сточных вод.

Ключевой проблемой эффективной эксплуатации биологических очистных сооружений производственных сточных вод является повышенный иловый индекс. Загрязнение мембран является общей проблемой в любых мембранных процессах, однако из-за крайне гетерогенной природы иловой смеси в биореакторах, в частности присутствия микроорганизмов, предсказывать и управлять загрязнением мембран в МБР сложно. Микроорганизмы производят внеклеточные высокомолекулярные полимеры с высокой способностью к загрязнению мембран. На загрязнение также влияет структура и размер хлопка активного ила. Характеристики процесса загрязнения еще более усложняются при изменении физических, химических и физиологических параметров иловой смеси и качества очищаемой воды во времени. Работа с высокими дозами ила имеет ряд достоинств, так как при этом сокращается прирост ила и снижаются объемы сооружений, но слишком высокие дозы ила обуславливают увеличение вязкости иловой смеси, что снижает массопередачу.

Основные закономерности взаимосвязи темпов забивания мембран с параметрами работы биореактора и условиями фильтрования описаны в литературе и выпускаются в качестве рекомендаций для расчета производителями мембран. Тем не менее опубликованные данные требуют корректировки для каждого вида сточных вод в ходе эксплуатации [10].

**Выводы.** 1. Наибольшее распространение на территории Российской Федерации получила схема очистки сточных вод, включающая жироловки, усреднители, установки напорной реагентной флотации, биологические очистные сооружения с аэротенками или биофильтрами. Частыми проблемами, выявленными

на подобных станциях, являются нестабильная работа установки физико-химической очистки в связи с отсутствием автоматизированных систем корректировки рН и дозирования коагулянта, а также неэффективная работа сооружений биологической очистки, требующая их модернизации для полного окисления органических веществ, нитрификации, денитрификации.

2. Основной проблемой эксплуатации мембранного биореактора является повышенный иловый индекс, который в дальнейшем приводит к загрязнению мембран, что инициирует большой процент расхода воды на их промывку. При использовании данной технологии происходит потеря жировых компонентов как вторичного сырья для косметической промышленности. Биомембранные технологии имеют высокую стоимость по сравнению с традиционными сооружениями.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лихачев Н.И., Ларин И.И., Хаскин С.А. Канализация населенных мест и промышленных предприятий / под общ. ред. В. Н. Самохина. М.: Стройиздат, 1981. 639 с.

2. Катраева И.В. Современные анаэробные аппараты для очистки концентрированных сточных вод // Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов. 2011. № 2. С. 179–184.

3. Теплых С.Ю. Очистка масло- и жирсодержащих сточных вод: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.04. Самара, 2000. 154 с.

4. Praca Zbirowa. Вода и сточные воды пищевой промышленности / под ред. В.М. Каца. М.: Пищевая промышленность, 1972. 536 с.

5. Данилович Д.А., Максимова А.А. Современные решения по очистке сточных вод // Молочная промышленность. 2011. № 8. С. 73–77.

6. Киристаев А.В. Очистка сточных вод в мембранном биореакторе: автореф.дис. ... канд. техн. наук: 05.23.04. М., 2008. 24 с.

7. Stephenson T., Judd S., Jefferson B., Brindle K. Membrane Bioreactors for Wastewater Treatment / London. U.K: IWA Publishing, 2000.

8. Visvanathan R., Ben Aim K., Parameshwaran // Membrane separation bioreactors for wastewater treatment/ Crit. Rev. Environ. SciTechnol. 2000 V. 30 (1). P. 1–48.

9. Видякин М.Н., Гарипова С.А. Особенности внедрения мембранных биореакторов для обработки сточных вод // Экология производства. 2014. № 11. С. 61–68.

10. Степанов С.В., Стрелков А.К., Швецов В.М., Морозова К.М. Биологическая очистка сточных вод нефтеперерабатывающих заводов. М.: Издательство АСВ, 2017. 204 с.

### REFERENCES

1. Likhachev N. I., Larin I. I., Haskin S. A. *Kanalizatsiya naseleennykh mest i promyshlennykh predpriyatij* [Sewerage of populated areas and industrial enterprises]. 1990, Moscow, Stroyizdat. 639 p.

2. Katraeva I. V. Modern anaerobic cleaning apparatus concentrated wastewater *Vodosnabzhenie, kanalizatsiya, stroitel'nye sistemy ohrany vodnykh resursov* [Water supply, sewerage, construction systems of water resources protection]. 2011, no. 2, p. 179–184. (in Russian)

3. Teplykh S.Yu. *Ochistka maslo- i zhirsoderzhashchih stochnykh vod*. Kand, Diss. [Purification of oil and greasy wastewater. Cand. Diss.]. Samara, 2000. 154 p.

4. Praca Zbirowa. *Voda i stochnye vody pishchevoj promyshlennosti* [Water and wastewater from the food industry]. Moscow, Food Industry, 1972. 536 p.

5. Danilovich D. A., Maximova A.A. Modern solutions for wastewater treatment. *Molochnaya promyshlennost'* [Dairy industry], 2011, no. 8, pp. 73–77. (in Russian)

6. Kristaev A. V. *Ochistka stochnykh vod v membranom bioreaktore*. Kand, Diss. [Wastewater treatment in a membrane bioreactor. Cand. Diss.]. Moscow, 2008. 24 p.

7. Stephenson T., Judd S., Jefferson B., Brindle K. T. *Membrane Bioreactors for Wastewater Treatment*. London, U.K: IWA Publishing, 2000.

8. Visvanathan C., Aim R. Ben, Parameshwaran K. Membrane separation bioreactors for wastewater treatment. *Crit. Rev. Environ. SciTechnol*, 2000, vol. 30 (1), pp.1–48.

9. Vidyakin M. N., Garipova S. A. Features of the introduction of membrane bioreactors for wastewater treatment. *Ekologiya proizvodstva* [Ecology of production], 2014, no.11, pp. 61–68. (in Russian)

10. Stepanov S. V., Strelkov A. K., Shvetsov V. N., Morozova K. M. *Biologicheskaya ochistka stochnykh vod neftepererabatyvayushchih zavodov* [Biological wastewater treatment of oil refineries Scientific publication]. Moscow, DIA Publishing House, 2017. 204 p.

Об авторах:

**СТРЕЛКОВ Александр Кузьмич**

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой водоснабжения и водоотведения Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194 E-mail: a19400209@yandex.ru

**STRELKOV Alexander K.**

Doctor of Engineering Science, Professor of the Water Supply and Wastewater Chair Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194 E-mail: a19400209@yandex.ru

**ТЕПЛЫХ Светлана Юрьевна**

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры водоснабжения и водоотведения Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194 E-mail: kafvv@mail.ru

**TEPLYKH Svetlana Yu**

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Water Supply and Wastewater Chair Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194 E-mail: kafvv@mail.ru

**БЫСТРАНОВА Анастасия Олеговна**

аспирант кафедры водоснабжения и водоотведения Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194 E-mail: bystranova14@mail.ru

**BYSTRANOVA Anastasya O.**

Postgraduate Student of the Water Supply and Wastewater Chair Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194 E-mail: bystranova14@mail.ru

Для цитирования: Стрелков А.К., Теплых С.Ю., Быстранова А.О. Современные методы очистки масложиро-содержащих сточных вод // Градостроительство и архитектура. 2019. Т. 9, № 4. С. 61–65. DOI: 10.17673/Vestnik.2019.04.10.

For citation: Strelkov A.K., Teplykh S.Yu., Bystranova A.O. Modern Methods for Cleaning Fat-and-Oil Waste Waters. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2019. Vol. 9, no. 4. Pp. 61–65. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2019.04.10.

---

Уважаемые читатели!

Научно-технический журнал «Градостроительство и архитектура» приглашает Вас опубликовать статью.

Журнал включен в перечень рецензируемых научных изданий, индексируется в РИНЦ, CrossRef и ERIH PLUS

По вопросам, связанным с публикацией статей, обращаться **vestniksgasu@yandex.ru**

Полная информация о журнале на сайте **journal.samgasu.ru**