

А. К. СТРЕЛКОВ
А. О. БАЗАРОВА
С. Ю. ТЕПЛЫХ

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ С ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ ЖИРОВ, НЕФТЕПРОДУКТОВ И ФЕНОЛЬНЫХ ПРИМЕСЕЙ

**TREATMENT OF FOOD PRODUCTION WASTE WATER WITH A HIGH CONTENT
OF FATS, PETROLEUM PRODUCTS AND PHENOLIC IMPURITIES**

Технология пищевых производств в последние десятилетия подверглась значительным изменениям, были внесены кардинальные изменения в технологическую цепочку, что приводит к образованию сточных вод с более высокими концентрациями загрязнений по различным показателям. Большая часть предприятий пищевой промышленности расположена в селитебной зоне, что усложняет строительство очистных сооружений ввиду ограниченной территории. Предлагается биопрепарат для очистки сточных вод, который является сравнительно новым направлением в очистке сточных вод и широко не изучен. Выявлены значительные преимущества биопрепарата перед другими технологиями очистки. Сбор и анализ данных производился на маслоэкстракционном заводе в г. Безенчуке. Изучена схема производства и осуществлен отбор проб с различных участков производства. Представлена схема очистных сооружений, произведен отбор проб поступающих сточных вод и очищенных сточных вод. В лабораторных условиях был осуществлен подбор оптимальных доз биопрепарата на сточных водах цеха рафинации и поступающих сточных водах на очистные сооружения. Применение биопрепарата свидетельствует о перспективности его использования для интенсификации процессов очистки сточных вод, снижения уровня выделения неприятных запахов и повышения санитарной безопасности объектов канализационного хозяйства.

Ключевые слова: масложировые сточные воды, нефтепродукты, фенолы, биологический метод очистки

1. Методы очистки сточных вод пищевой промышленности

Технология производства предприятий пищевой промышленности значительно изменилась за последние десятилетия. Очистные сооружения были построены исходя из запатентованной ранее технологии производства. Большая часть предприятий пищевой промышленности расположена в селитебной зоне,

The technology of food production has undergone significant changes in recent decades. For this reason, considerable changes have also been made in the technological chain which resulted in the formation of wastewater with other concentrations of pollutants. As a lot of food industry enterprises are located in the residential area, it complicates the construction of treatment facilities, due to the limited territory. In this case, biological wastewater treatment can be recommended. This method of wastewater treatment is relatively new and has not yet been widely studied. This paper reveals significant advantages of bio-products over other purification technologies. The data was collected and analyzed at Bezenchuk oil extraction plant. The researchers studied its production scheme and collected samples from different parts of this production area. They further drew a diagram of treatment facilities and examined both incoming wastewater and treated wastewater. Then, in laboratory conditions, the dose ranging of bio-products was carried out while taking wastewater from the refining shop and wastewater coming to the treatment facilities. These experiments of bio-products application show the potential of their use for the intensification of wastewater treatment processes, for the reduction of the level of unpleasant odors and for improving sanitary safety of sewage facilities.

Keywords: oil and grease waste water, petroleum products, phenol, biological treatment

что усложняет строительство очистных сооружений ввиду ограниченной территории [1, 2]. 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.

Изменения в технологии производства и ограниченная территория позволяют рассмотреть к применению препараты, не используемые ранее для очистки предприятиях пищевой промышленности [3].

Для очистки сточных вод с высоким содержанием жиров наибольшее распространение на территории Российской Федерации получила схема, включающая жироловки, усреднители, установки напорной реагентной флотации, биологические очистные сооружения с аэротенками или биофильтрами [4].

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 40–45 %, а взвешенных веществ – на 40–50 % [5].

Частыми проблемами, выявленными на подобных станциях, является нестабильная работа установки физико-химической очистки в связи с отсутствием автоматизированных систем корректировки pH и дозирования коагулянта, а также неэффективная работа сооружений биологической очистки, требующая их модернизации для полного окисления органических веществ, нитрификации, денитрификации [6, 7].

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 дальнейшего использования в промышленности [8, 9]. Биомембранные технологии имеют высокую стоимость по сравнению с традиционными сооружениями. Применение мембранного биореактора возможно лишь при наличии аэротенков, которые в свою очередь уже обусловлены наличием санитарно-защитной зоны (СЗЗ) и зоны санитарной охраны (ЗСО), т. е. расположение очистных сооружений до жилых застроек на расстоянии 400–1000 м [10–12].

В последнее время начали выпускать биопрепараты, адаптированные для использования в области водопроводно-канализационного хозяйства. Применение биопрепаратов для очистки сточных вод является новым методом очистки и имеет преимущества перед другими технологиями.

Биопрепарат представляет собой специально подобранную смесь из нескольких штаммов микроорганизмов, позволяющих быстро разлагать жировые, масляные и ор-

ганические загрязнения в сточных водах [13]. Он отличается от реагентов тем, что содержит культуры бактерий, которые по определению должны быть непатогенными и нетоксичными, поэтому их применение безопасно, экологично и не приводит к загрязнению образующихся осадков [13]. При попадании в питательную среду бактерии быстро поглощают субстрат в виде органических веществ, не оставляя патогенным микроорганизмам возможности для развития.

2. Сбор и анализ общих данных с объекта исследования

Технологические процессы предприятий пищевой промышленности требуют использования только питьевой воды, что практически исключает повторное использование очищенных сточных вод в собственном пищевом производстве [14, 15].

Объектом исследования является маслоэкстракционный завод в г. Безенчуке, на котором производился сбор и анализ общих данных.

Производство продукции осуществляется на следующих участках:

- рафинации и дезодорации;
- рушально-веечном;
- прессовом;
- экстракционном;
- грануляции шрота;
- розлива и склада хранения готовой продукции.

Производственные стоки предприятий масложировой отрасли содержат высокие концентрации органических загрязнений и существенно отличаются по составу от хозяйственно-бытовых сточных вод [16–19]. Особое внимание при очистке сточных вод следует уделять выделению из сточных вод ценных пищевых компонентов, которые при попадании в канализацию и водоемы на стадии разложения выделяют высокотоксичные продукты.

Осуществлен отбор проб с различных участков и проведены исследования в лабораторных условиях, которые показали следующие концентрации по различным показателям (табл.1).

Из табл. 1 можно сделать следующий вывод: выявлены значительные превышения по жирам в цехе рафинации и небольшие превышения по фенолам в экстракционном участке, по нефтепродуктам превышения отсутствуют.

Очистные сооружения Безенчукского маслоэкстракционного завода включают в себя:

- резервуар-усреднитель с насосным оборудованием и мешалками;
- флотационную установку;

- реагентное хозяйство (применяется реагент Praestol);
- напорный фильтр с песчаной загрузкой;
- сорбционный напорный фильтр;
- ленточный фильтр-пресс;
- емкость накопления фотопламя;
- емкость отфлотированной воды;
- резервуар чистой воды (РЧВ)

Был осуществлен отбор проб на входе и выходе с очистных сооружений Безенчукского маслоэкстракционного завода, и по 6 показателям были оценены поступающие сточные воды и очищенные сточные воды (табл. 2).

На основании полученных данных можно сделать вывод, что до норм ПДК водоема рыбохозяйственного назначения очистка не осуществлена.

3. Эксперименты с применением биопрепарата

Далее в лабораторных условиях была проведена серия опытов по подбору оптимальных доз биопрепарата. Диктующими показателями для оценки результатов исследования являлись: жиры, нефтепродукты, фенолы.

Исследование биодеструкции на сточных водах предприятий маслоэкстракционной промышленности производилось в лабораторных условиях. Точка отбора: цех рафинации – исходная концентрация жира 2224,0 мг/дм³.

Ожидания от результатов исследования были следующие: чем больше концентрация жиров, тем интенсивнее идет процесс биодеструкции (табл. 3).

Таблица 1

Концентрация стоков с различных технологических участков маслоэкстракционного завода в г. Безенчуке

Показатель	Ед. изм.	Цех рафинации	ТЭЦ	Прессовой участок	Экстракционный участок
БПК-5	мгО ₂ /дм ³	446±40	<0,5	<0,5	381±34
ХПК	мг/дм ³	960±144	<4,0	<4,0	740±111
РН	ед. РН	6,0±0,2	8,6 ±0,2	7,5 ±0,2	7,1±0,2
Жиры	мг/дм ³	2224,0	27,0±3	7,0±1,3	8,4±1,5
Нефтепродукты	мг/дм ³	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Фенол	мг/дм ³	-	0,040±0,012	0,050±0,015	0,068±0,021

Таблица 2

Концентрация поступающих сточных вод на очистные сооружения маслоэкстракционного завода в г. Безенчуке

Показатель	Ед. изм	До очистки	После очистки
БПК-5	мг О ₂ /дм ³	196±6	50±6
ХПК	мг/дм ³	410±16	108±16
РН	ед. РН	7,3 ±0,2	6,9 ±0,2
Жиры	мг/дм ³	326±3	38±3
Фенол	мг/дм ³	<0,11	<0,0005
Нефтепродукты	мг/дм ³	2,87±0,72	<0,0005

Таблица 3

Результаты применения биопрепарата Microbelift с исходной концентрацией жиров 2224,0 мг/дм³

Дозировка биопрепарата, г/л	Жиры, мг/дм ³
5	1526
8	1198
10	890
12	344
14	281
16	199

Таблица 4

Результаты применения биопрепарата Microbelift
с исходной концентрацией жиров 326 мг/дм³

Дозировка биопрепарата, г/л	Жиры, мг/дм ³	Нефтепродукты, мг/дм ³	Фенол, мг/дм ³
0,3	309	0,5	<0,01
0,5	277	<0,1	<0,01
0,7	151	<0,01	<0,001
1	75	<0,005	<0,0005
3	61	<0,005	<0,0005
6	54	<0,005	<0,0005
10	35	<0,005	<0,0005
12	22	<0,005	<0,0005
15	14	0,5	<0,01
17	6,8	<0,1	<0,01

Следующая точка отбора: резервуар-усреднитель перед очистными сооружениями, исходная концентрация жира 326 мг/дм³. Важно отметить, что эксперимент проведен в статических условиях без накопления/наращивания биомассы, отсутствуют дополнительные сооружения очистки (табл. 4).

На основании полученных данных можно сделать следующие **выводы**:

1. Применение биопрепарата для очистки сточных вод с высоким содержанием жиров, нефтепродуктов и фенольных примесей показало высокий эффект очистки. Нормативы допустимого сброса в городскую канализацию были достигнуты в статических условиях без применения дополнительных способов очистки. Комплексное воздействие биопрепарата и экологичность обуславливают высокую перспективность его использования.

2. Данную схему очистки можно применять на предприятиях любого пищевого производства на территории Российской Федерации, расположенного в селитебной зоне и требующего разработки компактных очистных сооружений для соблюдения ЗСО и СЗЗ.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-35-90026.

Acknowledgments: The reported study was funded by RFBR, project number № 20-35-90026.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Файнберг Е.Е., Товбин И.М., Луговой А.В. Технологическое проектирование жироперерабатывающих предприятий. М.: ЛиПП, 1983. 416 с.

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

3. Надысеv В.С. Очистка сточных вод предприятий масложировой промышленности. М.: Пищевая промышленность, 1976. 132 с.

4. Товбин М., Файнберг Е.Е. Технологическое проектирование жироперерабатывающих предприятий. М.: Пищевая промышленность, 1965. 516 с.

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

6. 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.

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

8. Воронов Ю.В. Реконструкция и интенсификация работы канализационных очистных сооружений. М.: Стройиздат, 1990. 224 с.

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.Н., Морозова К.М. Биологическая очистка сточных вод нефтеперерабатывающих заводов. М.: Издательство АСВ, 2017. 204 с.

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

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

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

14. Блинов В. А. Пробиотики в пищевой промышленности и сельском хозяйстве. Саратов : ИЦ Наука, 2011. 171 с.

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

16. Быстранова А.О., Теплых С.Ю., Теплых Е.А. Очистка сточных вод масложировой промышленности // Градостроительство и архитектура. 2018. Т. 8, № 4. С. 24–28. DOI: 10.17673/Vestnik.2018.04.5.

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

18. Кичигин В.И., Землянова М.В., Вялкова Е.И. Исследование возможности использования СВЧ-излучения для обработки жидких коммунальных отходов // Градостроительство и архитектура. 2018. Т. 8, № 1. С. 44–49. DOI: 10.17673/Vestnik.2018.01.8.

19. Стрелков А.К., Теплых С.Ю., Горшкалева П.А., Саргсян А.М. Разработка установки для очистки сточных вод // Градостроительство и архитектура. 2017. Т. 7, № 1. С. 52–57. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.01.9.

20. Вялкова Е.И., Сидоренко О.В., Глуценко Е.С. Влияние пробиотических средств на качество очистки сточных вод предприятий молочной промышленности // Градостроительство и архитектура. 2020. Т. 10, № 1. С. 47–55. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.7.

REFERENCES

1. Feinberg E.E., Tovbin I.M., Lugovoy A.V. *Tehnologicheskoe proektirovanie zhiropererabatyvayushhih predpriyatij* [Technological design of fat-processing enterprises]. Moscow, Light and Food Industry Publishing House, 1983. 416 p.

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

3. Nadysev V.S. *Ochistka stochnyh vod predpriyatij maslozhirovoj promyshlennosti* [Wastewater treatment of oil and fat industry enterprises]. Moscow, Food industry, 1976. 132 p.

4. Tovbin I.M., Feinberg E.E. *Tehnologicheskoe proektirovanie zhiropererabatyvayushhih predpriyatij* [Technological design of fat-processing enterprises]. Moscow, Food industry, 1965. 516 p.

5. 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)

6. Likhachev N.I., Larin I.I., Haskin S.A. *Kanalizatsiya naseleennyh mest i promyshlennyh predpriyatij* [Drainage of populated areas and industrial enterprises]. Moscow, Stroiizdat, 1981. 639 p.

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

8. Voronov Yu.V. *Rekonstrukcija i intensivifikacija raboty kanalizacionnyh ochistnyh sooruzhenij* [Reconstruction and intensification of sewage treatment plants]. Moscow, Stroiizdat, 1990. 224 p.

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. *Biologicheskaja ochistka stochnyh vod neftepererabatyvayushhih zavodov* [Biological wastewater treatment of oil refineries Scientific publication]. Moscow, DIA Publishing House, 2017. 204 p.

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

12. Visvanathan C., Aim R. Ben, Parameshwaran K. Membrane separation bioreactors for wastewater treatment. *Crit. Rev. Environnement SciTechnol*, 2000, no. 30 (1), pp. 1-48.

13. Kiristaev A.V. *Ochistka stochnyh vod v membrannom bioreaktore. Kand. Diss.* [Wastewater treatment in a membrane bioreactor, Cand. Diss.]. Moscow, 2008. 24 p.

14. Blinov V. A. *Probiotiki v pishhevoj promyshlennosti i sel'skom hozjajstve*. [Probiotics in food industry and agriculture.]. Saratov, Nauka, 2011. 171 p.

15. Stepanov S.V., Strelkov A.K., Shvetsov V.N., Morozova K.M. *Biologicheskaja ochistka stochnyh vod neftepererabatyvayushhih zavodov* [Biological wastewater treatment of oil refineries Scientific publication] Moscow: DIA Publishing House, 2017. 204 p.

16. Bystranova A.O., Teplykh S.Yu., Teplykh E.A. Cleaning of oil-containing wastewater. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Constructi on and Architecture], 2018, vol. 8, no. 4, pp. 24–28. DOI: 10.17673/Vestnik.2018.04.5. (in Russian)

17. Teplykh S Yu *Ochistka maslo- i zhirsoederzhashhih stochnyh vod.*, Kand. Diss. [Treatment of oil- and fat-containing wastewater, Cand., Diss.]. Samara, 2000. 154 p.

18. Kichigin V.I., Zemlyanova M.V., Vyalkova E.I. Study of the possibility of using microwave radiation for the treatment of liquid municipal waste. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Constructi on and Architecture], 2018, vol. 8, no. 1, pp. 44–49. DOI: 10.17673/Vestnik.2018.01.8. (in Russian)

19. Strelkov A.K., Teplykh S.Yu., Gorshkalev P.A., Sargsyan A.M. Design of wastewater treatment unit. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Constructi on and Architecture], 2017, vol. 7, no. 1, pp. 52–57. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.01.9. (in Russian)

20. Vialkova E.I., Sidorenko O.V., Glushenko E.S. Influence of probiotic products on the quality of wastewater treatment in dairy industries. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, vol. 10, no. 1, pp. 47–55. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.7. (in Russian)

Об авторах:

СТРЕЛКОВ Александр Кузьмич

доктор технических наук, профессор, заведующий
кафедрой водоснабжения и водоотведения
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: a19400209@yandex.ru

БАЗАРОВА Анастасия Олеговна

аспирант кафедры водоснабжения и водоотведения
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: bystranova14@mail.ru

ТЕПЛЫХ Светлана Юрьевна

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры
водоснабжения и водоотведения
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: kafvv@mail.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
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: a19400209@yandex.ru

BAZAROVA Anastasya O.

Postgraduate Student of the Water Supply and
Wastewater Chair
Samara State Technical University
Academy of Architecture and Civil Engineering
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: bystranova14@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
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: kafvv@mail.ru

Для цитирования: Стрелков А.К., Базарова А.О., Теплых С.Ю. Очистка сточных вод пищевых производств с высоким содержанием жиров, нефтепродуктов и фенольных примесей // Градостроительство и архитектура. 2021. Т.11, № 3. С. 50–55. DOI: 10.17673/Vestnik.2021.03.08.

For citation: Strelkov A.K., Bazarova A.O., Teplykh S.Yu. Treatment of Food Production Waste Water with a High Content of Fats, Petroleum Products and Phenolic Impurities. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2021, vol. 11, no. 3, pp. 50–55. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2021.03.08.