



**Е. И. ВЯЛКОВА
О. В. СИДОРЕНКО
Е. С. ГЛУЩЕНКО**

ВЛИЯНИЕ ПРОБИОТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ НА КАЧЕСТВО ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ МОЛОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

**INFLUENCE OF PROBIOTIC PRODUCTS ON THE QUALITY
OF WASTE WATER TREATMENT IN DAIRY INDUSTRIES**

В настоящее время существует проблема эффективной очистки образующихся сточных вод предприятий по переработке молока. Производственные стоки таких предприятий содержат высокие концентрации органических загрязнений и существенно отличаются по составу от хозяйственно-бытовых сточных вод. В данной статье рассматривается метод интенсификации процессов очистки сточных вод молокозавода, расположенного в Тюменской области, с использованием пробиотического средства «PIP Plus WATER» (Бельгия). Представлены результаты проведенных исследований по влиянию пробиотика на показатель среды pH, концентрацию ХПК, АПАВ, ионов аммония, нитратов и фосфатов. Проведено сравнение различных способов обработки воды с пробиотиком. На основании полученных результатов предложена технологическая схема локальной очистной станции молокоперерабатывающего предприятия.

Ключевые слова: молокозавод, показатели качества сточных вод, пробиотическое средство (пробиотик), локальные очистные сооружения

Современный российский рынок молочной продукции растет и развивается. Ежегодный прирост производства российских фермерских хозяйств составляет до 5 %. Например, в Тюменской области около тысячи предприятий и индивидуальных предпринимателей занимаются производством и переработкой молока. Ежедневно крупные молокозаводы перерабатывают от 100 до 800 т молока. При этом производственные мощности загружены в среднем на 50 % [1].

Nowadays there is the problem of the effective treatment of dairy industry plants' wastewaters. Industrial wastewaters of these plants have high concentrations of organic matters and differ significantly from domestic wastewaters. The method of intensification of dairy wastewaters treatment in Tyumen region, using probiotic «PIP Plus WATER» (Belgium) is considered in this article. The article presents the results of conducted research on the impact of the probiotic on such wastewaters indices as pH, chemical oxygen demand, anionic surfactants, ammonium, nitrites, nitrates and phosphates concentrations. The comparison among different ways of wastewater treatment with probiotics has been made. Based on obtained results technological scheme of local treatment plant of dairy industry plant has been suggested.

Keywords: dairy industry plant, indices of wastewaters quality, probiotic agent (probiotic), local treatment plant

Наряду с этим неуклонно растет количество отходов, образующихся на предприятиях молочной индустрии. Количество производственных сточных вод от промывки оборудования и других процессов примерно в 2–5 раз превышает объем готовой продукции. Основным вторичным продуктом (сыворожка), который производитель зачастую вынужден сбрасывать в общую систему водоотведения, составляет от 5 до 18 % от общего количества перерабатываемого молока. Система водоотведения неболь-

ших предприятий по переработке молока и производству молочных продуктов, как правило, является объединенной для хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод. В результате на молокозаводах ежедневно образуется смешанный высококонцентрированный сток, не соответствующий установленным нормам сброса [2–5].

Отсутствие канализационных локальных очистных сооружений на региональных предприятиях молочной промышленности является основной причиной залпового сброса в сеть бытовой канализации или, что хуже, в водный объект производственных стоков. В обоих случаях производственные стоки не соответствуют установленным нормам по ряду показателей. Например, значение pH может изменяться в течение суток от 2 до 12 (в зависимости от цикла мойки технологического оборудования или сброса сыровотки) и значительно отличаться от общероссийских нормативов для сброса в централизованную канализацию населенных пунктов. Количество взвешенных веществ в воде растет от 600 до 10000 мг/дм³ в зависимости от сброса в сеть остатков продукции. Биохимическое потребление кислорода (БПК), химическое потребление кислорода (ХПК), анионные поверхностно-активные вещества (АПАВ), соединения азота и фосфора по концентрации отличаются в десятки раз от норм сброса на городские КОС [2, 4]. Некоторые предприятия вывозят производственные стоки в пруды-накопители, что создает крайне неблагоприятную экологическую обстановку из-за выделения неприятного запаха и инфильтрации агрессивных сточных вод в грунт. В связи с этим необходимо найти современное решение проблем очистки и утилизации таких сточных вод с использованием новых технологий.

Классические технологические схемы очистки стоков молокозаводов включают в себя первичную механическую очистку, сооружения биологической и физико-химической очистки [3–5]. Однако данные технологии имеют ряд недостатков, например, аэробный активный ил не обеспечивает необходимый эффект очистки при повышенной концентрации ХПК, возникают проблемы эксплуатации станций и, как следствие, увеличивается потребление электроэнергии. Дополнительно образуется большое количество труднообрабатываемого специфического осадка.

Современный подход к проблеме очистки сточных вод молокозаводов предполагает несколько вариантов ее решения: анаэробное разложение органики в специальных USAB-реакторах с получением метана [6–10]; обработка в реакторах SBR периодического аэробного

действия [11]; использование мембранных методов (наночистки, ультрачистки и обратного осмоса) [5, 12–15]; применение методов электрохимического окисления и электрокоагуляции [16–18]. Однако данные технологии пока не нашли широкого применения на территории Российской Федерации.

Большой интерес представляет биологический метод разложения АПАВ чистыми культурами микроорганизмов [19]. Определено, что ряд бактерий, например, *Ps. aeruginosa*, *Serratia marcescens*, *Escherichia coli*, *Aerobacter aerogenes*, *Salmonella enteritidis*, *Paracolobactrum aerogenoides* и другие, в качестве единственного источника углерода используют ПАВ, разлагая их и снижая таким образом их содержание в сточной воде.

Одной из возможных перспективных технологий по обработке сточных вод молокозаводов и осадков сточных вод является использование пробиотических средств с большим содержанием пробиотических микроорганизмов и ферментов, которые способны быстро разрушать органические соединения сточных вод. Пробиотики являются непатогенными, нетоксичными микроорганизмами, способными поглощать органические вещества и тем самым не оставлять питательной среды для развития патогенных микроорганизмов и гнилостных бактерий [20, 21]. Наиболее широкое применение пробиотических средства находят на сегодняшний день в медицине для дезинфекции помещений [22, 23], в косметологии, пищевой промышленности, а также они используются в качестве моющих средств.

В составе большинства пробиотиков присутствуют факультативно-анаэробные бактерии (род *Bifidobacterium* и *Lactobacillus*) и спорообразующие аэробные бактерии (*Bacillus subtilis*, *Bacillus subtilis* var. *amyloliquefaciens*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus pumilus*, *Bacillus megaterium* и др.). При этом анаэробные бактерии воздействуют на загрязнения сточных вод на стадии механической очистки, снижая гнилостные процессы и образование неприятных запахов. Кроме того, они продуцируют пероксид водорода, который, разлагаясь, в аэротенках увеличивает концентрацию растворенного кислорода в сточной воде [21]. В связи с этим возможно снижение подачи воздуха в аэротенки и, как следствие, экономия электроэнергии.

Кроме того, проводились исследования по влиянию дозы пробиотических средств на изменение концентрации ХПК в модельном растворе сточных вод, снижение содержания органики и взвешенных веществ в сточных водах городских очистных сооружений города Тюмени, а также влиянию пробиотика на седиментаци-

онные свойства активного ила [2]. Согласно полученным данным, снижение ХПК при введении пробиотиков на стадии первичного отстаивания происходило на 12,2 %, а эффект осаждения взвешенных веществ составлял порядка 84,2 %. Также значительно улучшались седиментационные свойства осадка вторичных отстойников.

Целью данного исследования является определение влияния пробиотических средств на степень очистки сточных вод молокозавода и предложение технологической схемы обработки подобных производственных сточных вод.

Исследования проводились в лаборатории кафедры водоснабжения и водоотведения Тюменского индустриального университета.

Исследуемая сточная вода представляла собой смесь производственных сточных вод от моек технологического оборудования, автоцистерн, тары и хозяйственно-бытовых сточных вод от душевых комнат и санузлов местного молокозавода. В настоящее время сточная вода с предприятия накапливается в резервуаре-накопителе вместимостью 500 м³ и в течение дня вывозится ассенизаторскими машинами в место утилизации.

Для проведения эксперимента использовался пробиотик бельгийской компании Chrisal «Pip Plus WATER», представляющий собой жидкость, содержащую 6,36 млн/мл бактерий рода *Bacillus* (*Bacillus subtilis*, *Bacillus subtilis* var. *amyloliquefaciens*, *Bacillus licheniformis*,

Bacillus pumilus, *Bacillus megaterium*) в споровом состоянии и ферментов.

В лаборатории определялся качественный состав проб исходной сточной воды, взятой из накопителя, а затем осуществлялась ее обработка в лабораторных условиях согласно табл. 1.

Качество сточной воды до и после обработки оценивалось по нескольким показателям, которые определялись в лабораторных условиях по стандартным методикам:

1) Показатель среды pH; измерение проводилось pH-метром «pH 150МИ»;

2) ХПК – химическое потребление кислорода; для определения концентрации использовался анализатор жидкости «Флюорат-02»;

3) АПАВ – анионные поверхностно-активные вещества; для определения концентрации использовался анализатор жидкости «Флюорат-02»;

4) Концентрация иона аммония NH₄⁺, фосфат-ионов PO₄³⁻ и нитрат-ионов NO₃⁻; для измерений использовалась система капиллярного электрофореза «Капель 105 М».

Все опыты проводились в трех параллелях с целью последующего расчета погрешностей измерений, которые не превышали 10 % по всем показателям.

Результаты измерения показателей качества проб сточных вод приведены в табл. 2.

На основании данных табл. 2 были построены графики зависимости изменения показателя

Таблица 1

Способы обработки проб воды перед исследованием

| Номер пробы | Способы обработки пробы |
|-------------|--|
| 1 | Постоянная аэрация в течение 3-х сут без пробиотика |
| 2 | Добавление пробиотика (0,01 мг/дм ³) и контакт в течение 3-х сут |
| 3 | Добавление пробиотика (0,01 мг/дм ³) и постоянная аэрация пробы в течение 3-х сут |
| 4 | Добавление пробиотика (0,01 мг/дм ³), разовое добавление питательного субстрата (раствора сахара) в пробу сточной воды и контакт в течение 3-х сут |

Таблица 2

Результаты измерения показателей качества различных проб сточных вод для первых и третьих суток

| Показатель | Исходная сточная вода | Аэрация | | Пробиотик | | Пробиотик + сахар | | Пробиотик + аэрация | |
|--|-----------------------|---------|-------|-----------|--------|-------------------|--------|---------------------|-------|
| | | 1 сут | 3 сут | 1 сут | 3 сут | 1 сут | 3 сут | 1 сут | 3 сут |
| pH | 5,50 | 7,82 | 7,76 | 5,63 | 7,00 | 5,16 | 5,99 | 5,56 | 8,45 |
| ХПК, мгО/дм ³ | 5260 | 3848 | 3660 | 4730 | 3330 | 4710 | 3400 | 3630 | 770 |
| АПАВ, мг/дм ³ | 9,24 | – | – | 8,55 | 5,76 | 8,54 | 7,26 | 8,82 | 3,48 |
| NH ₄ ⁺ , мг/дм ³ | 10,09 | – | – | 9,94 | 5,20 | 2,92 | 0,50 | 6,36 | 5,70 |
| NO ₃ ⁻ , мг/дм ³ | 6,79 | – | – | 5,88 | 0,73 | 8,63 | 3,70 | 8,50 | 2,64 |
| PO ₄ ³⁻ , мг/дм ³ | 92,49 | – | – | 89,62 | 121,30 | 86,98 | 100,90 | 83,92 | 35,16 |

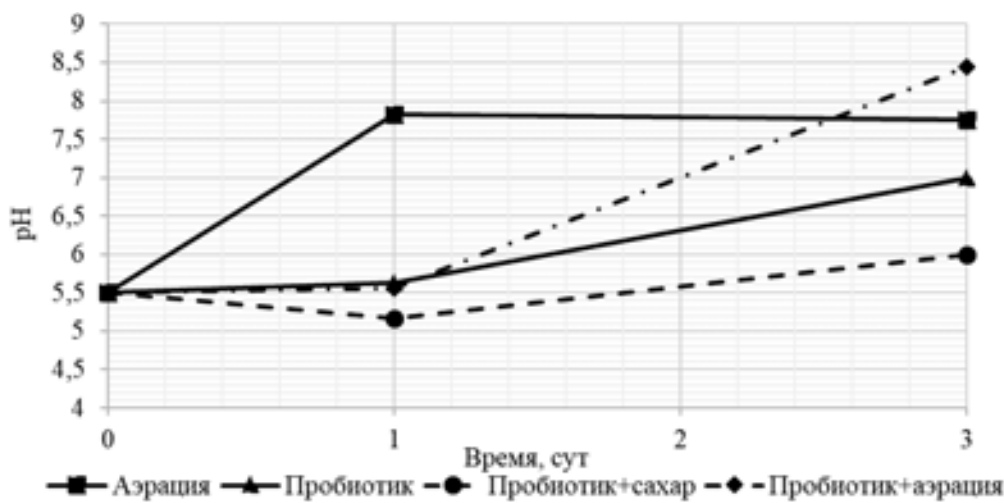


Рис. 1. Зависимость рН для различных проб от времени

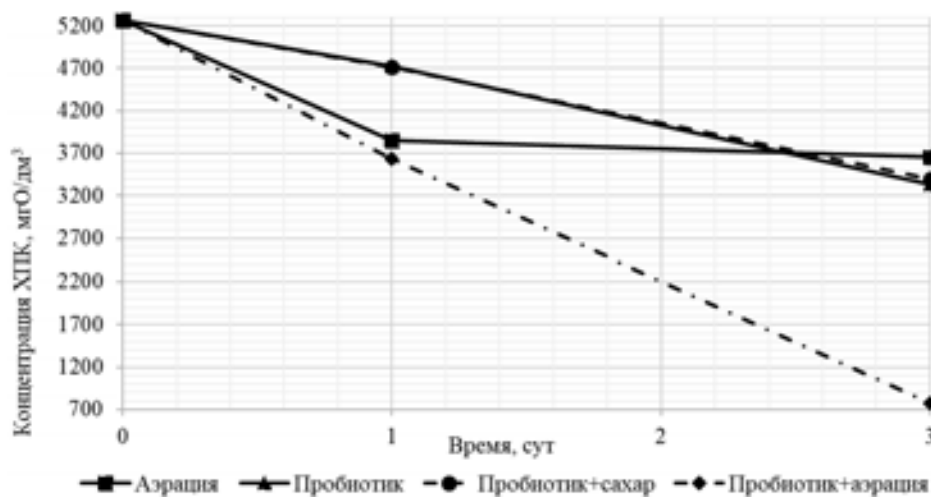


Рис. 2. Зависимость ХПК для различных проб от времени

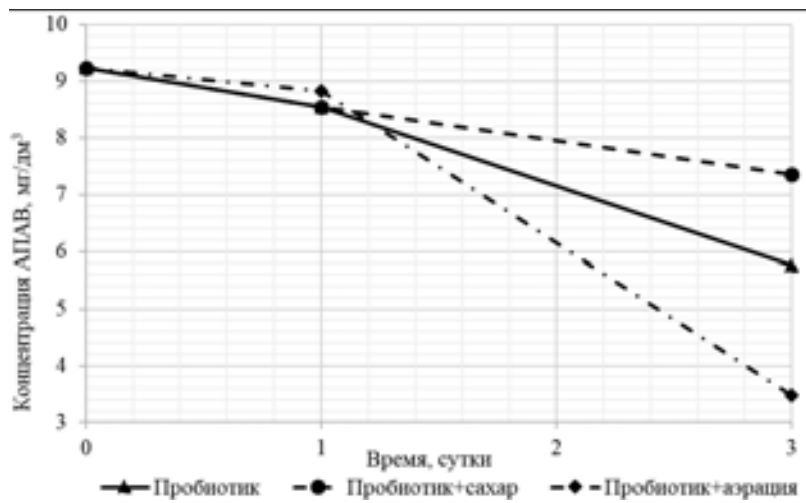


Рис. 3. Зависимость концентрации АПАВ для различных проб от времени

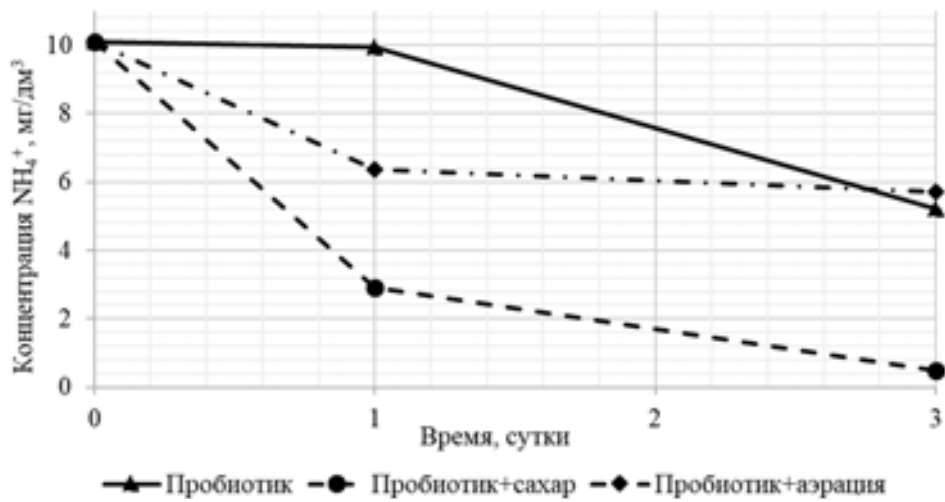


Рис. 4. Зависимость концентрации ионов аммония для различных проб от времени

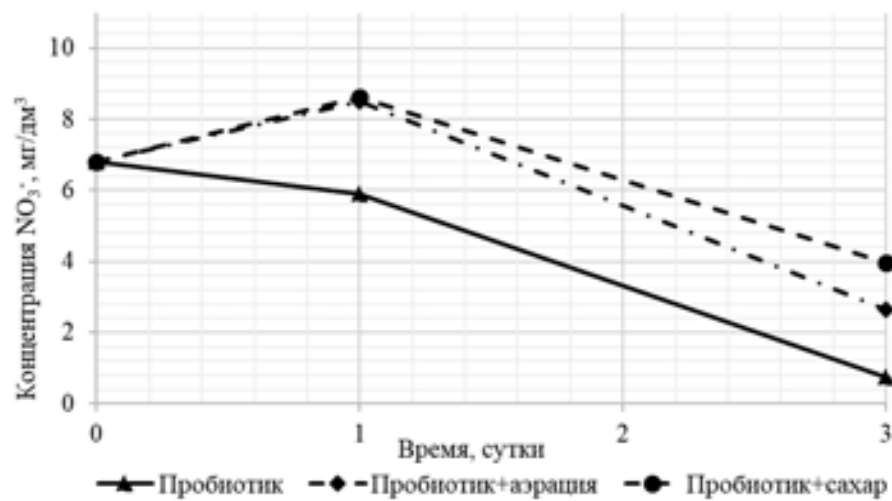


Рис. 5. Зависимость концентрации нитратов для различных проб от времени

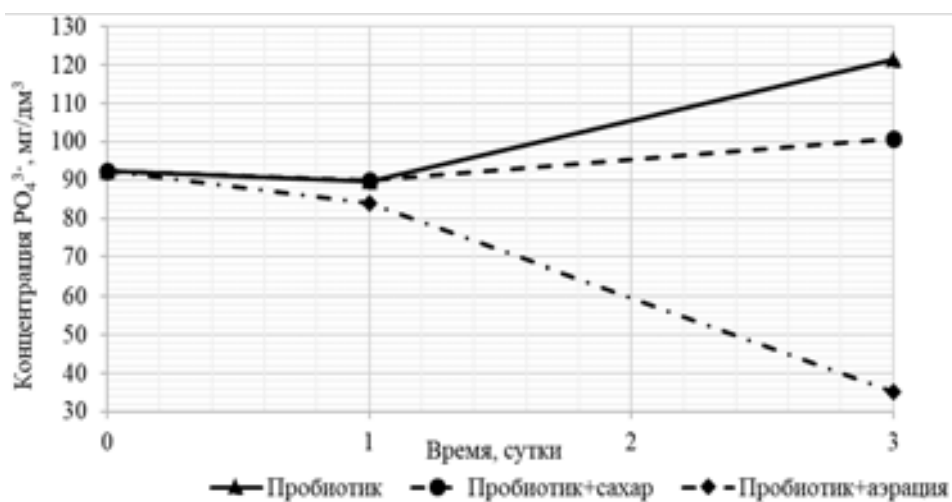


Рис. 6. Зависимость концентрации фосфатов для различных проб от времени

телей сточных вод от продолжительности проведения исследования (рис. 1–6).

Согласно полученным графикам, значение показателя среды pH (рис. 1) на третьи сутки во всех пробах, кроме пробы «пробиотик+сахар», достигло нормативного значения (6–9). В пробе с обычной аэрацией показатель pH достиг требуемого значения уже на первые сутки эксперимента.

Снижение ХПК (рис. 2) наблюдалось во всех пробах, при этом на первые сутки удалось добиться снижения ХПК на 10–30 %. Наибольшее снижение ХПК наблюдалось в пробе «пробиотик+аэрация» – на 85,36 %.

Эффект удаления из сточной воды АПАВ (рис. 3) достиг максимума для пробы «пробиотик+аэрация» и составил 62,34 %.

Наибольший эффект удаления ионов аммония (рис. 4) составил 95,04 % для пробы «пробиотик+сахар», в остальных пробах также наблюдалось снижение концентраций аммония.

Согласно рис. 5 на первые сутки в пробах «пробиотик+аэрация» и «пробиотик+сахар» концентрация нитратов возросла примерно в 1,25 раза вследствие перехода органических форм в минеральные, в то время как на третьи сутки концентрация во всех пробах снизилась по сравнению с исходной водой. Наилучшее удаление нитратов наблюдалось в пробе с пробиотиком (89,2 %).

Концентрация фосфатов, согласно рис. 6, в двух пробах из трех («пробиотик» и «пробио-

тик + сахар») увеличилась на третьи сутки примерно на 31 %. Возможно, данный рост фосфатов обусловлен ошибкой измерения. В пробе «пробиотик + аэрация» содержание фосфатов на протяжении всего исследования уменьшалось. Максимальный эффект удаления составил 62 %.

Кроме того, проводились исследования изменения показателей качества воды в пробе с добавлением пробиотика и раствора сахара и постоянно осуществляемой аэрацией, однако при таком сочетании не удалось достичь максимального удаления большинства примесей, находящихся в воде (снижение ХПК происходило на 34,05 %, АПАВ – на 81,2 %). Было зафиксировано снижение фосфатов в сточной воде с добавлением пробиотика и раствора сахара на 82,58 %, что выше чем в пробе «пробиотик + аэрация».

Также рассматривался вариант предварительного двухчасового отстаивания перед введением пробиотических средств в сточную воду. Выяснилось, что таким образом можно добиться очистки воды от взвешенных веществ на 76,7 %, жиров, АПАВ на 66 % и примерно на 30–40 % снизить значения ХПК и аммонийного азота, что значительно сокращает нагрузку на сооружения биологической очистки.

Исходя из проведенных экспериментов и сделанных на их основе выводов, предлагается следующая технологическая схема очистки смеси производственных сточных вод молокозавода (рис. 7).

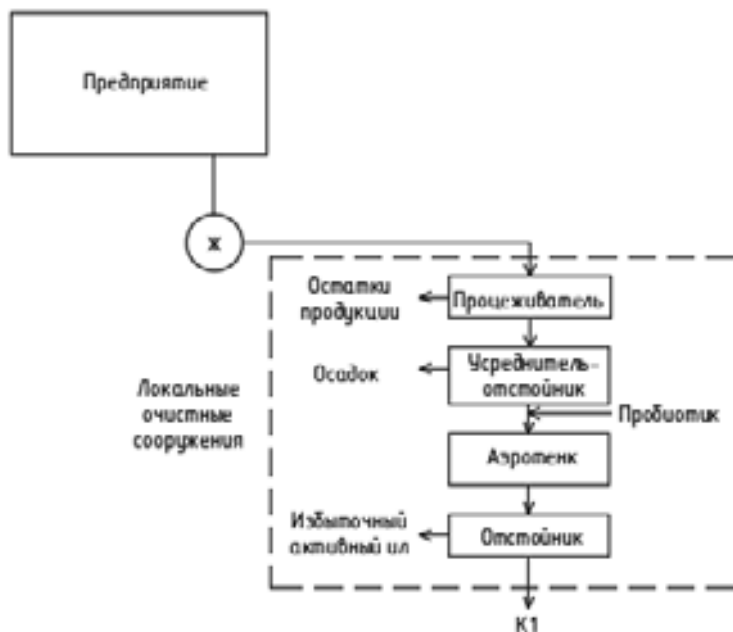


Рис. 7. Предлагаемая технологическая схема очистки сточных вод предприятия молочной промышленности:

Ж – колодезь-жироуловитель;

К1 – хозяйственно-бытовая сеть канализации

Согласно данной схеме сточные воды от предприятия поступают в колодец-жироуловитель, где происходит удаление большей части жиров и нефтепродуктов. После этого стоки направляются на локальные очистные сооружения (ЛОС). На ЛОС стоки сначала проходят процеживатели (механическая очистка) для удаления остатков продукции, затем поступают в усреднитель-отстойник. Здесь происходит не только усреднение стоков в связи с их неравномерным поступлением на очистку, но и взаимная нейтрализация стоков (так как стоки, в зависимости от типа промывки, могут иметь значения показателя pH от 5 до 11,5) и первичное отстаивание от взвешенных веществ. После осветления вода поступает на сооружения биологической очистки, перед которыми вводится пробиотик с концентрацией 0,01 мг/дм³. Опираясь на полученные результаты эксперимента, можно предположить, что в аэробных условиях пробиотическое средство позволяет увеличить эффективность биоочистки в аэротенке с продленной аэрацией. Далее для разделения иловой смеси предусмотрены вторичные отстойники. После локальной очистки сточная вода может быть сброшена в существующую систему хозяйственно-бытовой канализации города (К1). В случае необходимости сброса очищенных стоков в водоем или частичного возврата в производственный процесс возможен вариант устройства мембранного биореактора (МБР) и обеззараживающей ультрафиолетовой установки.

Выводы. 1. Из всех изученных способов обработки наиболее эффективным вариантом оказалось использование пробиотиков при постоянно осуществляемой аэрации сточных вод. При этом достигалось максимальное удаление органических веществ (через трое суток концентрация ХПК снижалась на 85,36 %, АПАВ – на 62,34 %). Наблюдалось и значительное снижение ионов аммония, нитратов и фосфатов на 43,5; 61,12 и 61,98 % соответственно.

2. При выборе технологической схемы локальной очистной станции для комплексной очистки сточных вод необходимо включить в технологическую схему аэротенк с продленной аэрацией.

3. На основании проведенных экспериментов предложена технологическая схема очистки сточных вод молокозавода: Жироловка – Процеживатели – Усреднитель-отстойник – Введение пробиотика – Аэротенк – Отстойник (или МБР при необходимости) – УФО (при необходимости).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Развитие молочной перерабатывающей промышленности [Электронный ресурс] // Тюменская область. Официальный портал органов государственной власти. – Режим доступа: [%40cmsArticle](https://admtyumen.ru/ogv_ru/finance/apk/dev_characteristics/more.htm?id=10293310) (дата обращения: 19.04.2019).
2. Sidorenko O, Zemlyanova M, Vialkova E. Investigation of the probiotic agent influence on the sewage quality and active sludge properties // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. V. 451. Pp. 1-6.
3. Мазуряк О. Н. Очистка сточных вод молокозаводов // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. 2016. Т.1. С. 432–440.
4. Дятлова Т. В., Певнев С. Г., Федоровская Т. Г. Очистка сточных вод молокозаводов // Водоснабжение и санитарная техника. 2008. № 2. С.12-15.
5. Данилович Д. А., Максимова А. А. Современные решения по локальной очистке сточных вод предприятий молочной промышленности // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2014. № 3. С. 55–63.
6. Mohan S. V., Babu V. L., Sarma P. N. Anaerobic biohydrogen production from dairy wastewater treatment in sequencing batch reactor (AnSBR): Effect of organic loading rate // Enzyme and Microbial Technology. 2007. V.41. Is. 4. Pp. 506-515.
7. Birwal, P., Deshmukh, G., Priyanka, Saurabh SP. Advanced Technologies for Dairy Effluent Treatment // Journal of Food, Nutrition and Population Health. 2017. V.1. № 1:7.
8. Lauer M., Hansen J. K., Lamers P., Thrän D. Making money from waste: The economic viability of producing biogas and biomethane in the Idaho dairy industry // Applied Energy. 2018. V.222. Pp. 621-636.
9. Escalante H., Castro L., Amaya M.P., Jaimes L., Jaimes-Estévez J. Anaerobic digestion of cheese whey: Energetic and nutritional potential for dairy sector in developing countries // Waste Management. 2018. V.71. Pp. 711-718.
10. Domingues R. F., Sanches T., Silva G.S., Bueno B.E., Ribeiro R., Kamimura E., R. Franzolin Neto, Tommaso G. Effect of enzymatic pretreatment on the anaerobic digestion of milk fat for biogas production // Food Research International. 2015. V.73. Pp. 26-30.
11. Mahvi A. Sequential batch reactor: A promising technology in waste water treatment // Iranian J En Health Sci Eng. 2008. V.5. Pp. 79-90.
12. Luo, J., Ding L. Influence of pH on treatment of dairy wastewater by nanofiltration using shear-enhanced filtration system // Desalination. 2011. V.278. Pp. 150-156.
13. Kyrychuk, I., Zmievskii, Y. and Myronchuk, V. Treatment of Dairy Effluent Model Solutions by Nanofiltration and Reverse Osmosis // Ukrainian Food Journal. 2014. V.3. Pp. 280-287.

14. Luo, J., Ding, L., Qi, B., Jaffrin, M.Y., Wan, Y. A. Two-stage Ultrafiltration and Nanofiltration Process for Recycling Dairy Wastewater // *Bioresource Technology*. 2011. V.102. Pp. 7437-7442.
15. Chen Z., Luo J., Wand Y., Cao W., Qi B., Wan Y. A novel membrane-based integrated process for fractionation and reclamation of dairy wastewaters // *Chemical Engineering Journal*. 2017. V.333. Pp. 1061-1070.
16. Markou V., Kontogianni M., Frontitis Z., Tekerlekopoulou A. G., Katsaounis A., Vayenas D. Electrochemical treatment of biologically pre-treated dairy wastewater using dimensionally stable anodes // *Journal of Environmental Management*. 2017. V.202. Pp. 217-224.
17. Aitbara A., Cherifi M., Hazourli S., Leclerc J. Continuous treatment of industrial dairy effluent by electrocoagulation using aluminum electrodes // *Desalination and Water Treatment*. 2014. V.57. Pp. 3395-3404.
18. Zielinski M., Debowski M., Krzemieniewski M., Brudniak A. Effectiveness of Dairy Wastewater Treatment in Anaerobic Reactors with Magnetoactive Filling // *Environmental Progress and Sustainable Energy*. 2015. V.34. Pp. 427-431.
19. Микробиологическая деструкция поверхностно-активных веществ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.biofine.ru/bfin-201.html> (дата обращения: 19.04.2019).
20. Маркин В.В. Интенсификация работы канализационных очистных сооружений курортных населенных пунктов с помощью пробиотических средств: автореф. дис. ...канд. техн. наук. Макеевка, 2017. 25 с.
21. Микробиологические результаты обработки помешений пробиотиками в условиях стационара: научно-исследовательский отчет / Компания «Кризал». 2007. 27 с.
22. Caselli E., D'Accolti M., Vandini A., Lanzoni L., Camerada M. T., Coccagna M., Branchini A., Antonioli P., Balboni P. G., Luca D., Mazzacane S. Impact of a Probiotic-Based Cleaning Intervention on the Microbiota Ecosystem of the Hospital Surfaces: Focus on the Resistome Remodulation // *Journal PLOS One*. 2016.
23. Фаучи В., Коста Г. Б., Анастаси Ф., Фаччола А., Грилло О. К., Скверри Р. Инновационный подход к госпитальной санитарии [Электронный ресурс]. 2013. Режим доступа: <http://probiotica.ru/news/8408/> (дата обращения: 19.04.2019).
24. Series: Materials Science and Engineering, 2018, V. 451, pp. 1-6.
25. Mazuryak O.N. Dairy wastewater treatment. *Sovremennye tekhnologii v stroitel'stve. Teoriya i praktika* [Modern technologies in construction. Theory and Practice], 2016, V.1, pp. 432-440. (in Russian)
26. Dyatlova T.V., Pevnev S.G., Fedorovskaya T.G. Treatment of dairy wastewaters. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika* [Water Supply and Sanitary], 2008, no 2, pp. 12-15 (in Russian)
27. Danilovich D.A., Maksimova A.A. Modern solutions of dairy wastewaters local treatment. *Nailuchshie dostupnye tekhnologii vodosnabzheniya i vodootvedeniya* [Best available technologies in Water Supply and Sewage], 2014, no 3, pp. 55-63 (in Russian)
28. Mohan S.V., Babu V.L., Sarma P.N. Anaerobic biohydrogen production from dairy wastewater treatment in sequencing batch reactor (AnSBR): Effect of organic loading rate. *Enzyme and Microbial Technology*, 2007, V.41, I. 4, pp. 506-515.
29. Birwal P., Deshmukh G., Priyanka Saurabh SP. Advanced Technologies for Dairy Effluent Treatment. *Journal of Food, Nutrition and Population Health*, 2017, V.1, no 1:7.
30. Lauer M., Hansen J.K., Lamers P., Thrän D. Making money from waste: The economic viability of producing biogas and biomethane in the Idaho dairy industry. *Applied Energy*, 2018, V.222, pp. 621-636.
31. Escalante H., Castro L., Amaya M.P., Jaimes L., Jaimes-Estévez J. Anaerobic digestion of cheese whey: Energetic and nutritional potential for dairy sector in developing countries. *Waste Management*, 2018, V.71, pp. 711-718.
32. Domingues R.F., Sanches T., Silva G.S., Bueno B.E., Ribeiro R., Kamimura E., R. Franzolin Neto, Tommaso G. Effect of enzymatic pretreatment on the anaerobic digestion of milk fat for biogas production. *Food Research International*, 2015, V.73, pp. 26-30.
33. Mahvi A. Sequential batch reactor: A promising technology in waste water treatment. *Iranian J En Health Sci Eng*, 2008, V.5, pp. 79-90.
34. Luo J., Ding L. Influence of pH on treatment of dairy wastewater by nanofiltration using shear-enhanced filtration system. *Desalination*, 2011, V.278, pp. 150-156.
35. Kyrychuk I., Zmievskii Y., Myronchuk V. Treatment of Dairy Effluent Model Solutions by Nanofiltration and Reverse Osmosis. *Ukrainian Food Journal*,

REFERENCES

1. *Razvitie molochnoj pererabatyvayushchej promyshlennosti* [Development of dairy industry]. Available at: https://admtymen.ru/ogv_ru/finance/apk/dev_characteristics/more.htm?id=10293310 %40cmsArticle (accessed 19.04.2019).
2. Sidorenko O, Zemlyanova M, Vialkova E. Investigation of the probiotic agent influence on the sewage quality and active sludge properties. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2019, V.102, pp. 012011.
3. Sidorenko O, Zemlyanova M, Vialkova E. Recycling Dairy Wastewater. Bioresource Technology, 2011, V.102, pp. 7437-7442.
15. Chen Z., Luo J., Wand Y., Cao W., Qi B., Wan Y. A novel membrane-based integrated process for fractionation and reclamation of dairy wastewaters. Chemical Engineering Journal, 2017, V.333, pp. 1061-1070.
16. Markou V., Kontogianni M., Frontistis Z., Teklerkopoulou A.G., Katsaounis A., Vayenas D. Elec-

trochemical treatment of biologically pre-treated dairy wastewater using dimensionally stable anodes. *Journal of Environmental Management*, 2017, V.202, pp. 217-224.

17. Aitbara A., Cherifi M., Hazourli S., Leclerc J. Continuous treatment of industrial dairy effluent by electrocoagulation using aluminum electrodes. *Desalination and Water Treatment*, 2014, V.57, pp. 3395-3404.

18. Zielinski M., Debowski M., Krzemieniewski M., Brudniak A. Effectiveness of Dairy Wastewater Treatment in Anaerobic Reactors with Magnetoactive Filling. *Environmental Progress and Sustainable Energy*, 2015, V.34, pp. 427-431.

19. Mikrobiologicheskaya destruktziya poverkhnostno-aktivnykh veshchestv [Microbial destruction of surfactants]. Available at: <http://www.biofine.ru/bfin-201.html> (accessed 19.04.2019).

20. Markin V.V. Intensifikatsiya raboty kanalizatsionnykh ochistnykh sooruzheniy s pomoshch'yu probioticheskikh sredstv. *Kand. tekhn. Nauk, Diss.* [Intensification of wastewater treatment facilities in resort towns using probiotics. Candidate of Engineering Sciences Diss.]. Makeevka, 2017, 25 p.

21. Mikrobiologicheskie rezul'taty obrabotki pomescheniy probiotikami v usloviyakh statsionara: nauchno-issledovatel'skiy otchet (Microbial results of rooms treatment with probiotics in hospitals: research report). Company "Chrisal", 2007, 27 p.

22. Caselli E., D'Accolti M., Vandini A., Lanzoni L., Camerada M.T., Coccagna M., Branchini A., Antonioli P., Balboni P.G., Luca D., Mazzacane S. Impact of a Probiotic-Based Cleaning Intervention on the Microbiota Ecosystem of the Hospital Surfaces: Focus on the Resistome Remodulation. *Journal PLOS One*, 2016.

23. Fauchi V., Kosta G.B., Anastazi F., Fachchola A., Grillo O.K., Skveri R. Innovatsionnyy podkhod k hospital'noy sanitarii [Innovative approach to hospital sanitation]. Available at: <http://probiotica.ru/news/8408/> (accessed 19.04.2019).

Об авторах:

ВЯЛКОВА Елена Игоревна

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры водоснабжения и водоотведения

Тюменский индустриальный университет
625000, Россия, г. Тюмень, ул. Володарского, 38
E-mail: vyalkova-e@yandex.ru

VIALKOVA Elena I.

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Water Supply and Sewerage Chair

Industrial University of Tyumen
625000, Russia, Tyumen, Volodarskogo str., 38,
tel.: (982)789-53-64
E-mail: vyalkova-e@yandex.ru

СИДОРЕНКО Ольга Владимировна

кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой водоснабжения и водоотведения

Тюменский индустриальный университет
625000, Россия, г. Тюмень, ул. Володарского, 38
E-mail: sidorenkoov@tyuiu.ru

SIDORENKO Olga V.

PhD in Engineering Science, the Head of the Water Supply and Sewerage Chair

Industrial University of Tyumen
625000, Russia, Tyumen, Volodarskogo str., 38,
tel.: (961)211-51-18
E-mail: sidorenkoov@tyuiu.ru

ГЛУЩЕНКО Екатерина Сергеевна

магистрант

Тюменский индустриальный университет
625000, Россия, г. Тюмень, ул. Володарского, 38
E-mail: ekaterina.glushchenko.1997@mail.ru

GLUSHENKO Ekaterina S.

Master's Degree Student

Industrial University of Tyumen
625000, Russia, Tyumen, Volodarskogo str., 38,
tel.: (919)927-10-61
E-mail: ekaterina.glushchenko.1997@mail.ru

Для цитирования: Вялкова Е.И., Сидоренко О.В., Глущенко 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.

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