лучения модифицирующего покрытия на поверхности фильтрующего материала.

Список литературы

1 Multifunctional ZnFeO-based composite from iron sludge for photocatalytic degradation of azo, thiazine, anthraquinone dyes, formaldehyde and oil sorption from aqueous media / V. Romanovski, D. Kulichik, R. Periakaruppan, V. Palanimuthu // Journal of Water Process Engineering. – 2025. – Т. 77. – С. 108–355.

2 **Propolsky, D.** Iron and Manganese Removal from Groundwater: Comprehensive Review of Filter Media Performance and Pathways to Polyfunctional Applications / D. Propolsky, V. Romanovski // Environmental Science: Water Research & Technology. – 2025. – С. 17.

3 **Prapolski, D.** Resent advances in underground water deironing and demanganization: comprehensive review. Journal of Water Process Engineering. 70. 107089. / D. Prapolski, V. Romanovski. – DOI: https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2025.107089.

4 **Пропольский, Д. Э.** Фильтрующие материалы для обезжелезивания и деманганации подземных вод: критерии подбора, разновидности и условия применения / Д. Э. Пропольский // Водоснабжение и санитарная техника. – 2025. – № 4. – С. 10–19.

5 **Пропольский, Д. Э.** Обзор достижений водоподготовки в области деферризации и деманганации подземных вод / Д. Э. Пропольский // Водоснабжение и санитарная техника. – 2025. – № 1. – С. 18–26.

УДК 628.5

ВЛИЯНИЕ СБРОСА СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ МОЛОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА КАЧЕСТВО ВОДНЫХ РЕСУРСОВ И ПУТИ МИНИМИЗАЦИИ ЗАГРЯЗНЕНИЙ

Л. А. ШИБЕКА, А. Ю. ЧИГИРЬ

Белорусский государственный технологический университет, г. Минск, shibeka@belstu.by

Актуальность. Молочная отрасль в Республике Беларусь занимает значимое место в структуре агропромышленного комплекса. Особенностью данной отрасли промышленности является ее интенсивное развитие. По данным Национального статистического комитета Республики Беларусь [1], в 2025 г. хозяйствами всех категорий (сельскохозяйственными организациями, крестьянскими (фермерскими) хозяйствами, хозяйствами населения) произведено 8,751 млн т молока (для сравнения: в 2020 г. – 7,753 млн т молока). Развитие молочной промышленности сопровождается увеличением объемов производственных стоков, содержащих высокие концентрации загрязняющих веществ различной природы, что создает значительную нагрузку на очистные сооружения населенных пунктов и водные экосистемы. Комплексный подход к оценке экологического риска при сбросе стоков

молокозаводов и оптимизация процессов локальной очистки сточных вод на предприятиях молочной промышленности являются необходимым условием достижения целей устойчивого развития.

Цель работы. Оценка влияния сброса сточных вод предприятий молочной промышленности на качество водных ресурсов и обосновать пути минимизации загрязняющих веществ на основе оптимизации коагуляционной обработки стоков и совершенствования технологических режимов процесса очистки.

Основные результаты. Специфика молочных стоков обусловлена большим разнообразием сточных вод по качественному и количественному составу в зависимости от вида выпускаемой продукции, а также неравномерным их образованием в течение суток. В рассматриваемых сточных водах содержится высокое количество растворенных и взвешенных загрязняющих веществ органического (жиров, белков, лактозы и др.) и минерального (хлоридов, азотсодержащих соединений и т. д.) происхождения [2], что вызывает нарушение экологического равновесия в водных экосистемах при сбросе указанных вод в природные объекты.

Сброс недостаточно очищенных сточных вод молочных заводов вызывает эвтрофикацию водоемов. Особенно выражены процессы эвтрофикации в озерах и иных непроточных водоемах при поступлении в них биогенных элементов (азота и фосфора), содержащих в органических соединениях молочных стоков. Последствиями явления эвтрофикации является цветение воды в результате интенсивного развития фитопланктона, а также снижение количества растворенного в воде кислорода.

Сброс сточных вод молочных предприятий, содержащих кислые или щелочные компоненты моющих средств, нарушают pH среды в водоеме, что негативно сказывается на представителях растительного и животного мира, вызывая разрушение трофических связей и уменьшение биоразнообразия в экосистеме.

Образование токсичных соединений (аммиака, сероводорода и др.) в результате микробиологической трансформации поступающих со сточными водами загрязняющих веществ создает угрозу здоровью населения при использовании воды из водного объекта в качестве источника водоснабжения.

Комплексное воздействие всех перечисленных факторов приводит к нарушению самоочищающей способности водных экосистем, что снижает экологическую, экономическую и социальную ценность водного объекта.

Для минимизации поступления в природные водоемы загрязняющих веществ со сточными водами молочных предприятий необходимо руководствоваться принципами концепции устойчивого развития. В первую очередь необходимо предусмотреть мероприятия, направленные на предупреждение загрязнения путем внедрения наилучших доступных технических методов.

Далее рассмотреть направления оптимизации процессов водопользования путем использования побочных продуктов производства молочной продукции (сыворотки, пахты и др.) для выпуска новых товарных продуктов, многократного применения моющих растворов и т. д. Одним из вариантов решения рассматриваемой проблемы является совершенствование процессов очистки сточных вод с возможностью создания водооборотных циклов.

Комплексная реализация указанных направлений позволит снизить антропогенную нагрузку на водные ресурсы и обеспечить экологическую безопасность молочной отрасли.

Анализ практической реализации перечисленных направлений свидетельствует о том, что большое внимание уделяется вопросам создания на промышленных предприятиях по изготовлению молочной продукции эффективных сооружений локальной очистки сточных вод. Зачастую такие сооружения предусматривают многоступенчатую обработку воды с применением процессов отстаивания, фильтрования, коагуляции, флотации, электрохимической обработки, биологической очистки сточных вод [3].

В работе проведены исследования по применению коагуляционной обработки для очистки сточных вод молочного предприятия. В опытах использовали водный раствор хлорида железа (III), выступающего в роли коагулянта. Концентрация реагента в исследуемых пробах изменялась в диапазоне 50–450 мг/дм^3. После дозирования реагента пробы перемешивали и выдерживали в течение часа для осуществления гравитационного разделения. Степень очистки сточных вод определяли фотометрическим методом путем измерения оптической плотности исходного и обработанного растворов. Результаты исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1 – **Эффективность очистки сточных вод**

Показатель	Номер пробы								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Доза коагулянта, мг/дм^3	50	100	150	200	250	300	350	400	450
Степень очистки, %	76,1	65,3	65,6	78,2	80,4	70,0	81,7	79,8	82,0

Результаты исследований свидетельствуют о том, что максимальная эффективность очистки сточных вод (82,0 %) наблюдается при введении дозы коагулянта в количестве 450 мг/дм^3 воды.

Выводы. Установлено, что поступление недостаточно очищенных сточных вод молочных заводов в водные объекты вызывает значительные негативные последствия в природных водоемах. Показано, что для минимизации поступления загрязняющих веществ со сточными водами молочных предприятий в водные экосистемы необходимо применять комплекс мероприятий, затрагивающих организационные, технологические и природоохранные аспекты производственной деятельности предприятий молочной

промышленности. Результаты исследований свидетельствуют о том, что коагуляционная обработка сточных вод позволяет снизить содержание загрязняющих веществ в стоках молочных предприятий.

Список литературы

1 Сельское хозяйство Республики Беларусь : стат. буклет // Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – URL: https://www.belstat.gov.by/upload/iblock/dcb/x5yi51ug3mxns384kiqbvxynwhhlr1db.pdf (дата обращения: 25.02.2026).

2 **Захарко, П. Н.** Устойчивое водопользование на основе регулирования водопотребления, водоотведения, качества сточных вод на предприятиях по производству молочных продуктов / П. Н Захарко, С. А. Дубенок // Журнал Белорусского государственного университета. Экология. – 2022. – № 2. – С. 88–101.

3 **Семенов, В. В.** Очистка сточных вод молочной промышленности / В. В. Семенов, А. Н. Луговкин // Молочная промышленность. – 2020. – № 8. – С. 26–29.