

Введение. С ростом населения и урбанизации объёмы загрязнённых вод увеличиваются, что в свою очередь увеличивает нагрузку на существующие очистные сооружения, а также системы водоотведения. На сегодняшний день для решения задач очистки сточных вод используют механические, физико-химические, биологические методы и метод дезинфекции[1]. Однако, традиционные методы зачастую не учитывают новые виды загрязнений, как например, микропластик и т.д.[2]. Кроме того, в условиях санкционных ограничений возросло внимания к развитию отечественных разработок, направленных на обеспечение и соблюдение экологических стандартов. В связи с этим актуальным становится вопрос внедрения инновационных технологий, а также устойчивых решений для разработки комплексного подхода модернизации очистных сооружений, направленного не только на обеспечение водоснабжения населения, но и на повышение экологической эффективности функционирования данных объектов.

Целью данной работы является анализ и оценка перспектив внедрения современных технологий в систему очистки сточных вод.

Основная часть. На основе проведенного анализа существующих методов очистки сточных вод, были выявлены наиболее перспективные подходы:

1. *Мембранные фильтры.* Мембранные фильтры на основе металлоорганических каркасов (MOF) обладают значительно большей пористостью по сравнению с традиционными мембранами, а также их химический состав изменяем что позволяет адаптировать их под конкретные молекулы (тяжёлые металлы, органические загрязнители) могут быть эффективной заменой фильтрам с активированным углём, традиционным полимерным мембранам, а также могут быть интегрированы в системы биологической очистки повышая эффективность удаления органических веществ[3].

2. *Системы на основе нанотехнологий.* Созданы на основе наноструктурированных полимеров адсорбенты, обладают функционализированными группами способными связываться с конкретными загрязнителями что повышает эффективность очистки. Основным преимуществом указанных адсорбентов является доступность сырья для их изготовления, они могут синтезироваться из отходов или возобновляемых ресурсов, что делает их более устойчивыми. Например, хитозановые адсорбенты (для удаления тяжёлых металлов), лигнинные адсорбенты (фенолы и другие органические соединения) и адсорбенты на основе сельскохозяйственных отходов из остатков шелухи риса и других растительных материалов (для удаления тяжёлых металлов и других органических загрязнителей)[4].

3. *Внедрение ИИ-технологий.* Одним из самых важных элементов в системе очистки сточных вод, является система управления и наблюдения за процессами очистки. Внедрение ИИ-технологий, может помочь в атомизации мониторинга и управления процессами очистки в реальном времени. Первым элементом является предиктивная аналитика, она позволит с помощью машинного обучения прогнозировать изменения качества воды на основе данных исторических данных и текущих показателей качества. И вторым элементом тесно связанным с первым, является автоматизация процессов, на основе получаемых данных роботизированная система автоматически дозирует реагенты и регулирует скорость потоков.

Внедрение MOF-фильтров и нанoadсорбентов позволит эффективно удалять из сточных вод широкий спектр загрязнителей, включая трудноудаляемые тяжёлые металлы и органические соединения, значительно снижая риски загрязнения водоёмов. ИИ-технологии, в свою очередь, обеспечивают более точный мониторинг и управление процессами очистки, минимизируя вероятность аварийных сбросов и гарантируя стабильно высокое качество очищенной воды, что также существенно снижает риски загрязнений.

Выводы. Проведённый анализ современных методов очистки сточных вод показал, что внедрение мембранных фильтров на основе MOF и адсорбентов из наноструктурированных полимеров повысит эффективность удаления загрязняющих веществ, что приведет к улучшению качества очищенной воды и снижению негативного воздействия на экосистемы. Использование ИИ-технологий для автоматизации мониторинга и управления процессами очистки обеспечит более рациональное потребление ресурсов и оперативное реагирование на изменения в качестве сточных вод, что способствует устойчивому развитию очистных сооружений.

Список использованных источников:

1. Воронов Ю. В., Яковлев С. В. Водоотведение и очистка сточных вод / Ю. В. Воронов, С. В. Яковлев. — Москва: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. — 704 с.
2. Синицына Оксана Олеговна, Еремин Геннадий Борисович, Турбинский Виктор Владиславович, Пушкарева Мария Васильевна, Ширяева Маргарита Александровна, Маркова Ольга Леонидовна, Борисова Дарья Сергеевна ЗАГРЯЗНЕНИЕ МИКРОПЛАСТИКОМ ВОДЫ – УГРОЗА ЗДОРОВЬЮ ЧЕЛОВЕКА И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ) // Анализ риска здоровью. 2023. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/zagryaznenie-mikroplastikom-vody-ugroza-zdorovyu-cheloveka-i-okruzhayuschey-srede-obzor-literatury> (дата обращения: 21.02.2025).
3. Славская И. Л., Макаров С. Ю., Ильина Е. В. Современное мембранное фильтрование воды // Пиво и напитки. 2009. №6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennoe-membrannoe-filtrovanie-vody> (дата обращения: 23.02.2025).
4. YounasF., MustafaA., Farooqietal. Current and Emerging Adsorbent Technologies for Wastewater Treatment: Trends, Limitations, and Environmental Implications // Water MDPI. 2021. № 13(2). С. 1 – 25.DOI:10.3390/w13020215
5. Долженко, Л. А. Наилучшие доступные технологии в очистке городских сточных вод. Технологические расчеты: учебное пособие / Л. А. Долженко, Е. В. Яковлева. — Ростов-на-Дону: Донской ГТУ, 2021. — 202 с.