

3. Государственная программа «Охрана окружающей среды и устойчивое использование природных ресурсов» на 2021–2025 годы [Электронный ресурс]. – <https://minpriroda.gov.by/uploads/files/Gosudarstvennaja-programma-2021-2025.pdf>. – Дата доступа: 29.11.2024.

4. Государственная программа «Комфортное жилье и благоприятная среда» на 2021–2025 годы: пост. Совета Министров Республики Беларусь 28 января 2021 г. № 50 [Электронный ресурс]. – <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22100050> – Дата доступа: 29.11.2024.

УДК 502.131

### **Анализ методов, технологий, сооружений и оборудования очистки производственных сточных вод**

Зорин Е.В., Шакаль Т.М.

Научный руководитель Куралёнок А.А.

Белорусский национальный технический университет, Минск  
Республика Беларусь

*В работе приведен анализ методов, технологий, сооружений и оборудования очистки производственных сточных вод. Проведенный анализ указывает, что в настоящее время используется проверенный комплекс мероприятий и технологий очистки. При этом активно ведутся исследования по всем направлениям, затрагивающим процесс обращения с производственными сточными водами, которые в конечном итоге приводят к появлению новых современных методов, технологий, сооружений и оборудования очистки.*

В окружающих нас реках и озёрах, морях и океанах происходит природный процесс очистки воды, поэтому пока промышленные и хозяйственно-бытовые стоки в водоёмы были незначительных объемов, загрязняющие вещества самостоятельно выводились из природной системы.

В настоящее время, с момента промышленной революции, объём загрязнённых сточных вод значительно увеличился, поэтому возникла необходимость в разработке методов по их очистке, особенно на предприятиях.

Перед сбросом в канализацию или водный объект промышленные стоки необходимо очистить до требуемых допустимых параметров. Для

успешного достижения этой цели предприятие строит очистные сооружения [1].

Промышленные очистные сооружения (ОС) – комплекс оборудования для очистки промышленных стоков предприятий до требуемых нормативов. Они позволяют подготовить воду к сбросу в водный объект или возврату в цикл производства.

Очистка происходит в соответствии с подобранными предприятием под свои нужды схемы очистки и очистного оборудования, на основании следующих факторов [1]:

а) состав стоков – влияет на выбор оптимальной технологии обработки и оборудования;

б) объём стоков – позволяет определить нужные размеры и производительность ОС;

в) наличие существующей инфраструктуры – канализационные коллекторы, насосные станции и проч.;

г) требования законодательства к качеству очищенных стоков.

Очистка сточных вод представляет собой сложный технологический процесс, направленный на разрушение и удаление вредных, посторонних примесей из неё. Методы очистки сточных вод подразделяются на [1][2]:

а) механический;

б) химический;

в) физико-химический;

г) биологический.

Процесс механической очистки предполагает воздействие сил гравитации и центробежных сил на загрязняющие примеси. В результате, происходит очистка жидкости от крупных загрязняющих частиц, крупного мусора, грубодисперсных частиц, грязи, песка, жира, нефтепродуктов и других загрязнений, которые оседают на дне ёмкости или всплывают на её поверхность.

Для улавливания и отделения примесей применяются: отстойники, пескоуловители (песколовки), жируловители, решётки, сита, септики, различные улавливающие конструкции.

Для поверхностных плёночных загрязнений применяются нефтеуловители (скимерры-нефтеловушки), а также бензомаслоуловители и дополнительные отстойники.

Применение механического метода очистки позволяет выделять из стоков промышленного происхождения до 95% взвешенных веществ.

Химический метод – основывается на введении определённых химических реагентов в загрязнённую воду. Реагенты, попав в промышленные сточные воды, которые требуют очистки, вступают в реакцию с загрязнениями, в результате которой они выпадают в виде

нерастворимого осадка, либо всплывают на поверхность воды, впоследствии примеси удаляются из основной массы сточных вод.

В качестве реагентов используются: коагулянты, флокулянты, сорбенты.

Применение химического метода позволяет удалить до 95% различных нерастворимых и 25% растворимых примесей.

Физико-химический метод позволяет отделить из потока растворённые примеси неорганического происхождения, тонко дисперсные примеси, органические вещества и примеси, плохо поддающиеся окислению.

Для целей метода применяются следующие способы: коагуляция, сорбция, экстракция, окисление и другие.

В качестве реагентов применяются химические вещества и различное оборудование, например, флотаторы, центрифуги, лампы УФ-обеззараживания.

Также широко применяется способ электролиза, в процессе которого происходит разрушение соединений органических веществ, извлечение кислот, металлов, других неорганических соединений. Для электролитической очистки используют специальное сооружение – электролизер.

В группу физико-химических методов входят и очищение вод при помощи озона, ультразвука, высокого давления и ионообменных смол. Большая доля в обеззараживании приходится на хлорирование.

В основе биологического метода лежит использование микроорганизмов (бактерии, активный ил), которые перерабатывают загрязнения в безвредные вещества. В окружающей среде они производят закономерное физиологическое и биологическое самоочищение рек и озёр.

Для биологической очистки применяют следующие виды сооружений: аэротенки, пруды биологические (биопруды), биофильтры, биореакторы, поля орошения или фильтрации и т.д.

Важным моментом в применении методов очистки промышленных сточных вод является их очерёдность: первоначально необходима механическая очистка, после следует химический или физико-химический способы, завершается процесс биологической очисткой. В зависимости от степени и вида загрязнений химический или физико-химический методы можно не проводить.

Современные методы очистки сточных вод постоянно развиваются, стремясь к большей эффективности, экономичности и экологичности.

К новым и перспективным методам относятся [3]:

а) биологические методы:

1) мембранные биореакторы (MBR) – это наиболее распространенный тип современных сооружений. Они представляют собой комбинацию традиционных аэротенков (для биологической очистки) и мембранных

фильтров (микрофильтрация, ультрафильтрация). Мембраны обеспечивают высокую степень очистки, удаляя даже самые мелкие взвешенные вещества и патогенные микроорганизмы. Конструкция часто включает модульные блоки, позволяющие масштабировать систему в зависимости от потребностей. Однако, MBR требуют больших капиталовложений и энергии;

2) биореакторы с иммобилизованными микроорганизмами: микроорганизмы закреплены на носителе (например, био пленка на гранулах или в матрице), что повышает их концентрацию и эффективность очистки, а также упрощает процесс удаления активного ила. Это позволяет управлять осадком и сокращает занимаемую площадь. Конструкции могут быть как в виде компактных установок, так и больших биореакторов;

3) аэробная и анаэробная обработка в одной системе: сочетание аэробных (с использованием кислорода) и анаэробных (без использования кислорода) процессов позволяет оптимизировать очистку и получить дополнительные преимущества, например, биогаз.

В настоящее время ведутся активные исследования, направленные на поиск новых видов микроорганизмов и применение их для эффективной очистки от специфических загрязнителей, например, лекарственных препараты или микропластик. Также в качестве перспективного направления рассматривается генетическая модификация микроорганизмов.

б) физико-химические методы:

1) окислация с помощью перекиси водорода – эффективна для удаления органических загрязнителей и улучшения биоразлагаемости сточных вод;

2) фотокаталитическая очистка – это использование фотокатализаторов (например, диоксида титана) под воздействием ультрафиолетового света для разложения органических веществ. Метод является экологически чистым и эффективным для удаления стойких загрязнителей;

3) установки коагуляции и флокуляции – применяются для удаления взвешенных веществ, а также некоторых растворимых примесей, из сточной воды. Конструкция включает в себя резервуары для смешивания реагентов (коагулянтов и флокулянтов) и отстойники для отделения осадка. Современные установки оснащены автоматизированными системами контроля и дозирования реагентов;

4) мембранные технологии (кроме MBR): различные виды мембран (микрофильтрация, ультрафильтрация, нанофильтрация, обратный осмос) используются для отделения загрязняющих веществ от воды. Выбор мембраны зависит от типа и концентрации загрязнителей.

в) комбинированные методы: наиболее эффективные системы очистки часто используют комбинацию различных методов, позволяя оптимизировать процесс и достичь наилучших результатов. Например, сочетание биологической обработки с мембранной фильтрацией или окислительной обработкой.

Новыми и быстроразвивающимися направлениями развития методов очистки сточных вод являются:

а) применение нанотехнологий: разработка новых материалов и процессов на основе нанотехнологий для повышения эффективности очистки;

б) разработка интеллектуальных систем управления: использование датчиков и искусственного интеллекта для оптимизации работы очистных сооружений в режиме реального времени;

в) восстановление ресурсов из сточных вод: извлечение ценных веществ (например, фосфора, азота, энергии) из сточных вод для повторного использования.

Развиваются не только методы очистки сточных вод, но и сооружения, применяемые для этих целей. К перспективным сооружениям относятся [3]:

а) метантенки: для анаэробной стабилизации осадка, в результате которой образуется биогаз (метан). Современные метантенки часто оборудованы системами контроля температуры и давления, что повышает эффективность процесса;

б) обезвоживающие установки: для снижения влажности осадка перед его переработкой или захоронением. Применяются различные методы обезвоживания, включая механическое обезвоживание (центрифугирование, прессование) и термическое обезвоживание;

в) установка термической обработки: для обеззараживания и уменьшения объема осадка. Включают различные типы печей и сушилок.

Вместе с тем претерпевают изменения и технологии, используемые в организации очистки сточных вод. К таким изменениям относятся [3]:

а) автоматизация и дистанционное управление: современные очистные сооружения оснащены системами автоматического контроля и управления, что позволяет оптимизировать работу оборудования и снизить затраты на персонал. Дистанционный мониторинг позволяет оперативно реагировать на любые неполадки;

б) энергоэффективность: используются энергосберегающие технологии, такие как рекуперация энергии из биогаза и оптимизация работы насосного оборудования;

в) модульность и гибкость: модульная конструкция позволяет легко расширять или модернизировать очистные сооружения в зависимости от потребностей;

г) интеграция с другими системами: современные очистные сооружения часто интегрированы с системами водоснабжения и водоотведения, что повышает эффективность всего водохозяйственного цикла;

Конкретный выбор оптимального метода, технологий, сооружений и оборудования зависит от многих факторов, включая объем и состав сточных вод, требуемый уровень очистки, доступные ресурсы, экологические требования и экономические ограничения. На практике часто приходят к тому, что эффективным решением является использование комплексного подхода, представляющего собой сочетание различных технологий.

### **Литература**

1) Биомикрогель [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://biomicrogel.com/ru/blog/wastewater-treatment-facilities/> - Дата доступа: 30.11.2024;

2) БелАкваПром [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://bapi.by/metody-ochistki-stochnyx-vod/> - Дата доступа: 30.11.2024;

3) Genesis Water Technologies, Inc. [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://ru.genesiswatertech.com/blog-post/innovations-in-industrial-wastewater-treatment/> - Дата доступа: 30.11.2024.

УДК 628.16

## **Сравнительная оценка работы станций обезжелезивания предприятий Белорусской железной дороги**

Каравацкая К. С., Марушевский В.О.

Научный руководитель Грузинова В.Л., к.т.н., доцент  
Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

*На основании проведенных исследований дана сравнительная характеристика состава и эффективности работы станций обезжелезивания предприятий Белорусской железной дороги, а также приведены рекомендации по совершенствованию работы станций.*

В условиях развития железнодорожного транспорта и возрастающих требований к качеству воды, используемой для питьевых и технических нужд, актуальным становится вопрос эффективной очистки воды от железа. На предприятиях железной дороги широко применяются станции обезжелезивания, однако, эффективность их работы может варьироваться в