

А. А. КУЧЕРЯВАЯ, Т. А. ТИМОФЕЕВА

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

*УО «Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины»,
г. Гомель, Республика Беларусь,
anakuchieriavaia@gmail.com, myshlion@mail.ru*

Статья посвящена современным методам очистки сточных вод и эффективности их очистки. Перед очисткой изучаются показатели, определяемые различными методами анализа стоков. К таким методам относятся органолептический анализ, химический анализ, анализ сухого остатка и бактериологический анализ, которые позволяют правильно выбрать дальнейшие методы очистки

Ключевые слова: сточные воды, эффективность очистки, окисление, аммонификация, нитрификация, коагулянты.

В условиях стремительного развития промышленности и урбанизации проблема очистки сточных вод выходит на первый план среди экологических проблем современности. С каждым годом объемы промышленных и бытовых стоков неуклонно растут, что создает серьезную угрозу для водных экосистем и здоровья населения. В связи с этим разработка эффективных методов очистки и внедрение современных технологий водоподготовки становятся важнейшими задачами для экологов и инженеров-проектировщиков [1].

Эффективность очистки сточных вод зависит от:

- физико-химические характеристики исходной воды;
- природы и концентрации загрязняющих веществ;
- правильности выбранных технологических решений очистки, подходящих конкретному типу загрязнений [2].

Анализ работы уже существующих очистных сооружений позволяет выявить типичные причины их неудовлетворительного функционирования:

- ошибки при выборе технологии очистки, без учета специфики загрязнений;
- нарушение правил эксплуатации и технического обслуживания оборудования;
- применение устаревших методов, не соответствующих современным экологическим стандартам [3].

Сточные воды представляют собой жидкости, образующиеся в результате хозяйственной деятельности человека, а также атмосферных осадков, таяния снега и полива дорожных покрытий. Они сбрасываются в окружающую среду через канализационные системы или напрямую, что требует их предварительной очистки для минимизации негативного воздействия на окружающую среду [1].

По своему происхождению все сточные воды подразделяются на три основные категории:

а) поверхностные сточные воды формируются в результате выпадения дождей, осадков, таяния снега и льда. Особенность этих стоков является их нерегулярный характер и высокая зависимость от сезонных факторов. В процессе стока по городским поверхностям они аккумулируют широкий спектр загрязнений: нефтепродукты, тяжелые металлы, песчаные взвеси, противогололедные реагенты и другие вещества;

б) хозяйственно-бытовые сточные воды – это результат повседневной жизнедеятельности людей. В их составе преобладают органические загрязнения, такие как фекалии и пищевые отходы, а также синтетические моющие средства. Особенностью таких стоков является их стабильный состав и постоянный объем;

в) промышленные сточные воды представляют собой более сложную и опасную для окружающей среды смесь. Их характеристики варьируются в зависимости от отрасли промышленности. Они могут содержать токсичные органические соединения, тяжелые металлы, цианиды, радиоактивные вещества и другие опасные компоненты.

При обработке стоков проводится анализ различных параметров, включая взвешенные вещества, биохимическое и химическое потребление кислорода (БПК и ХПК), содержание азота и фосфора, тяжёлые металлы, органические и неорганические соединения, а также бактерии и вирусы [2].

Каждое предприятие или хозяйство обязано очищать сточные воды перед их сбросом в окружающую среду. Законодательство требует достижения определённых физико-химических показателей. Для этого необходимо провести анализ сточных вод, чтобы точно определить состав загрязнений и выбрать соответствующие методы очистки. Анализ также проводится после очистки для контроля её эффективности.

Современные методы исследования позволяют с высокой точностью определить состав и концентрацию загрязняющих веществ. Методы анализа можно разделить на несколько групп:

а) органолептический метод включает визуальную оценку цвета, мутности, наличия взвесей, а также определение запаха и температуры. Эти простые методы предоставляют важную первичную информацию о качестве воды;

б) химические методики позволяют оценить важные химические показатели вод, такие как pH, содержание соединений азота и фосфора, концентрация тяжёлых металлов. Определение окисляемости стоков помогает выявить влияние органических и неорганических соединений. Это важно для выбора технологии очистки. Также необходимо выявлять наличие и концентрацию СПАВ в стоках, поскольку они наносят значительный вред окружающей среде;

в) анализ сухого остатка проводится для определения количества примесей в сточных водах, как во взвешенном, так и в растворённом виде. На основе результатов подбирается оптимальный метод механической очистки (отстаивание, фильтрация и другие) и оценивается эффективность существующих методов очистки на предприятии;

г) бактериологический анализ позволяет оценить уровень микробиологического загрязнения сточных вод. В лабораторных условиях определяют концентрацию и видовой состав микроорганизмов, что помогает выбрать наиболее подходящий метод биологической очистки [4].

Методы очистки сточных вод классифицируются по основным способам удаления загрязнений и могут применяться как по отдельности, так и в комбинации:

– механическая очистка: включает методы, направленные на удаление крупных включений без изменения химического состояния воды. Используются механические решётки, сетчатые фильтры, песколовки, жироловки, плёночные фильтры и другие;

– физическая очистка: основана на технологиях, при которых вода получает дополнительную энергию, что приводит к выделению загрязнений и изменению её химического состава. Например, дистилляция, электрокоагуляция и центрифугирование;

– химическая очистка: предполагает использование реагентов, вступающих в реакцию с загрязняющими веществами. В результате образуется осадок или газообразные продукты;

– биологическая очистка основана на способности микроорганизмов разлагать сложные органические загрязнения до простых соединений (вода, CO₂, CH₄, O₂, N₂). Этот метод наиболее широко применяется для очистки хозяйственно-бытовых сточных вод [2].

Эффективность работы очистных сооружений оценивается по степени удаления загрязняющих веществ и является ключевым показателем их производительности. Она рассчитывается по формуле:

$$\mathcal{E} = \frac{(C_{\text{вх}} - C_{\text{вых}}) \cdot 100}{C_{\text{вх}}}. \quad [5],$$

где $\mathcal{E}$ – эффективность очистки, %;

$C_{\text{вх}}$ – концентрация загрязнений на входе, мг/л;

$C_{\text{вых}}$ – концентрация загрязнений на выходе, мг/л.

При сбросе сточных вод непосредственно в водоемы ПДК устанавливается санитарно-эпидемиологической службой по согласованию с органами водного надзора и властями. В некоторых случаях для предприятий разрабатывают индивидуальные нормы с учетом гидрологических и гидрохимических особенностей водоема [2].

Результативность применяемых технологий зависит от качества реагентов и их оптимального дозирования в условиях работы очистных сооружений. Правильный подбор состава и расчёт необходимого количества реагентов влияют не только на степень очистки, но и на экономическую эффективность процесса, позволяя минимизировать затраты.

В процессах очистки широко используются коагулянты: сульфат алюминия, хлориды алюминия и железа, а также их комбинации. Алюмоаммонийные и алюмокалиевые квасцы используют не так часто. Чтобы усилить действие коагулянтов, их нередко подвергают электрохимической обработке.

При подготовке химических реагентов особое внимание уделяется трём параметрам: электропроводности, уровню мутности и способности участвовать в окислительно-восстановительных реакциях.

Эффективность очистки воды существенным образом зависит от плотности структуры коагулянта. Для её повышения необходимо грамотно настроить гидродинамические условия перемешивания и при необходимости увеличить дозу коагулянта или флокулянта.

Перед введением реагента в воду и в процессе последующей электрохимической обработки крайне важно тщательно рассчитать его количество. Это даёт возможность оптимизировать плотность тока и время обработки, которое определяется составом сточных вод [6].

Список литературы

1. Методы очистки сточных вод [Электронный ресурс] // БелАкваПром. – Режим доступа: <https://bapi.by/metody-ochistki-stochnyx-vod>. – Дата доступа: 25.05.2025.
2. От чего зависит эффективность очистки сточных вод [Электронный ресурс] // НПО Агростройсервис. – Режим доступа: <https://acs-nnov.ru/effektivnost-ochistki-stochnyh-vod.html>. – Дата доступа: 25.05.2025.
3. Методы очистки сточных вод [Электронный ресурс] // НПО Агростройсервис – Режим доступа: <https://acs-nnov.ru/ochystka-stochnyh-vod.html>. – Дата доступа: 25.05.2025.
4. Методы анализа сточных вод [Электронный ресурс] // НКФ Волга – Режим доступа: <https://volgaltd.ru/info1/stati/metody-analiza-stochnyh-vod>. – Дата доступа: 25.05.2025.
5. Эффективность очистки сточных вод [Электронный ресурс] // Biototal. – Режим доступа: <https://biotal.eu/ru/technologie-biotal/jeffektivnost-ochistki>. – Дата доступа: 25.05.2025.
6. Эффективность очистки сточных вод [Электронный ресурс] // Экостандарт. – Режим доступа: <https://ecostandart.com/info/articles/poleznoe/effektivnost-ochistki-stochnykh>. – Дата доступа: 25.05.2025.

А. А. KUCHERYAVAYA, Т. А. TIMOFEEVA

MODERN METHODS OF WASTEWATER TREATMENT

*Francisk Skorina Gomel State University
Gomel, Republic of Belarus,
anakuchieriavaia@gmail.com, myshlion@mail.ru*

The article is devoted to modern methods of wastewater treatment and the effectiveness of their treatment. Before treatment, indicators determined by various methods of wastewater analysis are studied. These methods include organoleptic analysis, chemical analysis, dry residue analysis and bacteriological analysis, which allow the correct choice of further treatment methods.

Key words: wastewater, treatment efficiency, oxidation, ammonification, nitrification, coagulants.