

УДК 628.316

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТОЧНЫХ ВОД В КАЧЕСТВЕ ИСТОЧНИКА  
ЭНЕРГИИ: ВОЗМОЖНОСТЬ И ОГРАНИЧЕНИЯ  
USING WASTEWATER AS AN ENERGY SOURCE: POSSIBILITIES AND  
LIMITATIONS**

А.И. Тишкова, Н.В. Савко

Научный руководитель – В.А. Романко, старший преподаватель  
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

A. Tishkova, N. Savko

Supervisor – V. Romanko, Senior Lecturer  
Belarusian national technical university, Minsk

**Аннотация:** Рассматриваются возможности и ограничения использования сточных вод в качестве источника энергии. Сточные воды, содержащие органические вещества и другие ресурсы, могут быть преобразованы в биогаз, тепло или осмотическую энергию, что открывает перспективы для устойчивого развития и снижения экологической нагрузки. В работе анализируются различные технологии, такие как анаэробное сбраживание и термический гидролиз, а также их эффективность и экономическая целесообразность. Однако наряду с возможностями существуют и значительные ограничения, включая качество сточных вод, высокие технологические затраты, регулярные препятствия и необходимость в развитой инфраструктуре.

**Abstract:** The possibilities and limitations of using wastewater as an energy source are considered. Wastewater containing organic matter and other resources can be converted into biogas, heat or osmotic energy, which opens up prospects for sustainable development and reducing environmental load. The paper analyzes various technologies, such as anaerobic digestion and thermal hydrolysis, as well as their efficiency and economic feasibility. However, along with the possibilities, there are also significant limitations, including wastewater quality, high process costs, regular obstacles and the need for developed infrastructure.

**Ключевые слова:** сточные воды, источник энергии, анаэробное сбраживание, термический гидролиз, вторичные воды.

**Keywords:** wastewater, energy source, anaerobic digestion, thermal hydrolysis, secondary water.

### **Введение**

Сточные воды, которые часто принимают за отходы, содержат ценные органические вещества, необходимые питательные вещества и богатые энергией соединения. Несмотря на негативное восприятие, ежедневно в мире образуются миллионы кубометров сточных вод, что делает их огромным резервуаром неиспользованных ресурсов для производства возобновляемой энергии. Признание сточных вод ценным ресурсом, а не обременительным побочным продуктом не только способствует экологической устойчивости, но и открывает многообещающие экономические возможности.

## Основная часть

Снижение энергозатрат является сегодня ключевым приоритетом не только для предприятий по очистке сточных вод и водохозяйственных организаций, но и для всего мира. В сточных водах содержится в девять раз больше органических веществ, тепловой и кинетической энергии, чем требуется для очистки воды. Мы используем энергию для очистки воды, которая сама по себе является источником энергии. Потребление энергии всеми элементами такой системы должно быть оптимизировано.

Для извлечения энергии из сточных вод применяются различные процессы, каждый из которых использует свой механизм, преобразующий органические вещества в полезную энергию. Рассмотрим различные методы: анаэробное сбраживание, биомасса и её обработка, термический гидролиз.

Анаэробное сбраживание.

Анаэробное сбраживание – это биологический процесс, протекающий в отсутствие кислорода, в котором участвуют различные консорциумы микроорганизмов, разлагающих органические вещества в сточных водах.

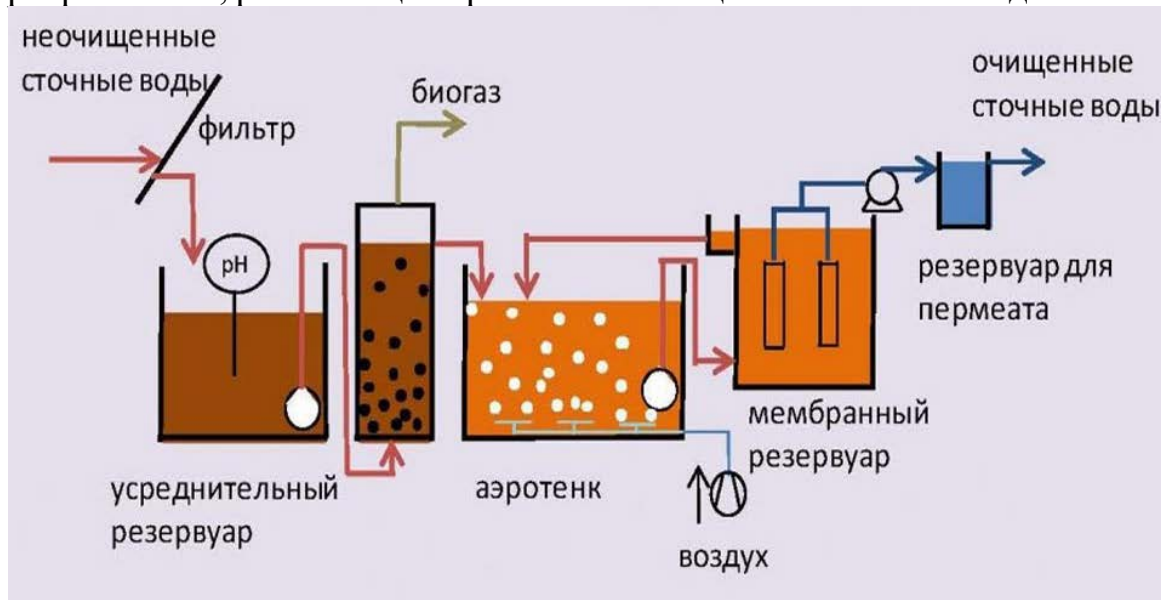


Рисунок 1 – Анаэробная система очистки

Эти микроорганизмы, включая бактерии и археи, управляют сложной серией биохимических реакций, которые преобразуют сложные органические соединения в более простые молекулы. Ключевым моментом этого процесса является микробиологическое расщепление органических веществ с получением ряда побочных продуктов, в первую очередь биогаза.

Биогаз, основной продукт анаэробного сбраживания, представляет собой газообразную смесь, состоящую в основном из метана и углекислого газа, а также небольшого количества других газов, таких как сероводород и азот. Этот универсальный источник энергии имеет большой потенциал для различных применений и является устойчивой альтернативой традиционному ископаемому топливу. В частности, содержание метана в биогазе делает его идеальным кандидатом для использования в качестве топлива для нужд отопления, промышленных процессов и производства электроэнергии.

Обезвоживание осадка.

Избыточный ил, образующийся на очистных сооружениях, в данный момент можно считать, как отход, однако он является перспективным источником энергии. Рассмотрим топливный потенциал осадка с энергетической точки зрения. Он может быть использован для обезвоживания вместо традиционного ископаемого топлива. Энергетический потенциал осадка зависит от его состава и содержащейся в нем жидкости. Исследования показали, что за счет его использования можно сэкономить 30-40 % энергии, потребляемой на очистных сооружениях. Энергетический потенциал обезвоженного осадка составляет около 13 МДж.

Таблица 1 – Энергетический потенциал

	кДж/кг сухого вещества	1 кг сырья в МДж
Обезвоженный ил	3 200	13
Дерево	3 780	16
Отходы из домашнего хозяйства	2 200	9
Уголь	8 000	33

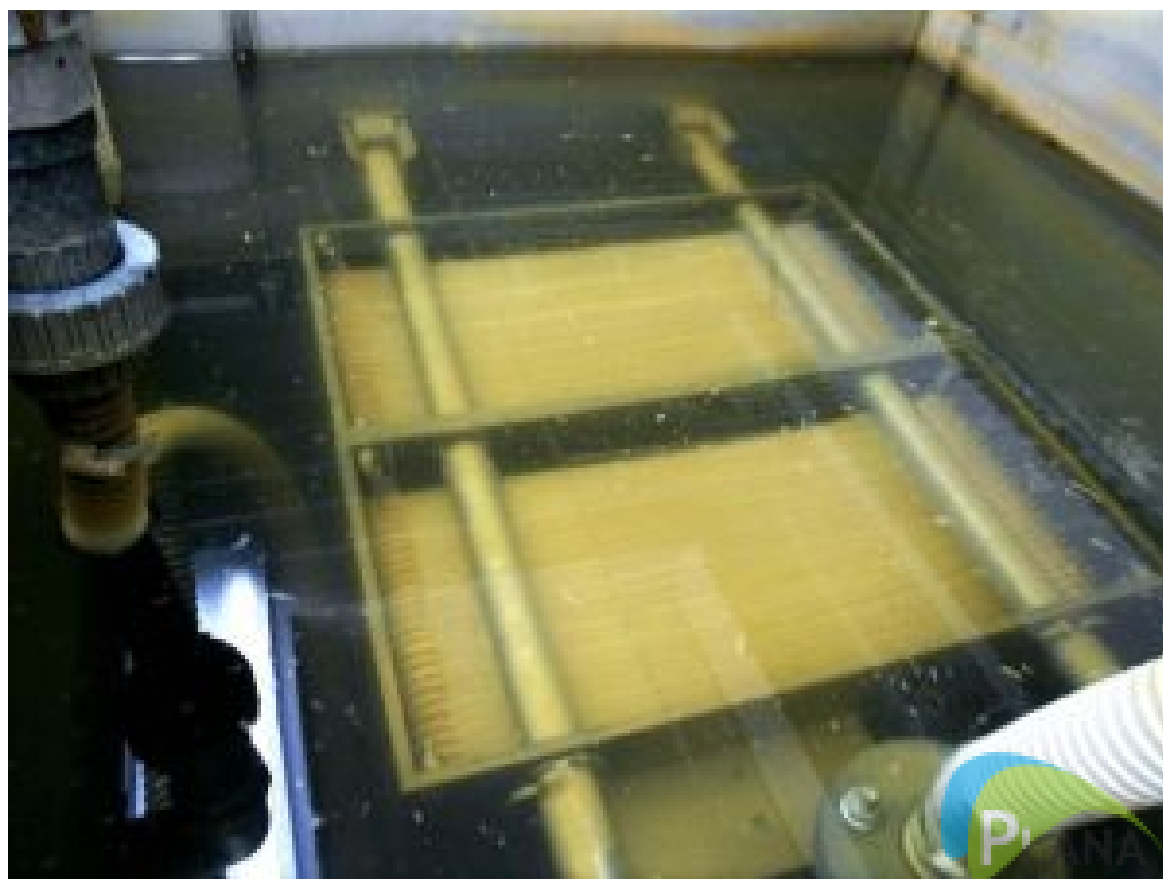


Рисунок 2 – Технология MBR (Membrane Bio Reactor)

Технология MBR (Membrane Bio Reactor) используется для применения полимерных ультра- или микрофильтрационных мембранных блоков для эффективного разделения иловодяной смеси. MBR-секция может быть одновременно как аэробным биореактором, так и фильтром-отстойником. На этих же мембранах происходит и окончательная очистка воды.

Анаэробное сбраживание уменьшает количество твердых частиц в сточных водах за счет использования энергии, содержащейся в органических веществах, и обеспечивает конкретный путь к энергетической самодостаточности.

Термический гидролиз.

Термический гидролиз обеспечивает беспрецедентное извлечение энергии из органических соединений в сточных водах.

Органические соединения в сточных водах подвергаются воздействию высоких температур и давления, которые запускают реакции гидролиза, расщепляющие сложные молекулы до более простых форм. Термическое разложение подготавливает микроорганизмы к эффективному расщеплению органических веществ в последующих процессах очистки.

Термический гидролиз ускоряет процесс расщепления органических веществ, ускоряя последующие процессы, такие как анаэробное сбраживание. В результате повышается биодоступность осадка, увеличивается производство биогаза и достигается максимальное извлечение энергии из сточных вод.

Благодаря термическому гидролизу можно уменьшить количество осадка и повысить общую эффективность процесса. В этой технологии выделение стойких соединений облегчает эксплуатационные проблемы и позволяет повысить экологичность систем очистки сточных вод.

Происходит смена подхода, когда сточные воды рассматриваются уже не как отходы, а как ценный ресурс, который может быть использован для производства возобновляемой энергии. Этот сдвиг демонстрирует изменения в управлении окружающей средой и свидетельствует о том, что присутствует неиспользованный потенциал очистных сооружений для устойчивого производства энергии в промышленности.

### **Заключение**

Таким образом внедряя инновационные технологии, такие как анаэробное сбраживание, обезвоживание осадка и термический гидролиз водоканалы по всему миру превращают свои объекты в центры повышения энергоэффективности. У каждой из этих технологий есть свои достоинства, например, у анаэробного сбраживания производство биогаза, снижение объема отходов, снижение выбросов парниковых газов; у обезвоживания осадков экономия на утилизации, улучшение качества осадков, снижение риска загрязнения; у термического гидролиза эффективное разложение органических веществ, производство биогаза, увеличение доступности питательных веществ. Таким образом, внедрение рассмотренных технологий в промышленность является важным направлением для достижения устойчивого будущего.

### **Литература**

1. Энергия сточных вод [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vatten.ru/knowns/energiya-stochnykh-vod/> Дата доступа: 18.09.2024.
2. Энергия сточных вод [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.asio.cz/ru/p/80.energiya-stochnykh-vod> Дата доступа: 18.09.2024.
3. Вторичное использование сточных вод [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=3290](https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=3290). Дата доступа: 18.09.2024