

Н.Н. БЕЛЯЕВ, доктор технических наук

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта  
им. академика В. Лазаряна

Н.П. НЕЧИТАЙЛО, кандидат технических наук

Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры,  
г. Днепропетровск

А.О. АНТОНОВ

Днепропетровский монтажный техникум, г. Днепропетровск

## ОБРАБОТКА ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД ПРИ ПОМОЩИ МЕТАНОВОГО БРОЖЕНИЯ – ПУТИ УЛУЧШЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ

*Впровадження установок метанового зброджування не можна зводити лише до отримання теплової та електричної енергії, необхідно розглядати й інші аспекти, насамперед природоохоронну.*

**Ключові слова:** осад стічних вод, міські стічні води, методи утилізації, стабілізація, метантенк, біогаз.

*Внедрение установок метанового сбраживания нельзя сводить только к получению тепловой и электрической энергии, необходимо рассматривать и другие аспекты, прежде всего природоохранную.*

**Ключевые слова:** осадки сточных вод, городские сточные воды, методы утилизации, стабилизация, метантенк, биогаз.

*The introduction of methane fermentation plant can not be reduced only to the production of heat and electricity, it is necessary to consider other aspects, primarily environmental.*

**Key words:** sewage sludge, municipal wastewater disposal methods, stabilization, digester biogas.

Осадок сточных вод является продуктом очистки городских стоков. В исходном виде осадки представляют собой источник загрязнения окружающей среды. Если сточные воды после надлежащей очистки вновь возвращаются в водоем или на повторное использование, то выделенные в процессе обработки осадки постоянно накапливаются и проблема их размещения и удаления с каждым годом становится все более актуальной. Количество осадков сточных вод постоянно растет и представляет собой потенциальную угрозу для окружающей среды, поскольку они относятся к 3-4 классу опасности, из-за содержания тяжелых металлов и токсичных элементов[1,17]. Проблема обработки осадка является очень актуальной во всем мире. Существующие технологии позволяют обезвоживать осадок до 60% [2,263]. Цель обработки осадков сточных вод:

- получение полезных компонентов,
- уменьшения его объема,
- возможность использования его как сырья после обработки,
- снижение класса опасности;
- упрощение утилизации отходов с целью минимизации ущерба наносимого окружающей среде.

Простые технологии утилизации при помощи иловых площадок весьма не эффективны [3,39]. Утилизация осадков таким способом - это не рациональное использование земельных ресурсов и продуктов, которые возможно извлечь из биоресурса.

Фильтр-прессование весьма эффективно, однако требует больших затрат реагентов и энергии.

Осадки городских сточных вод содержат большое количество органических веществ, иногда их количество достигает 75%, а также могут содержать до 6 % – азота, до 8 % – фосфора, до 0,6 % – калия [4,8]. Осадок сточных вод представляет ценность как биоресурс который необходимо использовать, а не складировать. На рис. 1 представлены возможные схемы обработки и утилизации осадков. На данной схеме видно что после стабилизации осадка сточных вод, его можно использовать в сельском хозяйстве или в производстве строительных материалов. А при анаэробной стабилизации осадков сточных вод можно получать биогаз и удобрения.



Рис. 1. Схемы обработки и утилизации осадков.

Стабилизация осадка является неотъемлемой частью обработки осадков. Разложение органических веществ в кислой среде (процесс гниения осадков сточных вод) сопровождается выделением неприятных запахов, образованием коллоидных и мелкодисперсных частиц, которые приводят к ухудшению влаготдачи осадка.

Стабилизация осадка является неотъемлемой частью обработки осадков. Разложение органических веществ в кислой среде (процесс гниения осадков сточных вод) сопровождается выделением неприятных запахов, образованием коллоидных и мелкодисперсных частиц, которые приводят к ухудшению влагоотдачи осадка.

Основой стабилизации является изменение физико-химических свойств осадков, что сопровождается «придушением» жизнедеятельности бактерий кислого брожения, а также путем разложения органической части до простых соединений или продуктов. Эффект стабилизации осадка может быть получен разными методами биологическими, химическими, физическими, а также их комбинацией. Целесообразность применения того или иного метода стабилизации определяется рядом условий, главными из которых являются вид осадков, их количество, возможность и условия дальнейшего использования, наличие территории для их размещения. Поскольку осадки бытовых сточных вод содержат органические вещества, считается рациональным использовать метантанки для анаэробного сбраживания.

Технологии анаэробного метанового брожения обретают все большую популярность поскольку вырабатывают важный энергоресурс – метан. Актуальным становится вопрос интенсификации и оптимизации процесса.

Интенсификацию процесса метанового брожения проводят для достижения следующих целей:

- сокращение продолжительности сбраживания при достижении заданной степени распада с целью уменьшения объемов сооружений;
- повышение количества биогаза, выделяющегося в процессе брожения, с целью его использования для сокращения затрат на обогрев самих метантенков и дополнительного получения других видов энергии;
- увеличение содержания метана в биогазе с целью повышения его теплоты сгорания и эффективности утилизации;
- достижение хорошего уплотнения и водоотдающих свойств сброженного осадка с целью сокращения затрат на сооружения для его обезвоживания.

В современном развитии технологии сбраживания можно выделить два направления:

- 1) микробиологических методы – заключаются в выводе новых штаммов бактерий использование БАДов и коферментации.
- 2) конструктивно-технологических методы – относятся:
  - перемешивание;
  - температура;
  - разделение метанового брожения на стадии.

Перемешивание содержимого метантенка необходимо проводить с целью обеспечения эффективного использования всего объема метантенка, исключения образования мертвых зон, предотвращения расслоения осадка, отложения песка и образования корки, выравнивания температурного поля.

Кроме того, перемешивание должно способствовать выравниванию концентраций метаболитов, образующихся в процессе брожения и являющихся промежуточными субстратами для микроорганизмов или ингибиторами их жизнедеятельности, а также концентрации токсичных веществ, содержащихся в загружаемом осадке, поддержанию тесного контакта между бактериальными ферментами и их субстратами и т.д. Таким образом, перемешивание предназначено для поддержания однородности среды. Вместе с тем существует некоторый предел интенсивности перемешивания, превышение которого может привести к недопустимому физическому отрыву отдельных групп бактерий друг от друга, а также от частиц субстрата, с которыми у бактерий имеется тесное сродство. При плохом перемешивании снижается эффективный объем метантенка и сокращается время пребывания в нем осадка, а, следовательно, распад органического вещества и выход биогаза [5,43]. Последним достижением в перемешивании субстрата являются технология гидравлического перемешивания [6,115], которая позволяет перемешивать субстрат на 99,8%.

Температура является не менее важным влияющим фактором. Поддержания оптимальных температур влияет на активность жизнедеятельности бактерий, а, следовательно, и на весь процесс метанового брожения [7,148]. Метановое брожение бывает трех видов:

1. психрофильное (брожение происходит при  $t = 17...20$  °C)
2. мезофильное (брожение происходит при  $t = 33...35$  °C)
3. термофильное (брожение происходит при  $t = 53...57$  °C)

Психрофильное брожение возможно использовать в странах где среднегодовая температура составляет 25°C, а длительность процесса сбраживания достигает 55 дней, при этом наблюдается незначительный выход биогаза. Мезофильное брожение на протяжении долгого времени считалось самым оптимальным, поскольку не требует значительных энергозатрат и длительность процесса не превышает 35 дней. Термофильный режим и по сей день считается энергозатратным и экономически невыгодным поскольку требует поддержания высокой температуры и предварительной подготовки субстрата. При термофильном режиме наблюдается значительное увеличение интенсивности процесса который происходит в течении 10-14 дней, и также следует отметить что вследствие высоких температур происходит дегельминтизация субстрата. На данном этапе развития технологии метанового брожения актуальным стал вопрос мезофильно-термофильного режима.

Разделение стадий метанового брожения является практически не исследованным способом оптимизации процесса метанового брожения. И сложнейшим поскольку необходимо определить взаимосвязи различных видов микроорганизмов.

Современное представление об анаэробном метановом сбраживании включает четыре взаимосвязанных стадии [5]:

I) стадия ферментативного гидролиза нерастворенных сложных органических веществ с образованием более простых растворенных веществ;

II) стадия кислотообразования с выделением короткоцепочечных летучих жирных кислот (ЛЖК), аминокислот, спиртов, а также водорода и углекислого газа (кислотогенная стадия);

III) ацетогенная стадия превращения ЛЖК, аминокислот и спиртов в уксусную кислоту, диссоциирующую на анион ацетата и катион водорода;

IV) метаногенная стадия – образование метана из уксусной кислоты, а также в результате реакции восстановления водородом углекислого газа.

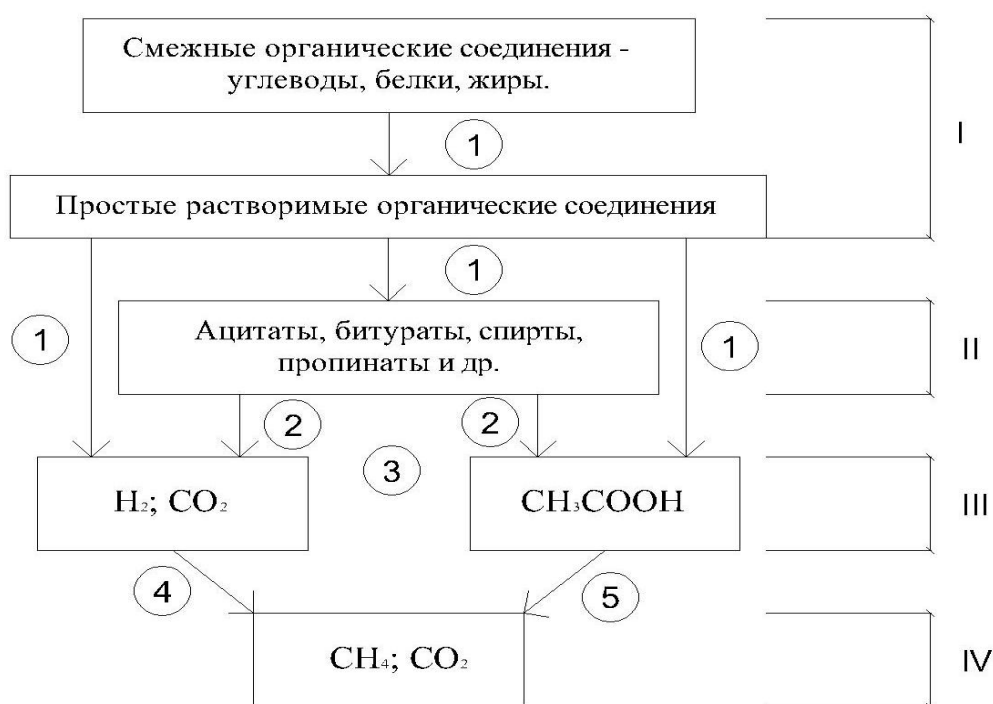


Рис 2. Схема анаэробного метанового сбраживания осадков

1-5 – участвующие группы бактерий; 1 – ферментативные кислотогены; 2 – ацетогены, образующие  $H_2$ ; 3 – ацетогены, использующие  $H_2$ ; 4 – метаногены, восстанавливающие  $CO_2$ ; 5 – метаногены, использующие ацетат

В каждой стадии сбраживания учувствуют свои штаммы бактерий, в целом учувствует приблизительно 50 видов бактерий, и у каждого вида свои требования к хорошему развитию. Оптимизация разделения стадий заключается в создании оптимальных условий для каждой стадии.

В современной практике применяются двухстадийные и трехстадийные метантенки, которые работают в мезофильно-термофильном и термофильно-мезофильный режимах. Современные двухстадийные метантенки имеют множество конструктивных решений. Они позволяют регулировать такие показатели как pH, температуру, степень смешивания

субстрата разных стадий и давление; что позволяет добиться увеличения выхода биогаза в 1,5 раза.

Разделения стадий метанового брожения до сих пор является нерешенным, поскольку не существует общепринятой модели, которая математически представила бы наше понимание процесса.

### **Выводы**

– Проблема утилизации осадков городских сточных вод нуждается в более качественном изучении, что представляет экономическую и экологическую ценность для энергобезопасности Украины, которая нуждается в энергетических ресурсах, попутно это приведет к улучшению экологической обстановки.

– Необходимо разработать математическую модель, которая будет учитывать биохимические процессы каждой стадии сбраживания осадка сточных вод.

– Необходимо создание технологической схемы, на современном уровне развития технологии, которая обеспечит оптимальные условия брожения.

– Снизить затраты энергетических ресурсов на поддержания процесса сбраживания осадков сточных вод.

### **Список литературы**

1. Янко В. Г. Обработка сточных вод и осадка в метантенках/ Янко В. Г., Янко Ю.Г.// – К.: Будівельник,1978. – С. 17-19.
2. Яковлев С.В. Канализация/Яковлев С. В., Карелин Я. А., Жуков И. А., Колобанов С.К. – М.: Стройиздат, 1975. – С. 263 –310.
3. Долина Л.Ф., Бушина Л.Т. К вопросу обработки и утилизации осадков городских сточных вод//Экология и промышленность – 2005 С. 39-45.
4. Куликова А.Х., Захаров Н.Г., Вандышев И.А., Шайкин С.В., Карпов А.В. Проблема утилизации осадков сточных вод в качестве удобрения сельскохозяйственных культур// Земледелие, почвоведение, растениеводство. – 2003. – С. 8-18.
5. Гюнтер Л.И. Метантенки / Л.И. Гюнтер, Л.Л. Гольдфарб. – М.: Стройиздат, – 1991. – С. 43-45.
6. Трахунова И.А. Повышение эффективности анаэробной переработки органических отходов в метантенке с гидравлическим перемешиванием на основе численного эксперимента. – Диссер....канд.техн.наук . – Казань. – 2014. – 115 с.
7. Баадер В. Биогаз: теория и практика / В. Баадер, Е. Доне, М. Бренндерфер. – М.: Колос, 1982. – 148 с.
8. ДБН В.2.5-75:2013. Канализация. Внешние сети и сооружения. Основные положения проектирования. – К.: Мінрегіон України., 2013.

*Надійшло до редакції 15.11.2015*