

УДК 631 .67: 621.647.2: 621.643: 621.67

**УТИЛИЗАЦИЯ ИЛА БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК С ПРИМЕНЕНИЕМ
ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ СОЕДИНЕНИЙ И
ЭЛЕКТРОЛИЗНОЙ АКТИВАЦИИ**

Штепа Владимир Николаевич, д.т.н., доцент¹,

Шикунец Алексей Борисович, магистрант¹,

¹Полесский государственный университет

Киреев Сергей Юрьевич, д.т.н., профессор,

Пензенский государственный университет

Shtepa Vladimir Nikolayevich, Dr.¹,

Shikunets Aleksei Borisovich, undergraduate¹

¹Polesky State University, tppoless@gmail.com,

Kireev Sergey Yurievich, Dr. Penza State University, dean_fptet@pnzgu.ru

Проанализированы технологические аспекты использования анаэробных реакторов для обработки органических отходов, включая сточные воды, с получением горючего газа. Сформулированы задачи утилизации ила биогазовых установок. Проведены экспериментальные исследования устранения неприятного запаха продуктов анаэробного брожения и осветления иловой воды с использованием высокомолекулярных биологически активных соединений при их электролизной активации; предложена соответствующая обоснованная технологическая схема.

Ключевые слова: сточные воды, утилизация, анаэробное сбраживание, электролиз, ил.

Практическое использование биогазовых установок демонстрирует, что из 1 м³ биогаза в когенерационной теплоэлектростанции можно выработать 2 123 кВт·ч электроэнергии и 1 168 кВт·ч тепловой энергии [1].

Другим аспектом внедрения биогазовых решений является производство удобрений, при внесении которых происходит улучшение физико-механических свойств почвы, и как следствие, при сбалансированных производственных подходах, урожайность может повыситься на 30 – 50% [2].

Вместе с тем в основе биологического метода очистки сточных вод или отходов предприятий лежит жизнедеятельность активного ила, который представляет собой ассоциацию биоценозов бактерий. Они потребляют органические соединения субстрата и, в результате прохождения биохимических реакций метаноферментации, получается метан, СО₂, вода, избыточный ил и другие ингредиенты [3, 4].

Так молокозавод, применив анаэробный метан-реактор, решает для себя сразу несколько проблем: увеличение производительности очистных сооружений, повышение качества очистки, уменьшение образования избыточного ила [5]. За счет использования образующегося на анаэробной ступени биогаза возможно сокращение потребления энергоносителей на предприятии до 15% [5].

Как указывалось выше обезвоженный кек ила может использоваться в роли органического удобрения. При отсутствии такого применения осадки периодически вывозятся на специализированную площадку с дальнейшей реализацией, например, сельхозпредприятиям, как ценного органического удобрения, или на полигоны твёрдых отходов для хранения.

При очевидности положительных сторон внедрения анаэробных решений, в том числе на молокозаводах, имеются негативные аспекты, которые и являются задачами исследований:

- остаточный значительный неприятный запах избыточного анаэробного ила;
- необходимость осветления воды, которая получается при его обезвоживании.

Методическое обеспечение и оборудование. В качестве высокомолекулярных биологически активных соединений (ВБАС) использовался коллоидный комплекс полимерной соли четвертичного аммония с олигомерными циклическими декстрозами.

Электрохимический агрегат представлял собой ёмкость (объём – 2 литра); роль электродов (анода и катода) выполнял графит, который засыпался в соответствующие пластиковые короба внутри электролизёра. Вольт-амперный режим работы: сила тока – 10 А±0,5А, напряжение – 44 В±3В. Гидравлический режим – безпроточный стационарный.

Последовательность эксперимента:

1. Внесение ВБАС в концентрации 7 мл/л, перемешивание и ожидание 15 минут – выполнение пробоотбора.
2. Заполнения электролизёра раствором анаэробного ила и ВБАС (приготовленного согласно п. 1) и проведения электролиза на протяжении 2 минут – выполнение пробоотбора.
3. Проведение электролиза на протяжении 5 минут – выполнение пробоотбора.
4. Отстаивание раствора после окончания процессов п. 3 на протяжении 2 часов – выполнение пробоотбора.
5. Отстаивание раствора на протяжении 24 часов – выполнение пробоотбора.

Светопроницаемость воды измерялась с использованием спектрофотометра ПЭ-5400 по методике производителя.

Запах оценивался органолептически согласно бальности ПНД Ф 12.16.1-10 в диапазоне «0» – «5».

Анаэробный ил – отходы биогазовой установки очистки сточных вод молокозавода.

Результаты исследований и их обсуждение. Анализ результатов экспериментальной обработки раствора анаэробного ила (рис. 1) демонстрирует приемлемый эффект удаления неприятного запаха и осветления иловой воды.

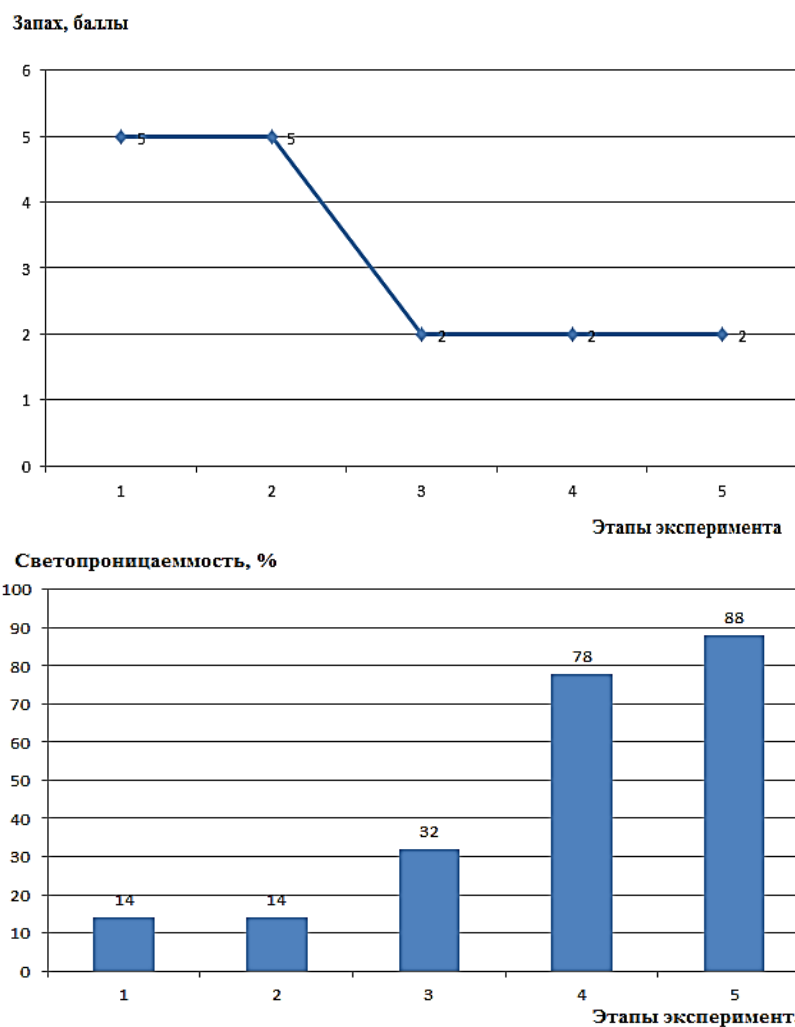


Рисунок 1. – Результаты экспериментальные исследования утилизации анаэробного ила биогазовых установок (на примере молокозавода) с использованием ВБАС и электролизной активации процессов (этапы обработки представлены согласно методики эксперимента)

Удаление неприятного запаха и осветление водного раствора за счёт флокуляции (см. рис. 1) начало происходить после электролизной активации дольше 2 минут – редукция загрязнителей усилиласькратно (в обоих случаях более чем в 2 раза). Нужно отметить, что уже через 7 минут электрохимического воздействия водный раствор был с незначительным запахом («слабый» – согласно ПНД Ф 12.16.1-10) и прозрачный (78% светопроницаемости) после отстаивания на протяжении 2 часов. Также через 24 часа осадок уплотнился на 15 – 20% по сравнению с его состоянием через 2 часа по окончании активной фазы эксперимента (рис. 2).

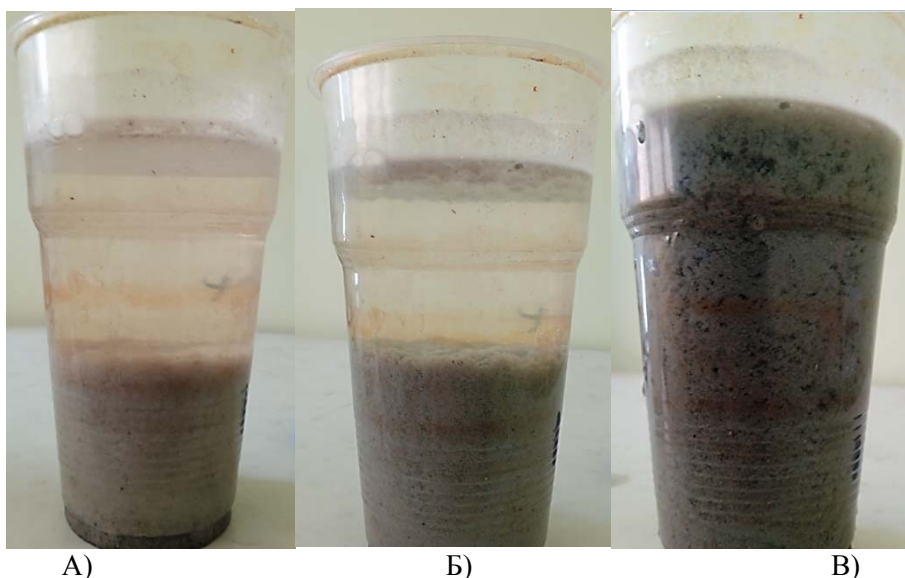


Рисунок 2. – Визуализация результатов утилизации анаэробного ила биогазовых установок (на примере молокозавода) с использованием ВБАС и электролизной активации процессов: А – через 5 минут после прекращения электролиза, Б – через 2 часа после прекращения электролиза, В – через 24 часа после прекращения электролиза

Таким образом, для утилизации анаэробного ила обосновано рекомендовать комбинированную схему использования ВБАС и электролизных процессов (рис. 3).



Рисунок 3. – Структурная схема комбинированной утилизации анаэробного ила с использованием ВБАС и электролизных процессов

В комплекте с агрегатом непосредственного обезвоживания (см. рис. 3), с целью уменьшения нагрузки, можно использовать элементы реализующие: гидроциклонирование, декантирование, седиментацию.

Выводы. Полученные результаты исследований утилизации анаэробного ила биогазовых установок, на примере молокозавода, обосновывают (эффект через 2 часа после обработки: по устранению неприятного запаха – 60%, осветлению иловой воды – 82%) комбинированный подход при создании соответствующих электротехнологических комплексов с интеграцией блоков дозирования ВБАС, электролизёров и оборудования обезвоживания.

Список использованных источников

1. The case study of active sludge under anaerobic conversion of poultry manure in combination with electrolysis at the hydrolysis stage / Yelizaveta Chernysh, Vladimir Shtepa [et al.] // Applied science, MDPI. 2022
2. Intensification of Waste Valorization Techniques for Biogas Production on the Example of *Clarias gariepinus* Droppings / V. Shtepa [et al.] // Fermentation : scientific, peer-reviewed, open access journal. - 2023. - Volume 9, Issue 3. - pp. 225.

3. Methods for Intensifying Biogas Production from Waste: A Scientometric Review of Cavitation and Electrolysis Treatments / V. Chubur [et al.] // Fermentation : international scientific peer-reviewed journal. - 2022. - Vol. 8, Iss. 10. - 570. <https://doi.org/10.3390/fermentation8100570>.

4. Штепа, В.Н. Оценка экономической эффективности электротехнологической интенсификации анаэробной утилизации отходов промышленной аквакультуры / В.Н. Штепа, А.Б. Шикунец // Агропанорама : научно-технический журнал. - 2022. - № 5. - С. 39-44.

5. The potential of organic waste as a substrate for anaerobic digestion in Ukraine: trend definitions and environmental safety of the practices / Y. Chernysh [and etc.] // Environmental Problems : науковий журнал. - 2021. - Vol. 6, No. 3. - p. 135-144.