УДК 658.567.1

Ю.Д.СМИРНОВ, *канд. техн. наук, доцент, qwerik84@gmail.com*
С.В.КОВШОВ, *канд. техн. наук, ассистент, kovshovsv@mail.ru*
А.Н.НИКУЛИН, *канд. техн. наук, ассистент, nikulin-rus@yandex.ru*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

Y.D.SMIRNOV, *PhD in eng. sc., associate professor, qwerik84@gmail.com*
S.V.KOVSHOV, *PhD in eng. sc., assistant lecturer, kovshovsv@mail.ru*
A.N.NIKULIN, *PhD in eng. sc., assistant lecturer, nikulin-rus@yandex.ru*
National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

ПЕРЕРАБОТКА ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ С ПОМОЩЬЮ БИОГАЗВЕРМИТЕХНОЛОГИИ

На основе мирового и российского опыта, а также проведенных экспериментальных исследований установлена высокая эффективность переработки твердых и жидких органических отходов на основе биогазвермитехнологии.

На базе Горного университета создана физическая модель биогазвермитехнологического бурта, на основе которой изучались биогазовый и вермитехнологический процессы переработки органических отходов. Проанализированы физико-химические свойства исходного сырья, а также получаемого продукта – биогумуса и биогаза.

***Ключевые слова*:** биогазвермитехнология, биогумус, биогаз, органические отходы.

PROCESSING OF ORGANIC WASTE WITH BIOGASWORMTECHNOLOGY

On the basis of world and Russian experience, and also the spent experimental researches high efficiency of processing of a firm and liquid organic waste on a basis biogaswormtechnology is established.

On the basis of the Mining University the physical biogaswormtechnology farm model is created. On the basis of this model were studied biogas and worm technology processes of processing of an organic waste. Physical and chemical properties of initial raw materials, and also a received product – a biohumus and biogas are analysed.

***Key words*:** biogaswormtechnology, biohumus, biogas, organic waste.

Высокий потенциал создания субстрата для биологического этапа горно-технической рекультивации представляют биогазовые технологии и вермитехнология [1], причем наибольший эффект достигается при их совокупном использовании, что мы и предлагаем в своем исследовании.

На основе мирового и российского опыта получения биогаза пиролизным, свалочным и стандартным методами на базе университета разрабатывается новое направление карьерного способа получения биогаза – с помощью биогазвермитехнологии. В его основе лежит проектирование специального биогазвермитехнологического бурта, в котором одновременно осуществляется целый комплекс процессов, целью которых является получение энергетически ценных материалов: биогаза и высокопродуктивного удобрения – биогумуса.

Для выработки биогаза необходимо заложить бурт мощностью не менее 10 м. В качестве субстрата для заполнения бурта предлагаем использовать легкоразлагаемую

органическую фракцию отходов. Разложение этих отходов завершается в течение 2-4 лет, что вполне удовлетворяет времени хранения грунта, а также способствует ускорению процесса образования биогаза. В качестве легкоразлагаемых органических отходов можно использовать древесные и волокнистые материалы (кора, опилки, стружка, сено, листва, солома, пищевые отходы и др.).

Как известно, биогаз – это смесь газов: 55-70 % метана CH_4, 28-43 % углекислого газа CO_2, а также в очень малых количествах других газов (например – сероводорода H_2S). В среднем 1 кг органического вещества, биологически разложимого на 70 %, производит 0,18 кг метана, 0,32 кг углекислого газа, 0,2 кг воды и 0,3 кг неразложимого остатка.

Скорость образования биогаза является функцией таких показателей, как влажность, кислотность и температура субстрата. Для переработки легкоразлагаемых отходов оптимальная влажность находится в диапазоне от 60 до 85 %. Выделяют два наиболее оптимальных температурных режима для процесса биоконверсии. Первый интервал – мезофильный (так как работают мезофильные бактерии) от 25-38 °С (оптимальная температура 37 °С). Второй интервал – термофильный (так как работают термофильные бактерии) от 45-60 °С (оптимальная температура 56 °С).

В основе биогазовых технологий лежат сложные природные процессы биологического разложения органических веществ в анаэробных условиях под воздействием особой группы анаэробных бактерий. Метанобразующие бактерии (метаногены) – морфологически разнообразная группа, объединяемая двумя общими для всех ее представителей признаками: облигатным анаэробиозом и способностью образовывать метан. Первые исследования чистых культур, выделенных из рубца жвачных животных, показали, что рост их возможен при начальном окислительно-восстановительном потенциале среды ниже –300 мВ. Рост некоторых видов полностью подавляется при содержании в газовой фазе более 0,004 % молекулярного кислорода. В последнее время, однако, описаны виды с относительно низкой чувствительностью к O_2. Большинство метанобразующих бактерий имеют температурный оптимум для роста в области 30-40 °С, т.е. являются мезофилами, но есть виды, у которых оптимальная зона сдвинута в сторону более низких (25 °С) или высоких (55-65 °С) температур. Все известные представители этой группы – нейтрофилы с оптимальным pH в области 6,5-7,5.

Для дегазации предпочтительнее создать сеть горизонтальных коллекторов (рис.1). Горизонтальные системы для сбора биогаза должны быть размещены в поверхностных слоях на глубине 2-4 м [3].

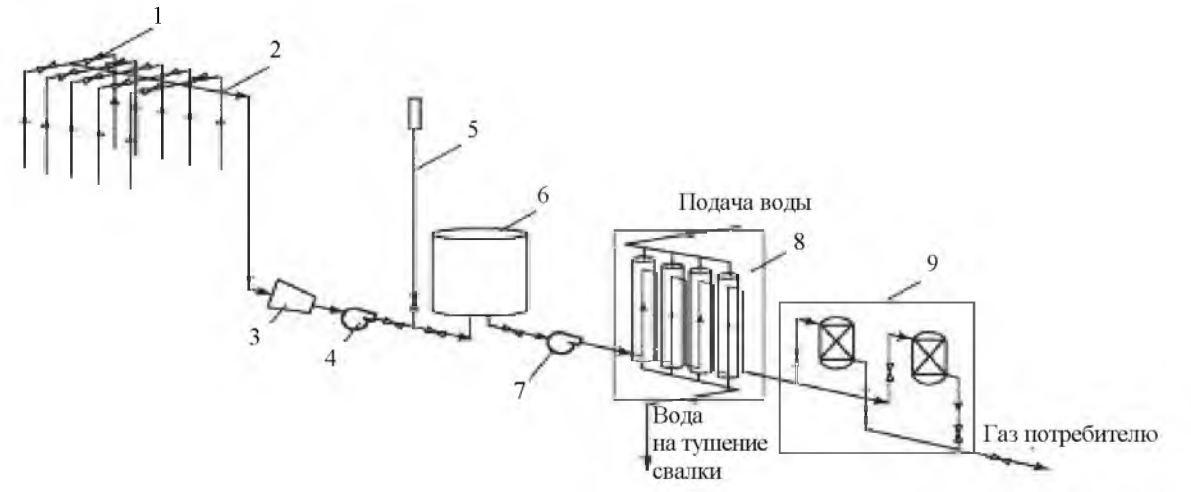


Рис.1. Схема установки для извлечения и подготовки биогаза в вермитехнологическом бурте [2]

1 – система скважин; 2 – коллектор; 3 – конденсатоотводчик; 4 и 7 – компрессоры; 5 – свеча; 6 – газгольдер; 8 – абсорбционная установка; 9 – установка для глубокой осушки газа

Трубопровод лучше всего изготавливать из полиэтилена высокой плотности. Минимальный диаметр используемых труб 100 мм. При заглубленном расположении трубы закладываются в вырытые в слое субстрата траншеи глубиной не менее 900 мм и обсыпаются гравием или песком слоем до 500 мм. Затем траншея вновь закладываются слоем субстрата. Минимальный наклон горизонтальных трубопроводов составляет 4° в пределах участка бурта и 1° за его пределами.

На рис.2 представлена схема сбора и использования биогаза при биогазвермитехнологическом процессе.

В качестве сырья для производства биогаза и подготовки рекультивационного субстрата можно использовать осадки сточных вод. Метод анаэробного сбраживания наиболее приемлем для переработки отходов с точки зрения гигиены и охраны окружающей среды, так как обеспечивает наибольшее обеззараживание и устранение патогенных микроорганизмов. Тем самым решаются два важных вопроса: во-первых, использование биошлама, не пригодного в качестве органического удобрения и, во-вторых, появление качественного сырья для рекультивации нарушенных земель [3].

Поскольку разложение органических отходов происходит за счет деятельности определенных типов бактерий, существенное влияние на него оказывает окружающая среда. Так, количество вырабатываемого газа в значительной степени зависит от температуры: чем теплее, тем выше скорость и степень ферментации органического сырья. Именно поэтому, вероятно, первые установки для получения биогаза появились в странах с теплым климатом. Однако применение надежной теплоизоляции, а иногда и подогретой воды позволяет освоить строительство генераторов биогаза в районах, где температура зимой опускается до −20 °С. Существуют определенные требования и к сырью: оно должно быть подходящим для развития бактерий, содержать биологически разлагающееся органическое вещество и в большом количестве воду (90-94 %). Желательно, чтобы среда была нейтральной и без веществ, мешающих действию бактерий: например, мыла, стиральных порошков, антибиотиков.



Рис.2. Предлагаемая схема сбора и использования биогаза при биогазвермитехнологическом процессе

На основе имеющегося мирового и собственного производственного опыта на базе лабораторий университета разработана физическая модель траншейной биогазовой установки с включением элементов вермитехнологии, т.е. моделирующей так называемый биогазвермитехнологический бурт.

Основной целью экспериментальных исследований явился анализ совместной переработки жидких и твердых органических отходов с помощью биогазовой технологии и твердых органических отходов с помощью вермитехнологии.

Проведенные исследования подтвердили общие принципы протекания биогазового процесса даже в лабораторных условиях.

Исследования вермитехнологического процесса осуществлялось по двум основным направлениям:

- исследования процесса переработки твердых органических отходов
- исследования продукта этой переработки – высокопродуктивного удобрения-биогумуса [2].

Оптимальные параметры вермикомпостирования в биогазвермитехнологическом бурте:

Температура воздуха, °С	+18-20
Температура субстрата, °С	+28-30
Влажность воздуха, %	50-55
Влажность субстрата, %	60-70
pH субстрата	7,3-7,6
Отношение азота к углероду	30:1

Суммарный состав компонентов биогумуса: гуминовые кислоты (ГК) 40,30 %; фульвокислоты (ФВ) 28,82 %; ГК/ФК 1,4.

Таким образом, установлена высокая эффективность совместной переработки всех фракций органических отходов с помощью биогазвермитехнологии. При этом получаемые на выходе продуты (биогаз и биогумус) отвечают всем необходимым требованиям и могут широко использоваться в сельском хозяйстве и промышленности.

Статья выполнена при поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы», Правительства г. Санкт-Петербурга, Центра коллективного пользования научным оборудованием Горного университета и Американского фонда гражданских некоммерческих исследований CRDF.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ковшов С.В.* Проблема отходов органического происхождения и вермитехнология как вариант ее решения // Записки Горного института. СПб, 2009. Т.181. С.217-219.

2. *Ковшов С.В.* Биогенные способы снижения пылевой нагрузки на карьерах строительных материалов / С.В. Ковшов, А.А. Бульбашев // Записки Горного института. СПб, 2010. Т.186. С.54-58.

3. *Шувалов Ю.В.* Биогенные методы повышения плодородия почв рекультивируемых земель / Ю.В.Шувалов, А.П.Бульбашев, Ю.Д.Смирнов, С.В.Ковшов // Горный инф.-аналит. бюл. 2010. №.6. С.293-298.

REFERENCES

1. *Kovshov S.V.* Problem of organic waste and worm-technology as variant of its solution // Proceedings of Mining Institute. Saint Petersburg, 2009. Vol.181. P.217-219.

2. *Kovshov S.V.*, *Bulbashev A.A.* Biogenic lowering methods of dusting in open-cast mine of building maretials // Proceedings of Mining Institute. Saint Petersburg, 2009. Vol.186. P.54-58.

3. *Shuvalov U.V.*, *Bulbashev A.P.*, *Smirnov U.D.*, *Kovshov S.V.* Biogenic rising methods of soil productivity of revegetation acres // Mining information analytic bulletin. 2010. N.6. P.293-298.