

Литература

1. Цубанов, А.Г. Теплоснабжение, отопление и вентиляция животноводческих помещений. / А.Г. Цубанов. – Минск: Ураджай, 1987. – 151 с.
2. Студенцов, П.Н. Теплые полы в животноводческих помещениях / П.Н. Студенцов. – М.: Стройиздат, 1974. – 71 с.
3. ООО «Термотехник-сервис» Taros. Респ. Беларусь // Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Минск, 2010. – Режим доступа: <http://www.vodaiteplo.com/?id=304>. – Дата доступа: 14.06.2010.
4. Бойко, А. Водяные теплые полы / А. Бойко // Идеи вашего дома. – 2004. – № 9 (77).
5. ООО «ЭлектрикГрупп» Респ. Беларусь // Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Минск, 2009. – Режим доступа: <http://electricgroup.by/Danfoss-selskoe-hoz.html>. – Дата доступа: 14.06.2010.

УДК 628.35:628.255

**Н.Ф. Капустин, А.Н. Басаревский,
С.Н. Поникарчик**
(РУП «НПЦ НАН Беларуси по
механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)

ИССЛЕДОВАНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОТХОДОВ ЖИВОТНОВОДСТВА ДО И ПОСЛЕ АНАЭРОБНОГО СБРАЖИВАНИЯ

Введение

Развитие животноводства и птицеводства создало глобальную проблему утилизации большого объема органических отходов, основными источниками которых являются крупные животноводческие и птицеводческие комплексы. Сельское хозяйство становится источником загрязнения окружающей среды. Решение этой проблемы требует особого внимания. По данным Министерства статистики Республики Беларусь, в отрасли работает 203 животноводческих комплекса, в том числе 98 – крупного рогатого скота, 105 – свиноводческих и 43 птицефабрики. Общее количество отходов, которые характеризуются высокой влажностью и бактериальной обсемененностью, в том числе наличием патогенной микрофлоры и яиц гельминтов, достигает более 70 млн. *т* в год.

Современные методы переработки и утилизации отходов животноводства должны выбираться с учетом возросших требований к экономии минеральных удобрений, к рациональному использованию имеющегося огромного удобри-тельного потенциала навоза, охране окружающей среды, повышению плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур, затратам топливно-энергетических ресурсов. Наиболее полно предъявленным требованиям удовлетворяют технологии, основанные на биологической переработке отходов в анаэробных условиях. Технология анаэробного сбраживания позволяет уменьшить негативное воздействие органических отходов на окружающую среду, является одним из способов их обезвреживания и частичного обеззараживания. Метод следует оценивать как локальное природоохранное мероприятие, одновременно улучшающее и энергетический баланс животноводческого комплекса. Важнейшим продуктом анаэробной биоконверсии органических отходов животноводства является сброженная биомасса, представляющая собой высококачественное органическое удобрение.

Целью данной работы является оценка изменения агрохимических показа-

телей субстратов на основе животноводческих отходов в процессе анаэробного сбраживания в биогазовых установках, эксплуатируемых в республике.

Объекты и методы исследований

Объектом исследований служили отходы жизнедеятельности животных: жидкие экскременты свиней на откорме (свиные стоки), твердая фракция свиных стоков после их сепарирования и субстрат на основе биомассы исходных компонентов сырья после анаэробного сбраживания в биореакторах биогазового энергетического комплекса (далее – БЭК) РУСП СГЦ «Западный».

Свиные стоки представляют собой растворы минеральных солей и органических продуктов обмена животных. Твердые экскременты свиного навоза состоят из непереваренных частей корма, нерастворимых минеральных и органических соединений, биомассы микроорганизмов. С экскрементами выделяются около 20% органических веществ из общего количества органической массы, скормленной животным, и основная часть питательных веществ. Преобладающая часть органического вещества – это структурные соединения с высоким содержанием углерода [1].

Сепарированный свиной навоз представляет собой взвешенную массу бурого цвета, состоящую из частиц от 1 до 3 мм. Влагосодержание навоза постоянно и зависит от продолжительности нахождения навоза на открытой площадке БЭК и атмосферных условий (температуры воздуха, выпадения осадков и т.д.) перед поступлением в ферментер (рисунок 42).

Дополнительным сырьем для производства биогаза и органоминеральных удобрений в хозяйстве комплекса могут быть и отходы мясопереработки, смывы жира, жидкие отходы корма, кукурузной и костной муки, отходы зерноочистки и другие.



Рисунок 42 – Сепарированный свиной навоз

сбраживания, степенью разложения органического вещества [2].

Пробы на определение химического и бактериологического состава свиных стоков отбирали из приемной емкости, сепарированного свиного навоза – из дозатора-миксера, анаэробно сброженного субстрата – из дображивателя.

Совместно с ГНУ «Институт проблем использования природных ресурсов и экологии НАН Беларуси» были проведены исследования по определению агрохимических показателей исходного сырья и переработанного субстрата. Все виды исходного сырья и продукта анаэробной ферментации – органического

удобрения – характеризовали по содержанию сухого вещества (*СВ*), органического сухого вещества (*ОСВ*), по величине кислотности (*pH*), азота общего (*N_{общ}*), аммиачного азота (*NH₄⁺-N*), фосфора общего (*P_{общ}*), подвижных форм фосфора (*P_{подв}*), калия (*K*), углерода (*C*).

Следует отметить, что качественные и количественные характеристики навоза, то есть его химический и структурный состав, зависят от вида животных, породы, возраста, рациона кормления, качества кормов, способа содержания, принятой системы навозоудаления. По этой причине диапазон данных по химическому составу навозных стоков даже у одного и того же вида животных у разных авторов существенно отличается.

Результаты исследований

При использовании анаэробно переработанной биомассы в качестве удобрений особое внимание уделяется их удобрительной ценности и агроэкологической оценке. К обязательным показателям контроля сброженной массы (удобрения) относятся элементы питания растений – азот, фосфор, калий.

Исследования показали, что основной вклад в содержание *СВ* и *ОСВ* субстрата вносит сепарированный свиной навоз. По результатам анализа прослеживаются существенно более высокие значения массовых долей общего азота, общего фосфора и калия, а также массы аммиачного азота в жидких стоках и втором ферментере в сравнении с этими же показателями в сепарированном навозе (таблица 19). Повышение массовых долей по всем питательным элементам и углероду в свиных стоках (проба 2 от 01.08), очевидно, связано с изменением рациона кормления животных.

Таблица 19 – Агрохимические показатели животноводческих стоков до и после сбраживания

Наименование показателя	Свиные стоки		Сепарир. свиной навоз	Субстрат из 1-го ферм.	Субстрат из 2-го ферм.	
	проба 1 (5.06)	проба 2 (1.08)	проба 1 (5.06)	проба 2 (1.08)	проба 1 (5.06)	проба 2 (1.08)
Массовая доля сухого вещества, %	4,2	4,0	27,1	7,9	8,5	9,9
Массовая доля органического вещества, % на а.с.м.	74,4	74,5	89,7	82,5	80,5	83,2
<i>pH</i>	6,7	6,5	7,7	7,5	7,9	7,6
Массовая доля общего азота, % на а.с.м.	9,5	9,9	1,8	6,2	5,7	5,1
Масса аммиачного азота, мг/100 г а.с.м.	5000	7075	371	4430	4400	3322
Массовая доля общего фосфора (P ₂ O ₅), % на а.с.м.	7,2	6,9	2,9	4,5	4,2	4,2
Масса подвижного фосфора (P ₂ O ₅), мг/100 г а.с.м.	6036	6225	2258	4171	4082	3652
Массовая доля общего калия, % на а.с.м.	4,2	5,3	0,35	2,7	2,2	2,1
Массовая доля общего углерода, % на а.с.м.	29,8	40	38,5	30,3	34,4	32,3

Примечание – а.с.м. – абсолютно сухая масса.

На рисунке 43 отражена диаграмма изменения *СВ* и *ОСВ* до и после сбраживания. Как и следовало ожидать, содержание в субстрате *СВ* и *ОСВ* после сбраживания ниже, чем до сбраживания. Из диаграммы также видно, что при повышении *СВ* и *ОСВ* (до допустимых технологических значений) выход биогаза также будет увеличиваться. Текущие удельные суточные дозы загрузки по органическому сухому веществу находятся в диапазоне 2,2–5,6 кг орг/м³. Нестабильный характер кривых по общей дозе загрузки и удельному содержанию *СОВ* в 1 м³ субстрата ферментера говорит о том, что исходный субстрат не контролируется по *СВ* на стадии приготовления его для ферментации.

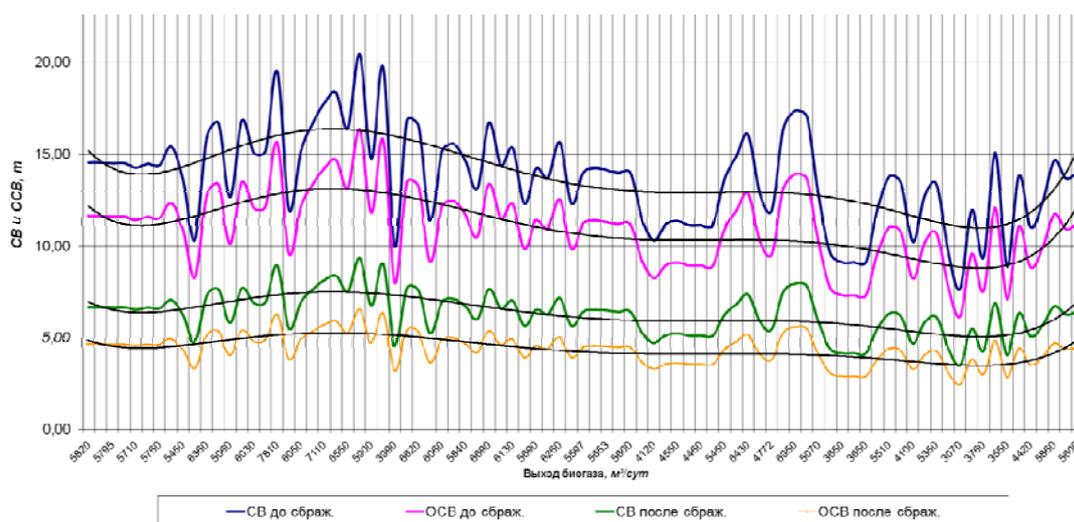


Рисунок 43 – Динамика *СВ* и *ОСВ* от выхода биогаза

Исследования содержания биогенных элементов, углерода, отношения *C:N* в исходном и сброженном субстратах показали, что в процессе анаэробной биоконверсии субстрата содержание азота и калия по массе практически не изменяется. Содержание аммонийного азота в сброженном субстрате и величина соотношения *C:N* уменьшается в 2 раза. Увеличение *pH* (до 7,9) и небольшая величина соотношения *C:N* (6) свидетельствуют о начале ингибирования ионом аммония процесса анаэробного сбраживания (таблица 20).

Количество углерода, конвертируемого в биогаз, составляет в среднем 51,5%. Масса общего калия, азота и фосфора изменяется в пределах допустимой погрешности анализа сложных по своему составу и субстрату проб. Количество подвижного фосфора в сброженном субстрате увеличивается в 2,9 раза вследствие трансформации органической формы в минеральную.

Следует отметить, что загрузка субстрата в ферментеры на БЭЖ РУП СГЦ «Западный» осуществлялась одновременно в оба ферментера. Доза загрузки субстрата в первый ферментер составляла 1,3% (от общего объема ферментера) при времени экспозиции 78 сут., доза загрузки субстрата во второй ферментер – 2,5% при времени экспозиции 39 сут. Использование такой схемы загрузки неизбежно приводит к проскокам свежего субстрата со сброженным в навозохранилище. Известно также, что при малых дозах загрузки, когда в сырье много азота, процесс может выйти из-под контроля, то есть ингибироваться из-за уве-

личения содержания аммиака. Об этом можно судить по повышению pH (более 8) и снижению выхода биогаза.

Таблица 20 – Результаты исследований содержания биогенных элементов, углерода, отношения $C:N$ в исходном и сброженном субстратах

Наименование	СВ		ОСВ		$N_{общ}$		$NH_4^+ - N_{общ}$		$P_{общ}$		$P_{подв}$		К		С		C:N
	%	<i>m</i>	% от СВ	<i>m</i>	% от СВ	<i>m</i>	% от СВ	<i>m</i>	% от СВ	<i>m</i>	% от СВ	<i>m</i>	% от СВ	<i>m</i>	% от СВ	<i>m</i>	
Свиные стоки	4,2	1,63	74,4	1,22	9,5	0,155	5,0	0,008	7,2	0,117	6,04	0,007	4,2	0,069	29,8	0,486	3,14
Сепарир. свиной навоз	24,1	8,83	89,7	7,92	1,8	0,159	0,37 1	0,001	2,9	0,256	2,258	0,006	0,35	0,031	38,5	3,4	21,4
Субстр. до сбражив.	14,6	10,64	–	–	3,0	0,314	2,66	0,008	3,57	0,373	3,45	0,013	1,91	0,099	37,15	3,886	12,6
Субстр. после сбражив.	8,5	6,08	80,5	4,89	5,7	0,35	4,4	0,015	4,2	0,029	4,082	0,001	2,2	0,013	34,4	2,09	6,0

Таким образом, опираясь на работы других авторов [3, 4], а также на основе проведенных исследований [2] можно утверждать, что при анаэробной био-конверсии органических отходов образуется высокоэффективное органическое удобрение. Метангенерация снижает сроки приготовления органических удобрений с 0,5–1 года до 20–60 сут. Выход сброженного биослама составляет 60% от количества исходного навоза. Во время брожения в герметичных ферментерах питательные вещества – азот, фосфор, калий, микроэлементы, витамины – полностью сохраняются в составе удобрений. Более того, доля аммонийного азота в общем количестве азота увеличивается с 27 до 48%, что делает его более доступным для питания корневой системы растений. Фосфор представлен фосфатитами и нуклеопротеидами, которые усваиваются растениями лучше, чем соли минеральных веществ. Содержание усваиваемого фосфора удваивается и составляет 50% от общего фосфора. Калий весь находится в жидкой фазе и полностью доступен растениям. Усваиваемость его растениями составляет 75–100%. Коэффициент использования всех питательных для растений веществ достигает 80% по сравнению с 30% для необработанного сырья.

Заключение

1. Анаэробная технология переработки органических отходов является комплексным природоохранным мероприятием: улучшает экологическую обстановку, восстанавливает плодородие почвы за счет внесения высококачественных органических удобрений, включает в энергобаланс биогаз как возобновляемый источник энергии.

2. Выполненный комплекс исследований агрохимических показателей животноводческих стоков до и после анаэробного сбраживания в БЭЖ СГЦ «Западный» подтвердил высокую эффективность их переработки:

– по результатам анализа прослеживаются существенно более высокие значения (в 1,5 раза) массовой доли $N_{общ}$, $P_{общ}$, $K_{общ}$, NH_4^+-N в жидких свиных стоках и сброженном субстрате (второй ферментер) в сравнении с этими же показателями в сепарированном навозе;

– содержание $N_{общ}$ в сброженном субстрате составляет 5,7%, $P_{общ}$ – 4,2%, K – 2,2%;

– сравнительный анализ субстратов до и после сбраживания свидетельствует об увеличении массовой доли NH_4^+-N в 1,7 раза, что составляет 4400 мг/100 г а.с.м.;

– снижение соотношения $C:N$ в сброженном субстрате в 2 раза (с 12,6 до 6) и уменьшение OCB в 2–3 раза свидетельствуют о высокой степени его биоконверсии (в среднем 46,5%).

16.07.10.

Литература

1. Бацунов, И.Н. Уборка и утилизация навоза на свиноводческих комплексах / И.Н. Бацунов, И.Н. Лукьянов. – М.: Агропромиздат, 1977. – 160 с.

2. Мониторинг работы в природно-климатических условиях Республики Беларусь импортных биогазовых энергетических комплексов: отчет о НИР (заключительный), № госрег. 20082490, зад. 5.18 ГНТП «Агропромкомплекс – возрождение и развитие села» / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»; рук. темы Н.Ф. Капустин. – Минск, 2008. – 156 с.

3. Пузанков, А.Г. Обеззараживание стоков животноводческих комплексов / А.Г. Пузанков, Г.А. Мхитарян, И.Д. Гришаев. – М.: Агропромиздат, 1986. – 75 с.

4. Дубровский, В.С. Метановое сбраживание сельскохозяйственных отходов / В.С. Дубровский, У.Э. Виестур. – Рига: Зинатне, 1988. – 203 с.

УДК 63:(620.95:504.064.34)

Н.Ф. Капустин, Ю.А. Сунцова,

О.А. Дытман

(РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»),

г. Минск, Республика Беларусь)

СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ОЧИСТКИ БИОГАЗА

Введение

В основе биогазовых технологий лежат сложные природные процессы биологического разложения органических веществ в анаэробных (без доступа воздуха) условиях под воздействием особой группы анаэробных бактерий. Образующийся при ферментации органических отходов биогаз содержит до 55–70% метана, 28–43% CO_2 и до 2% сероводорода и примеси других сернистых соединений (меркаптаны, органические сульфиды и пр.) Для использования биогаза в технологических процессах необходимо максимально повысить содержание в нем метана и исключить примесные газы, особенно сероводород, который при взаимодействии с водой образует кислоту, вызывающую коррозию металла, что выводит оборудование из строя. Это является серьезным ограничением использования биогаза в двигателях внутреннего сгорания.

Для устранения этого негативного явления необходима специальная тех-