

**Список литературы**

1. Новикова Е.В., Курбатов Ю.Л. Снижение угара стали при электрофизическом воздействии // Эко-технологии и ресурсосбережение. — 1998. — № 5. — С. 38–41.
2. Новикова Е.В., Курбатов Ю.Л. Окалинообразование при электрофизическом воздействии на нагреваемый металл // Там же. — 1999. — № 6. — С. 73–74.
3. Новикова Е.В., Курбатов Ю.Л. Разработка математической модели высокотемпературного нагрева стали с применением постоянного электрического поля // Наук. пр. ДонНТУ: Металургія. — 2002. — № 40. — С. 145–149.
4. Пат. 51118 Укр., МКІ6 С 21 D 1/34; 1/40. Спосіб нагрівання сталевих заготовок у нагрівальній печі / Ю.Л.Курбатов, О.В.Новікова. — Опубл. 2005, Бюл. № 3.

Поступила в редакцию 19.03.09

## Electrophysical Influence Application for Steel Blocks Heating Technology in Continous Pusher-Type Furnaces

*Kurbatov Yu.L., Novikova Ye.V., Podzorov A.I.*

*Donetsk National Technical University*

The electrophysical influence on heat and mass transfer processes during steel heat-temperature oxidation is considered to be one of the methods of carbon-monoxide partial loss reduction in continous pusher-type furnaces for milling blocks. The possibility of metal dross losses reduction on 20-30 % by experimantal investigation in laboratory and industrial conditions is displayed. At he same time energy consuption on heating decreases herewith heat-insulating influence of dross layer decreases too. The technology of electrophysical influence operation is proposed.

**Key words:** electrophysical influence, continous pusher-type furnace, carbon-monoxide loss reduction, steel blocks, dross layer.

Received March 19, 2009

УДК 662.767.2.

## Получение энергии и удобрений из биомассы

*Бурдейный Д.Н., Шаталов В.И., Свитличная Ю.И.*

*ННЦ «Институт механизации  
и электрификации сельского хозяйства», Глеваха*

Рассмотрена технологическая линия постадийного сбраживания отходов сельскохозяйственного производства для повышения выхода биогаза. Выполнение данной работы позволит частично улучшить энергетическое и экологическое состояние в сельском хозяйстве.

**Ключевые слова:** биомасса, метановое сбраживание, биогаз, сброженные отходы. Розглянута технологічна лінія постадійного зброджування відходів сільськогосподарського виробництва для підвищення виходу біогазу. Виконання даної роботи дозволить частково покращити енергетичний та екологічний стан в сільському господарстві.

**Ключові слова:** біомаса, метанове зброджування, біогаз, зброжені відходи.

Постоянные колебания цен на энергоносители и перебои в энергоснабжении дали толчок к поиску альтернативных традиционным источников энергии. Одним из таких источников энергии есть биомасса, которая является сырьем для производства биогаза.

Производство биогаза позволит производителям сельскохозяйственной продукции получить частичную независимость от монопольных поставщиков энергоносителей и обеспечит производство высококачественных органических удобрений. Также это способствует уменьшению выбросов аммиака в воздух и загрязнению почв сточными водами животноводческих и птицеводческих ферм.

Применение в аграрном секторе Украины зарубежных технологий и оборудования для метанового сбраживания биомассы приводит к большому капиталоложению. Тяжелое экономическое положение украинских аграриев, отсутствие государственной поддержки, финансирования и четкой политики относительно развития энергосберегающих технологий в агропромышленном секторе сдерживают производство биогаза и органических удобрений сельскохозяйственными производителями.

Современные технологии содержания животных и птицы предусматривают поступление помета влажностью значительно ниже необходимой для метанового сбраживания, то есть менее 85 % [1]. Добавление воды к сырью для получения нужной влажности сбраживаемой массы (92–95 %) позволяет обеспечить качественное метановое сбраживание и в последующем выбирать технологии утилизации сброженного материала при производстве органических удобрений в зависимости от их консистенции (жидкие, полужидкие, сухие и гранулированные) [2].

Существующие в Украине биогазовые установки из-за значительной стоимости и сложности в эксплуатации пока еще не обеспечивают достаточную экономическую эффективность их функционирования, потому что эксплуатация действующих биогазовых установок направлена на получение лишь биогаза, а использование сброженной массы остается нерешенной задачей.

Цель исследований — повысить эффективность производства биогаза и органических удобрений при поэтапном сбраживании отходов крупного рогатого скота (КРС), свиней, птицы и растительной биомассы энергетических растений, что позволит обеспечить частичную энергетическую автономность хозяйств и эффективное воссоздание плодородия почв за счет использования сброженной биомассы (шлама) как высококачественного органического удобрения.

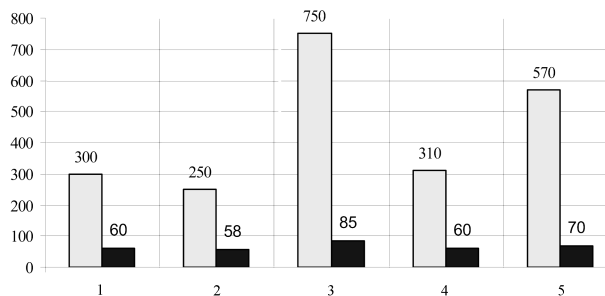


Рис.1. Выход биогаза с 1 кг сухого вещества (дм³) (серый столбик) и содержание в нем метана (%) (черный столбик) в зависимости от сброженных отходов: 1 — навоз КРС; 2 — конский навоз с соломой; 3 — птичий помет; 4 — фекальные осадки; 5 — твердый осадок сточных вод.

Потенциальным сырьем для производства биогаза могут служить продукты естественной вегетации, отходы сельского хозяйства, а также урожай специально выращенных энергетических культур.

Работающие в Украине биогазовые установки позволяют получить 50–70 % биогаза от потенциально возможного выхода, который заложен в органической составляющей сырья [1]. Это связано прежде всего с тем, что в конструкции оборудования установок отсутствуют эффективное перемешивание сбраживаемой массы, инокуляция входной массы, содержание анаэробной микрофлоры в метантенке, стабильное под-

**Таблица 1. Выход биогаза при метановом сбраживании сельскохозяйственных отходов**

Органические отходы	Выход биогаза из 1 кг сухого вещества, дм³	Количество метана в газе, %
Силосные отходы	300	88
Молочные отходы	625	82
Солома с длиной резания 30 мм	603	80
Солома с длиной резания 2 мм	343	81
Зеленая масса свеклы	426	85
Листья деревьев	294	59
Стебли кукурузы	420	53
Полова	615	62
Солома пшеничная	342	58
Солома льна	359	59
Домашние отходы и мусор	600	50
Шелуха подсолнуха	300	60
Отходы томатов	750	59,9
Пшеничная солома (50 %)	380	57,7
Люцерна свежая	350	50
Силос из люцерны	377	51
Трава свежая	359	52
Отходы гороха	290	60
Отходы фасоли	250	55
Отходы моркови	250	60

держание температуры ферментации, определение оптимальной экспозиции процесса сбраживания.

Выход биогаза из отходов животноводства колеблется в пределах 250–750 л биогаза из 1 кг сухого вещества (в зависимости от вида сельскохозяйственных отходов) с содержанием метана в газе 58–85 % (рис.1) [3]. По данным В.М.Павличенко (Институт механизации животноводства, г. Запорожье), выход биогаза из органического сырья колеблется тоже в пределах 250–750 л биогаза из 1 кг сухого вещества в зависимости от вида сельскохозяйственных отходов, при этом содержание метана в газе составляет 50–88 % (табл.1).

На сегодня основным сырьем для биоэнергетических установок, на наш взгляд, может быть навозная биомасса. В Украине расчетный выход от общего поголовья отходов птицеводства и животноводства достигает более 200 млн т/год. Ожидаемое получение биогаза от переработки только 10–15 % этого объема навоза и помета может составлять свыше 1 млрд м<sup>3</sup>/год, что позволит покрыть 15–16 % энергозатрат сельского хозяйства Украины [4].

С учетом выходных данных сельскохозяйственных и фермерских хозяйств предлагается положить в основу технологии производства биогаза принцип постадийного сбраживания, которое происходит сначала в аэробном биореакторе-подогревателе (выдерживатель), потом в каскаде анаэробных биореакторов (метантенки) в четыре стадии (рис.2).

На 1-й стадии сбраживания биомассу нагревают до режимной температуры. Здесь происходит процесс первоначального преобразования органических веществ (навоза, помета и др.), гидролиз и кислотообразование в условиях аэробного сбраживания.

Подготовленную таким образом биомассу подают в биореактор, метантенк 1-й стадии. В условиях полной герметизации в нем завершается первичный процесс гидролиза высокомолекулярных соединений, который происходит в результате деятельности бактерий гидросамолетов-аэробов. Анаэробные условия метантенка способствуют образованию кислорода и развитию новых групп бактерий – анаэробов.

Последовательное прохождение биомассы через 2-й, 3-й и 4-й метантенки условно отвечает прохождению традиционных стадий функционирования бактерий, взаимно связанных трофическими связями: ацитогенных – образующих водород; гомоацитогенных – способных сбраживать большое количество много- и моноуглеродных соединений до уксусной кислоты; метаногенных – сбраживающих водо-

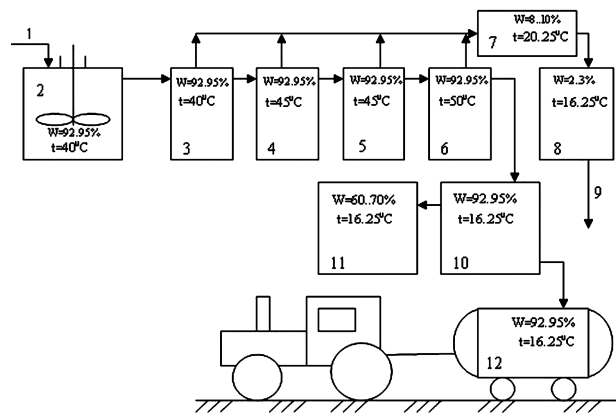


Рис.2. Схема технологической линии постадийного сбраживания биомассы: 1 – загрузка сырья; 2 – аэробный биореактор подогреватель-смеситель; 3–6 – метантенки 1–4-й стадий; 7 – блок очистки биогаза; 8 – газгольдер; 9 – биогаз на потребление; 10 – накопитель сброженного шлама; 11 – цех по переработке сброженного шлама в гранулированные органические удобрения; 12 – внесение сброженного шлама на поля в жидком состоянии.

род, углекислоту, одноуглеродные соединения и ацетат до метана.

Все эти реакции сбраживания могут происходить одновременно, но соответствующие бактерии нуждаются в разных условиях своего существования и имеют разные сроки созревания, потому осуществление процесса сбраживания биомассы в последовательно размещенных реакторах требует жесткого контроля и соблюдения требований технологического процесса.

Полученная сброженная биомасса представляет собой высококачественное органическое удобрение, которое в зависимости от потребности можно использовать в жидком, полужидком или сухом виде.

**Таблица 2. Состав органических удобрений при сбраживании 50 % птичьего помета и 50 % навоза КРС**

Компоненты органического удобрения	Количество элемента, % к сухому веществу
Органическая масса	76–77
Азот общий	5,3–5,7
Азот аммиачный	3,2–3,4
Фосфор	2,5–2,7
Калий	2,6–2,9
Кальций	6,2–8,0
Магний	0,9–1,1
С/Ν	9,0–10,0
Нитраты, мг/кг	39,0–41,0
Степень обезвреживания, %	98,0
Дегельминтизация, %	100,0
Прорастание семян и бурьянов, %	0–4,0
Количество метана в биогазе, %	57,0–60,0

Состав органических удобрений, по данным протокола Госиспытаний биоэнергетической установки «КОБОС-1» № 29-59-87, полученного при сбраживании в биоэнергетической установке с композицией 50 % птичьего помета и 50 % навоза КРС, приведены в табл.2.

Удобрение не имеет неприятных запахов, является экологически безопасной средой для микроорганизмов почвы, улучшает ее микроструктуру, компенсирует потерю гумуса из поверхностного плодородного слоя почвы, повышает урожайность на 17–21 %.

### Выводы

Задачу получения биогаза нужно решать одновременно с задачей эффективного использования сброженной биомассы. Современные отечественные биогазовые установки могут быть доступными для сельскохозяйственного произ-

водства и обеспечивать экономическую эффективность получения и использования биогаза как энергоносителя, а сброженного шлама — для обеспечения поддержки баланса гумуса в почвах.

### Список литературы

1. Погорельый Л.В., Луценко М.М. Биотехнические системы в животноводстве. — Киев : Урожай, 1992. — 344 с.
2. Баядер В., Доне Е., Брендерфер М. Биогаз. Теория и практика. — М. : Колос, 1982. — 148 с.
3. Зінченко В.О., Кусайло В.П., Лось Л.В. Методи отримання біогазу // Вісник ДАУ. — 2005. — № 5. — С. 89–90.
4. Гелетуха Г., Матвеев Ю. Реактор для фермера. Перспективы производства биогаза в Украине // Деньги и технологии. — 2002. — № 9. — С. 16–20.

Поступила в редакцию 15.05.09

## Energy and Fertilizers from Biomass Manufacture

*Burdeyniy D.M., Shatalov V.I., Svetlichna U.I.*

*National Scientific Center «Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture», Glevaha*

The technological line of phasic fermentation of agricultural production offcuts for biogas output increase is displayed. The investigation execution shell allow to improve power and ecological status in agriculture of Ukraine.

**Key words:** biomass, methane fermentation, biogas, fermented waste products.

Received May 15, 2009

## Уважаемые читатели!

Приносим извинения за задержку выхода номеров журнала «Энерготехнологии и ресурсосбережение» в связи с форс-мажорными обстоятельствами.

Издатель