



## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДНОЙ БИОМАССЫ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ МОЛДОВЫ

СКЛЯР П.А.<sup>1</sup>, БЕРЗАН В.П.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Государственный Аграрный Университет Молдовы

<sup>2</sup>Институт энергетики Академии наук Молдовы

**Аннотация.** В работе изложена сущность проблем сложившихся в сельскохозяйственном производстве Республики Молдова и сформулированы предложения по их решению; приведена технологическая схема предлагаемой БГС станции; предложены расчетные формулы по обоснованию конструктивных и технологических параметров БГУ.

**Ключевые слова:** биомасса, отходы, потенциал, конверсия, биогаз, энергия.

## FUTURE DIRECTION OF ENERGY WASTE BIOMASS IN THE AGRICULTURAL SECTOR MOLDOVA

SCLEAR Peter<sup>1</sup>, BERZAN Vladimir<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universitatea Agrară de Stat din Moldova

<sup>2</sup>Institutul de Energetică al AȘM

**Abstract.** This paper presents the core problems in agricultural production in Moldova and proposals for their resolution, proposed technological scheme of biogas stations, the method of calculation to validate the design and technological parameters of biogas plants characteristic waste agriculture

**Keywords:** biomass, waste, energy potential, converting biomass, biogas, energy.

## DIRECȚII DE PERSPECTIVĂ PRIVIND UTILIZAREA DEȘEURILOR AGRICOLE A BIOMASEI DIN COMPLEXUL AGROINDUSTRIAL AL MOLDOVEI ÎN SCOPURI ENERGETICE

SCLEAR Petru<sup>1</sup>, BERZAN Vladimir<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universitatea Agrară de Stat din Moldova

<sup>2</sup>Institutul de Energetică al Academiei de Științe a Moldovei

**Rezumat.** Lucrarea prezintă esența problemelor existente în producția agricolă a Republicii Moldova, precum și propuneri pentru rezolvarea lor; s-a propus schema tehnologică a Stației de producere a biogazului, metoda de calcul pentru a valida proiectarea și parametrii tehnologici ai Instalației de producere a biogazului din deșeuri caracteristice sectorului agrar

**Cuvinte cheie:** biomasă, deșuri, potențialul energetic, conversie biomasei, biogaz, energie.

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Современное состояние сельскохозяйственного производства в Республике Молдова характеризуется рядом производственно - технологических проблем. В качестве важнейших можно указать проблемы энергообеспечения и защиты окружающей среды.

Проблема энергетического обеспечения связана с зависимостью национальной экономики от импорта энергоресурсов, непрерывным ростом стоимости топлива, что в итоге приводит к тому, то доля стоимости энергоресурсов для конечного продукта

агропромышленного комплекса составляет сегодня порядка 35-40%. Стоимость используемых энергоресурсов для обеспечения нормального функционирования агропромышленного комплекса не пропорционально объемам производства. Сложившаяся ситуация отрицательно влияет на все сферы производства и в том числе на цивилизованную жизнь людей.

Экологическая проблема характеризуется накоплением больших масс отходов производств: сельскохозяйственного, перерабатывающих отраслей, лесного хозяйства, жилищно-коммунальных, а также

отходов потребления, которые пагубно отражаются на окружающей природе. Отходы производств АПК представляют собой биомассу, являющуюся возобновляемым источником энергии (ВИЭ), потенциал которой составляет почти 2 млн. тонн, что эквивалентно 6 840 000 МВтч/год.

В странах Европейского содружества проблемы энергетики и экологии решаются путем поиска новых технологий энергообеспечения и экологической безопасности на основе конверсии нетрадиционных возобновляемых источников энергии и в первую очередь - биомассы.

## **2. ЧТО МОЖЕТ ДАТЬ ПЕРЕРАБОТКА БИОМАССЫ?**

Внедрение технологий конверсии биомассы в энергоносители преследуют достижение определённых целей и выгод, которые можно сформулировать следующим образом:

- повышение энергетической безопасности государства (государственный уровень);
- вклад в экологии региона (государственный уровень);
- увеличение урожайности и качества сельскохозяйственной продукции за счёт применения биоудобрений (государственный и индивидуальный уровни);
- улучшение социальных условий жизни сельского населения (государственный и индивидуальный уровни).

Несмотря на ряд существенных выгод, получение энергии из биомассы в современных условиях с трудом конкурирует с энергией получаемой от традиционных энергоносителей. Связано это в основном с высокой стоимостью технологического оборудования и требует серьезных капиталовложений. Решающим критерием эффективности использования биомассы в качестве ВИЭ рассматривается окупаемость применяемых технологий. Предполагается, что по мере развития рынка биотоплива расходы на их приобретение и переработку будут снижаться; в тоже время на ископаемые топлива прогнозируется повышение цен. Такое положение создаст предпосылки более широкого внедрения ВИЭ, а для местных властей - улучшения экологического состояния окружающей среды и условия для образования новых рабочих мест.

## **3. ЗАКОНОДАТЕЛЬНАЯ БАЗА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ БИОМАССЫ**

Принимая во внимание важность отмеченных проблем в национальной экономике, правительством Республики Молдова в последние десятилетия принят ряд законов и постановлений в области использования биомассы. Принятие законодательно-нормативной базы в области отходов в определённой мере связано также с подписанием Молдовой международных соглашений и подготовкой страны к вступлению в члены Европейского Сообщества, где защита

окружающей среды и энергобезопасность имеют первостепенное значение.

Основными принципами государственной политики Республики Молдова в области обращения с отходами являются:

- охрана здоровья человека;
- поддержание или восстановление благоприятного состояния природной окружающей среды и сохранение биологического равновесия;
- использование новейших научно-технических достижений в целях реализации малоотходных и безотходных технологий;
- комплексная переработка сырьевых ресурсов с целью уменьшения количества отходов.

Сущность этих принципов изложена в ряде законодательных документов Республики Молдова, основными из которых являются:

Закон «Об охране окружающей среды» (1993 г.) предусматривает распоряжения отходами на государственном уровне и предоставление широких полномочий органам местного управления. В частности, хозяйственным субъектам, независимо от их собственности, вменяется в обязанность внедрять в технологический процесс высокоэффективные технологии сберегающие энергию, воду и материалы, переориентация энергетики на децентрализованное и местное производство энергии за счёт применения альтернативных источников энергии.

Закон «Об отходах производства и потребления» (1998 г.) определяет правовые основы обращения с отходами производства и потребления в целях предотвращения вредного воздействия отходов на здоровье человека и окружающую природную среду, а также вовлечения таких отходов в хозяйственный оборот в качестве дополнительных источников сырья. Закон о возобновляемой энергии № 160/2007 предусматривает, что целью государственной политики в области ВИЭ является повышение энергетической безопасности государства и уменьшение отрицательного воздействия энергетического сектора на окружающую среду путём ежегодного увеличения доли произведённых и используемых ВИЭ и топлив. Одновременно «Энергетическая стратегия Республики Молдова до 2020 г» предусматривает достижение доли ВИЭ в энергобалансе на уровне 20 %.

В настоящее время в Молдове реформируется существующая система управления отходами: осуществляется контролируемое размещение отходов, внедряется отдельный их сбор, проводится санитарная очистка территорий, ведутся поиски новых альтернативных источников энергии, в том числе за счёт использования вторичных источников энергии и возврата в оборот основных производств путём их переработки.

Существующие законодательные нормы, практика мониторинга отходов и другие организационно-правовые меры предпринимаемые на уровне центральной и местной власти, поддержка со стороны международных партнеров представляются как

благоприятные условия для прироста доли ВИ, в энергобалансе страны. Тем не мене, оценка энергетического потенциала остается актуальной задачей и степень ее решения будет влиять на процесс достижения поставленных целей. С этой точки зрения актуальной представляется разработка методических основ оценки технического энергетического потенциала отходов биомассы и отходов животноводческого сектора, которые вследствие структурных изменений в отрасли постоянно изменяются.

#### 4. ПОТЕНЦИАЛ БИОМАССЫ В МОЛДОВЕ

Потенциал биомассы, пригодный для энергетического использования в Республике Молдова определяется годовым выходом отходов различных производств:

- растительные отходы сельскохозяйственного производства и ухода за ландшафтом: солома злаковых и бобовых культур, ботва, чеклеж, стебли подсолнечника, отходы от обрезки садов и виноградников, отходы чистки кустарников и парков;
- отходы животноводства: навоз, помёт, подстилка сельскохозяйственных животных и птицы,

остатки кормов, отходы перерабатывающих производств продукции животноводства;

- древесные отходы: древесина, дрова, щеп, хворост, ветки, коряги, кора;
- органические отходы пищевого и промышленного производства: а - отходы, образующиеся в процессе переработки и хранения растительной продукции, отходы виноделия, отходы консервных, пивных и водочных заводов, б - отходы деревообрабатывающих предприятий (опилки, стружка, обрезки, горбыли);
- коммунальные органические отходы: канализационные стоки, вывозные туалеты, осадок очистных сооружений, мусор дворовой, бумага, тряпье, пищевые отходы).

Кроме отходной органической биомассы, возобновляемыми источниками энергии являются также энергетические посевы сельскохозяйственных культур, для производства биотоплива.

В таблице 1 приведены данные Бюро Национальной статистики Республики Молдовы об образовании и использовании биологических отходов. Из таблицы видно, что целевое использование отходной биомассы низкое и составляет в среднем 30...35%.

Таблица 1. Динамика образования и использования биологических отходов в Республике Молдова, тыс. тонн/год

Вид отходов	Наличие на начало года	Образовано	Поступление	Использование	Поставки	Уничтожено или вывезено на свалку	Наличие на конец года
Отходы растениеводства:							
2007	2,8	25,7	0,5	11,3	6,5	9,6	1,6
2008	1,6	41,0	0,4	16,3	7,8	15,2	3,7
2009	3,7	32,7	0,25	14,5	5,6	13,7	2,8
Отходы животноводства:							
2007	180,7	380,3	46,7	131,4	11,3	270,9	194,0
2008	194,0	249,1	31,8	188,5	3,0	197,0	86,4
2009	86,4	333,3	49,2	190,2	1,7	184,2	92,8
Отходы производства пищевых продуктов и напитков:							
2007	329,3	1430,9	40,4	1136,6	409,3	184,1	70,6
2008	70,6	1572,3	33,4	1289,7	210,3	97,5	78,6
2009	78,8	258,7	6,9	56,8	160,9	88,7	38,0
Отходы жилищно - коммунального хозяйства и бытовые отходы:							
2007	224,1	389,0	454,6	37,3	1,8	959,8	68,8
2008	68,4	712,4	16,5	8,1	0,0	644,7	144,5
2009	144,5	341,5	32,5	5,7	0,0	456,3	56,5
Отходы лесной промышленности:							
2007	5,0	16,3	0,0	3,7	12,5	0,7	4,4
2008	4,4	17,7	-	2,6	13,6	0,8	5,1

2009	5,1	12,8	-	2,7	9,6	1,0	4,6
Всего:							
2007	741,9	2242,2	542,2	1320,3	441,4	2984,9	339,4
2008	338,4	2592,5	82,1	2825,5	234,7	955,2	318,5
2009	322,1	979	88,8	269,9	177,8	743,9	194,7

В таблице 2 приведен технический потенциал биомассы, которую реально можно использовать в качестве возобновляемых источников энергии.

**Таблица 2. Технический потенциал биомассы в Республике Молдова**

Вид биомассы	PJ	Тыс.т.у.т.
Сельскохозяйственные отходы	7,5	0,185
Дрова	4,3	0,102
Отходы от перерабатывающих производств	4,7	0,110
Биогаз	2,9	0,067
Биотопливо	2,1	0,046
Итого	21,5	0,5

## 5. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КОНВЕРСИИ БИОМАССЫ

### 5.1. Технологии конверсии твердой растительной биомассы

Твёрдая растительная биомасса отличается достаточно высокой теплотворной способностью и при соответствующей обработке вполне конкурентоспособна с отдельными видами углеродводородного топлива. Например с углем: в ней полностью отсутствует сера, а зольность значительно ниже, чем у угля. В таблице 3 приведены сведения теплотворной способности твёрдых видов растительной биомассы.

Технологии энергетического использования твёрдой биомассы постоянно совершенствуются. Наиболее распространённым является перевод котельных с традиционных энергоносителей на альтернативные ВИЭ, что требует реконструкции топочных устройств и создания необходимой инфраструктуры хранения и подготовки топлива.

**Таблица 3. Теплотворная способность отходов растительной биомассы, МДж/кг**

1	Виноградная лоза	14,2
2	Стебли подсолнечника	12,5
3	Ветки плодовых деревьев	10,5
4	Стебли кукурузы	
5	Солома зерновых культур	14,75
6	Подсолнечная лузга	17,2
7	Опилки сосны	19,78
8	Солома рапса	15,3
9	Щепа (сухая)	17,48

Передовой мировой опыт сжигания твёрдой биомассы базируется на двух направлениях:

Первое направление характеризуется совершенствованием технологий сжигания и разработкой конструкций топочных устройств различной мощности (0,5...9,0 МВт) и с различными методами сгорания топлива. В разных странах разработан свой подход использования методов.

Второе направление определяется совершенствованием технологического процесса и конструкций

оборудования для производства прессованного монолитного топлива - пеллет (гранул) и брикетов.

Технология производства прессованного топлива включает сбор и транспортирование отходов к месту переработки, измельчение, сушку и прессование. Сущность гранулирования заключается в последовательной обработке влагой, температурой и давлением сухого мелкодисперсного сырья, в виде крошки или иголки с влажностью 10...12%.

Оптимальные физико-геометрические параметры качественно подготовленных пеллет: диаметр  $d=4...12$  мм; длина  $l=5d$ ; плотность  $\rho=1,1...1,4$  кг/дм<sup>3</sup>; насыпная масса  $\gamma=600...650$  кг/м<sup>3</sup>.

В качестве основного оборудования для производства пеллет используются пресс-грануляторы ОГМ-0,8 и ОГМ-1,4 в комплексе с сушильными агрегатами АВМ-0,65 и АВМ-1,5. Эти комплексы работают на предприятиях бизнеса, в основном на древесной щепе, где суточный выход пеллет менее 20 тонн, при их рыночной цене 130...140 Euro/т считается для производителя не рентабельным.

Для производства пеллет и брикетов в условиях фермерских хозяйств, с ограниченным объемом отходной биомассы, промышленными предприятиями разработаны и освоен выпуск комплектов оборудования небольшой производительности.

Прессованное топливо по сравнению с рассыпным имеет ряд существенных преимуществ:

- рациональное использование отходной биомассы;
- повышенная теплотворная способность;
- возможность введения АСУ топочных устройств;
- повышение устойчивости процесса горения и повышение КПД топочных устройств;
- экономное использование складских помещений и хранилищ;
- удобство транспортирования и применения.

## 5.2. Технологии конверсии энергетических посевов сельскохозяйственных культур

Сущность конверсии энергетических посевов в биотоплива заключается в получении из семян масличных культур растительного масла, которое после очистки и дальнейшей обработки используется как дизельное топливо для работы ДВС. Наибольшее распространение в перерабатывающей отрасли для энергетических целей получило рапсовое масло. Семена рапса при переработке их в биотопливо должны соответствовать определённым требованиям:

- вес 1000 шт. семян не менее 3...4 г;
- степень очистки 95...99%;
- кислотное число масла в семенах – не более 5 мг КОН;
- влажность мезги перед прессованием не более 7%.

### Биотопливо из рапсового масла получают двумя способами:

- 1- путём смешивания масла с метанолом (метиловый спирт  $\text{CH}_3\text{OH}$ );
- 2- путём эстерификации масла. Получение биотоплива на основе рапсового масла с метанолом выполняется в следующей последовательности:
  - 1-Получение растительного масла. Подготовленные, в соответствии с технологией, семена рапса направляют в пресс, где масло отделяется от жмыха; масло направляется в отстойник для дальнейшей обработки, а жмых используется в комбикормовом производстве.
  - 2- Очистка масла. Отстоявшееся в течение 8 часов масло фильтруют (тонкость фильтрации должна составлять не более 5 мкм).
  - 3- Получение метилового эфира (маслометаноловой смеси). Отфильтрованное масло перекачивается, в нейтрализатор - смеситель, где сначала добавляется 0,3% (от общего объёма масла) щелочного катализатора КОН, затем через 7 минут сливают до 6% осадка (тяжёлые кислоты) и после этого в пропорции к семи массовым единицам рапсового масла добавляют одну массовую единицу метанола (7: 1). Температура масла во время реакции нейтрализации должна составлять 60...65°C. Из 1 тонны рапса получают 350 кг маслометаноловой смеси.
  - 4- Получение биодизеля. В дизельное топливо добавляют 30% маслометаноловой смеси.

### Получение биотоплива на основе рапсового масла методом эстерификации

Эстерификация является химическим процессом, в котором происходит превращение сырых растительных масел в эфиры с улучшением физических свойств, главным образом повышения стойкости. Сущность технологии заключается в следующем. На первом этапе производят получение и очистку рапсового масла. На втором этапе

очищенное масло направляют в эстерификационную установку; в процессе эстерификации масло нагревают, дисцилируют и охлаждают, получая при этом биотопливо и побочный продукт глицерин. Эстерификация масла может осуществляться двумя способами: традиционным и ультра критическим. В таблице 4 приведены основные процессы и режимы производства биотоплива способами эстерификации.

**Таблица 4. Процессы и режимы производства биотоплива на основе рапсового масла методом эстерификации**

Процессы, режимы и условия протекания процесса	Традиционный метод	Ультра критический метод
Продолжительность процесса	80...90 мин	2...5мин
Режимы процесса	t = 40...50°C p = 0,101МПа	t = 240...250°C p = 8 МПа
Катализатор	КОН	Отсутствует
Отгонка	Метанол, КОН	Метанол

Биотопливо (биодизель) обладает рядом преимуществ по сравнению с дизельным топливом:

- не содержит в своём составе серы и концеригенного бензола; его разложение происходит без вреда для окружающей природы, в процессе сгорания в ДВС выброс в атмосферу  $\text{CO}_2$  на 50...80% меньше, чем на дизельном топливе;
- отличается высокой воспламеняемостью, его цитановое число достигает 58 единиц, у дизельного топлива не превышает 52 единиц; мощность двигателя при работе на биодизеле снижается незначительно в сравнении с работой на дизельном топливе.

Производство биотоплива из рапсового масла имеет определённые недостатки:

- требуются дополнительные площади сельскохозяйственных земель под посев энергетических культур; сравнительно низкая урожайность рапса (20...25 ц/га);
- рапс сильно истощает почву, следующий посев следует производить не раньше, чем через 4 года;
- эфиры растительного масла обладают коррозионной активностью, это вызывает отказ работы топливных насосов, образование твёрдых отложений в форсунках, потерю стойкости резиновых прокладок и сальников.

## 5.3.Технология конверсии жидкой биомассы

- Сущность технологии конверсии жидких биомасс основана на процессе метаногенеза, осуществляемом в анаэробных условиях и позволяющего получать газообразный

энергоноситель - биогаз и высококачественное органическое удобрение. Процесс метаногенеза может осуществляться при мезофильном (при температуре среды +30...35°C) и термофильном (при температуре среды +50...55°C) режимах. В условиях благоприятных для метаногенеза разлагается около 70% органических веществ, а 30% остаётся в остатке. Остаток содержит значительное количество питательных веществ и используется как органическое удобрение.

- Скорость распада органических веществ в процессе метаногенеза зависит от процессов связанных с жизнедеятельностью метанобразующих бактерий, которые необходимо постоянно поддерживать на определенном уровне.
- Химический состав получаемого биогаза не постоянный, он зависит от вида биомассы, её состава и условий протекания процесса.

Усреднённые значения состава биогаза приведены в таблице 5.

**Таблица 5. Химический состав биогаза, %**

Метан (CH <sub>4</sub> )	55...70
Углекислый газ (CO <sub>2</sub> )	26...40
Водород (H <sub>2</sub> )	1...3
Азот (N <sub>2</sub> )	2...3
Кислород (O <sub>2</sub> )	0,2
Сероводород (H <sub>2</sub> S)	0,2

Переработка жидкой биомассы осуществляется в биогазовых установках (БГУ) различных конструкций. Технологическая схема предлагаемой биогазовой установки с совмещенными метантенком и газгольдером показана на рис.1.

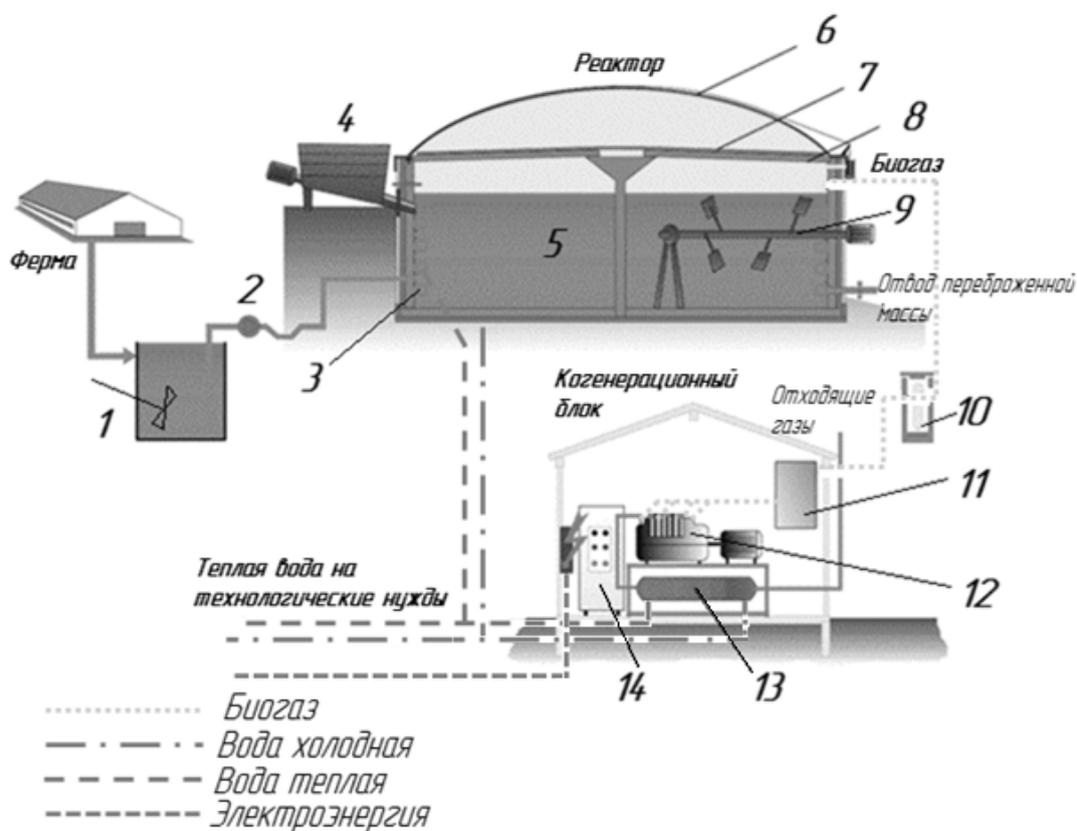


Рис.1. Технологическая схема предлагаемой биогазовой установки:

1- ёмкость приема и гомогенизации биомассы; 2- насосная станция; 3- теплообменник; 4- шнековый загрузчик твердой биомассы; 5- бродильная камера реактора (метантанк); 6- камера сбора биогаза (газгольдер); 7- утеплитель; 8- балочный свод; 9- лопастная мешалка; 10- конденсатор; 11- фильтр; 12- дизель - электрогенератор; 13- блок системы охлаждения дизельного двигателя; 14- блок автоматизированного управления.

Выход биогаза при работе БГУ зависит от вида используемой биомассы и условий, при которых осуществляется процесс метаногенеза. В таблице 6 приведены данные выхода биогаза из различных видов отходной биомассы.

Таблица 6

Вид отходов	Количество биогаза на 1 м <sup>3</sup> объема метантанка м <sup>3</sup>	Количество биогаза на 1 м <sup>3</sup> навоза м <sup>3</sup>	Количество биогаза на 1 голову в сутки м <sup>3</sup>	Количество биогаза на 1 кг СОВ* в сутки м <sup>3</sup>
Навоз свиней	0,5..2,0	25..35	0,8..1,8	0,3..0,5
Навоз КРС	0,5..2,0	25..35	0,6..1,5	0,2..0,4
Помёт птицы	0,5..2,0	40..50	=	0,5..0,6

\*СОВ – сухое органическое вещество

В расчетах при проектировании БГУ работающих на отходах животноводства можно также руководствоваться данными таблицы 7.

Таблица 7. Выход и процентное содержание биогаза

Вид отходов	Выход биогаза, м <sup>3</sup> /т	Содержание СН <sub>4</sub> , %
1 Навоз свиней	52...88	55...81
2 Навоз КРС	38...55	52...80
3 Навоз овец	45...60	73
4 Помёт птицы	47...94	54...62
5 Отходы бойни	100...200	75...80
6 Канализационные стоки	40...65	70
7 Свекольный и фруктовый жом	40...70	60...70

Биогаз отличается достаточно высокой теплотворной способностью, которая ненамного уступает традиционным органическим источникам энергии. В таблице 8 приведена сравнительная характеристика источников энергии по теплоте сгорания.

Таблица 8. Теплотворная способность источников энергии

Вид топлива	Теплотворная способность, МДж/м <sup>3</sup>
Биогаз	21...24
Природный газ	35...38
Пропан газообразный	93
Пропан сжиженный	36
Метан	36
Пиролизный газ	18...20
Генераторный газ	5...7
Каменный уголь, МДж/кг	30...33
Бензин, МДж/кг	41...45
Дизельное топливо	41...45
Соотношение теплоты сгорания 1 м <sup>3</sup> биогаза и 1 кВт·час электрической энергии	1 м <sup>3</sup> :1 кВт·ч=1:5

## 6. Расчётные формулы для определения конструктивных и технологических параметров БГУ с совмещенными метантанком и газгольдером.

1. Объем емкости приёма и гомогенизации биомассы:

$$V_{n.p} = \frac{M_{сут}}{\rho} \cdot t, \text{ м}^3 \quad (1)$$

где  $M_{сут}$  – суточная масса биомассы поступающей на переработку, т;  $\rho$  – объемная масса, кг/м<sup>3</sup>;  $t$  – продолжительность выдерживания биомассы в приемной емкости, суток;

2. Объем реактора:

$$V_p = V_{PB} + V_G, \text{ м}^3 \quad (2)$$

где  $V_{PB}$  – объем резервуара броидильной камеры реактора (метантанка), м<sup>3</sup>;  $V_G$  – объем камеры сбора биогаза (газгольдера), м<sup>3</sup>.

3. Объем резервуара броидильной камеры реактора (метантанка):

$$V_{PB} = \frac{M_{сут}}{\eta \cdot q} \cdot 100, \text{ м}^3 \quad (3)$$

где  $q$  – суточная доза дозагрузки броидильного резервуара, %.

4. Объем камеры сбора биогаза (газгольдера):

$$V_G = \frac{V_{БГ}^{сут}}{24} \cdot t_n, \text{ м}^3 \quad (4)$$

где  $V_{БГ}^{сут}$  – суточный объем выхода биогаза, м<sup>3</sup>/сут;  $t_n$  – время накопления биогаза, ч/сут. (усреднено  $t_n = 18...20$  ч/сут).

5. Суточный выход биогаза:

$$V_{БГ}^{сут} = M_{сут} \cdot g, \text{ м}^3 \quad (5)$$

где  $g$  – удельный выход биогаза, м<sup>3</sup>/т.

6. Тепловая энергия биогаза:

$$Q_{ТЭ}^{сут} = V_{БГ}^{сут} \cdot C_6, \text{ МДж / сут.} \quad (6)$$

где  $C_6$  – теплотворная способность биогаза, МДж/м<sup>3</sup>.

$$C_6 = 21...24 \text{ МДж/м}^3.$$

7. Необходимое количество теплоты для нагрева биомассы до температуры рабочего режима:

$$Q = \frac{C_n \cdot M (t_2 - t_1)}{\eta}, \text{ МДж} \quad (7)$$

где  $C_n$  – теплоемкость биомассы, МДж/кг·°С;

$M$  – масса биомассы находящаяся в реакторе, т;

$t_1$  – начальная температура биомассы;

$t_2$  – рабочая температура процесса метаногенеза;

$\eta$  – коэффициент полезного действия когенерационного агрегата.

8. Теплопроизводительность БГС:

$$W = \frac{Q_{ТЭ}^{сут}}{t}, \text{ МДж/ч} \quad (8)$$

где  $t$  – время работы когенерационного блока, ч.

## Выводы:

1. Изложена сущность проблем сложившихся в АПК Молдовы и предложены направления по их реализации; представлен потенциал отходной биомассы, которая при соответствующей энергетической политике государства положительно будет влиять на энергобезопасность страны и экологическую защищённость региона.
2. Изложена сущность проблем сложившихся в АПК Молдовы и предложены направления по их реализации; представлен потенциал отходной биомассы, которая при соответствующей энергетической политике государства положительно будет влиять на энергобезопасность страны и экологическую защищённость региона.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Anuarul statistic al Republicii Moldova.- Ch., 2010.-560 p.*
- [2] Черемпей В.А., Мельник Ю.В. *Технологии и оборудование производства энергоносителей их биомассы. Кишинэу: INEI, 2005.-57с.*
- [3] *Monitorul Oficial al RM: № 10.1993,с.191-217; № 16-17, 1998,с.3-9.*
- [4] *Энергетическая стратегия Республики Молдова на период до 2020 года.* Постановление Правительства РМ №998 от 1.08.2007 г.



**Берзан В.П.** Инженер электромеханик. Выпускник Технического Университета Молдовы (1971), сотрудник Института энергетики АНМ с 1971. Инженер, научный сотрудник, зав. Лаборатории, заместитель директора по научной работе, директор института. Диссертацию д.т.н. защитил в Ленинградском Политехническом институте (1991), а доктора хабилитат т.н. в институте энергетики АНМ (1999). Публикаций-220, в том числе монографии-12, патентов-20.  
E-mail: [berzan@ie.asm.md](mailto:berzan@ie.asm.md)