

ЭФФЕКТИВНОСТЬ БИОГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

А.А. УФИМЦЕВ (фото),
аспирант,

И.В. МУРЫГИН,

доктор химических наук, профессор, Уральская ГСХА

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, биогаз, биогазовая установка, биоудобрения, навоз.

Последняя треть XX и начало XXI века характеризуются невиданными темпами роста производительных сил в большинстве стран мира, что привело к резкому увеличению потребления всех видов энергии, в особенности – заключённой в ископаемом топливе: угле, нефти и природном газе. Однако, по результатам многочисленных исследований, органическое топливо к 2020 году может удовлетворить запросы мировой энергетики только частично. Остальная часть энергопотребности может быть удовлетворена за счёт других источников энергии: нетрадиционных и возобновляемых.

Возобновляемые источники энергии – это источники на основе постоянно существующих или периодически возникающих в окружающей среде потоков энергии. Возобновляемая энергия не является следствием целенаправленной деятельности человека. Она является её отличительным признаком.

Невозобновляемые источники энергии – это природные запасы веществ и материалов, которые могут быть использованы человеком для производ-

ства энергии. Примером могут служить ядерное топливо, уголь, нефть, газ. Энергия невозобновляемых источников в отличие от возобновляемых находится в природе в связанном состоянии и высвобождается в результате целенаправленных действий человека.

В соответствии с Резолюцией № 33/148 Генеральной Ассамблеи ООН (1978 год) к нетрадиционным и возобновляемым источникам энергии относятся торф; энергия биомассы (отходы сельскохозяйственных, лесного комплекса, коммунально-бытовые и промышленные, энергетические плантации: сельскохозяйственные культуры, древесно-кустарниковая и травянистая растительность); энергия ветра; энергия солнца; энергия водных потоков на суше (гидроэлектростанции мощностью менее 1 МВт: мини-ГЭС, микро-ГЭС); средне- и высокопотенциальная геотермальная энергия (гидротермальные и парогидротермальные источники; сухие, глубоко залегающие горные породы); энергия морей и океанов (приливы и отливы, течения, волны, температурный градиент, градиент солёности); низкопотенци-



620075, г. Екатеринбург,
ул. Карла Либкнехта, 42;
тел. 8 (343) 371-03-91

альная тепловая энергия (почвы и грунта, зданий и помещений), сельскохозяйственных животных). Классификация НВИЭ представлена в таблице 1.

В связи с ограниченностью запасов ископаемых источников энергии задача удовлетворения растущих потребностей населения и промышленности в электрической и тепловой энергии приводит к необходимости более широкого использования возобновляемых источников энергии: солнца, ветра, рек и водотоков, тепла Земли и низкопотенциального тепла.

Россия ежегодно добывает уголь, нефть и газ в размере 2,04 млрд т условного топлива (т у.т.), торф – 0,5 млн т у.т. По имеющимся оценкам, технический потенциал возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в России составляет порядка 4,6 млрд т у.т. в год, что превышает современный уровень энергопотребления России, составляющий около 1,2 млрд т у.т. в год. Экономический потенциал нетрадиционных возобновляемых источников энергии (НВИЭ) определён в 270 млн т у.т. в год, что составляет около 25% от годового внутрироссийского потребления. В настоящее время экономический потенциал ВИЭ существенно увеличился в связи с подорожанием традиционного топлива и удешевлением оборудования возобновляемой энергетики за прошедшие годы.

Положительным фактором для развития НВИЭ в России является начавшееся создание законодательной базы. В 2003 году принят Закон «Об энергосбережении» [1]. Согласно этому закону установлена правовая основа применения электрогенерирующих установок на НВИЭ, состоящая в праве независимых производителей этой электроэнергии на подключение к сетям энергоснабжаю-

Таблица 1

Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии

Источники первичной энергии	Естественное преобразование энергии	Техническое преобразование энергии	Вторичная потребляемая энергия
Земля	геотермальное тепло Земли	геотермальная электростанция	электричество, тепло
Солнце	испарение атмосферных осадков	гидроэлектростанции (напорные и свободнопоточные)	
	движение атмосферного воздуха	ветроэнергетические установки	
	морские течения	морские электростанции	
	движение волн	волновые электростанции	
	таяние льдов	ледниковые электростанции	
	фотосинтез	электростанции на биомассе	
	фотоэлектричество	солнечные электростанции	
Луна	приливы и отливы	приливные электростанции	

**Renewed energy sources,
biogas, biogas installation,
biofertilizers, manure.**

щих организаций. В 2003 году правительством Российской Федерации утверждена Энергетическая стратегия России на период до 2020 года [2]. Этот правовой акт устанавливает минимально допустимые в современных условиях экономические и организационные основы развития. Ведётся разработка федеральной программы по использованию НВИЭ. Предполагается развивать производственные мощности оборудования нетрадиционной энергетики, на что планируется выделить 1,315 млрд руб. из федерального, региональных и местных бюджетов.

Стратегическими целями использования возобновляемых источников энергии и местных видов топлива являются:

- сокращение потребления невозобновляемых топливно-энергетических ресурсов;
- снижение экологической нагрузки от топливно-энергетического комплекса;
- обеспечение децентрализованных потребителей и регионов с дальним и сезонным ввозом топлива;
- снижение расходов на дальнепривозное топливо.

Необходимость развития возобновляемой энергетики определяется её ролью в решении следующих проблем:

- обеспечение устойчивого тепло- и электроснабжения населения и производства в зонах децентрализованного энергоснабжения, в первую очередь, в районах Крайнего Севера и приравненных к ним территориях;
- обеспечение гарантированного минимума энергоснабжения населения и производства в зонах централизованного энергоснабжения, испытывающих дефицит энергии, предотвращение ущерба от аварийных и ограничительных отключений;
- снижение вредных выбросов от энергетических установок в городах и населённых пунктах со сложной экологической обстановкой, а также в местах массового отдыха населения.

Оценки показывают, что к 2015 году в Российской Федерации может быть осуществлён ввод в действие около 1000 МВт электрических и 1200 МВт тепловых мощностей на базе возобновляемых источников энергии при соответствующей государственной поддержке.

В настоящее время возобновляемые источники энергии (энергия рек, ветра, солнца, биомассы, тепла Земли) в энергобалансе России составляют 22%. Ведущую роль занимает большая гидроэнергетика (20%).

При рассмотрении стратегии развития энергетики России необходимо учитывать, что согласно данным Института мировых ресурсов и других международных организаций при существующих темпах роста энергопотребления запасов жидкого ископаемого топлива в России осталось на 1-2 поколения, угля и урана – на 2-4 поколения жителей России. В России осуществля-

ется строительство 15 гидроэлектростанций суммарной мощностью 8500 МВт с проектной среднегодовой выработкой электроэнергии 33,5 млрд кВт·ч. Среди них: Богучанская (9000 МВт) в Красноярском крае, Бурейская (2000 МВт) в Амурской области, Вилюйская (525 МВт) в Якутии, Зеленчукские в Карачаево-Черкесии и Ирганайская ГЭС.

Экономический потенциал гидроэнергетики составляет 850 млрд кВт·ч, а экономический потенциал всех возобновляемых источников энергии составляет 32000 млрд кВт·ч, что в 37 раз больше. Таким образом, развитие возобновляемой энергетики является ключевым фактором роста энергетики и устойчивого развития России [3].

Атомная энергетика, на долю которой сегодня приходится 16% выработки электроэнергии, – относительно молодая отрасль российской промышленности. Сегодня в России насчитывается 10 действующих атомных электростанций, эксплуатирующих 31 энергоблок установленной мощностью 23242 МВт. Из них 15 реакторов с водой под давлением (9 ВВЭР-1000 и 6 ВВЭР-440), 15 канальных кипящих реакторов (11 РБМК-1000 и 4 ЭГП-6), а также один реактор на быстрых нейтронах БН-600, который находится на Белоярской АЭС. За 2006 год российские АЭС выработали 154,6 млрд кВт·ч, из них реакторами типа ВВЭР было произведено 83,1 млрд кВт·ч, а реакторами типа РБМК, БН и ЭГП – 71,5 млрд кВт·ч. В рамках федеральной целевой программы «Развитие атомного энергопромышленного комплекса России на 2007-2010 годы и на перспективу до 2015 года» планируется построить три энергоблока типа ВВЭР-1000 на Балаковской, Волгодонской и Калининской атомных электростанциях. В целом же 40 энергоблоков должны быть построены до 2030 года.

Биоэнергетика за последние 10-15 лет стала в мире самостоятельной отраслью энергетики. В Бразилии, Китае, Индии, странах ЕС и других государствах её доля в энергобалансе превышает суммарный вклад остальных возобновляемых источников энергии. Учитывая, что сегодня до 70% территории России, а также около 30-35% крестьянско-фермерских хозяйств не имеют постоянного централизованного энергоснабжения, можно утверждать, что создание безотходных предприятий АПК существенно повысит

энергооборужённость страны. Развитие этой отрасли энергетики в России базируется на трёх основных составляющих: высокорентабельных промышленных технологиях, пригодных для любых климатических условий, эффективным и надёжным оборудованием и масштабной сырьевой базе. Для производства биогаза можно использовать все органические отходы АПК. Потенциальный объём этого топлива в год может составить до 75 млрд м³ с энергосодержанием 59 млн т у.т., что позволяет заместить до 52 млрд м³ природного газа (10% от его современной добычи в РФ) [4].

По сравнению с традиционными видами топлив и другими альтернативными источниками энергии биогаз сжигается в теоретическом количестве воздуха, благодаря чему обеспечивается высокий тепловой КПД и большая температура горения. Биогаз зажигается при любых температурах окружающей среды и обладает высокими противодетонационными свойствами (табл. 2).

Энергия, заключённая в 1 м³ биогаза, эквивалентна энергии 0,6 м³ природного газа, 1,74 л нефти, 0,65 л дизельного топлива, 0,86 т у.т. [3].

Использование биогаза как топлива позволяет получить значительный экологический эффект. Продукты энергетических процессов, связанных с использованием традиционных видов топлива, составляют 80-88% всех видов загрязнения биосферы. Для оценки вредных веществ в продуктах сгорания определены показатели суммарной экологической опасности (рис. 1). Показатели приведены к безразмерному виду: в количественном отношении пересчитаны на условное топливо, токсичность выражена как отношение предельно допустимой концентрации данного вещества к ПДК золя.

Уменьшение отрицательного воздействия на окружающую среду в результате замены традиционных видов энергоносителей биогазом является лишь одной компонентой экологического эффекта рассматриваемого процесса.

Другая не менее значимая составляющая может быть определена как возвращение значительного количества отходов производства и потребления в производственный цикл и уменьшение ущерба, причиняемого окружающей среде в результате накопления отходов.

Из 1 т органических отходов при термифильном метановом брожении обра-

Таблица 2
Основные характеристики биогаза при содержании метана 50-80%

Характеристика	Значение
Плотность при нормальных условиях, кг/м ³	0,95-1,4
Низшая теплота сгорания, МДж/м ³	18,0-27,5
Высшая теплота сгорания, МДж/м ³	20,0-31,5
Температура воспламенения, °С	650-750
Предел воспламеняемости (содержание в воздухе), %	6-12
Теоретический объём воздуха, необходимый для горения, м _в /м _б	4,8-7,6
Содержание углекислого газа в сухих продуктах сгорания, %	14,3-21,0
Нормальная скорость распространения пламени, см/с	16-22
Концентрационные пределы воспламенения, %:	
низший	6,5-10
высший	17-31

зуется 1 т высокоэффективных органических удобрений, которые по своему действию на растение заменяют 80-150 т исходного сырья. Применение таких удобрений повышает урожайность всех культур как минимум на 20%, что позволяет сэкономить до 20% горюче-смазочных материалов при сельхозработах.

Принцип работы биогазовой установки

Жидкие биоотходы перекачиваются на биогазовую установку фекальными насосами по бардопроводу или трубопроводу навозоудаления. Канализационная насосная станция находится в специальном технологическом помещении. Твёрдые отходы (например, навоз, помёт) доставляются по транспортёрной ленте, а с хранилища помёта или навоза – трактором. Жидкие отходы попадают не прямо в реактор, а в предварительную ёмкость. В этой ёмкости происходит гомогенизация массы и подогрев (иногда – охлаждение) до необходимой

температуры. Обычно объём такой ёмкости – на 2-3 дня. Твёрдые отходы могут сгужаться в ёмкость с жидкими отходами и перемешиваться с ними либо твёрдые отходы загружаются в специальный шнековый загрузчик (рис. 2.).

Из ёмкости гомогенизации и загрузчика твёрдых отходов биомасса (навоз, помёт или барда) поступает в реактор (другое название: биореактор, метантенк, ферментатор). Реактор является газонепроницаемым полностью герметичным резервуаром из кислотостойкого железобетона. Эта конструкция теплоизолируется слоем утеплителя. Внутри реактора поддерживается фиксированная для микроорганизмов температура (30-41°C). Перемешивание биомассы внутри реактора производится несколькими способами. Способ перемешивания выбирается в зависимости от типа сырья, влажности и других параметров. Перемешивание производится наклонными миксерами и погруж-

ными мешалками. Материал всех перемешивающих устройств – нержавеющая сталь. В отдельных случаях перемешивание не механическое, а гидравлическое, то есть масса раздаётся насосами по трубкам в слой, где живут колонии бактерий. Реакторы – с деревянным или железобетонным сводом. Срок службы реактора – более 25-30 лет.

Подогрев реактора ведётся тёплой водой. Температура воды на входе в реактор – 60°C. Температура воды после реактора – около 40°C. Система подогрева – это сеть трубок, находящихся внутри стенки реактора либо на её внутренней поверхности. Если биогазовая установка комплектуется когенерационной установкой (теплоэлектрогенератором), то вода от охлаждения генератора используется для подогрева реактора. Температура воды после генератора – 90°C. Тёплая вода с температурой 90°C смешивается с водой 40°C и поступает в реактор с температурой 60°C. Вода специально подготовленная и рециркуляционная. В зимний период биогазовой установке требуется до 70% вторичного тепла, отведённого от теплоэлектрогенератора. В летний – около 10%. Если биогазовая установка работает только на производство газа, то тёплая вода берётся от специально установленному водогрейного котла. Затраты тепловой и электрической энергии на нужды самой установки составляют от 5 до 15% всей энергии, которую даёт биогазовая установка.

Всю работу по сбраживанию отходов проделают анаэробные микроорганизмы. В биореактор микроорганизмы вводятся один раз при первом запуске. Дальше никаких добавок микроорганизмов и дополнительных затрат не требуется. Введение микроорганизмов производится одним из трёх способов: 1) введение концентрата микроорганизмов; 2) добавление свежего навоза; 3) добавление биомассы с другого действующего реактора. Обычно используются 2-й и 3-й способ из-за дешевизны. В навозе микробы присутствуют и попадают в него ещё из кишечника животных. Эти микроорганизмы полезны и не приносят вреда человеку или животным. К тому же реактор – это герметичная система. Поэтому реакторы, а точнее было бы назвать их ферментёрами, располагаются в непосредственной близости от фермы или производства. Всей системой управляет система автоматики. Система контролирует работу насосной станции, мешалок, системы подогрева, газовой автоматики, генератора. Для управления достаточно всего одного человека.

Переброшенная масса – это биоудобрения, готовые к использованию. Жидкие биоудобрения отделяются от твёрдых с помощью сепаратора и сохраняются в ёмкости для хранения биоудобрений. Твёрдые удобрения хранятся на специальном участке. Из ёмкости хранения жидких удобрений насосами масса перекачивается в бочки-при-

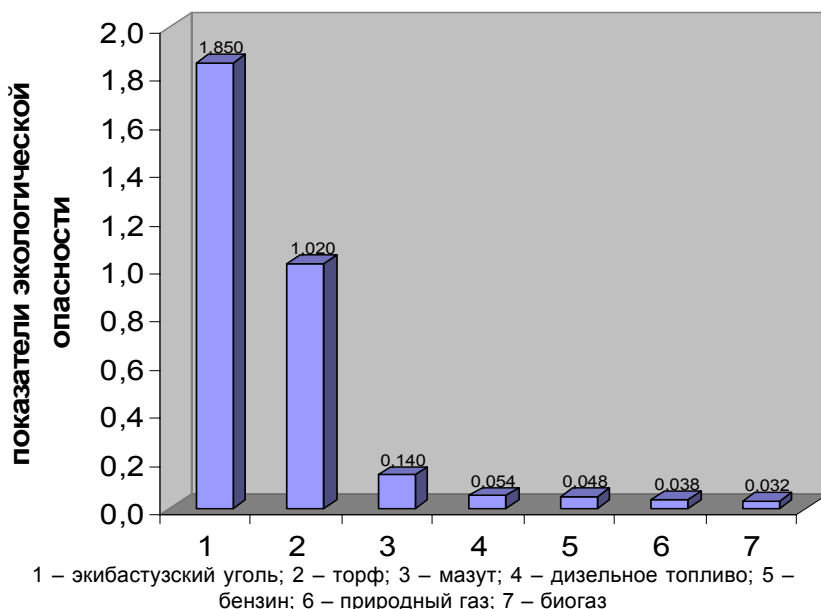


Рисунок 1. Обобщённая оценка загрязнения окружающей среды продуктами сгорания



Рисунок 2. Схема биогазовой установки

Биология

цепы и вывозится на свои поля или на продажу. Как вариант возможна комплектация биогазовой установки линией фасовки и упаковки биоудобрений в бутылочки по 0,3; 0,5; 1,0 л. Если биоудобрения не представляют никакого интереса для собственника, что вообще странно, и требуется избавиться от жидкого субстрата, тогда биогазовая установка комплектуется устройствами с дополнительными степенями очистки [5]. В настоящее время в России выпускается несколько видов биогазовых установок.

Индивидуальная биогазовая установка для крестьянской семьи (ИБГУ-1) предназначена для экологически чистой безотходной переработки органических отходов, образующихся на крестьянском подворье (навоз, помёт птицы, пищевые и твердые бытовые отходы и т.д.), с получением газообразного топлива – биогаза – и экологически чистых органических удобрений, лишённых патогенной микрофлоры, яиц гельминтов, семян сорняков, нитритов и нитратов, специфических запахов. Производительность: суточный объём обрабатываемых отходов может колебаться от 50 до 200 кг. Суточный объём выделяемого биогаза в зависимости от объёма загружаемого сырья колеблется от 3 до 12 м³ с содержанием 55-60% метана и полным отсутствием сероводорода. Стоимость (без учёта газоиспользующего оборудования) – 320 тыс. руб. Изготовители: АО «Центр «ЭкоРос»,

АО «Стройтехника – Тульский завод», АО «Юргинский машиностроительный завод», АО «Заволжский авторемонтный завод» [6].

Также имеются установки производительностью по сырью от 20 до 400 т/сутки. Их стоимость составляет 3000000-6400000 руб. соответственно.

На сегодняшний день Свердловская область обладает большим количеством сырья для производства биогаза и биоудобрений. В таблице 3 приведены данные годового накопления навоза в области исходя из минимального количества навоза 85%-ной влажности.

Переработка тонны навоза на биогазовой установке даёт одну тонну жидких органических удобрений, норма внесения которых составляет от 1 до 3 т на га. Переработка отходов животноводства в Свердловской области позволит получить 3500000 т жидких удобрений, что удовлетворит потребности сельского хозяйства области в удобрениях.

Одновременно с получением жидких удобрений в результате анаэробной пе-

реработки отходов животноводства будет получен биогаз для обеспечения бытовых энергетических нужд сельского населения и потребностей в моторном топливе. Полная переработка навоза позволяет получить 200 млн м³ биогаза, что соответствует получению 130000 т дизельного топлива. В ценовом эквиваленте это соответствует объёму средств, выделяемых ежегодно из бюджета Свердловской области на развитие всех сельхозпредприятий. Общие выгоды, получаемые при переработке отходов животноводства, позволяют окупить стоимость их внедрения менее чем за год работы установок.

Применение биогазовых и энергосберегающих технологий в Свердловской области обеспечит эффективный рост производства сельскохозяйственной продукции, улучшение жизненного уровня сельского населения и экологической ситуации в регионе. Более того, использование биоудобрений снижает зависимость от внешних поставок минеральных удобрений и создаёт внешнюю экономию.

Таблица 3

Накопление навоза в Свердловской области

Животные	Количество голов в хозяйствах области	Навоз на одно животное в сутки, кг	Навоз (т в сутки по области)	Навоз (т в год по области)
КРС	209250	36	7533	2749545
Птица	10500000	0,16	1680	613200
Свины	137550	4	550,2	200823
Итого			9763,2	3563568

Литература

1. Российская газета. 2003. 9 апр.
2. Российская газета. 2003. 30 сент.
3. Агеев В. А. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии : курс лекций. URL: <http://dhes.ime.mrsu.ru/>
4. Панцхава Е., Пожарнов В., Шипилов М. Развитие биоэнергетики в России // Агрорынок. 2007. № 2. С. 12-14.
5. Биогазовые установки. URL: <http://zorgbiogas.ru/biogazovye-ustanovki/>
6. Биогазовая установка «ИБГУ-1». URL: http://reenergy.by/index.php?option=com_content&task=view&id=286&Itemid=88888955/