

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Российский научно-исследовательский институт информации
и технико-экономических исследований
по инженерно-техническому
обеспечению агропромышленного комплекса»
(ФГБНУ «Росинформагротех»)

**РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ
БИОТЕХНОЛОГИИ
ПРОИЗВОДСТВА
АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВИДОВ
ТОПЛИВА В ЖИВОТНОВОДСТВЕ**

Научный аналитический обзор

Москва 2011

УДК 620. 95

ББК 31.358

Т 46

Рецензенты:

д-р техн. наук **И. Г. Голубев** (ФГБНУ «Росинформагротех»);
dipl.-ing. **Ларс Клинкмюллер** (CarboCycle, ФРГ)

Тихонравов В. С.

Т 46 **Ресурсосберегающие биотехнологии производства альтернативных видов топлива в животноводстве:** науч. аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2011. – 52 с.

ISBN 978-5-7367-0883-3

Описано преимущество биогазовых технологий в ресурсосбережении и улучшении экологии, изложена краткая теория получения биогаза, дан анализ различных типов биогазовых установок и применяемых технологий как за рубежом, так и в России.

Рассмотрены вопросы применения биогаза и его очистки, новые финансовые механизмы строительства биогазовых установок, а также инновационные технологии биоконверсии побочных продуктов переработки сырья животного происхождения с получением новых пищевых продуктов, кормов и биотоплива. Приведены примеры строительства биогазовых установок в России в последние годы.

Использованы материалы международных конгрессов «Биогаз-2008» и «Биогаз-2009», конференций по альтернативной энергетике на выставках «Золотая осень – 2009» и «Золотая осень – 2010», Международной конференции «Биоэнергетика в Центральной России: шансы для немецких технологий и возможности кооперации», научно-практической конференции «Альтернативная энергетика российско-немецкого проекта «Биометан» и др.

УДК 620. 95

ББК 31.358

ISBN 978-5-7367-0883-3

© ФГБНУ «Росинформагротех», 2011

ВВЕДЕНИЕ

Одним из направлений экономического развития общества является развитие ресурсосберегающих технологий. Это технологии, обеспечивающие производство продукции с минимально возможным потреблением топлива и других источников энергии, а также сырья, материалов, воздуха, воды и прочих ресурсов для технологических целей. Они включают в себя использование вторичных ресурсов, утилизацию отходов, а также рекуперацию энергии, замкнутую систему водообеспечения и др. Позволяют экономить природные ресурсы и избегать загрязнения окружающей среды [1].

Большие перспективы в области охраны окружающей среды и рационального природопользования имеют достижения биотехнологии.

Биотехнология – это область человеческой деятельности, которая характеризуется широким использованием биологических систем всех уровней в самых разнообразных отраслях науки, промышленного производства, медицины, сельского хозяйства и других сферах. Отличается от многих технологий сельского хозяйства, в первую очередь, широким использованием микроорганизмов: прокариот (бактерий, актиномицетов), грибов и водорослей. Это связано с тем, что микроорганизмы способны осуществлять самые разнообразные биохимические реакции.

В качестве наиболее эффективного биотехнологического решения, способного сократить выбросы, можно привести получение биогаза при переработке биомассы и сточных вод. Современные комплексы по биотехнологической переработке могут превратить любые биологические отходы (жмых, солому, навоз — любое органическое вещество) в биогаз, который служит источником энергии и востребован в энергетике и промышленности.

Использование в качестве топлива биомассы, получаемой на основе отходов сельскохозяйственного и промышленного производства, а также бытовой деятельности, является новым явлением в ресурсосбережении и масштабной энергетике. Биомассу можно рассматривать как одну из форм накопления и преобразования солнечной энергии. Одно из важнейших направлений биоэнергетики — пе-

реработка отходов сельскохозяйственного производства. Выход на новый уровень технико-энергетических решений ведет к замене традиционного сжигания биомассы воздействием на нее с помощью микробиологических, термических методов. В целом ферментация органических отходов может удовлетворить немалую часть энергетических потребностей населения и способствовать ресурсосбережению. Биоэнергетические установки позволяют экономить ресурсы и снимают часть энергетического дефицита в сельскохозяйственных районах, в сфере мелкой промышленной деятельности, в быту, и могут стать существенным элементом в системе региональной энергетической стратегии.

1. ДОСТОИНСТВА БИОГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Агропромышленный комплекс России сталкивается с проблемой утилизации огромного количества отходов – чаще они просто вывозятся с территорий ферм и складироваются. Это приводит к окислению почв, отчуждению сельскохозяйственных земель (более 2 млн га сельскохозяйственных земель занято под хранение навоза), загрязнению грунтовых вод и выбросам в атмосферу метана – парникового газа. На государственном уровне ставится задача интенсивного развития сельского хозяйства с высоким уровнем эффективности и глубины переработки, поэтому эту проблему надо решать.

Отходы АПК, которые необходимо утилизировать, являются существенным энергетическим ресурсом, так как с разной степенью эффективности возможно получение биогаза почти из всех видов сельскохозяйственных отходов. Таким образом, развитие биогазовой энергетики – это не только возможное решение проблемы отходов, но и энергетических проблем и ресурсосбережения в сельском хозяйстве. А эти проблемы существуют: большая часть регионов с развитым сельским хозяйством, а соответственно, и с высокой концентрацией ресурсов для производства биогаза (Белгородская область, Краснодарский и Алтайский края и др.) являются энергодефицитными, где энергоснабжение сельхозпроизводителей осуществляется

по остаточному принципу. Во всех сельскохозяйственных регионах существует проблема крайне низкой степени доступности объектов энергетической инфраструктуры, в частности, только 37% крупных и средних сельхозпроизводителей имеют доступ к сетевому газу.

В количественном выражении суммарный энергетический потенциал отходов АПК РФ достигает 81 млн т у.т. Если весь биогаз будет перерабатываться на когенерационных установках, то это позволит на 23% обеспечить суммарные потребности экономики в электроэнергии, на 15 – в тепловой энергии и на 14% – в природном газе или же полностью обеспечить доступ сельских районов к газу и тепловой мощности [2].

Биогазовая энергетика – это ещё источник дешевых комплексных органических удобрений, которые образуются как субпродукт при производстве биогаза. Например, ежедневный органический потенциал переработки навоза 1 ед. КРС составляет 0,25 кг азота, 0,13 кг оксида фосфора, 0,3 кг оксида калия и 0,25 оксида кальция и сравним с 1 кг комплексных удобрений. Для сельского хозяйства такие дешёвые и доступные удобрения – это интенсификация производства и повышение конкурентоспособности отечественной продукции.

Биогазовые установки решают следующие проблемы:

- энергетические – рост цен на электроэнергию и ухудшение состояния энергетической инфраструктуры, расходы на энергоснабжение составляют значительную часть затрат предприятий агрокомплекса и пищевой промышленности и водоканалов. Биогазовая установка – надёжная и экономически выгодная альтернатива магистральному природному газу и централизованному электроснабжению, независимость от растущих тарифов, от возможных сбоев в поставках газа и электроэнергии;

- экологические – стоимость утилизации отходов, экологические штрафы также становятся все более значимой статьёй расходов сельхозпредприятий. Биогазовые технологии полностью решают проблемы утилизации органических отходов с разделением их на чистую воду, биогумус и минеральные удобрения с высоким содержанием азотной и фосфорной составляющей;

- сельскохозяйственные – отсутствие энергетической инфра-

структуры сдерживает развитие АПК. Биогазовые технологии повышают эффективность сельского хозяйства, обеспечивают развитие новых рентабельных отраслей (овощеводства, цветоводства, производства молочных продуктов с высокой добавленной стоимостью) за счёт доступности дешёвого тепла и электроэнергии, а также удобрений;

- экономические – расходы на энергию составляют основную часть себестоимости продукции агропредприятий. Уже с первого года эксплуатации биогазового комплекса значительно сокращаются затраты, что высвобождает средства компаний для модернизации и развития и повышает конкурентоспособность;

- модернизационные – позволяют развивать современные энерго- и ресурсосберегающие технологии;

- социальные – создание новых рабочих мест, повышение качества жизни в сельской местности.

Биогазовые технологии основаны на анаэробной переработке органических веществ, содержащихся в сырье растительного и животного происхождения, с последующим получением горючего газа. Наибольшей экономической эффективности можно достичь при реализации биогазовых технологий, направленных на решение энергетической, агрохимической и экологической задач. В этом случае основным сырьем для получения биогаза являются животноводческие навозные стоки и куриный помет.

Еще одним товарным продуктом промышленной переработки навоза, помета и растительных остатков в биогаз являются органоминеральные удобрения. Получаемые в результате анаэробной переработки навоза, они обладают высокой эффективностью и обеспечивают дополнительный прирост урожайности культур – в среднем на 20 % (по сравнению с применением несброженного навоза). Объясняется это тем, что в отличие от традиционных способов приготовления органических удобрений методом компостирования, приводящих к потерям до 40 % азота, при анаэробной переработке происходит минерализация азота, фосфора и калийсодержащих органических соединений с получением минерализованных форм NPK, наиболее доступных для растений. Кроме этого, в сброженном навозе по сравнению с несброженным в 4 раза увеличивается

содержание аммонийного азота, а количество усваиваемого фосфора удваивается.

Получение и использование биогаза относится к инновационной энергетике, энерго- и ресурсосберегающим и природоохранным технологиям. О приоритетности подобных технологий для России заявлял в своем Послании в 2010 г. президент Дмитрий Медведев.

2. КРАТКАЯ ТЕОРИЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОГАЗА

Среди биотехнологий, применяемых для производства топлив и энергии, важное место занимают биогазовые технологии. В мире в настоящее время используется или разрабатывается около 60 разновидностей биогазовых технологий [3]. Их интенсивное внедрение в развитых и развивающихся странах, повышение эффективности и рентабельности внесли значительные изменения в переориентировку этих технологий от только энергетических к экологическим и агрохимическим (производство удобрений), особенно при переработке разнообразных органических отходов. Очевидно, это является решающей альтернативой для получения биогаза [4].

Биогаз – общее название горючей газовой смеси, получаемой при разложении органических субстанций в результате анаэробного микробиологического процесса (метанового брожения). С целью эффективного его производства из органического сырья создаются комфортные условия для жизнедеятельности нескольких видов бактерий при отсутствии доступа кислорода.

Принципиальная схема процесса образования биогаза представлена на рис. 1.

Базовыми критериями, определяющими разработку и выбор той или иной биогазовой технологии, являются механохимические свойства сырья-субстрата, температура ферментации, рентабельность.



Рис. 1. Схема процесса образования биогаза [5]

Первые два критерия определяют следующие технологические параметры: время удерживания, скорость загрузки реактора, перемешивание.

Биомасса и отходы, содержащие более 85% влаги, относят к жидкому типу сырья. Для его использования применяются технологии жидкофазной метангенерации. Биомасса и отходы влажностью менее 85% относят к твердому типу сырья, для конверсии которого в биогаз разрабатываются технологии твердофазной ферментации. Твердая биомасса и отходы далеко не однозначны по своим механохимическим свойствам, они делятся на «влажные» (60-86% влажности) и «сухие» (10-60% влажности). «Влажная» биомасса может быть рассыпчатой или вязкотекучей.

Состав сырья влияет не только на особенности технологий, но и на состав биогаза – концентрацию метана в нем. Если сырье полисахаридного или углеводного типа, то концентрация метана составляет 50-55%, при преобладании жиров концентрация метана повышается до 85%, если преобладают белки, то концентрация метана составляет 65-75%.

Развитие метаногенных экосистем происходит при температуре от 4 до 90-100°C. На практике наиболее широко используются два температурных режима: мезофильный (20-37°C) и тер-

мофильный (40-55°C). В последнее время разрабатываются технологии, использующие психрофильный режим метангенерации: (10-20°C). При термофильных процессах скорость метангенерирования по сравнению с мезофильным режимом повышается в 2-3 раза. А это значит, можно с большей интенсивностью использовать реакторы, что имеет определенные экономические выгоды.

Таким образом, изыскание таких метаногенных ассоциаций, которые могли бы развиваться при температуре 70-80°C, – один из кардинальных подходов к решению проблемы повышения скорости процесса.

Время удерживания субстрата в реакторе – это время разложения субстрата и максимального выделения биогаза. Этот параметр является очень важным при разработке технологий. На практике используют экономически выгодное время удерживания, т.е. экономически выгодное время разложения органических веществ и образование биогаза.

Все технологии получения биогаза делятся на периодические, полупериодические и непрерывные. В двух последних важную роль играет такой параметр, как скорость замены субстрата в реакторе. Величина этой скорости определяется делением рабочего объема реактора на время удерживания. Время удерживания обратно пропорционально скорости процесса. Следовательно, чем выше скорость, тем меньше время удерживания, тем меньшего объема нужен реактор, тем экономичнее биогазовая установка.

Время удерживания может варьироваться в больших пределах: от нескольких часов до десятков дней. Наиболее распространенное в практике время удерживания для термофильного процесса – 5-10 суток, для мезофильного процесса – 15-30. В настоящее время имеются технологии и с более коротким временем удерживания – до нескольких часов.

Время удерживания тесно связано с таким параметром, как скорость загрузки реактора или скорость поступления органического вещества в единицу времени на единицу рабочего объема реактора. С повышением скорости загрузки увеличивается выход биогаза на единицу объема реактора, но уменьшается выход на

единицу массы сырья, при снижении скорости загрузки уменьшается выход биогаза на объем реактора, но увеличивается выход на единицу массы субстрата. Например, при термофильном брожении отходов животноводства и скорости загрузки реактора 2,7% достигается высокий выход биогаза – 4,5 л в сутки на 1 л объема реактора при времени удерживания трое суток.

Таким образом, механохимические особенности сырья, температура ферментации, время сбраживания, скорость загрузки и перемешивание – факторы, тесно взаимосвязанные и определяющие основные принципы разрабатываемых технологий и конструкций реакторов для получения биогаза.

Е.С. Панцхава и Г.М. Карагезян в 1980-х годах предложили технологию трехстадийной метангенерации. Процесс непрерывный, время удерживания трое-пять суток. Объемы последовательно расположенных реакторов увеличиваются в соотношении 1:2:4 с повышением температуры в каждом реакторе 40:45:55 °С. В первом реакторе происходит бактериальный гидролиз, во втором – кислотогенный процесс, в третьем – метангенерация. Выход биогаза увеличивается до 500-600 м³ с 1 т навоза (в пересчете на абсолютно сухое вещество) вместо 200-250 м³/т при использовании обычной технологии. Преимущества: ускорение процесса, снижение металлоемкости и энергозатрат, увеличение газоотдачи, отсутствие коркообразования, гарантия экологической чистоты получаемых удобрений.

Фирмы «Конструмекс» и «Биотех» (Венгрия) совместно разработали и внедрили в одном из сельскохозяйственных кооперативов под Будапештом технологию твердофазной метангенерации подстилочного навоза фермы крупного рогатого скота с исходной влажностью 75%. Процесс периодический батарейный, температура ферментации 55°С, время удерживания 28 суток, влажность бродящего субстрата 80%, объем реакторов 2400 м³. Субстрат подается в реакторы с помощью шнека. Станция обслуживает ферму на 1200 голов, суточный выход биогаза 1500 м³. Благодаря использованию биогаза в год хозяйство экономит до 500 т топочного мазута. Преимущества: отсутствие избыточной жидкой фазы и коркообразования.

Установки для анаэробного сбраживания навоза можно подразделить на четыре основных типа:

- отсутствуют подвод тепла и перемешивание сбраживаемого навоза;

- отсутствует подвод тепла, но осуществляется перемешивание сбраживаемого навоза;

- осуществляются подвод тепла и перемешивание сбраживаемого навоза;

- осуществляются предварительная подготовка навоза для сбраживания, подвод тепла, перемешивание, имеются средства контроля и управления процессом анаэробного сбраживания навоза.

Подвод тепла осуществляется перегретым паром при давлении 0,8-5 кг/см², который подается в сбраживаемый навоз, горячей водой, циркулирующей в змеевиках или водяной рубашке, электронагревательными элементами, расположенными в водяной рубашке или по наружной поверхности реактора.

Перемешивание осуществляется механическими мешалками различной формы или погружными насосами с приводом от электродвигателя, гидравлическими насадками за счет энергии струи перекачиваемого насосом сбраживаемого навоза или рециркуляции, избыточным давлением биогаза, пропускаемого через барботер или трубку, расположенные в нижней части реактора.

Предварительная подготовка навоза перед подачей его на анаэробное сбраживание осуществляется измельчением, нагревом навоза до заданной температуры сбраживания, аэробным или анаэробным выдерживанием, стабилизацией исходного навоза по содержанию органического вещества.

Применяется автоматическое управление и осуществляется контроль параметров процесса сбраживания: температуры, pH среды, уровня навоза в реакторе, содержания органического вещества в реакторе, давления газовой фазы, дозированной загрузки и выгрузки реактора, выхода биогаза.

За рубежом в существующих установках реализуется в основном мезофильный процесс при 30-35°C. В России в соответствии с требованиями санитарно-ветеринарного контроля отходы животноводства и птицеводства перерабатываются при термофильном режиме 52-55°C [6].

3. БИОГАЗОВЫЕ УСТАНОВКИ

На современном этапе развития биотехнологии важное значение приобретают интенсификация процесса метанового сбраживания и снижение за счет этого капитальных и эксплуатационных затрат.

Опыт внедрения биоэнергетических установок за рубежом свидетельствует об ускоренном развитии этого направления, их совершенствовании. Примерами соответствующих технических решений могут служить установки модульного типа, разработанные фирмами «Биосистем» (Швеция), «Липп» (ФРГ), «Энбом» и «Карелиа Трейд Ой» (Финляндия), выполняемые на основе горизонтальных цилиндрических реакторов с продольными мешалками.

В установке фирмы «Биосистем» достигнутая экспозиция сбраживания составляет 11-12 суток при удельном выходе биогаза $1,8 \text{ м}^3/\text{м}^3$ реактора в сутки. Интенсификация достигается благодаря введению предобработки сбраживаемой массы в выдерживателе, объем которого составляет $1/5$ от объема реактора.

Установка фирмы «Энбом», имеющая близкие к «Биосистем» характеристики и тип реактора, не содержит выдерживателя, а многостадийность и связанная с этим интенсификация процесса обеспечиваются за счет секционной конструкции реактора, создаваемой поперечными перегородками.

Недостатки горизонтальных метантенков: они ограничены по диаметру транспортными габаритами, связаны с большой длиной механических мешалок, расположенных в горизонтальном направлении. Это требует сложного механического оборудования и значительных энергетических затрат на работу таких мешалок.

Другое направление в реакторостроении представляют крупные вертикальные метантенки, собираемые на месте. Это биореакторы фирм «Клаухан» (Дания), «Швартинг» и МББ (ФРГ), «Аджиб Джиза» (Италия), «Дёмшёд» (КНР), «Ижинеринг» (Франция), «Пеку» (Бельгия), «Бритиш биогаз» (Англия) и др.

Биоэнергетические установки второго поколения (фирма «Клаухан»), предназначенные для метанового сбраживания жидкого навоза, обеспечивают глубину разложения органики до 50%.

Сокращение экспозиции сбраживания до 7,2 суток достигается за счет отдельного сбраживания волокнистой и жидкой фракций с иммобилизацией активной микрофлоры на пластмассовых носителях в анаэробном фильтре. В этом случае жидкая фракция сбраживается при значительном сокращении экспозиции (до 1,5 суток), в то время как плотная волокнистая фракция может обрабатываться в традиционном реакторе с увеличенной экспозицией. Таким образом, установка «Клаухан» представляет собой гибрид традиционного метантенка и анаэробного фильтра.

Двухступенчатая биогазовая установка фирмы «Швартинг» (ФРГ) также состоит из двух бродильных емкостей с возвратно-поступательным перемешиванием массы. Кислотогенная стадия процесса отделена от метаногенной и протекает каждая в своей емкости при температуре 55°C. Благодаря этому существенно (от одних до восьми суток) сокращается время технологической выдержки сбраживаемой массы в метаногенной стадии, являющейся лимитирующей во всем процессе.

Еще более значительное повышение эффективности процесса сбраживания достигнуто немецкой фирмой МББ на установке с реактором объемом 1000 м³, рассчитанной на переработку навоза от 1200 голов КРС и растительных отходов (трава, ботва и т.д.). Выход газа при этом составил, по данным фирмы, 2-3 м³ на 1 м³ реактора, что более чем вдвое превысило удельные показатели метантенков аналогичного назначения.

Реактор конструктивно выполнен в виде двухкамерной емкости, разделенной решетчатой диафрагмой, на которой сверху размещена сыпучая масса, служащая объемным фильтром для разделения сбраживаемой массы на жидкую и густую фракции и для фиксации метаногенной флоры.

Для переработки разбавленных стоков следует отметить систему анаэробного сбраживания (как наиболее отработанную в технологическом отношении) итальянской фирмы «Аджип Джиза». Наряду с отдельным сбраживанием жидкой и твердой фракций стока здесь предусматриваются денитрификация сброженной жидкой фазы и дальнейшее выращивание на ней водного гиацинта с последующим использованием его на корм. Сбраживание жидкой фазы влажностью 98-99% осуществляется в мезофильном диапазоне при темпе-

ратуре 35°C и экспозиции двое-трое суток. Данные по биогазовым установкам, применяемым в развитых странах, приведены в табл. 1.

Сравнительный анализ технических характеристик биогазовых установок показывает, что наибольшая скорость процесса сбраживания при соизмеримой полноте разложения органической составляющей навоза достигнута на установках фирм «Колорадо биогаз» (США), «Липп» (ФРГ), «Биосистем» (Швеция) и «Клаухан» (Дания). Абсолютное большинство установок работают на границе энергетической эффективности.

Для широкого распространения биогазовой технологии особое значение имеют следующие факторы: стоимость установки; удельная производительность; полнота переработки сброженной массы и биогаза в наиболее ценные продукты по сравнению с исходным сырьем; эффективность в решении задач, связанных с охраной окружающей среды; высокая эксплуатационная надежность и простота обслуживания.

Стоимость установки в значительной степени определяется простотой ее технологической схемы и отсутствием в ней уникальных компонентов. Несмотря на то, что собственно биогазовый реактор вносит наибольшую долю в стоимость всей установки, затраты на него, как правило, не превышают 30% всех затрат на БЭУ. Вследствие этого более существенным является увеличение скорости переработки и связанное с этим уменьшение объема реактора, что позволит обеспечить необходимый экономический эффект раньше, чем произойдет существенное уменьшение затрат на комплектующее оборудование, входящее в состав биоэнергетической установки или значительное сокращение его номенклатуры в связи с существенным упрощением установок. Один из путей снижения стоимости биогазовых установок связан с реализацией поршневого движения потока сбраживаемой массы для перемешивания в реакторе [6].

Развитие технологии получения биогаза идет по пути совершенствования закваски, специальных активаторов процесса, температурного режима, создания оригинальных конструкций биореактора (ферментера), газового накопителя (газгольдера), повышения стабильности и надежности функционирования биогазовой установки в целом.

Таблица 1

Сравнительные данные по биогазовым установкам

Показатели	Страна, фирма								
	США, «Колорадо – биогаз»	Финляндия, «Энбом»	Швеция, «Биосистем»	Англия, «Бритиш биогаз»	Дания, «Клаухан»	Италия, «Аджио Джиза»	ФРГ, «Липп»	Франция, «Пекеже – ниринг»	Япония, «Ничимен корпорей- шен»
Вместимость метатенка, м ³	110	120	160	200	80	7000	72	250	80
Температура процесса, °С	35	37	50	35	35	35	35	37	37
Производительность по исходному навозу в сутки, м ³	7,5	12	12	18	5	440	3	25	4
Выход биогаза, м ³ /м ³ метатенка	2,5	1,5	1,8	1,6	1,5	1,0	1,5	0,9	1,0
Коэффициент заполнения метатенка	0,75	0,65	0,69	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
Способ перемешивания	Механический			Био-газом	Без перемешивания	Биогазом	Механический	Био-газом	-
Затраты энергии на перемешивание в сутки:									
кВт·ч	10	36	36	96	-	600	10	97	-
кВт·ч/м ³	0,10	0,30	0,22	0,48	Горячая вода		0,14	0,39	-
Способ подгрева КПД нагревателя	0,55	0,40	0,65	0,85	0,65	0,75	0,65	0,65	0,65

Немецкая инженерно-производственная компания «Hydromatic Petker» совместно со всемирно известным швейцарским концерном «Rittmeyer AG» и немецким институтом экологии «Steinbeis-Transferzentrum Meschede GmbH», объединив усилия и многолетний опыт, предлагают заинтересованным предприятиям инновационные технологии в области создания и практического использования систем утилизации отходов сельского хозяйства с использованием биогазовой технологии.

Главным в установке Rottaler Modell является ферментер, в котором происходят два встречных процесса: гидролиз – окисление под действием гидролизных бактерий с образованием жирных кислот и переработка жирных кислот метанобразующими бактериями с выделением биогаза.

Гидролизные бактерии представляют собой стойкие (живучие) колонии микроорганизмов, которые очень быстро размножаются в питательной среде. Нормальным является удвоение их числа в течение нескольких часов. Анаэробные (метанобразующие) бактерии размножаются гораздо медленнее. Если гидролизные бактерии получают большое количество питательного вещества, то они вырабатывают такое количество жирных кислот, которое анаэробные бактерии не успевают переработать. Это приводит к переокислению содержимого ферментера, падению показателя рН и в критической ситуации к срыву всего процесса. Чтобы этого не происходило, процесс гидролиза в установке Rottaler Modell вынесен за пределы ферментера. Специалистами компании «Hydromatic Petker» разработан специальный гидролизный блок по конструкции похожий на ферментер. Применение в биогазовой установке гидролизного блока является ноу-хау компании. Технология получения и использования биогаза приведена на рис. 2.

Отличительной особенностью предлагаемой к внедрению технологии является наличие в составе биогазовой установки блока гидролиза. Это герметичный резервуар с отоплением, смесителем, насосной станцией и входным сепаратором. Гидролизный блок подключен к входу ферментера. Приготовленная в гидролизном блоке биомасса насосом подается в ферментер непрерывно или через определенные промежутки времени, например, несколько раз в сутки.

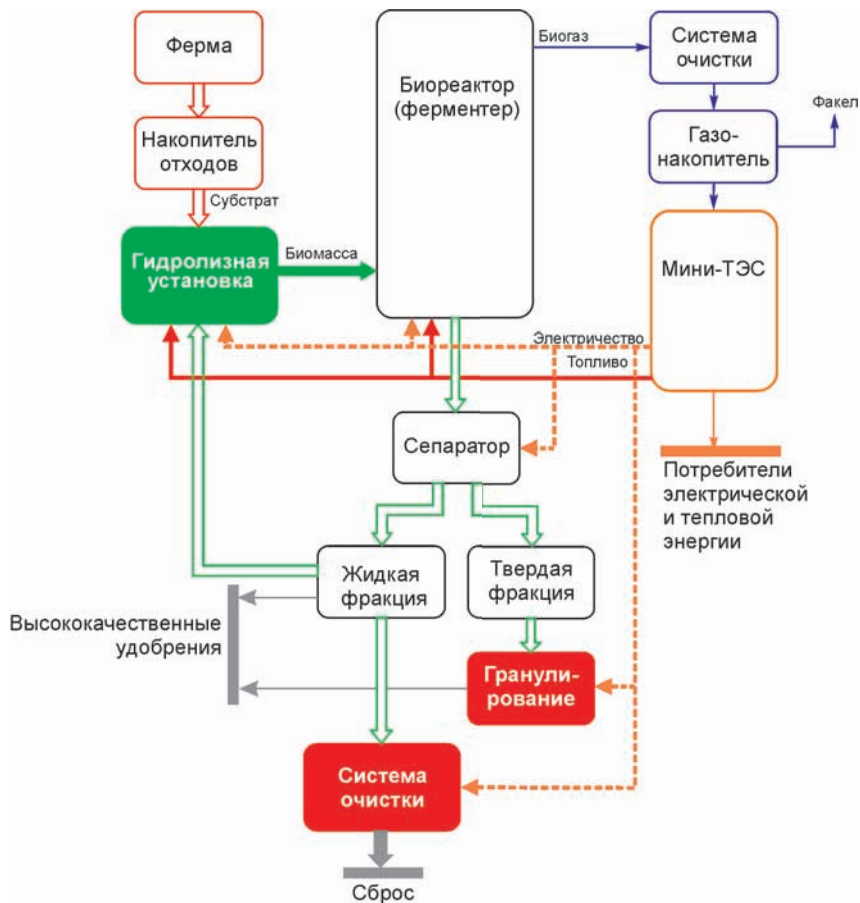


Рис. 2. Схема биогазовой установки Rottaler Modell

Наибольшая интенсивность выделения газа получается, когда в ферментер добавляют столько биомассы, сколько уже разложилось. Процесс подачи биомассы в ферментер регулируется автоматически. Перенос процесса гидролиза из ферментера в отдельный резервуар придает конкурентные преимущества биогазовой установке Rottaler Modell и позволяет получать биогаз с более высоким содержанием метана (около 70%); обеспечить стабильную и безаварийную работу всей системы в целом; избежать образования в ферментере пла-

вающего слоя и необходимости его перемешивания; использовать субстраты, содержащие целлюлозу; повысить газоотдачу из биосырья растительного происхождения (солома, трава, кормовые отходы и т.д.) за счет разложения целлюлозы; беспрепятственно перейти на другое сырье, независимо от его качества; повысить удельную загрузку ферментера и, как следствие, уменьшить его размер, а значит и расходы на строительство; сжигать твердые отходы гидролиза (лигноцеллюлоза), так как они не содержат минералов, получая при этом дополнительную энергию.

Удобрение, получаемое в жидком виде, может быть внесено в почву, высушено и гранулировано, при необходимости брикетировано. При смешивании в определенных пропорциях с различными составляющими могут быть получены компосты, почвенные смеси для теплиц и др.

Применение этих удобрений обеспечивает увеличение урожайности от 20 до 35% по различным культурам, уменьшает потребность в минеральных удобрениях (может полностью их заменить) и пестицидов, что позволяет выращивать различные культуры экономически более эффективно и получать продукцию с улучшенными потребительскими свойствами – экологически чистые продукты питания.

По сравнению с традиционно используемым навозом получаемое удобрение полностью обеззаражено, лишено семян сорняков, не имеет запаха.

Азот (N), содержащийся в исходном сырье, практически весь сохраняется в составе удобрений в аммонийной форме, более доступной для питания корневой системы растений. Коэффициент использования достигает 80% по сравнению с 30% для свежего навоза.

Фосфор (P) представлен фосфатами и нуклеопротеидами, которые усваиваются растениями лучше, чем соли минеральных удобрений.

Калий (K) в составе соединений, находящихся в жидкой фазе, полностью доступен растениям.

Мощность установки рассчитывается исходя из объема отходов, подлежащих утилизации. Все коммуникации имеют гидро- и теплоизоляцию, монтируются по поверхности, облегчая тем самым их об-

служивание и контроль. Срок технической эксплуатации биогазовой установки составляет не менее 25 лет. Окупаемость установки 1,4 года (табл. 2) [7].

Таблица 2

**Экономические показатели строительства и работы установки
Rottaler Modell**

Показатели	Выход		Стоимость, евро	Общая сумма, евро
	в час	в год		
Биогаз (всего), м ³	431,0	3 775 560		378 870
Метан, м ³	173,0	1 515 480	0,25	374 050
Электрическая энергия, кВт	650,0	5 343 600	0,07	128 250
Тепловая энергия (63 Гкал/ч), кВт	732,0	6 412 320	0,02	628 800
Удобрения густые, т		7 860	80,0	524 000
Удобрения жидкие, м ³		131 000	4,0	
Условная прибыль				2 033 970
Инвестиции в строитель- ство, кВт	650,0		4200	2 730 000
Срок окупаемости, годы				1,4
Эксплуатационные затраты:				
электроэнергия				24 500
теплоэнергия				10 580
обслуживание генератора				2 000
зарплата персонала				7 200
Итого				44 280

Фирма «АгроБиоТек» – филиал компании «LANDCO SA» (Люксембург) предлагает биогазовые установки для эффективной утилизации агропромышленных отходов и осадков сточных вод. Схема биоцентра дана на рис. 3.

Главные компоненты биогазового завода: два ферментера по 1200 м³ каждый, две емкости по 5000 м³ и яма предварительной подготовки 300 м³.

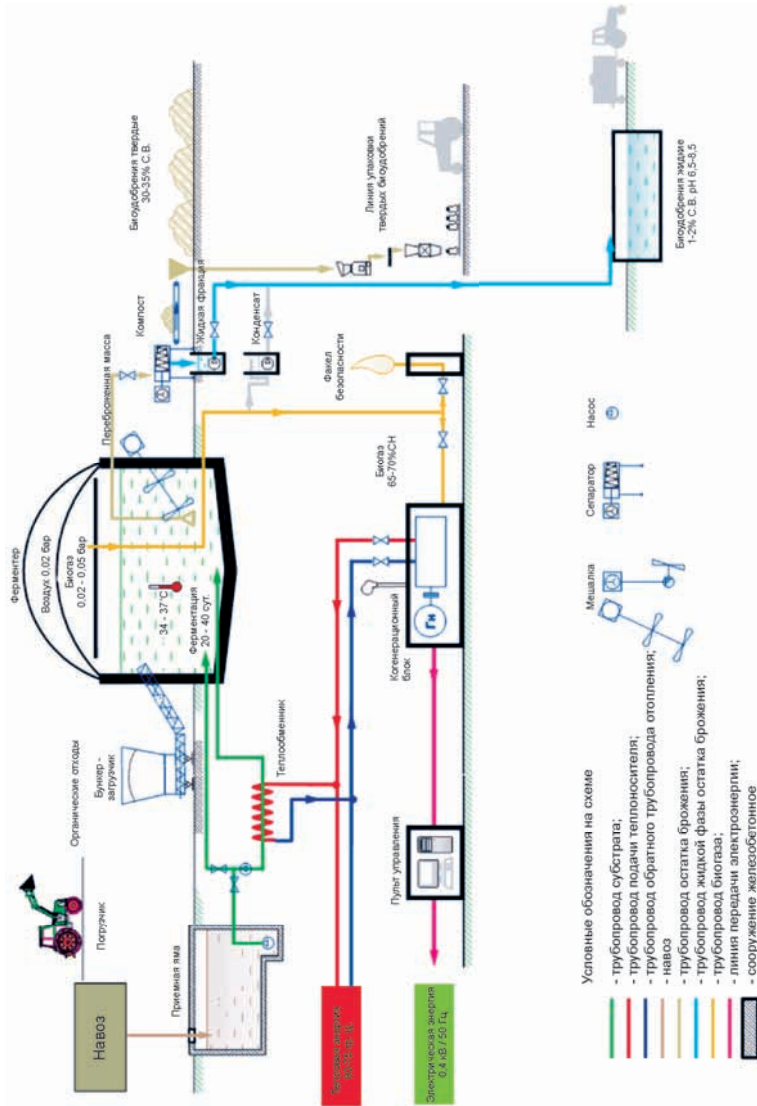


Рис. 3. Схема биоизводства фирмы «АгроБиоТек»

Ферментер (фирма «ГЛС» – Австрия) разработан из эмалированной стали. Внутри ферментера размещается одна мешалка (фирма «Стамо» или «Стрейзаль»). Снаружи ферментер изолирован с помощью 200-300-миллиметровым слоем стекловаты, который обеспечивает нормальную работу ферментера при температуре до -40°C (рис. 4).



Рис. 4. Облицовка ферментера слоем стекловаты

Ежедневный жидкий навоз (субстрат) первоначально собирается в яме, перед подачей в биореактор измельчается до состояния, способного транспортироваться насосом, гомогенизируется с помощью смесителей. Таким образом, подготовленный субстрат попадает в анаэробный биореактор. Биореактор работает по принципу расхода. Это значит, что в него регулярно, без доступа воздуха, с помощью насоса поступает (6-12 раз в день) свежая порция подготовленного субстрата из ямы. Такое же количество переработанного субстрата вытесняется из биореактора в резервуар-хранилище. Специальная задвижка препятствует подаче навоза обратно в ферментер. Биореактор работает в мезофильном диапазоне температур $36-40^{\circ}\text{C}$. Обогревательная система обеспечивает необходимую для процесса температуру и управляется автоматически температурным сенсором.

Содержимое биореактора регулярно и аккуратно перемешивается с помощью встроенного устройства для гомогенизации. Это устройство представляет собой механическую систему с направляющей трубой, смесителем, работающим от электродвигателя или трактора, и насосной системой с измельчителем. Перемешивание масс в биореакторе необходимо для равномерного обеспечения бактерий питательными веществами; уменьшения плавающих и осадочных слоев; освобождения пузырьков газа, которые привязываются к частицам грязи в нижних слоях; увеличения активного объема метантенка и распределения температуры в биореакторе.

Образующийся при ферментации газ скапливается во встроенной безнапорной крышке газохранилища. Давление газа регулируется с помощью встроенного предохранительного клапана.

Реализация полученного биогаза протекает в блочной электростанции ВНКВ, производящей электрическую и тепловую энергию, которая частично используется для обогрева и работы биореактора.

Фирма «АгроБиоТек» предлагает усовершенствованную технологию и комплекс оборудования для переработки жидких органических отходов обеспечивающие анаэробную ферментацию в биореакторе с образованием перебродившей массы и ее прохождение через этапы ультрафильтрации и обратного осмоса. До этапа ультрафильтрации перебродившая масса из биореактора проходит этап центрифугирования с разделением на центрифугированную жидкую фракцию, содержащую менее 3% сухого вещества, и центрифугированную фракцию концентрата, которая возвращается в биореактор [8].

В России переход к рынку и окончание эры дешевой нефти заставляют пересмотреть отношение к биогазу. В настоящее время разработано и применяется достаточно большое количество технологий получения биогаза, основанных на использовании различных вариаций температурного режима, влажности, концентраций бактериальной массы, длительности протекания биореакций и т. д. При этом содержание метана в биогазе зависит от химического состава сырья и может составлять от 50 до 90%.

АО «Центр «ЭкоРос» разработал два типа биоэнергетических установок для безотходной переработки органических отходов. Установки приняты к производству АО «Стройтехника – Тульский завод».

Индивидуальная биогазовая установка для крестьянской семьи (ИБГУ-1) предназначена для экологически чистой безотходной переработки органических отходов, образующихся на крестьянском подворье (навоз, помет птицы, пищевые и твердые бытовые отходы и др.), с получением газообразного топлива – биогаза и экологически чистых органических удобрений, лишенных патогенной микрофлоры, яиц гельминтов, семян сорняков, нитритов и нитратов, специфических запахов.

В процессе биологической термофильной, метангенерирующей обработки органических отходов образуются экологически чистые, жидкие, высокоэффективные органические удобрения, содержащие минерализованный азот в виде солей аммония (наиболее легко усваиваемая форма азота), минерализованные фосфор, калий и другие необходимые для растения биогенные макро- и микроэлементы, биологически активные вещества, витамины, аминокислоты, гуминоподобные соединения, структурирующие почву: 1 т таких удобрений по своему эффекту на растение эквивалентна 80-100 т исходного навоза или других органических веществ.

Суточный объем обрабатываемых отходов может колебаться от 50 до 200 кг, а суточный объем выделяемого биогаза, в зависимости от объема загружаемого сырья, – от 3 до 12 м³ с содержанием 55-60% метана и полным отсутствием сероводорода; 1 м³ биогаза эквивалентен 0,6 м³ природного газа, 0,7 л мазута, 0,4 л бензина, 3,5 кг дров, 12 кг навозных брикетов. Влажность загружаемого сырья не должна быть менее 85% и более 93%. В качестве сырья для непрерывной работы установки с целью получения биогаза и удобрений можно использовать все органические отходы растительного и животного происхождения, накапливающиеся на крестьянском подворье: навоз, растительные остатки (ботва, травянистые растения, солома, стебли кукурузы, подсолнечника и др.). В комплект индивидуальной биогазовой установки ИБГУ-1 входят биореактор-метантенк объемом 2,2 м³, газгольдер мокрого типа объемом 3 м³, лестница-эстакада, ковш-тележка, ручной подъемник (таль), бак для хранения удобрений.

Комплект ИБГУ-1 производится серийно в полной заводской готовности, транспортируется на одном КамАЗе с полуприцепом и

рассчитан на эксплуатацию в любых климатических зонах. При экстремальных минусовых температурах окружающей среды с целью уменьшения теплопотерь и обеспечения удобства эксплуатации био-реактор рекомендуется размещать в помещении.

Автономный биоэнергетический модуль для среднего фермерского хозяйства (БИОЭН-1) предназначен для безотходной, экологически чистой переработки органических отходов сельскохозяйственного производства (навоза, помета, твердых бытовых отходов, пищевых отходов, растительных остатков) в газообразное топливо – биогаз, конвертируемый далее в электрическую и тепловую энергию, и экологически чистые органические удобрения.

Состав оборудования модуля: два биореактора-метантенка по 5 м³ каждый, газгольдер мокрого типа на 12 м³. Модуль может быть также укомплектован биогазовым теплогенератором мощностью 23 кВт, электрогенератором мощностью 4 кВт, бытовой конфорочной биогазовой плитой, инфракрасными горелками на биогазе мощностью 5 кВт.

Площадь помещения, отапливаемого БИОЭН-1, составляет от 150 до 200 м², суточное количество перерабатываемых отходов при влажности 85% – до 1 т, вырабатываемого биогаза (60% метана) – до 40 м³ в сутки, вырабатываемой электрической энергии – до 80 кВт·ч, тепловой – до 230 кВт·ч, вырабатываемых органических удобрений – 1 т. Собственные потребности в энергии на поддержание термофильного процесса составляют 30%.

Модуль «БИОЭН-1» может собираться в батареи из двух, трех и четырех комплектов. С работой модуля «БИОЭН-1» можно ознакомиться на животноводческом комплексе КРС «Поярково» АО «Агрофирма «Искра» Солнечногорского района Московской области.

Сибирский институт прикладных исследований (ООО «СИПРИС», г. Омск) изготавливает и поставляет крестьянским и фермерским хозяйствам для утилизации сельскохозяйственных отходов и производства биогаза и жидких органических удобрений биогазовые и биоэнергетические установки объемом 2,5 – 75 м³ полной заводской готовности

Центральным научно-исследовательским проектно-технологическим институтом механизации и электрификации животновод-

ства (ЦНИИПТИМЭЖ) создан ряд биоэнергетических установок с биореакторами объемом 3-125 м³. Установка типа К-Р-9-1 (КОБОС) конструкции ЦНИИПТИМЭЖ и НПО «КТИСМ» при непрерывном режиме работы способна производить 500 м³ биогаза в сутки (при теплотворной способности 20,93-25,12 МДж/ м³). Установка блочно-комплектная, транспортабельна, имеет высокую степень заводской готовности [9].

ООО «Компания ЛМВ Ветроэнергетика» (г. Хабаровск) разработала биоэнергетические установки (БЭУ), предназначенные для утилизации сельскохозяйственных отходов с производством биогаза и органических высокоэффективных удобрений (табл. 3).

Таблица 3

Техническая характеристика БЭУ

Показатели	БЭУ-10	БЭУ-20
Энергетическая мощность БЭУ (не менее), кВт	6	12
Выработка газа в сутки, м ³	25-30	50-60
Энергопотребление БЭУ (не более), кВт	1,5	4
Суточная загрузка, м ³	1	2-4
Газовый состав горючего газа, %		
метан (не менее)	60	
углекислый газ (не более)	40	
сероводород, водород и др. (не более)	1	
Теплота сгорания газовой смеси, МДж/ м ³	22	
Объем биореактора, м ³	10	20
Избыточное давление газа (номинальное), КПА	4	
Температура в полости биореактора, °С		
режим 1	35+2	
режим 2	54+2	
Ориентировочная стоимость, тыс.долл.США	5	10

Система поддержания температуры в биореакторе: водяная с водогрейным котлом и отопительным регистром, размещенным в полости биореактора. Процессы полностью автоматизированы.

Научно-производственная фирма «Гея» запустила в эксплуатацию в Сюмсинском районе Удмуртской Республики в хозяйстве агрофирмы «Родники» биоэнергетическую установку БЭУ, предназначенную для переработки отходов и получения биогаза для производства тепловой и электрической энергии, а также высокоэффективного органического удобрения.

Установка включает в себя бункер исходного сырья объемом 20 м³, реактор 25 м³, емкость для хранения удобрений 60 м³, технологические емкости, насосы, газовый котел (мощность 50 кВт).

Исходное сырье – навоз КРС с примесью соломы. БЭУ работает в термофильном режиме. Контроль параметров и управление процессом осуществляются с помощью контроллера «Сименс CPU – 224».

Производительность по сырью составляет 5 м³ в сутки, по газу – 200 м³ (72 тыс. м³ в год). Потенциально получаемая энергия – 1,2 Гкал (5,02 ГДж) в сутки, или 438 Гкал (1830 ГДж) в год.

Получаемый газ сжигается в газовом котле тепло направляется на подогрев реактора и отопление коровника. Используемая энергия составляет 50 кВт × 24 ч = 1200 кВт·ч в сутки (438 тыс. кВт·ч в год).

По техническим и технологическим характеристикам БЭУ превосходит зарубежные аналоги по ряду параметров.

Новые подходы к реализации процесса и ряд примененных аппаратных и технологических новшеств, включая оригинальную конструкцию биореактора, систему стабилизации давления биогаза без газгольдера, применение модифицированной закваски и специальных активаторов процесса, позволили в значительной степени интенсифицировать процесс и повысить эффективность технологии переработки органических отходов. Высокая степень конверсии органического вещества в отходах позволяет получить повышенный выход биогаза и жидкий шлам, обладающий уникальными свойствами. Разработанная технология выгодно отли-

чается от других по эксплуатационным характеристикам и экологической чистоте процесса. Металлоемкость установки ниже, удельная производительность выше, соответственно процесс переработки более эффективен как с технической, так и с коммерческой точки зрения.

Производительность БЭУ по удобрениям – 1825 т в год (при норме внесения 0,5 т/га этого количества достаточно для обработки 3750 га угодий). Применение высокоэффективных органических удобрений (Патент РФ № 22 48 955) позволяет повысить урожайность на 20-40% (в зависимости от культуры) и практически полностью отказаться от применения химических удобрений. Стоимость проекта 8 млн руб. Производительность БЭУ в год: по биогазу — 72 тыс. м³, по энергии — 438 тыс. кВт·ч, по удобрениям — 1 825 т. Экономия по минеральным удобрениям – 15 840 000 руб., по энергоресурсам – 2 420 480 руб. Суммарная экономия достигает 6 260 480 руб. Срок окупаемости проекта 1,27 года.

4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОГАЗА

Полученный биогаз может напрямую использоваться в когенерационной установке для получения электроэнергии и тепла, а после очистки от CO₂ – в качестве газового топлива тракторов и автомобилей или для подачи в газовую сеть. Электрическая и тепловая энергия, полученная на основе использования биогаза, может быть использована для собственных нужд объекта или передана в общие распределительные сети.

Применение биогаза в качестве топлива для ДВС осуществляется путем использования серийно выпускаемой топливной аппаратуры для природного газа с коррекцией соотношения «топливо-воздух». Предлагаемая система позволяет снизить выбросы оксидов азота на 15 – 25% и оксида углерода – на 20%, а также повысить топливную экономичность на 12%. Некоторое снижение эффективной мощности, вызванное присутствием балластных компонентов, практически полностью компенсируется за счет высоких антидетонацион-

ных качеств биогаза путем соответствующего повышения степени сжатия. Присутствие небольшого количества водорода в биогазе положительно сказывается на качестве протекания рабочего процесса ДВС и не вызывает преждевременного воспламенения рабочей смеси и так называемой обратной вспышки.

Когенерация — это комбинированное производство тепла и электроэнергии. Когенераторные электростанции вдвойне эффективны в сравнении с электростанциями, производящими только электрическую энергию.

В состав когенерационной установки входят система управления, электрический генератор, система утилизации тепла, приводной двигатель (рис. 5).

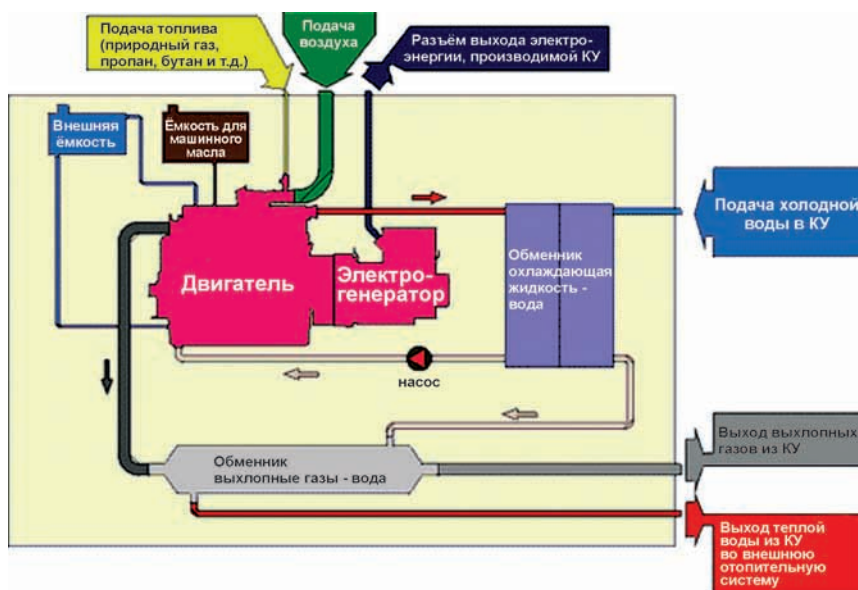


Рис. 5. Схема когенерационной установки

Посредством установки абсорбционного охладителя тепло, производимое при когенерации, можно преобразовывать в третий тип энергии – холодную энергию. Она также может использоваться в производственных целях, например, для кондиционирования.

Когенерационные комплексы поставляются в четырех основных исполнениях: в модульном, комплектном блочном с шумозащитным кожухом; контейнерном и в исполнении ULT.

Имеется также *комплектация, предназначенная для установки в зданиях*. Её преимущества: быстрая и простая инсталляция, низкий уровень шума.

ULT-исполнение – сборка системы данного исполнения выполняется непосредственно у заказчика. Позволяет использовать установку в качестве дополнительного или аварийного источника энергии.

Модульное исполнение применяется в устройствах наивысших мощностей, где происходит отделение теплового модуля от модуля «двигатель – генератор». Вся концепция устройства проста и может быть легко приспособлена под нужды заказчика.

Контейнерное исполнение не предназначено для закрытых помещений (жилых или нежилых). Монтируется под открытым небом. Отличается устойчивостью к внешним воздействиям (осадки, механическое воздействие) и простотой установки.

5. ОЧИСТКА БИОГАЗА

Существуют три основных способа очистки биогаза: метод жидкого и твёрдого химического поглощения примесей (абсорбционный и адсорбционный), метод мембранного разделения и вымораживания (криогенный метод). В первом методе часто используются жидкие химические поглотители CO_2 – моно- и диэтанолламины. Они «намертво» хватают углекислый газ, не взаимодействуя с метаном. Фактически получается чистый метан, однако жидкую фазу приходится менять, чтобы освободить её от поглощённой углекислоты, её нужно греть, а это значит, что энергетически такая технология начинает проигрывать. Столь же существенные потери энергии свойственны криогенному методу, – чтобы заморозить углекислый газ, нужно потратить значительную часть энергии произведённой установкой, а значит, снижается её общий КПД.

Мембранный метод разделения основан на пропускании че-

рез мембрану сжатого компрессором биогаза. Известны пилотные «классические» мембранные установки, которые функционируют в Австрии, в г. Брук. Идея такова: давление биогаза с помощью компрессора повышают до 10 атмосфер и более и подают в мембранный модуль. После первой стадии очистки концентрация метана повышается до 80-85%. Это недопустимо, поэтому его подают на вторую ступень. В итоге затраты на самообеспечение такой установки достигают 30% от выработанной энергии.

Метод разделения биогаза, созданный в лаборатории ИНХС РАН им. А.В. Топчиева, – мембранно-абсорбционный. Эта технология объединяет в себе достоинства абсорбционного и мембранного методов разделения. Так же как в классическом методе химического поглощения, углекислый газ «захватывается» жидким абсорбентом. Однако здесь отсутствует непосредственный контакт фаз – жидкость и газ разделяет мембрана (рис. 6).

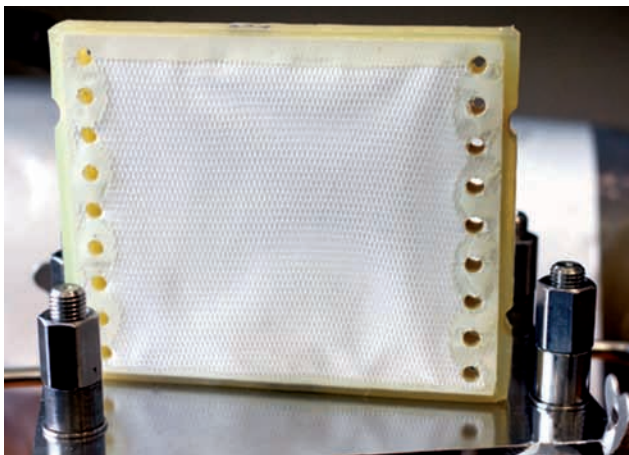


Рис. 6. Полимерная мембрана, запатентованная ИНХС РАН им. А.В. Топчиева

Благодаря такой технологии не требуется повышать давление биогаза для подачи его на мембрану – газ поступает из биореактора самотеком под давлением чуть выше атмосферного, очистка биогаза проходит без дополнительных энергозатрат. Углекислый газ проходит через мембрану лучше, чем метан. Во время движения пото-

ка биогаза вдоль мембраны углекислый газ отводится через мембрану в подвижную жидкую фазу абсорбента, и концентрация «непроникающего» метана в биогазе резко возрастает. Если поместить мембранную систему на выходе из биореактора, то CO_2 будет отводиться и можно добиться извлечения метана требуемой чистоты. Углекислый газ в дальнейшем удаляется сдувкой и подаётся по трубам в парники.

Создав такой комбинированный метод очистки биогаза, отечественным специалистам удалось избежать дополнительных энергозатрат, которые в традиционных способах кондиционирования идут на нагрев химического сорбента, охлаждение газовой смеси (в криогенном методе очистки) или на повышение давления биогаза (в мембранном методе очистки). Суммарные затраты на самообеспечение не превышают 10% общей энергии, вырабатываемой установкой. Столь высокий КПД достигнут благодаря полимерным мембранам, запатентованным ИНХС РАН им. А.В. Топчиева. Энергоэффективность отечественной технологии выше аналогичных разработок за рубежом [11].

6. ПРИМЕРЫ СТРОИТЕЛЬСТВА БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК В РОССИИ

В таких регионах России, как Удмуртская Республика, Пермский, Ставропольский, Краснодарский, Хабаровский края, Московская, Владимирская, Ленинградская, Белгородская, Мурманская, Самарская, Омская, Иркутская области, уже реализуются пилотные проекты по созданию биогазовых установок для переработки отходов сельскохозяйственного производства в биогаз, электроэнергию и тепло с производством удобрений. В 52 регионах ведется работа по подготовке бизнес-планов для реализации подобных проектов.

В 2010 г. в деревне Дошино Медынского района Калужской области корпорацией «БиоГазЭнергоСтрой» (входит в состав ГК корпорация «ГазЭнергоСтрой») совместно с компанией «Дзета-Сервис» поставлен, смонтирован и сдан в эксплуатацию первый в России за-

вод технологии LIPP по производству биогаза для комплекса на 960 голов дойного стада мощностью свыше 200 кВт·ч по электроэнергии и 300 кВт·ч по тепловой энергии [12].

Корпорация «БиоГазЭнергоСтрой» будет реализовывать в Белгородской, Новгородской и Ростовской областях, Алтайском крае, ряде регионов Южного и Приволжского федеральных округов проекты по строительству биогазовых электростанций. С руководством указанных регионов достигнута договоренность, что «БиоГазЭнергоСтрой» готов финансировать проекты по строительству биогазовых станций при условии, что они гарантируют заключение долгосрочных договоров на покупку «гарантирующим поставщиком» электроэнергии по «зеленым тарифам» и ее реализацию сельскохозяйственным потребителям по ценам, установленным региональной энергетической комиссией, а также на реализацию органических удобрений, полученных в результате переработки навоза по ценам, ниже цен замещенных минеральных удобрений.

В конце августа 2011 г. «Ландесбанк Берлин АГ» («Landesbank Berlin AG», Германия) в лице председателя совета директоров Йоханеса Эверса, и корпорация «БиоГазЭнергоСтрой» в лице председателя совета директоров Сергея Чернина в офисе КГ «Корпорация «ГазЭнергоСтрой» подписали соглашение о финансировании банком строительства биогазовых установок на территории России, Белоруссии и Украины, а также в странах Балтии и постсоветского пространства. «Ландесбанк Берлин АГ» заявил о принципиальной готовности финансировать биогазовые проекты на общую сумму до 750 млн евро путем предоставления долгосрочных кредитов (до 18 лет по льготным германским ставкам) в течение двух лет со дня подписания соглашения.

Банк обозначил корпорацию «БиоГазЭнергоСтрой» как генерального технологического партнера по строительству биогазовых станций на постсоветском пространстве. Соглашение предполагает как прямое финансирование компаний-участниц проекта по строительству биоэнергостанций, так и не прямое – банками-партнерами, предоставляющими кредиты участвующим в проекте компаниям.

Корпорация «БиоГазЭнергоСтрой» совместно со своими партнерами по инвестициям финансирует биогазовые установки из собственных средств в размере до 50%, если с партнером по инвестициям заключен договор на предоставление сырья и покупку электроэнергии, тепла и отходов брожения.

В рамках Концепции развития биоэнергетики и биотехнологий в Белгородской области на 2009-2012 годы ведется реализация проектов по строительству биогазовых станций. Завершается строительство биогазовой станции на площадке Стригуновского комплекса в с. Байцуры Борисовского района мощностью 500 кВт для утилизации животноводческих отходов.

В Прохоровском районе Белгородской области заканчивается строительство биогазовой станции свиноводческим холдингом «Агро-Белогорье». Биогазовая установка будет перерабатывать в год 26 тыс. т свиноводческих стоков, столько же кукурузного силоса и более 14 тыс. т отходов мясного производства. Её мощность составит 2,4 МВт, объём выработки электрической энергии – 19,6 млн кВт·ч, тепловой – 17,2 тыс. Гкал. Оборудование для установки поставляет немецкая фирма «BD Agro». Проектные работы выполнены генеральным подрядчиком ООО «ПромАгрострой». На реализацию этого проекта будет потрачено более 500 млн руб. Установка должна себя окупить за пять с половиной лет. «Селекционно-генетический центр «Мортадель» из Владимирской области запустил в 2011 г. биогазовую станцию, которая вырабатывает биогаз из отходов свиноводческого комплекса. Мощность установки и объемы сырья позволят получать 3-4 тыс. м³ биогаза в сутки. Финансовым партнером проекта выступил «Среднерусский банк» Сбербанка России.

Новая биогазовая станция должна начать работать на базе совхоза «Рошинский» (Республика Башкортостан). Поставщик оборудования – AEV Energie (Германия, Регенсбург) в апреле 2011 г. приступил к проектным работам. Ввод биогазового комплекса, производящего электроэнергию и тепло, а также утилизирующего отходы бойни и свиноводческого комплекса на 54 тыс. голов, включая шлейф, запланирован на осень 2011 г. Комплекс будет обеспечивать биоудобрениями пахотные земли ГУП «Рошинский».

На территории Тимашевского молочного комбината (филиал

ОАО «Вимм-Билль-Данн») Краснодарского края фирмой «Ландко СА» (Люксембург) заканчивается строительство биогазовой установки, используется оборудование фирмы ГЛС (GLS), Австрия.

Значительную помощь в разработке проектов и строительстве биогазовых установок в России оказывают фирмы и научные организации Германии. В рамках международного проекта «Устойчивая европейская стратегия по внедрению биометана» осуществляется российско-германский проект «Сотрудничество биорегионов России и Германии». Цель проекта – создание необходимой научной основы для производства биоэнергии и строительства биоэнергетических установок в России. Задачи проекта – исследование потенциала биоэнергии в Калужской, Орловской, Нижегородской областях и Республике Татарстан [13].

Поддержку и финансирование проекта осуществляет Федеральное министерство Германии по вопросам окружающей среды, охраны природы и реакторной безопасности (BMU). С немецкой стороны в проекте участвуют Немецкий научно-исследовательский центр биомассы, Институт им. Лейбница по вопросам агропромышленного развития Центральной и Восточной Европы, ЗАО «Институт по вопросам климата, окружающей среды и энергетики» (г. Вупперталь), «Технический университет г. Дрездена – кафедра деревообрабатывающей и лесной промышленности Восточной Европы», с российской стороны – научные учреждения, администрации, коммерческие и некоммерческие организации. В частности, в Орловской области это российско-германское предприятие «Международный бизнес-центр «Решение», ФГОУ ВПО «Орловский государственный аграрный университет», ГОУ ВПО «Орловский государственный технический университет» при поддержке Правительства Орловской области и департамента сельского хозяйства Орловской области.

По методике немецких партнёров проведена научно-исследовательская работа по анализу потенциала биомассы в Орловской области. Российской стороне была оказана методическая поддержка со стороны германских партнёров и даны практические рекомендации по сбору данных. Результаты исследований показывают, что в области в достаточном количестве есть необходимые биоресурсы для строительства и эксплуатации биогазовых установок: в среднем

1 522 186 тыс. т органических отходов в год по животноводческому комплексу и 69 546 тыс. т в год по перерабатывающим предприятиям [14].

Исследование, проведенное в 94 сельскохозяйственных предприятиях животноводства, показало, что на основе навоза и помета можно построить 10 биогазовых установок мощностью 100-300 кВт и 18 установок мощностью более 300 кВт. Подведены предварительные итоги. Построение биогазовых установок лишь на основе экскрементов в животноводстве, как правило, нецелесообразно. При выращивании возобновляемых видов сырья (клеверозлаковая травосмесь) на необработанных площадях сельхозугодий и на площадях, которые не дают достаточный урожай, можно построить значительно большее число биогазовых установок. Органические отходы пищевых и других предприятий позволяют дополнительно построить шесть установок, из них пять – очень большой мощности (минимум 3,5 МВт, максимум 40 МВт). В нескольких районах целесообразно объединить потенциалы по сельскохозяйственным и промышленным отходам. В установках мощностью более 1,5 МВт целесообразно проводить очистку биогаза и подавать его в газовую сеть [15].

7. ФИНАНСОВЫЕ МЕХАНИЗМЫ СТРОИТЕЛЬСТВА БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК

При комплексном использовании биогазовых установок вопрос рентабельности не возникает – станция окупается за два-три года. Однако существует проблема финансирования таких проектов – ни фермер, ни сельскохозяйственный кооператив не в состоянии предоставить обеспечение по столь масштабным кредитам. В таких условиях целесообразно создание сельскохозяйственных кластеров на основе крупнейших и наиболее платежеспособных компаний отрасли и государственное субсидирование процентных ставок.

Несмотря на высокий потенциал рынка, реализация биогазовых проектов сдерживается нежеланием (невозможностью) потенциаль-

ных заказчиков использовать традиционные механизмы финансирования или строить установки полностью на собственные средства.

Это обусловлено объективными причинами: отсутствие у ряда заказчиков необходимых финансовых ресурсов для обеспечения кредитования или первоначального взноса по кредиту, их нежелание формировать непрофильные активы и эксплуатировать энергетические установки, а также брать на себя связанные с этим дополнительные издержки и риски, новизна технологий на российском рынке и сомнения заказчиков в технологической и экономической оправданности внедрения.

Сложившаяся ситуация вынуждает компанию «АEnergy» предлагать клиентам более качественные продукты, основанные на новых юридических и финансовых механизмах строительства и эксплуатации установок.

Эти механизмы предполагают более широкое участие кредитора в финансировании установок и использование новых видов гражданско-правовых отношений, в том числе предусмотренных ФЗ №261 «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ». Далее приведен анализ возможных вариантов финансирования.

Проектное финансирование

Первый этап. Создание кредитором и предприятием-заказчиком нового юридического лица (рис. 7).

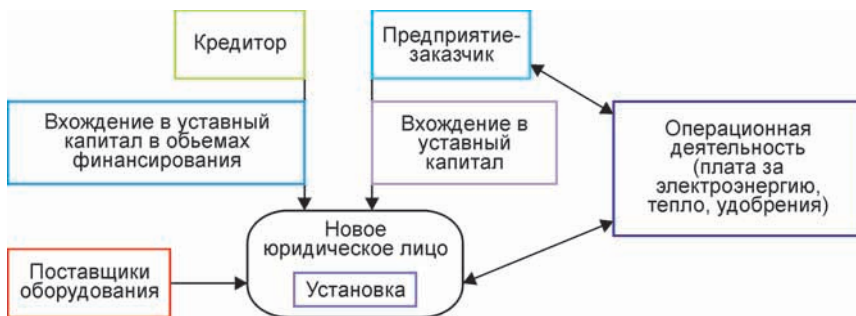


Рис. 7. Схема проектного финансирования

Второй этап. Генерирование выручки на балансе нового юридического лица и её выплата в форме дивидендов кредитору и заказчику пропорционально доле участия в уставном капитале.

Энергосервисные контракты

Это новый тип гражданско-правовых договоров, введённый в ФЗ №261 «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ» (рис. 8). Такие контракты позволяют реализовывать мероприятия по повышению энергетической эффективности с привлечением стороннего инвестора без капитальных вложений собственника объекта.

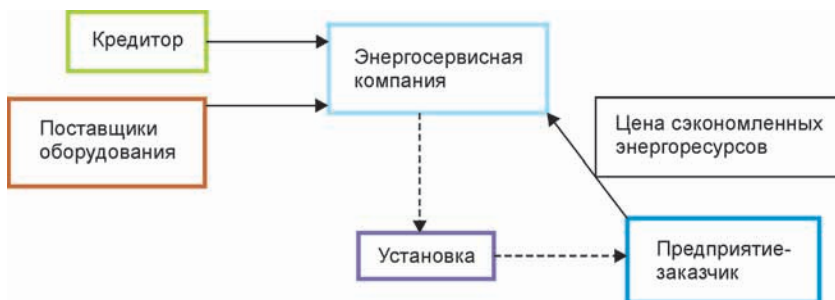


Рис. 8. Схема энергосервисных контрактов

Большой опыт использования этого инструмента на западе позволяет на стадии подписания контракта предусмотреть распределение рисков, объёмы денежных потоков по годам и другие вопросы. Во время действия договора установка находится в собственности энергосервисной компании.

Согласно этому виду контрактов энергопотребление на объекте заказчика принимается за базисный уровень и индексируется на последующий период в соответствии с предполагаемым ростом тарифов на энергоносители.

На собственные и привлечённые средства энергосервисная компания устанавливает биогазовую станцию и снабжает заказчи-

ка энергоресурсами. Таким образом, заказчик перестает платить за энергоресурсы энергоснабжающей организации и они остаются у него. Часть этих средств заказчик передаёт энергосервисной компании для компенсации возведения установки и расчётов с кредиторам. Когда стоимость установки будет возвращена (в течение трех-пяти лет), она переходит в собственность заказчика и он перестаёт платить за энергоресурсы, так как производит их самостоятельно.

Долгосрчный контракт на поставку энергоресурсов и утилизацию отходов (рис. 9)

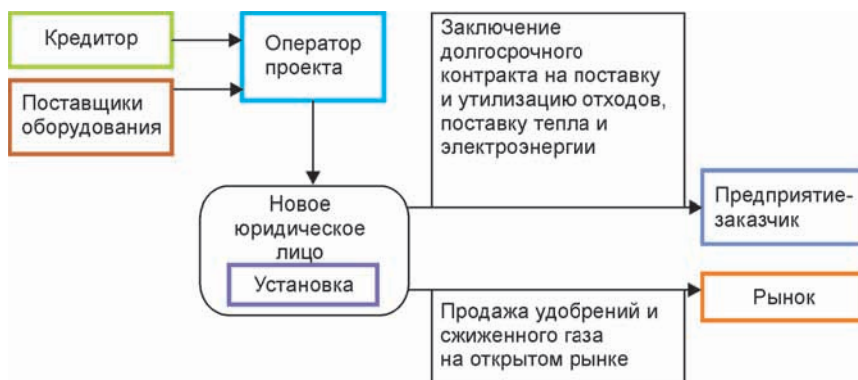


Рис. 9. Схема долгосрчных контрактов

Преимущества и недостатки обозначенных вариантов приведены в табл. 4.

Таблица 4

Анализ вариантов финансирования

Вариант	Преимущества	Недостатки
Проектное финансирование	Участие заказчика в управлении активом (заинтересованность в его эффективной работе)	Залог только имущества нового юридического лица. Заказчиков, готовых к такой схеме пока крайне мало

Вариант	Преимущества	Недостатки
Энергосервисный контракт	Большой опыт использования механизма на Западе и полное регулирование специфических отношений ГК РФ	Объём проекта только в рамках текущего энергопотребления заказчика
Долгосрочный контракт на поставку энергоносителей	Принципиально более высокий NPV за счёт того, что установка не переходит в собственность заказчика. Широкий рынок	Сложность контракта. Риски невыполнения условий контракта и спекуляций со стороны предприятия-заказчика

Лизинговые схемы

Лизингодатель обеспечивает финансирование до 80% проекта. Установка в период окупаемости находится на балансе лизингодателя, а по истечении этого срока передается на баланс заказчика. Среднее удорожание проекта составляет 7-8% в год, срок лизинга – пять-семь лет, валюта – евро [16].

8. ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ БИОКОНВЕРСИИ ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ СЫРЬЯ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

В процессе переработки мяса для получения пищевых продуктов образуется около 50% побочных продуктов. Ежегодно пищевая промышленность стран ЕС дает более 19 млн т отходов забоя и первичной переработки скота и домашней птицы. Согласно действующему законодательству лишь для небольшой части побочных продуктов переработки сырья животного происхождения официально регламентировано получение желатина, олеохимическое производство, техническое применение. Большая часть отходов подлежит уничто-

жению сразу или после тепловой обработки (длительная обработка для конверсии в мясокостную муку), в результате которой не только теряются природные биологически ценные вещества, но и ухудшается экологическая обстановка.

Международный консорциум Университет (г. Парма, Италия), Институт биохимии им. А.Н. Баха (Москва, Россия), Фламандский технологический институт (г. Мол, Бельгия), Agricola Tre Valli (г. Верона, Италия), CORE Biotech S.A. (г. Брюссель, Бельгия), ООО «Символ» (г. Ржавки, Московская область), ГНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт птицеперерабатывающей промышленности» (г. Ржавки, Московская область) и ООО НПФ «Мобитек М» (г. Боровск, Калужская область) в течение 2008-2011 гг. разработал инновационные технологии биоконверсии побочных продуктов переработки сырья животного происхождения (проект PROSPARE) для получения новых функциональных компонентов пищевых продуктов, кормов и биотоплива.

Целями российско-европейского проекта «PROSPARE – PROgress in Saving Proteins And Recovering Energy» («Прогресс в сохранении протеинов и получении энергии») являются разработка подходов к получению пептидных композиций с высокой добавленной стоимостью из различного сырья животного происхождения и масштабирование их производство до пилотного уровня. Проект направлен на создание технологической платформы комплексной биоконверсии побочных продуктов переработки сырья животного происхождения для использования в различных отраслях промышленности. Основные преимущества разрабатываемой технологической платформы:

утилизация – сырье с низкой рыночной стоимостью (малоценные побочные продукты мясо- и птицеперерабатывающей промышленности) перерабатываются на основе технологических инноваций и биокаталитических подходов;

стоимость – сырье с низкой рыночной стоимостью трансформируется в пептидные гидролизаты высокой пищевой ценности с сопутствующим получением биодизеля и мыл из жира;

функциональность – с использованием инновационных подходов получается широкий спектр продуктов с заданными функциональ-

ными свойствами и сенсорными характеристиками, отвечающими высоким запросам потребителей (вкус, аромат, сбалансированный аминокислотный состав, переваримость, состав биоактивных пептидов, отсутствие слабометаболизируемых соединений, гипоаллергенность, высокая антиоксидантная емкость и т.д.).

безопасность – всесторонний контроль стандартными и специально разработанными методами на всем протяжении технологического процесса для обеспечения безопасности конечных продуктов.

В процессе выполнения проекта разработаны технологии глубокой конверсии пера, конверсии мясокостных остатков в белковые гидролизаты, конверсии жира в биодизель, создания продуктов на основе полученных белковых гидролизатов с требуемыми функциональными свойствами.

Годовой объем побочных продуктов переработки мяса в странах ЕС превышает 19 млн т. В процессе производства мяса около 50% животного сырья составляют вторичные малоценные продукты.

Разрабатываемые в рамках проекта технологии позволяют сократить объемы отходов птицеперерабатывающих предприятий, получить функциональные белковые гидролизаты с высокой пищевой и кормовой ценностью и биодизельное топливо (рис. 10).

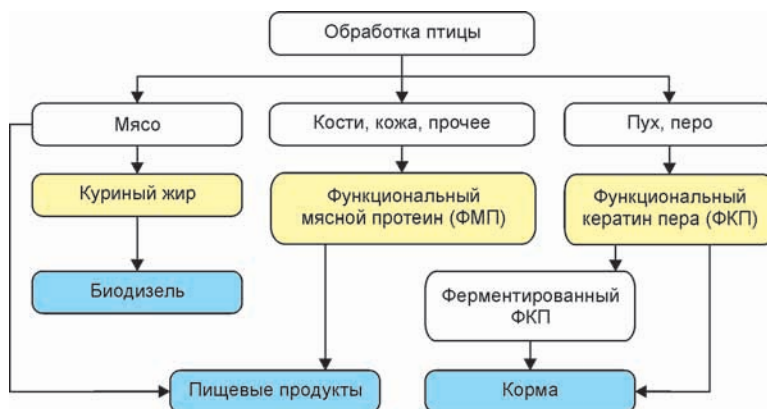


Рис. 10. Схема технологий биоконверсии побочных продуктов переработки птицы

Технология переработки мясокостного остатка птицы – эффективная биокаталитическая технология глубокой контролируемой переработки мясокостных остатков птицы в ценный белковый ингредиент – функциональный мясной протеин (ФМП). Технология оптимизирована по ключевому параметру – максимальному выходу белка. Обеспечивает 70%-ный выход растворимого белка, что вдвое выше по сравнению с традиционной варочной технологией. Достигнута полная воспроизводимость контролируемых параметров при масштабировании технологии до пилотного уровня. ФМП характеризуется высоким (>83%) содержанием белка и незаменимых аминокислот, является гипоаллергенным ингредиентом с высокой биодоступностью (переваримость *in vivo* 90%), обладает широкой биологической активностью: антиоксидантной, антигипертензивной, бифидогенной и антимикробной, отвечает всем требованиям отечественной нормативной документации.

Технология получения биодизельного топлива. В сравнении с жиром, выделенным по традиционной технологии, жировая фракция, полученная при ферментативной конверсии мясокостного остатка птицы, характеризуется более высоким качеством – содержание свободных жирных кислот и мыл снижено в 8 раз. Разработанный непрерывный высокопроизводительный процесс получения биодизельного топлива из куриного жира обеспечивает проведение процесса трансэстерификации за 20 мин при температуре 300°C и среднечасовой скорости подачи сырья 0,1 ч⁻¹.

Побочные продукты переработки птицы содержат около 10-15 мас.% жира. В странах ЕС жир обычно отделяют от белковой фракции вытапливанием, что позволяет использовать его в различных отраслях, начиная с производства пищи, кормов, продуктов переработки масел и жиров и заканчивая энергетикой. Ключевая область применения полученного жира зависит от его качества и категории по показателям безопасности. Жиры низшей категории используются преимущественно в качестве топлива для паровых котлов и сжигания отходов. С ростом цен на нефть в странах ЕС становятся актуальными и другие способы валоризации отходов, включая местное производство биодизеля для собственных нужд. Как пра-

вило, биодизель производится крупными предприятиями по технологии, реализующей относительно медленный периодический процесс с последующей масштабной очисткой от растворенного катализатора, мыл и побочных продуктов. Для местного мелкотонового производства биодизеля актуальна разработка более компактного и технологически гибкого процесса.

Для решения данной задачи разработан новый непрерывный метод, отличающийся повышенной производительностью, позволяющей сократить объем реактора, и меньшим числом этапов последующей очистки. Трансэстерификация липидов метанолом при повышенных температуре и давлении (НТРМ) проводится с использованием гетерогенного основного катализатора, иммобилизованного на неподвижном носителе. Высокие температура и давление обеспечивают взаиморастворимость двух основных компонентов – масла или жира и метанола.

Технология эффективной глубокой контролируемой биоконверсии мясокостных остатков птицы в ценные белковые гидролизаты позволяет выделить жир из сырья. Жир, полученный по биокаталитической технологии, характеризуется высоким качеством, низким содержанием свободных жирных кислот (<0,5 мас.%) и диглицеридов (<1 мас.%), что свидетельствует об очень низкой степени гидролиза жира, особенно по сравнению с продуктами традиционного вытапливания. Кроме того, жир характеризуется низким содержанием фосфора и значениями перекисного числа. Благодаря жирнокислотному составу жир может успешно использоваться для получения биодизеля, с учетом его окислительных свойств и характеристики воспламенения. Склонность к затвердеванию при низких температурах является недостатком для применения в качестве биодизеля.

Высокая степень конверсии куриного жира в метиловые эфиры жирных кислот (основные компоненты биодизеля) возможна при 300-340°C и длительности обработки 20-30 мин. Проведена оценка гибкости процесса к наличию примесей в сырье. Присутствие воды и до 10 мас.% свободных жирных кислот не оказывает значительного влияния на процесс. Благодаря применению интегрированных систем регенерации тепла и вторичного использования метанола может быть минимизировано потребление энергии. Дальнейшее со-

вершенствование процесса включало в себя улучшение перемешивания и характеристик катализатора, позволяющих достигнуть высокой степени конверсии жира при 300°C и длительности обработки 20 мин.

Технология переработки кератина пера оптимизирована и масштабирована до пилотного уровня кратковременной высокотемпературной обработки кератиносодержащего сырья. Показана ее высокая воспроизводимость по выходу и качеству целевого продукта – функциональному кератину пера (ФКП). ФКП является ценным кормовым ингредиентом – содержание белка и переваримость составляют более 85%. Переваримость ФКП превышает показатели всех существующих коммерческих аналогов. Следующая ступень переработки пера включает в себя ферментативный гидролиз ФКП, ферментированный ФКП содержит >89% белка со 100%-ной переваримостью. ФКП и ферментированный ФКП обладают антиоксидантной, антигипертензивной и бифидогенной активностями и соответствует всем требованиям отечественных нормативов [17]. В настоящее время на основании этих разработок строится завод в Бельгии и начато строительство завода в Белгородской области.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Суммарный энергетический потенциал отходов АПК Российской Федерации достигает 81 млн т у. т. Если весь биогаз будет перерабатываться на когенерационных установках, то это позволит на 23% обеспечить суммарные потребности экономики в электроэнергии, на 15% – в тепловой энергии, на 14% – в природном газе, или полностью обеспечить доступность сельских районов к газу и тепловой мощности.

Отходы АПК, которые необходимо утилизировать, являются существенным энергетическим ресурсом, так как с разной степенью эффективности возможно получение биогаза почти из всех видов сельскохозяйственных отходов. Таким образом, развитие биогазовой энергетики – это не только возможное решение проблемы отходов, но и решение энергетических проблем и ресурсосбережения в сельском хозяйстве.

Биогазовая энергетика – это ещё и источник дешевых комплексных органических удобрений, которые образуются как субпродукт при производстве биогаза.

Биогазовая установка – надежная и экономически выгодная альтернатива магистральному природному газу и централизованному электроснабжению, независимость от растущих тарифов, от возможных сбоев в поставках газа и электроэнергии.

Биогазовые технологии повышают эффективность сельского хозяйства, обеспечивают развитие новых рентабельных отраслей (овощеводство, цветоводство, производство молочных продуктов с высокой добавленной стоимостью) благодаря доступности дешёвого тепла и электроэнергии и удобрений.

Получение и использование биогаза относится к инновационной энергетике, энерго- и ресурсосберегающим и природоохранным технологиям. Приоритетность подобных технологий для России подчеркивал в своем Послании в 2010 г. Президент Дмитрий Медведев.

Среди биотехнологий, применяемых для производства топлив и энергии, важное место занимают биогазовые технологии. В мире в настоящее время используется или разрабатывается около 60 раз-

новидностей биогазовых технологий [9]. Их интенсивное внедрение в развитых и развивающихся странах, повышение эффективности и рентабельности внесли значительные изменения в переориентировку этих технологий от только энергетических к экологическим и агрохимическим (производство удобрений), особенно при переработке разнообразных органических отходов. Очевидно, это является решающей альтернативой для получения биогаза.

Опыт внедрения биоэнергетических установок за рубежом свидетельствует об ускоренном развитии этого направления, их совершенствовании.

Для широкого распространения биогазовой технологии особое значение имеют стоимость установки, удельная производительность, полнота переработки сброженной массы и биогаза в наиболее ценные продукты по сравнению с исходным сырьем, эффективность в решении задач, связанных с охраной окружающей среды, высокая эксплуатационная надежность и простота обслуживания.

Полученный биогаз может напрямую использоваться в когенерационной установке для получения электроэнергии и тепла, а после очистки от CO_2 – в качестве газового топлива для тракторов и автомобилей или для подачи в газовую сеть. Электрическая и тепловая энергии, полученная на основе использования биогаза, может быть использована для собственных нужд объекта или передана в общие распределительные сети.

В Удмуртской Республике, Пермском, Ставропольском, Краснодарском, Хабаровском краях, Московской, Владимирской, Ленинградской, Белгородской, Мурманской, Самарской, Омской, Иркутской областях уже реализуются пилотные проекты по созданию биогазовых установок для переработки отходов сельскохозяйственного производства в биогаз, электроэнергию и тепло с производством удобрений. В 52 регионах ведется работа по подготовке бизнес-планов для реализации подобных проектов.

Новые юридические и финансовые механизмы строительства и эксплуатации биогазовых установок предполагают более широкое участие кредитора в финансировании установок и использование новых видов гражданско-правовых отношений, в том числе предусмотренных ФЗ № 261 «Об энергосбережении и повышении энерге-

тической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ».

Для успешного начала развития биогазовой энергетики в России необходимо:

- разработать федеральную программу развития биогазовой энергетики, принятие ее существенно облегчит финансирование проектов;

- реализовать несколько пилотных проектов в области биогазовых технологий, которые продемонстрируют наиболее эффективные подходы к использованию разных видов отходов (КРС, птицефабрик, пищевых отходов, сточных вод) в качестве источника энергии, для их применения в будущем на территории всей страны;

- создать на базе одного из пилотных биогазовых проектов центра экспертного и инженерного консультирования для распространения наработанных решений по России:

- включить финансирование пилотных проектов создания биогазовых установок в экологическую федеральную целевую программу, а также региональные целевые программы;

- разработать комплекс мер по содействию привлечения финансирования в биогазовые проекты, включая ужесточение экологического контроля, а также контроля за использованием земель сельхозназначения;

- штрафы за нарушение экологических требований увязать с выплатой премий хозяйствам, активно внедряющим биогазовые технологии очистки окружающей среды;

- принять законодательную базу, стимулирующую выработку энергии из биогаза с помощью ее продажи в сеть с повышающим коэффициентом к действующим тарифам [16].

Резкий рост цен на газ и электроэнергию уже в 2011 г. в 2 раза повысит экономическую привлекательность биогазовых проектов. В таких ценовых условиях предприятиям АПК и пищевой промышленности (с учётом российских расходов энергии на единицу продукции) будет невозможно обеспечить свою конкурентоспособность без комплекса мер по использованию ВИЭ и энергосбережения.

ЛИТЕРАТУРА

1. EdwART. Словарь экологических терминов и определений, 2010
2. **Чуриков, А.**, Биогазовая энергетика: перспективы России [Текст] // Сайт ООО «АEnergy».
3. **Орсик, Л.С.** Биоэнергетика: мировой опыт и прогнозы развития [Текст]/ Л.С. Орсик, Н.Т. Сорокин, В.Ф. Федоренко, Д.С. Бу-клагин, Н.П. Мишуров, В.С. Тихонравов; Минсельхоз России. – М.: [ФГНУ «Росинформагротех»], 2008. – 404 с.
4. **Панцхава, Е.С.** Биогаз – высокорентабельное топливо для всех регионов России [Текст] / Панцхава Е.С., Шипилов М.М., Пауков А. П., Ковалев Н.Д.; Электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы», 2008. – № 11.
5. Биогаз: основные характеристики и технология получения. Источник: www.biogas-energy.ru
6. **Панцхава, Е.С.** Биогазовые технологии. Проблемы экологии, энергетики, сельскохозяйственного производства [Текст]/Е.С. Панцхава, М.Г. Беренгартен, С.И. Ваинштейн; Федеральное агентство по образованию РФ. – М.: [Московский государственный университет инженерной экологии, ЗАО «Центр «Экорос»], 2008. – 217 с.
7. Новая биогазовая технология [Текст] Hydromatic Petker Industrie & Automotive Application Wassertechnology Germany. – 2010.
8. www.biogaz.ru Биогазовые установки для эффективной утилизации агропромышленных отходов и осадков сточных вод.
9. **Панцхава, Е.С.** Опыт России по биотехнологической конверсии биомассы [Текст]/ Е.С. Панцхава, В.А. Пожарнов, Л.В. Зысин, В.Г. Фарберов, В.М. Шрамков, Н.И. Майоров, И.И. Школа; ООО «Ресайклерс.ру» [[admin](#)] 2004/12/23
10. Технологии CATERPILLAR получения биогаза [Текст]/ Электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы». – 2010. – №12, декабрь.
11. **Новиков, В.** Доходы из отходов: как российские ученые получили энергию из биомассы [Текст] // Сайт STRF.ru, Организация науки: ФЦП 2007-2012, 15.06.11.

12. Установки биогаза. Проектирование, строительство, поставка оборудования [Слайд] / Сайт компании ДЗЕТА – СЕРВИС, www.zetaservice.ru

13. **Ангелова, Е.Х.** Международный проект «Устойчивая европейская стратегия по внедрению биометана» [Слайд]/ Докл. на науч.-практ. конф. «Альтернативная энергетика. Российско-немецкий проект Биометан». – Орел. – Июнь.– 2011.

14. **Филиппович, И.К.** Анализ потенциала биомассы в Орловской области [Слайд]/ Докл. на науч.-практ. конф. «Альтернативная энергетика. Российско-немецкий проект Биометан». – Орел. – Июнь.– 2011.

15. **Klinkmüller L. , Fiedler P.** Анализ потенциалов биомассы в Орловской области для производства биогаза [Слайд]/ Докл. на науч.-практ. конф. «Альтернативная энергетика. Российско-немецкий проект Биометан». – Орел.– Июнь.– 2011.

16. **Егоров, И.Ю.** Финансирование и схемы кредитования биогазовых проектов на территории Российской Федерации [Текст] / Докл. на конф. «Опыт и практика развития возобновляемых источников энергии на предприятиях с.-х. производства» в рамках XII Российской агропромышленной выставки «Золотая осень». – М., 2010, октябрь.

17. Материалы семинара «Инновационные технологии биоконверсии побочных продуктов переработки сырья животного происхождения: опыт проекта PROSPARE – Прогресс в сохранении протеинов и получения энергии» в рамках Международной выставки «Мясная промышленность. Куриный Король 2011» (VIV Russia – 2011). КРОКУС ЭКСПО. – М., 18 мая 2011.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Достоинства биогазовых технологий.....	4
2. Краткая теория получения биогаза.....	7
3. Биогазовые установки.....	12
4. Использование биогаза.....	27
5. Очистка биогаза.....	29
6. Примеры строительства биогазовых установок в России.....	31
7. Финансовые механизмы строительства биогазовых установок.....	35
8. Инновационные технологии биоконверсии побочных продуктов переработки сырья животного происхождения.....	39
Заключение.....	45
Литература.....	48

Тихонравов Владимир Сергеевич
РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ БИОТЕХНОЛОГИИ
ПРОИЗВОДСТВА АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВИДОВ
ТОПЛИВА В ЖИВОТНОВОДСТВЕ

Научный аналитический обзор

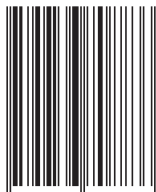
Редактор *В. И. Сидорова*
Художественный редактор *Л. А. Жукова*
Обложка художника *П.В. Жукова*
Компьютерная верстка *Е. Я. Заграй*
Корректор *В. А. Сулова*

fgnu@rosinformagrotech.ru

Подписано в печать 29.09.2011 Формат 60x84/16
Бумага писчая Гарнитура шрифта “Times New Roman” Печать офсетная
Печ. л. 3,25 Тираж 500 экз. Изд. заказ 120 Тип. заказ 450

Отпечатано в типографии ФГБНУ “Росинформагротех”,
141261, пос. Правдинский Московской обл., ул. Лесная, 60

ISBN 978-5-7367-0883-3



9 785736 708833