

УДК 66.65

ВОЗМОЖНОСТИ МАСШТАБНОЙ КОММЕРЦИАЛИЗАЦИИ В РОССИЙСКИХ УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННЫХ РАЗРАБОТОК ДЛЯ ЭНЕРГОУТИЛИЗАЦИИ АГРАРНЫХ ОТХОДОВ

*К.А.Александров, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией «Биотехнологии» НИИЦ УГСХА,
Н.К.Александрова, Технологический институт
– филиал ФГОУ ВПО «Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия»
8(8422)5-11-75*

Ключевые слова: аграрные отходы, утилизация, технологии, энергоутилизация, факторы, критерии оценки.

Key words: agricultural waste, recycling, technology, energy recovery, factors, the evaluation criteria.

Публикация написана по материалам шестой международной выставки и конференции “Waste to energy” («Отходы в энергию»), прошедшей 03-05 мая 2010 г. в г. Бремене, Германия, а также по результатам визитов и переговоров о возможном широком трансферте технологий в Россию с рядом германских и др. фирм - производителей и пользователей оборудования для энергоутилизации отходов. Основная часть экспонентов выставки была представлена Германией, которая является в настоящее время лидером в данном направлении, а также меньшей долей других стран ЕС (Бельгия, Дания, Польша и др.).

Если до недавнего времени установки для переработки отходов были в ЕС низко-рентабельными и даже планово-убыточными (нужны обязательные государственные дотации), то в настоящее время, благодаря совершенствованию технологий, энергетическая переработка отходов становится коммерчески выгодным мероприятием со сроками окупаемости инвестиций менее 6 лет. Такой технологический уровень может сделать их привлекательными даже для специфических российских условий, несмотря на фактическую кардинальную разницу в господдержке этого направления.

Биогазовые технологии

Биогазовые технологии, базирующиеся на анаэробном сбраживании исходного продукта, наиболее активно используются в Европе для выработки электроэнергии из аграрных и животноводческих отходов, отходов пищевой промышленности, отсортированных бытовых отходов (пищевая, бумажная и пр. биомасса), из энергетических травянистых растений (кукуруза, разнотравье и т.д.).

Общие моменты для различных биогазовых технологий

Современные биогазовые установки подразделяются на два вида по технологии подготовки и брожения сырья: «мокрая» технология (влажность сбраживаемой пульпы 85-95%) и «сухая» (влажность пульпы 50-60%). Визуально первая имеет по вязкости пульпу близкую к кефиру, а вторая – к густой смеси творога со сметаной. Всех их объединяет то, что

для оптимизации процесса сбраживания в ЕС применяются смеси отходов с энергетическими растениями (преимущественно кукурузный силос). Процентный состав загружаемых смесей варьируется в зависимости от типа отходов:

- единицы процентов силоса энергетических растений - для пищевых отходов;

- менее 50% силоса - для коровьего навоза;

- примерно 60% и более силоса - для свиного навоза и куриного помёта (от 15 до 30%).

Дополнительно в смесь могут вводиться от 15 до 30% силосованная трава и сердцевин кукурузных початков, некондиционное крупномолотое зерно.

Перемешивание смеси из этих компонентов осуществляется изначально на открытых площадках ковшовым погрузчиком.

В установках обоого типа могут использоваться как мезофильное (температура пульпы около 35 °С), так и термофильное (температура 50-55 °С) сбраживание сырья. Установки последнего типа отличает хотя и несколько более сложная конструкция метантенка и возможны большие тепловые потери с него, но зато почти на четверть меньшее время сбраживания.

В отличие от своих предшественников современные промышленные биогазовые установки в Германии не делаются большими и обычно рассчитаны на мощность вырабатываемой электроэнергии до 0,5-2 МВт. Это обусловлено, главным образом, причинами сокращения логистических расходов и внутренней государственной энергетической политикой:

- Повышение региональной энергобезопасности благодаря рассредоточению энергоустановок;

- Локальная диверсификация в растениеводстве. Крупные установки обычно прельщают фермеров гарантированными закупками травянистых энергорастений, и вблизи крупных биогазовых установок начинается производство монокультур,

что негативно сказывается на самодостаточности муниципалитетов и региональном земледелии в целом;

- Равномерное распределение удобрений – отходов биогазового энергопроизводства. Окрестные фермеры не в состоянии поглотить все биоудобрения, производимые крупной установкой, а транспортировка жидких удобрений из метантенков нерентабельна на расстоянии более 20 км.

Для стимулирования малого энергопроизводства правительство выделяет повышенные субсидии на установки мощностью менее 500 кВт.

Однако строительство метантенков на столь малые мощности низкорентабельно. Альтернативой, придуманной пользователями оборудования, является то, что метантенки делаются на газовый эквивалент 1-2 МВт. Вблизи метантенка ставят один мотор-генератор мощностью до 500 кВт, а на расстояние в радиусе более 3км проводят газопроводы к самостоятельным мотор-генераторам с такими же мощностями. Они оформляются как самостоятельные мини-ТЭЦ на биогазе с предоставлением 500кВт-ной субсидии для каждой.

Все современные биогазовые энергоустановки выполняются в когенерационном варианте, чтобы исключить потери тепловой энергии (более 60% от общей энерговыработки ДВС). Большая доля тепла используется на технологические процессы (главным образом подогрев подаваемой пульпы и самих метантенков). В зимний период - часть тепла (температура порядка 100 °С) идёт на отопление близлежащего жилья и производств. В тёплый период тепло утилизируют на сушку, главным образом, древесины (доски, дрова, щепа). Она доставляется к мотор-генератору в специальных оборотных вентилируемых контейнерах с соседних деревоперерабатывающих предприятий.

Мокрые технологии

Принципы работы мокрых технологий хорошо известны. Они состоят в непрерывном введении небольшими

порциями исходной сырьевой смеси в метантенк, где поддерживается заданная влажность и температура. Подача осуществляется обычно снизу метантенка. Одновременно с почти таким же расходом бродящая смесь выводится из биотенка (обычно из его верхней части). Специальные мешалки обеспечивают равномерное размешивание присутствующей смеси с основной массой. При этом необходимо отметить, что из-за равномерного перемешивания в выводимой пульпе всегда остается небольшая доля и свежего сырья (обратно пропорциональная объёму метантенка).

В современных биогазовых установках выводимая пульпа направляется на дображивание в отдельный метантенк-отстойник. Из под его купола так же как и из основного метантенка собирается биогаз. Конечное хранилище отработанной пульпы по современным экологическим требованиям (выходящие остатки биогаза в 20 раз активнее по парниковому эффекту, чем углекислый газ) делается не открытым, как в старых конструкциях, а выполняется накрытыми крышкой, и из под неё также отбирается биогаз.

На рынке присутствует огромное разнообразие конструкций больших, средних и малых (до 500 кВт) установок. Корпуса их уже не изготавливаются из бетона, а преимущественно из металлического листа с антикоррозионным покрытием. Для перемешивания пульпы используются огромные роторы или, штанговые мешалки вентиляторного типа.

Пределом упрощения технологий для малых установок являются «бродильные блюдца» в грунте с обвалованными краями и с покрытием стенок толстой водостойкой тканью с пластиковой пропиткой. Верхний конусный купол для сбора биогаза также герметизируется прочным матерчато-пластиковым покрытием (как у циркового шатра), опирающимся на металлодеревянные стропила. Следует отметить, что эта и большинство других новых конструкций имеют теплоизоляцию, обеспечивающую работоспособность зи-

мой только в районах южной и центральной Европы с мягким климатом.

Обилие конструкций обусловлено главным образом тем, что они «подстраиваются» под совокупность типичных групп условий работы (см. последний раздел). Поэтому выбор некоей универсальной биогазовой системы для тиражирования в российских условиях сомнителен из-за очень широкого диапазона внешних условий, связанных, главным образом, с большим различием климатических зон и вытекающих из этого вариаций по исходному сырью, термозащищённости конструкций и т.д.

Сухие технологии

Главным отличительным критерием сухих технологий является низкая влажность пульпы в метантенке. Она близка к природной влажности загружаемых сырьевых продуктов (до 60%). Благодаря этому существенно (в 1,5-2 раза) уменьшаются габариты метантенка и, соответственно, площади, занимаемые установкой в целом. Также упрощается технология оперирования с более густой пульпой и снижаются расходы на логистические операции с ней, возможную сушку для пеллетирования.

Себестоимость «сухой» биогазовой установки в целом ниже, чем «мокрой». Однако рыночная стоимость таких установок пока выше, как нового продукта на рынке биогаза. В настоящее время в разных регионах Германии доля сухих установок составляет 5-10% от общего числа.

Одни из удачных вариантов установок сухого оборудования изготавливаются в Бельгии компанией OWS. Установки охотно начинают покупаться немецкими фермерами. Метантенк у приведённой на фото установки с эквивалентной производительностью биогаза на 1,5 МВт выполнен в виде вертикального стального цилиндра диаметром около 4 м и высотой около 20 м с гофрированной обечайкой и теплоизоляцией между ними. Днище выполнено в виде конуса с раскрытием около 90°. В него пульпа спускается са-

мотёком сверху. Поток раздваивается на выходе: примерно 1/6 часть его (около 15 тонн/сутки) выводится из метантенка в хранилище, а в остальные 5/6 подаются непрерывно в специальную смесительную камеру. Там к этой бродящей пульпе добавляется свежая биомасса (в количестве около 20 тонн/сутки). Смесь свежей и выдержанной биомассы специальным винтовым насосом подаётся по толстой трубе (находится внутри бака метантенка) на его верх. Время спуска поданной пульпы от верха до конуса (без дополнительного перемешивания) составляет 4-5 суток. При этом свежая поданная порция (в составе смеси из смесительной камеры) всегда гарантированно пребывает внутри метантенка в период наиболее интенсивного начального брожения. Поэтому дображивания выводимой отработанной пульпы не производят.

Интересна конструкция сухой биогазовой установки для компостирования биомассы производства компании «ВЕКОН». Она выполнена в виде пяти примыкающих друг к другу горизонтальных железобетонных боксов длиной около 15м и поперечными размерами 3 х 5 м. Камеры закрываются с торца металлической дверью, обеспечивающей её герметичность при работе. Внешне вся конструкция похожа на гаражный блок с надёжно запертыми воротами из нержавеющей стали. В стенки камеры и в пол вделаны водонагревательные трубы для обеспечения мезофильного режима.

Приведённая установка работает на бытовых биоотходах (все бытовые отходы собираются жителями коммуны и агро-пищевыми предприятиями на её территории в отдельные ёмкости). В пустую камеру загружается смесь (70/30%) свежих и перебродивших отходов (может добавляться до 30% свиного и др. навоза в эту биомассу). Смесь готовится перемешиванием погрузчиком из двух соседних куч на одной площадке напротив группы камер. Камера загружается практически полностью; сверху образуется небольшой зазор для сбора биогаза от просе-

дающей смеси.

При нагреве биомассы из неё выходит часть жидкости, собираемой в приемок и подаваемой в общий для всех камер бак. Из бака она поступает в теплообменник для дополнительного подогрева. Подогретая жидкость распределяется по камерам и поступает в душевые лейки, распределённые по потолку всей камеры. Таким образом, смесь, созданная первоначально грубым перемешиванием, непрерывно контаминируется по всему объёму анаэробными микроорганизмами, живущими в жидкости.

Биогаз подаётся в 500 кВт-ный мотор-генераторный блок. Он работает в когенерационном режиме: часть тепла используется на подогрев камер и контаминирующей жидкости, часть - на нужды других производств на площадке. Электроэнергия закачивается в центральную сеть с государственной доплатой фирме за биопроизводство.

Экономическая сторона работы биоустановки такова. За приём биотходов коммуна платит утилизирующему энергопредприятию 50 евро за тонну. Электроэнергия продаётся в сеть по рыночной цене, плюс госсубсидия. Компост передаётся в количестве 80% фермерам коммуны бесплатно. Они же, в свою очередь, бесплатно передают энергопредприятию излишки навоза. Толщина вносимого в землю компоста составляет около 1-2 см. До 20% компоста продают населению для садовых участков.

Важно отметить, что отличительной чертой современных биогазовых установок всех типов является полная автоматизация работы (за исключением загрузки сырья в питательный контейнер), полностью автоматизированные сбор информации и управление. Благодаря этому полуторамегаваттная установка фирмы OWS полностью обслуживается всего одним человеком (он же водитель погрузчика). Система автоматического сбора информации и управления может известить его по мобильной связи об аномалиях, требующих оперативного

вмешательства человеком. Вся информация с германского контролирующего компьютера в онлайн-режиме передаётся в офис разработчика в Бельгии. Его сотрудники могут дистанционно внести корректировки в режимы работы и/или связаться с оператором установки для консультаций.

Термические технологии

Термическая переработка отходов путём сжигания и генерации пара для турбин осуществляется в крупных масштабах преимущественно для сортированного и несортированного мусора. Для участников выставки была организована специальная экскурсия на крупный мусоросжигательный завод компании SWB в пригороде Бремена. Завод функционирует уже много лет. В настоящее время он модернизирован и оснащён системой полного автоматизированного дистанционного контроля. Завод функционирует в составе энергокомплекса ещё с двумя угольными ТЭЦ. Такая схема позволяет компенсировать в энергосистеме сезонные и недельные вариации поступления мусора на сжигание.

Узкоспециализированные энергоустановки для выработки энергии из агроотходов путём сжигания почти не представлены в Германии. В то же время некоторая доля высушенных и пелетированных твёрдых остатков биогазового производства в небольших количествах применяется на обычных тепловых станциях для совместного сжигания с другими видами твёрдого топлива (cobearing).

На выставке было представлено несколько образцов **высокопродуктивных сушилок, предназначенных** для сушки животноводческих и пищевых отходов, а также финальных отходов после биогазовых установок.

По калорийности пост-биогазовое топливо близко к торфу. В сушилках используются двух-трёх ступенчатые ленточные транспортёры. Для подогрева продуваемого воздуха может применяться когенерированное тепло от ДВС-генераторов или производимый биогаз.

Такой высушенный и гранулированный продукт более рентабельно транспортировать на поля в качестве удобрения, чем жидкую массу, т.к. из-за его большей полезной плотности снижаются логистические расходы и храниться на складах он может более года.

Пиролизные технологии для энергетической утилизации мусора, аграрных и животноводческих отходов доведены до стадии коммерческих установок в США и Великобритании. Имеется целый ряд технологий, в т.ч. с использованием небольших плазмогенераторов. Они предназначены для ускоренного пуска, интенсификации процессов, снижения токсичности выбросов и повышения теплотворности вырабатываемого газа для использования его в ДВС.

Большинство установок имеют схожую конструкцию. В них осуществляется поступление параллельно-току (сверху-вниз) топлива и вдуваемого в центр колонны с топливом горячего воздуха. Твёрдое топливо пиролизуется горячим воздухом при температуре более 400 °С и вместе с парами испарённой из него воды поступает в нижнюю часть печи, где на раскалённом пиролизном угольном остатке происходит крекинг длинномолекулярных фракций, присутствующих в изначальной паро-газовой смеси. Кроме того, испарённая вода, взаимодействуя с раскалённым углем, даёт водород и углекислый газ. Сгенерированный углекислый газ раскисляется на угле до СО. В результате на выходе получается высококалорийный генераторный синтез-газ (примерно равнопроцентная смесь H_2 , СО и N_2).

Компанией “Big Dutchman” создан пилотный образец энергетической установки на пиролизном газе из куриного помёта и других видов биотоплива. Комплекс состоит из низкотемпературной (60 °С) сушильной камеры сырья со ступенчатыми ленточными транспортёрами, пеллетного компактора высушенного помёта, пиролизной печи указанного выше типа, системы охлаждения и доо-

чистки генераторного газа. Используется ДВС фирмы VOLVO для биогаза и электрогенератор на 350 МВт-э. По результатам этой разработки в конце текущего года будет запущен в работу первый образец коммерческой энергетической установки на курином помёте мощностью 500 кВт-э.

В заключение этого раздела отметим, что важнейшими преимуществами сжигательных технологий в сравнении с биогазовыми являются:

- малая чувствительность к погодноклиматическим условиям;

- на порядок меньший вес и объём отходов энергопереработки, которые безопасно хранить и удобно транспортировать.

Ещё одно преимущество термической утилизации состоит в том, что в смеси с аграрной биомассой могут быть одновременно энергоутилизированы резина, бумага, древесина, пластмасса.

Факторы влияния и критерии оценки

Для небольших российских ферм оперирование с производимыми аграрными отходами, и в особенности с навозом, во многом определяется принципом «спасение утопающих – дело рук самих утопающих», и фермер сам оптимизирует процесс утилизации в зависимости от конкретной ситуации в своём хозяйстве. Однако с крупными хозяйствами дело обстоит сложнее.

Современная тенденция развития доходного животноводства и птицеводства в России ориентируется на создание крупных ферм (мегафермы). Собственники этих ферм иногда экономят на закупке специализированного оборудования для оперирования с навозом (помётом), надеясь отправлять его на временное складирование и естественную биодegradацию в лагунах, либо просто вывозят на поля, часто не дожидаясь положенного выдерживания в спецхранилищах. Опыт эксплуатации подобных хозяйств показал, что они начинают тонуть в навозе (помёте) уже в прямом смысле

слова. Соседство с такими фермами вызывает нарекания жителей стойким неприятным ароматом в округе. Всё это потребовало ужесточения в последние годы санитарно-ветеринарных норм оперирования с навозом, улучшения контроля и введение повышенных штрафов за нарушения.

Если не будет предприниматься серьёзных мер с утилизацией навоза, ситуация может стать такой же, как с мифологическими «Авгиевыми конюшнями», переполненными навозом, и необходим «мощный поток», который сможет их расчистить.

В сложившейся ситуации у потенциальных инвесторов проявился интерес к инвестированию средств в оборудование по переработке навоза на взаимовыгодных условиях с фермерскими хозяйствами. В то же время фактическое отсутствие законодательной, финансовой и пр. поддержки государства, как в европейских странах, , грабительская монополистская стоимость закачки производимой электроэнергии в сети, более холодный и резко континентальный климат России делают навозно-утилизационный бизнес во многом рискованным. Так, проведённые оценки показывают, что инвестиции в энергоутилизацию навоза могут быть использованы только при мощности по электровыработке не менее 1,5-2 МВт. Причём энергетические биогазовые установки с наименьшим риском можно размещать только в южных регионах страны.

Венчурный частный бизнес на отечественные разработки не развит. Хотя Россия в советские годы являлась одним из лидеров в научных разработках, она безнадежно отстала от Запада в создании и реализации современных промышленных технологий доходной утилизации отходов. Поэтому инвесторы предполагают вкладывать средства в уже готовые, отработанные и проверенные (не менее 3 лет эксплуатации) установки, причём с обязательным страхованием сделок в зарубежных страховых компаниях. Всё это

1. ГЛАВНЫЕ ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ФАКТОРЫ

Дополняющая цель создания установки (обезвреживание отходов или выработка энергии)

Предполагаемые алгоритмы оперирования с заработанной энергией (электрической и тепловой) с учетом совокупности всех внешних факторов

Предполагаемые алгоритмы утилизации вторичных отходов и побочных продуктов энергопроизводства

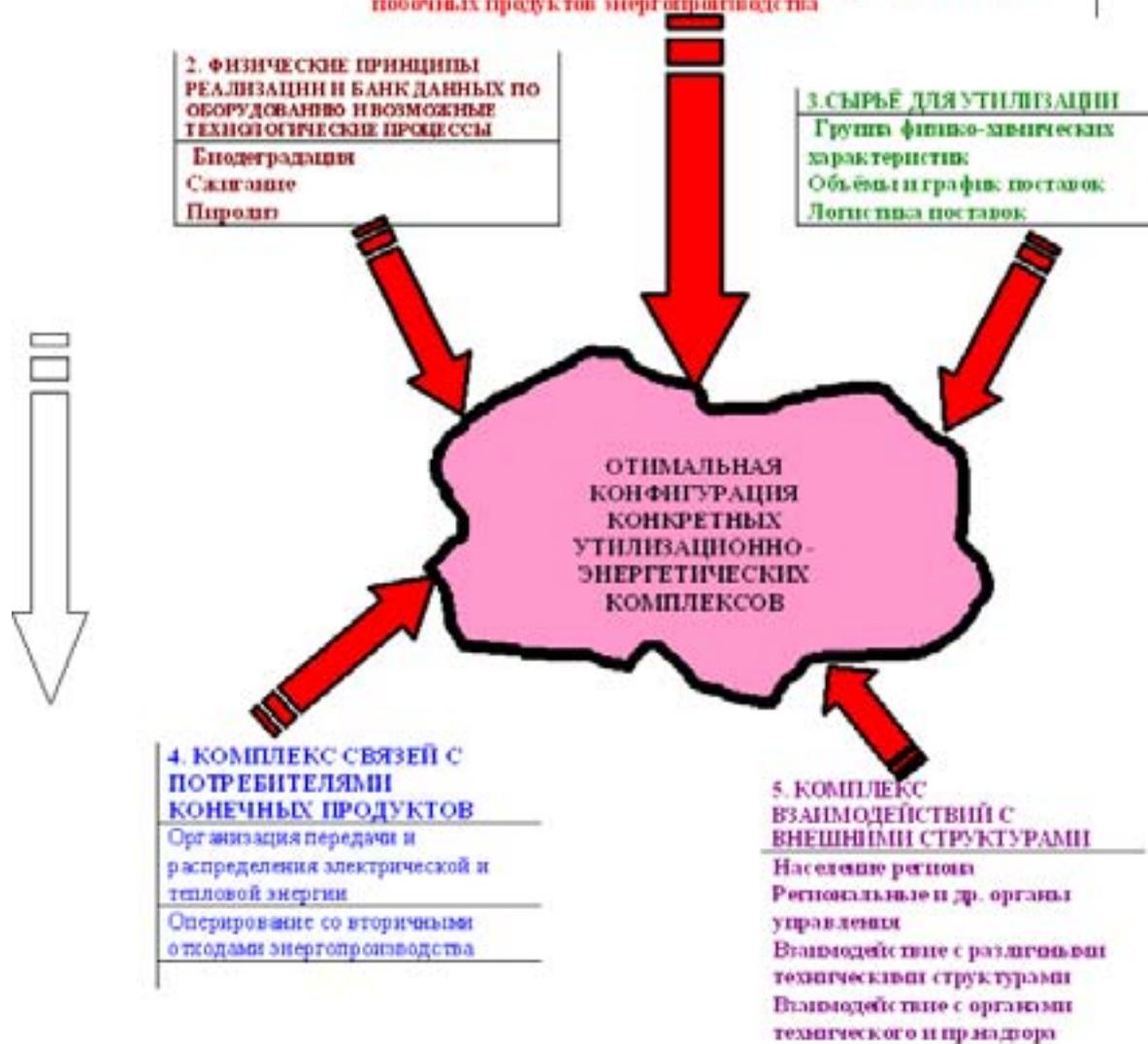


Рис. 1. Группы факторов влияющих на оптимальную конфигурацию создаваемых утилизационно-энергетических комплексов

ориентируют на однозначный выбор для внедрения в России, к сожалению, только западного оборудования.

Однако и при такой западной ориентации следует очень осторожно и просчитано делать конкретный выбор по обо-

родованию ввиду огромного количества факторов, влияющих на процесс энергоутилизации отходов, в особенности животноводства.

Как отмечалось, западные биогазовые установки ориентированы на относи-

*Факторы для принятия решений по оптимизации систем
энергопереработки отходов*

№ пп	Группа факторов	Составляющие
1	Сырьё	Наличие, динамика поступления (производства), предварительная подготовка, логистические операции (перевозка, организация хранения ...), подготовка- переработка предварительно подготовленного сырья в квалифицированный продукт для утилизации
2	Инженерно – технологические и организационно-технические решения по организации процессов утилизации	Подача на утилизацию, в т.ч. в зимний период, оперирование с твёрдыми, газообразными и жидкими побочными продуктами при выработке энергии; технологии и аппараты для выработки энергии.
3	Реализация вырабатываемой энергии (электрической и тепловой)	Транспортировка энергии к месту потребления, организация процессов взаимодействия с энергопотребителями, в т.ч. с учётом вариаций потребления (в течение: суток, дней недели, месяцев, сезонов)
4	Разностороннее взаимодействие с социально-административной «окружающей средой»	Финансовые потоки, административные, социальные взаимодействия. Взаимосвязь с потребительскими, конкурирующими и пр. компаниями региона, в т.ч с электросетями, ЖКХ и др. системами. Взаимодействие с надзорными органами (экология, санитарные и ветеринарные службы, технадзор и др.).

тельно мягкие климатические условия и, соответственно, на произрастающее там сырьё, многие не имеют надлежащей термозащиты, а в экономических расчётах их рентабельности разработчики ориентируются на дотационную политику собственных стран. При недобросовестной рекламе поставщиков многие установки могут оказаться убыточными в российских условиях.

Но самый главный вопрос в российских условиях - куда девать производимую энергию, при наличии кабельных условий с электросетями, которые соглашаются на закупку энергии по цене втрое ниже собственной отпускной. Локальный же потребитель не является «обязательным», поэтому энергоустановка должна работать в режиме с суточным, недельным и сезонным маневрированием мощностью, особенно электрической. В то же время биогазовые установки подвергнуть маневрированию по производительности биогаза практически невозможно. Нежелательна и эксплуатация мотор-

генераторов в ненормальных режимах.

Поскольку биогазовый процесс практически не уменьшает объёмы отходов, не менее сложен и вопрос о том, что делать с нарабатываемыми в процессе биопереработки отходами, особенно в холодные зимние периоды, как работать с ними в морозы на полях.

Основные группы факторов, оказывающих влияние на принятие решений по выбору оптимальной схемы оперирования с отходами на конкретном объекте (группе объектов), представлены на рис.1 и более детализованы в таблице, но и этот перечень является далеко не исчерпывающим.

При выборе закупаемого оборудования важен правильный выбор критериев оценки его эффективности. К ним в первую очередь следует отнести:

- получение дохода от утилизации;
- достижение максимального экологического эффекта;
- решение комплекса технических задач для производств;

- решение комплекса социальных задач и др.

В принципе все они могут быть выражены в денежном эквиваленте, если правильно ввести корреспондирование в финансы эффектов по указанной номенклатуре (т.е. оценить сколько надо вложить средств, чтобы достигнуть такой же эффект по данному параметру с использованием иных методов, технологий, решений). Тогда критерий будет всего один – достижение максимального финансового дохода (суммарного) от утилизации отходов по выбираемому алгоритму.

Вместо заключения

При выработке стратегии по продвижению биогазовых технологий в России основным определяющим фактором является целевой. Если вести речь о выработке биогаза для получения электроэнергии, то для снижения рисков следует остановиться первоначально на тёплой климатической зоне – юге России и/или южной части центральной зоны.

Если же во главу ставить вопрос о расчистке «Авгиевых конюшен» с навозом на мега-фермах и мега-птичниках, биогазовые технологии вряд ли решат эту проблему, а скорее усугубят её. Ведь из существующих промышленных энергоустановок объём выкачиваемого из биотенка жидкого продукта не меньше, а в 3-5 раз больше, чем загружаемого в него свежего навоза из-за необходимости добавок в него растительных компонентов и воды в 3-5 кратной пропорции. Для задачи «борьбы с навозными кучами» предпочтительнее использовать сжигательные технологии, которые на порядок (!) снижают объём поступающего на переработку навоза и переводят исходный продукт в совершенно безопасный остаток – золу, являющуюся не менее ценным

удобрением, чем сам навоз.

В направлении сжигательных технологий низкокалорийного топлива (в т.ч. навоза, иловых осадков и пр.) российские институты (ВТИ, ОИВТРАН, ИГИ, ТГТУ, ЦНИДИ и др.) имеют технологические разработки, не уступающие западным, а по некоторым параметрам и превосходящие их. Через ряд частных компаний многие такие разработки доведены до уровня почти промышленных пилотных образцов для тиражирования (но, к сожалению, не до тиражируемого коммерческого оборудования). С учётом этого уровня направление термоутилизации аграрных отходов может стать предметом широкого международного сотрудничества с российскими институтами.

Важно отметить, что для большей части России, где отопительный период составляет более полугода, даже не столь важна выработка электрической энергии, сколько тепловой. Это существенно упрощает задачу массовой термической утилизации, если при этом будут применяться промышленные технологии сушки и компактирования навоза в пеллеты и брикеты (по аналогии с торфом и комбикормовым производством). Это позволит накапливать их в летний период и сжигать в осенне-зимний-весенний. Уже только сушка и прессование более чем втрое уменьшают массу сырья. А это уже решает логистические проблемы транспортировки компактированного продукта на расстояния в десятки и даже сотни километров для задач отопления и/или удобрения.

Термо-утилизационные установки имеют большой диапазон по сырью. На них не оказывает влияния холодный климат.