

**Рязанова Г.Н.**

канд. экон. наук, ассистент  
кафедры институциональной  
экономики ФГБОУ ВО  
«Государственный университет  
управления», Москва

e-mail: ryazanovagn63@gmail.com

## Организационное решение проблемы координации спроса и потребления альтернативной энергии на промышленных предприятиях России

**Аннотация**

Ключевыми факторами конкурентоспособности предприятия выступают его бесперебойное энергообеспечение и низкая себестоимость энергии. Несмотря на статус России как энергетической сверхдержавы, российские предприятия платят за электроэнергию высокую цену, которая за последние 10 лет выросла более чем в 3 раза. Помимо традиционных энергоносителей, существуют возобновляемые источники энергии (ВИЭ), к которым относятся солнечная, геотермальная, биоэнергия и др. В определенных случаях ВИЭ находятся в непосредственной близости к предприятию и способны решить энергетические и экологические проблемы бизнеса.

В развитых странах производство и потребление энергии из ВИЭ для энергообеспечения промышленных предприятий с каждым годом растет. В России, несмотря на огромный потенциал ВИЭ, альтернативные энергоносители почти не используются. Это связано с особенностями страны – достаточным количеством традиционных энергоносителей и ориентацией промышленности на углеводородные источники энергии. В то же время, в нашей стране возникают ситуации, когда ВИЭ могут быть существенным дополнением централизованной системы электрификации, однако, в России отсутствует механизм регулирования спроса/предложения альтернативного энергообеспечения предприятий – нет рынка ВИЭ-генерации, не созданы институциональные условия для государственного регулирования производства и потребления альтернативной энергии. В статье предлагается организационное решение проблемы координации спроса/предложения в российских условиях.

**Ключевые слова:**

возобновляемые источники энергии (ВИЭ); ВИЭ-генерация; альтернативное энергообеспечение; промышленные предприятия; организационное решение.

**Ryazanova G.N.**

Candidate of Economic Sciences,  
Assistant at the Department  
of Institutional Economics, State  
University of Management,  
Moscow

e-mail: ryazanovagn63@gmail.com

## Coordination of supply and demand alternative energy in Russia industrial with organizational solution.

**Abstract**

One of the key factors affecting the competitiveness of an enterprise is low energy costs. Despite the status of Russia as an energy superpower, Russian companies are paying a high price for electricity. It has increased the past 10 years more than 3 times. In addition the traditional energy sources, there are renewable energy sources, which include solar, geothermal, bioenergy, and others. They are close in certain cases and are able to give energy. In developed countries, the production and consumption of energy from renewable sources for industry is growing every year. In Russia it is used hardly, but the potential of renewable energy is huge. This is due to the peculiarities of the country – there are a lot of hydrocarbons in Russia, and industry has focus on hydrocarbon energy sources. At the same time, in our country there are the situations where renewables can be an essential complement centralized system of electrification. But in Russia there is no mechanism of regulation of the supply / demand of alternative energy. There are not institutional conditions for state regulation of renewable energy production, there is not renewables market. The paper proposes an organizational solution that solves the problem of the coordination of the supply / demand in the Russian context.

**Keywords:**

renewable energy sources, renewable energy generation, alternative energy supply, industrial enterprises, organizational decision.

Проблемы энергообеспечения, характерные для мирового сообщества, проявляются на всех уровнях иерархии. Это касается и промышленных предприятий. Высокие цены на энергоресурсы, опасность нестабильного обеспечения энергией, в некоторых случаях отсутствие централизованного электроснаб-

жения снижают эффективность работы промышленных предприятий. Поэтому при создании предприятия необходимо учитывать все факторы, влияющие на финансовые показатели его деятельности и, среди прочих, вопросы, связанные с энергетическим обеспечением. Для современного предприятия

чрезвычайно важно создать независимую самостоятельную энергетическую систему, работающую без сбоев, с минимальными затратами и с выработкой энергии, удовлетворяющей потребности предприятия. Поскольку предприятие — это способ объединения частей в целое, специфический для каждого объекта, — необходимо учитывать особенности промышленных предприятий, в том числе ресурсную составляющую для наиболее эффективного энергообеспечения. В этом контексте в случае возможности использования возобновляемых источников энергии для предприятий промышленности эти ресурсы могут частично или полностью заместить традиционные энергоресурсы и позволят предприятию создать независимую энергосистему, обеспечивающую эффективное функционирование промышленного предприятия.

С каждым годом все больше предприятий используют альтернативную энергетику, расширяя рынок альтернативной генерации и промышленное производство ВИЭ-генераторов. В последние десятилетия инвестиции бизнеса в производство оборудования для использования альтернативных источников энергии в качестве сырья постоянно росли. Только в 2014 г. изменение цен на основные энергоресурсы спровоцировало сокращение инвестиций и ослабление доверия инвесторов к «зеленой энергии» на 17% до 270 млрд долл. (2013–2014). Несмотря на резкое снижение цен на нефть, инвестиционное падение коснулось не всех видов ВИЭ-энергии. Инвестиции в ВИЭ в Европе увеличились менее чем на 1%, до 57,5 млрд долл. Крупнейшим инвестором в возобновляемые источники энергии в 2014 г. стал Китай, он на 39% превысил сумму инвестиций 2013 г. до 83,3 млрд долл. В США на 7% снизился объем инвестиций по сравнению и страна стала второй по вложенным инвестициям в ВИЭ-технологии — 38,3 млрд долл. Третьей страной по вложенным инвестициям в ВИЭ-генерацию стала Япония, превысившая собственные показатели 2013 г. на 10% и достигшая суммы 35,7 млрд долл. [11].

Значительно выросли инвестиции в альтернативную энергетику в развивающихся странах — на 36% до 131, 3 млрд долл.: Бразилия (7,6 млрд), Индия (7,4 млрд), Южная Африка (5,5 млрд), все эти страны вошли в топ-10 стран-инвесторов. Более 1 млрд долл. были вложено в Индонезии, Чили, Мексике, Кении и Турции; Иордания, Уругвай, Панама, Филиппины и Мьянма вложили инвестиций в возобновляемую энергетику от 500 млн до 1 млрд долл. [13].

Последние годы характеризовались наибольшими инвестициями в солнечную и ветровую энергию — 92% общего объема инвестиций в альтернативную

энергетику. Инвестиции в солнечные генераторы выросли на 29% до 149,6 млрд долл. (49 ГВт), это второй показатель за всю историю, причем он мог быть выше, если бы не конъюнктура рынка 2011 г., когда резко упала себестоимость технологии генерации солнечной энергии. В ветровые генераторы инвестиции увеличились на 11% до 99,5 млрд долл. (46 ГВт) [6, с. 8].

Промышленное производство ВИЭ-энергии несмотря на препятствия, динамично развивается. Как было отмечено, наиболее активно развивается индустрия использования ветровой энергии. Первые оффшорные ветровые электростанции установила Дания, которая в течение многих лет была мировым лидером в данном сегменте электрогенерации, в настоящее время лидирует Великобритания. Другие большие рынки ветрогенерации, включая США и Китай, сосредоточились сначала на развитии ресурсов ветра на суше, где стоимость строительства ниже (Великие равнины США и столь же не защищенные от ветра степи Синьцзяна и Внутренней Монголии в Китае). Но в последние годы во многих странах, учитывая сосредоточение населения вдоль береговых линий близко к оффшорным ресурсам ветра, что уменьшает затраты на передачу энергии ее потребителям, увеличился интерес к использованию энергии ветра моря. Генерация на основе ветра стала крупнейшим инвестиционным сектором альтернативной энергетики. Вложение в ветровую энергетику увеличились до 92,4 млрд долл., что на 10% выше, чем в 2013 г.

На рынке ветровой энергетики преобладают крупные игроки. Например, активы компании Skadden оцениваются примерно в 272,5 млн долл., которая на территории США установила более 2500 ветровых турбин. [9] Промышленное производство ветровых ВИЭ-генераторов выгодно в странах, где государство поддерживает производителей и потребителей ВИЭ-энергии. По данным американской промышленной группы Windustry, годовая чистая прибыль компании в 2014 г. с одной турбины составила от 6 000 до 10 000 долл. [10].

Но у ветровой энергетики есть свои особенности, в первую очередь связанные с нестабильным ветровым потоком. При этом стоимость ВИЭ-генераторов довольно высока — малые ветроустановки стоят около 10 000–15 000 долл. за кВт установленной мощности. Так, 2 кВт турбина может стоить от 20 000 до 30 000 долл., включая стоимость монтажа. Поэтому наиболее эффективно использовать силу ветра как часть, не автономную систему, а в комплексе с другими генераторами, поскольку турбины не будут находиться в идеальных условиях или при

стандартной номинальной скорости ветра. Обычно турбины смогут генерировать только от 10 до 40% от своей номинальной мощности в час [12]. Поэтому нужно внимательно рассчитывать необходимую мощность ветровой электростанции и, по возможности, комбинировать ВИЭ-электростанцию и использование других видов генерации [3].

В регионах, где бьют мощные источники – гейзеры, развивается геотермальная энергетика. Самая многочисленная группа геотермических электростанций в мире расположена в Долине Гейзеров, геотермической области в Калифорнии. Пять стран (Сальвадор, Кения, Филиппины, Исландия и Коста-Рика) производят больше 15% своего электричества из геотермических источников. Геотермическое электричество производится более чем в 30 странах и в настоящее время идет разведка и оценка потенциальных мест ее использования. Инвестиции в геотермальную генерацию за последний год составили 2,7 млрд долл.

В зависимости от мощности ВИЭ-источника геотермальную энергию используют для обеспечения любых предприятий тепловой энергией и преобразования ее в энергию для охлаждения и вентилирования помещений промышленных объектов. Разница эксплуатационных затрат системы отопления, кондиционирования и вентиляции на геотермальной воде и использующей традиционные энергоносители достигает 40% [8]. Этот мощный возобновляемый источник при использовании современных технологий может одновременно осуществлять процессы компрессии, испарения, дросселирования и конденсации.

В термодинамическом процессе, как и в любом другом, действует закон сохранения энергии. Для организации холодильного цикла теплового насоса используются два независимых источника энергии: процесс компрессии, преобразующий электрическую энергию силовой сети в тепловую энергию хладагента, а также процесс испарения, преобразующий тепловую энергию воды или воздуха в тепловую энергию хладагента. Для удаления тепловой энергии хладагента используется процесс конденсации. Это качество возобновляемого теплоносителя позволило создать технологию, способную обеспечить кондиционирование, вентиляцию, отопление и другие возможности энергообеспечения предприятий промышленности.

Российский потенциал использования термодинамической энергии очень высок. Потенциальная мощность только Мутновского месторождения, расположенного в 120 км от Петропавловска-Камчатского, оценивается в 300 МВт [7, с. 69–70].

Солнечную генерацию используют предприятия различных отраслей. В США одной из тенденций транспортной отрасли стало использование солнечной энергии. Министерство энергетики Филадельфии, совместно с Национальной лабораторией возобновляемой энергетики, уже внедрило в транспортную сеть штата Пенсильвании автомобили, работающие на солнечных батареях. По подсчетам чиновников эта программа позволит на 50% сэкономить энергию и минимизирует негативное влияние на среду, несмотря на невысокий КПД солнечных батарей – 32,6%. Очень популярны конструкции, способные генерировать электрическую энергию из энергии солнца, у предприятий строительной отрасли. Необходимо упомянуть, что программа, запущенная в 2009 г., по внедрению современных технологий в строительстве была успешно реализована. Целевые показатели по энергосбережению были полностью выполнены: вновь построенные энергоэффективные здания действительно потребляют на 30% меньше энергии, что связано с увеличением капитальных затрат на установку энергоэффективных и экологически чистых систем отопления, вентиляции и кондиционирования, работающих на ВИЭ, а также материалов, применяемых в строительстве. В настоящее время использование солнечных батарей становится все популярнее и для небольших компаний для энергообеспечения офисов их административных зданий.

В Чили, где солнечная энергетика наиболее перспективна, фотоэлектрические технологии используются даже для добычи полезных ископаемых. Крупная электростанция, мощностью 1,1 МВт, занимающая более 6 га, работает на медном руднике «Chuquicamata». Предполагается срок ее амортизации не менее 25 лет. В ближайшее время планируется оснастить другой рудник ветровой электростанцией из трех турбин мощностью 600 КВт. В Австралии при помощи солнечной энергии обеспечивается замещение 15% традиционной энергии для предприятия, добывающего литий. Солнечные электростанции используют предприятия, добывающие золото, так, в Суринаме инвестировано 12 млн долл. и запущена в эксплуатацию солнечная электростанция, мощностью 5 МВт, сейчас такие проекты планируется тиражировать в Африке [5].

Наиболее эффективно использование ВИЭ-энергетики на предприятиях и в домохозяйствах, расположенных на территориях без централизованного электроснабжения. По мнению А. Занда, без развития ВИЭ-генерации на отдаленных территориях, а предметом его диссертационного исследования являются горные районы Непала, невозможно со-

здать целостный подход к развитию общества, для долгосрочного развития которого необходима энергетическая концепция, базирующаяся на развитии возобновляемых местных ресурсов. По его мнению, все небольшие предприятия должны иметь собственную энергосистему, использующую доступные возобновляемые энергоресурсы, кроме того, домохозяйствам необходимо иметь свой энергогенератор типа «Семья из 4» и «Семья из 4 PLUS», использующий разные типы возобновляемого сырья. Применение местных возобновляемых источников энергии и преобразование ее через контекстуализированные технологии играет центральную роль в долгосрочных программах развития целостного сообщества.

Одним из перспективных направлений будущего выступает развитие водородной энергетики. Сущность технологии состоит в том, что электролитическим методом водород расщепляется на водород и кислород, а, затем полученный водород при сжигании в двигателе вновь соединяется с атмосферным кислородом и вырабатывает энергию. Предполагается, что наиболее эффективными эти технологии будут на транспорте, хотя, возможно использование водородной энергетики для энергообеспечения промышленных предприятий. Несмотря на сложность получения энергии из водорода, в настоящее время интерес к этому возобновляемому ресурсу растет. Это связано с его наличием в больших количествах, с доступной транспортировкой (дешевле, чем электричество в централизованных сетях), возможностью аккумулировать много энергии и экологической безопасностью (только незначительные выбросы окиси азота).

Генерация на основе ВИЭ для предприятий растет с каждым годом. Доля альтернативной генерации для энергообеспечения промышленных предприятий в мире постоянно увеличивается. А как дела обстоят в нашей стране?

Россия обладает 45% мировых запасов природного газа, 13% – нефти, 23% – угля, 14% – урана. Очевидно, что такие показатели по традиционным энергетическим ресурсам обеспечивают энергетическую безопасность России. На первый взгляд, для удовлетворения потребностей предприятий промышленности нашей страны в электрической и тепловой энергии есть все возможности, и нет необходимости поиска альтернативных способов их энергоснабжения. По выражению Дж. Рифкина, сейчас мы переживаем «глобальный пик производства нефти на душу населения», но этот ресурс ограничен [1. С. 28]. Кроме того, в определенных случаях альтернативная энергетика позволяет пред-

приятиям более полно реализовать их целевую функцию, решить энергетические, экологические и социальные проблемы, вывести бизнес на инновационный путь развития. Примерно 2/3 территории страны с уникальными природными ресурсами находятся в зоне вечной мерзлоты, где плотность населения которой очень низкая, но в целом составляет 22–25 млн человек. Обладая 12,8% территории Земли, в России проживает только 2,8% мирового населения. Это осложняет как добычу энергоресурсов, так и решение вопроса энергообеспечения населения и предприятий труднодоступных районов страны, где невозможно централизованное снабжение потребителей электрической энергией. Большая часть территории Севера и Арктической зоны Российской Федерации находится в зоне децентрализованного электроснабжения. Угроза энергетической безопасности в этих регионах стоит особенно остро.

Для таких специфических случаев необходима оптимизация топливно-энергетического баланса, обеспечение независимости энергообеспечения. Потенциала для единых энергосистем в отдаленных районах нет и нет возможности объединить энергообъекты в сети. Основные пути решения этой проблемы – строительство локальных атомных станций и освоение и развитие новых энергоисточников – использование альтернативных источников энергии. Решение может быть комплексным. Многие регионы автономной энергетики Сибири, Дальнего Востока и Крайнего Севера характеризуются высоким ветровым потенциалом, поэтому важным направлением в развитии децентрализованного энергоснабжения должно стать применение ветродизельных станций (ВДЭС) как комплексное применение традиционных и возобновляемых источников энергии.

В России огромный потенциал у биоэнергетики. Важно, что добыча биоресурсов не связана с большими затратами. Поскольку транспортировка их нерентабельна, в связи с большими потерями биомассы, наиболее эффективно использовать биоресурсы непосредственно рядом с предприятием. Сырьем для переработки могут быть различные отходы – органические и бытовые, осадки сточных вод, древесные отходы, отходы пищевой промышленности, а также специально выращенные растения. Например, в Северо-Западном регионе хорошо развита целлюлозно-бумажная промышленность. Промышленные предприятия этой индустрии могут стать поставщиками и потребителями ВИЭ-энергии, создавая замкнутые циклы производства и обеспечивая себя энергией. Такой опыт можно позаимст-



воват у Финляндии, которая 1/5 энергопотребления удовлетворяет именно за счет древесных отходов.

За рубежом наиболее широко технологии биоэнергетики используются для энергообеспечения сельскохозяйственных предприятий, поскольку это экономически выгодно – предприятия сами производят энергетический ресурс, который с помощью промышленной переработки становится энергоресурсом для предприятия. Сельское хозяйство может быть крупнейшим поставщиком возобновляемых источников энергии. В настоящее время в России технологии биоэнергетики почти не используются и отходы перерабатываются «по-старинке» – сбор органических отходов в лагуны, через 7 месяцев его пребывания в лагунах и естественного брожения вывоз на поля. И даже таким способом российские предприятия перерабатывают 28% отходов сельскохозяйственного производства, что в 3 раза меньше, чем в странах ЕС. Однако сегодня есть очень эффективные технологии метангенерации, которые проводятся в биогазовых станциях, позволяющих аграрному предприятию решить вопросы утилизации и обеспечить себя энергией. Перспективы этих технологий очень высоки – внедрение промышленной переработки отходов способно решить и проблему плодородия почвы (поскольку биогазовая установка помимо электрической и тепловой энергии производит органические удобрения). В конечном счете, это возможность получить экологически чистую продукцию растениеводства и усилить продовольственную безопасность страны. По прогнозам аналитиков, долю сельского хозяйства в российской экономике можно увеличить более чем в 2 раза [2, с. 6]. Важно не только руководствоваться объемом капитальных затрат, но и учитывать затраты на содержание электроустановок при эксплуатации. Показатели экономической эффективности использования оборудования возобновляемой энергетики в любом случае зависят от цены на традиционные энергоносители и оцениваются путем сравнения с экономическими показателями использования традиционных источников [4, с. 455–458].

Можно констатировать, что промышленная переработка возобновляемых ресурсов может быть эффективно использована для энергообеспечения предприятий промышленности, однако необходим целесообразный расчет. Если возобновляемый ресурс находится в непосредственной близости к предприятию, если предприятие находится в труднодоступном районе, где невозможно централизованное энергообеспечение и несоразмерно высоки затраты использования завозного традиционного сырья, то однозначно ВИЭ-генерация позволит решить вопрос

обеспечения энергией. Также она может использоваться в комплексе с традиционными энергоносителями. Целесообразность использования ВИЭ-генерации связана с территориями, где необходимо максимально поддерживать экологический баланс: на предприятиях, расположенных вблизи парков, водоемов, лесов и других экологически чистых зон. Очень важна экономическая составляющая, которая включает сопоставление цен от традиционных и альтернативных ресурсов, с учетом затрат на обслуживание, т.е. технологическое обеспечение ВИЭ-генерации. Промышленная индустрия на основе ВИЭ способна обеспечить предприятия промышленности энергоресурсами. Это должно быть обусловлено экономическими, экологическими и социальными соображениями:

- близостью к возобновляемому энергоресурсу – либо в непосредственной близости к предприятию, либо территориально недалеко от него;
- потребностью региона в дополнительной энергии ВИЭ и способностью использовать ее;
- отсутствием централизованных сетей, дорогостоящая доставка традиционных сырьевых энергетических ресурсов;
- отсутствием достаточных мощностей для стабильного электрообеспечения промышленных предприятий;
- близостью к экологически значимым зонам, где важна экологическая составляющая;
- наличием технологий для преобразования ресурсов в конечный продукт – газ, тепловую или электрическую энергию, которые может использовать непосредственно предприятие для удовлетворения потребностей в энергообеспечении.

Наша страна уникальна и по геополитическому положению, и по особенностям менталитета. И рынок России развивается по-своему. Инструменты, которые характерны для других стран, не всегда работают в российской действительности. Хотя определенные российские предприятия испытывают проблемы с энергообеспечением – спрос на ВИЭ существует, и в России ресурсы возобновляемой энергетики огромны – возможно появление предложения, но нет институциональных условий для создания рынка ВИЭ. Ограниченность оборотных средств, высокие кредитные ставки, длительный срок окупаемости ВИЭ-проектов и другие факторы сдерживают инвестиции в альтернативную генерацию.

Государство в условиях экономического кризиса, западных санкций и множества социальных проблем не имеет возможности мотивировать развитие ВИЭ при огромном количестве невозобнов-

ляемых ресурсов. Именно поэтому наилучшей альтернативой рынку ВИЭ-генерации, характерному для развитых стран, в нашей стране может стать интеграция производства и потребления энергии, генерированной на основе ВИЭ, на самом промышленном предприятии. Особенно актуальна такая интеграция на предприятиях, производственный цикл которых предполагает наличие отходов производства, поскольку, помимо энергетических проблем, ВИЭ-генерация способна решить экологические проблемы, связанные с производством. Крайне остро в нашей стране стоит проблема утилизации отходов агропромышленных предприятий. Часто собственники и руководители компаний не понимают, насколько их производство экологически опасно, и если не принимать меры по экологическому составляющему агропромышленного производства, то с ростом производственных мощностей предприятия увеличивается экологическая опасность от его функционирования. В наибольшей степени это относится к животноводческим хозяйствам. Отходы жизнедеятельности животных, бойни и трупы, которые не утилизируются, становятся некоей «экологической бомбой», уничтожающей атмосферу аграрного хозяйства, почвы, рек и озер, находящихся поблизости к ферме.

Проблема утилизации отходов животноводства в нашей стране стояла во все времена. Это связано с присутствием большого количества животных на определенной (довольно небольшой) площади. В СССР вокруг животноводческих объектов существовали зловонные болота навозной жижи, несмотря на то, что при строительстве ферм в смету затрат закладывалось 30% на очистку. Сейчас ситуация еще более серьезная. Оборудование, подлежащее модернизации каждые 10-15 лет, не меняется в течение по крайней мере, 25-30 лет. Показатели по ежедневным затратам на утилизацию (до 1991 г. они составляли около 2,6 руб. в сутки) сегодня отсутствуют и нет даже точной статистики объемов отходов животноводства.

Внедрение новых технологий (например, очистка навоза гидросмывом) содержания животных усугубляют вопрос утилизации, поскольку, затрачивая огромные средства на приобретение животных и оборудования для их выращивания, собственники, экономя капиталовложения, не приобретают высокоэффективные системы переработки навоза, ведь они не дают прибавки мяса, яиц и молока, т.е., не увеличивают рентабельность бизнеса. Около 30% российских птицефабрик не имеют системы очистки навозных/пометных стоков. Такая ситуация может привести (часто приводит) к болезням как живот-

ных, так и человека, так как именно эти отходы наиболее опасны (в 10 раз опаснее, чем твердые бытовые отходы). С другой стороны, именно животноводческие комплексы могут стать мощным ресурсом энергообеспечения народного хозяйства. Интегрированные технологии производства электрической и тепловой энергии из ВИЭ (отходов) способны трансформировать животноводческие фермы из опасных для общества предприятий в эффективные, экономически целесообразные и экологически чистые хозяйства.

В настоящее время в мире разрабатывается около 60 разновидностей технологий метангенерации. Опыт внедрения биоэнергетических установок свидетельствует об ускоренном развитии этого направления и их совершенствовании. Сейчас аналитики оценивают долю новых мировых биоэнергетических проектов на основе биогазовых технологий 76% против 24% уже действующих установок. Потенциал России в данном сегменте очень высок — только отходов животноводства в нашей стране от 325 млн до 800 млн т, из которых можно получить, по данным различных источников, от 41 млн до 92 млрд куб. м биогаза, или 69 ГВт энергии / 86 ГВт тепла. Используя имеющиеся ресурсы и перерабатывая их в биогаз, а затем в электро- и тепловую энергию, можно удовлетворить потребности российской экономики в электроэнергии почти на 1/4, в тепловой энергии — на 15%. Кроме того, это позволит дополнительно заместить энергию природного газа на 14%. К тому же биомасса позволяет получать жидкое и газообразное топливо, что расширяет сферу его применения. В количественном выражении суммарный энергетический потенциал отходов АПК РФ достигает 81 млн т у.т.

Технологии метангенерирования могут эффективно внедряться независимо от климатической зоны России, используя разные режимы сбрасывания и технологические особенности (без разделения / с разделением фракций, с добавлением микроорганизмов, усиливающих и ускоряющих процесс, и т.д.) и должны быть встроены в замкнутый интегрированный цикл производственных процессов как элемент автономного электроснабжения предприятия. Регламентируются данные технологии стандартом ГОСТ Р 53790-2010 «Нетрадиционные технологии. Энергетика биоотходов. Общие технические требования к биогазовым установкам».

Плохая усвояемость энергии растительных кормов (более половины уходит в навоз), с одной стороны, способствует продуцированию энергоотходов, с другой — формирует ценный источник энергии. Теплотворная способность биогаза, варьируя в за-

висимости от содержания двуокси углерода, достаточно высокая — 5000–6000 ккал/м<sup>3</sup>. После очистки она увеличивается до 1000 ккал. Из одного кубометра метана можно получить 9,94 кВт/ч электроэнергии. Из 1 т сухого ОВ (органического вещества) при использовании технологий метангенерации можно произвести при анаэробном сбраживании:

- из свиного навоза 500 м<sup>3</sup> биогаза или 0,36 условного топлива (т у.т.);
- из навоза КРС 450 м<sup>3</sup> биогаза или 0,321 т у.т.;
- из птичьего помета 660 м<sup>3</sup> биогаза или 0,428 т у.т.

Механизм анаэробного сбраживания навоза и других видов сырья с получением биогаза происходит следующим образом: сначала сырье поступает в накопительную емкость, на следующем этапе с помощью фекального насоса субстрат перегружают в метантанк (емкость для анаэробного сбраживания навоза). Готовый продукт — биогаз — перекачивается в газгольдер, после чего его можно использовать в качестве биотоплива или отправлять в когенерационную станцию для выработки электро- и тепловой энергии. Чтобы поддерживать определенный температурный режим брожения сырья, в метантанке устанавливается теплообменник с горячей водой, нагреваемой котлом. Сброженный навоз выгружают в навозохранилище, другие типы сырья утилизируются согласно технологии (рис. 1).

Кроме навоза, утилизации можно подвергнуть другие отходы хозяйства, которые тоже являются ценным ресурсом для получения энергии.

Интеграция производства и потребления энергии путем промышленной переработки отходов может быть эффективной независимо от размера пред-

приятия. Это могут быть малые индивидуальные крестьянские хозяйства с мини-ВИЭ-генераторами, для удовлетворения энергетических нужд небольших хозяйств и крупные аграрные холдинги с биоэнергетическими станциями, способными обеспечить энергией все предприятия вертикальной интеграции и сопутствующие подразделения, использующие «лишнюю» произведенную энергию.

Интеграцию такого рода можно рассмотреть на примере подразделения группы компаний ОАО «Росагрорегион» — вертикально-интегрированного холдинга, в состав которого входят 10 компаний, общее число работающих сотрудников около 1000 человек. Цепь звеньев от поля до прилавка включает производство сельскохозяйственной продукции, выращивание и реализацию свиней и крупно-рогатого скота, производство продуктов мясной консервации, колбас, деликатесов, полуфабрикатов. В структуре капитала холдинга преобладают филиалы и компании со 100%-ным участием ОАО «Росагрорегион», что обеспечивает высокую централизацию управления. География подразделений холдинга: Калининградская, Ленинградская, Курская, Ростовская, Волгоградская области, Ставропольский и Краснодарский края. Центральный офис (управляющая компания) находится в г. Дзержинском Московской области. В 2002 г. в группу компаний «Росагрорегион» вошел свиноводческий комплекс «Новый свет». В настоящее время ферма полностью модернизирована и оснащена современным оборудованием. За короткий срок комплекс превратился в крупнейший животноводческий комплекс для откорма 80 тыс. голов свиней в год по технологии «мульти-ситэ». Современный свинокомплекс вклю-

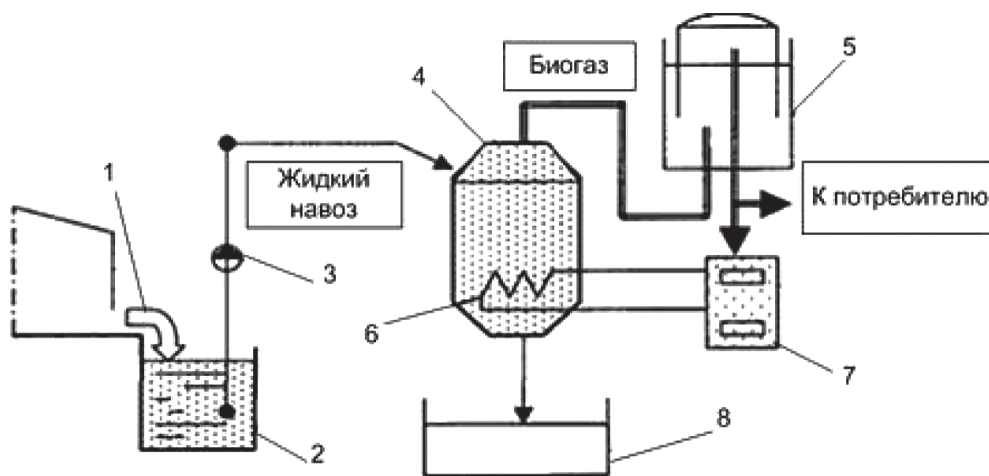


Рис. 1. Схема технологического процесса анаэробного сбраживания:

- 1 — источник органической биомассы; 2 — резервуар для хранения биомассы; 3 — насос; 4 — метантанк; 5 — газгольдер; 6 — теплообменник; 7 — котел; 8 — хранилище удобрений

чает репродуктивный центр, хрячник, ферму для дорашивания поросят, ферму для откорма, бойню. Для получения высококачественного мяса используются лучшие мясные породы датской селекции: трёхпородный гибрид – ландрас (25%), йоркшир (25%) и дюрок (50%). По комплексу параметров свинина, полученная от скрещивания этих уникальных по характеристикам пород, не имеет равных в мире. Современное оснащение и применение инновационных технологий выращивания свиней позволило «Новому свету» стать одним из весомых игроков рынка.

Свиноводческий комплекс размещен на трех площадках на расстоянии 1000 метров от главной фермы. Общая площадь построек занимает около 85 тыс. кв. м, пригодных для свинопроизводства. Вместе с тем, комплекс «Новый Свет» включает также пахотные земли. Участок строительства «Сооружений подготовки навоза к использованию» расположен в Ленинградской области (Гатчинский район, вблизи д. Малое Замостье). Территория принадлежит ОАО «Новый Свет» на основании свидетельства на право собственности на землю (серия РФ-ХХУ1-ЛО-3509, №0276772).

Общая площадь участка строительства составляет 1,75 га, в том числе площадь застройки 5700 м<sup>2</sup>, усовершенствованных покрытий (дороги и проезды) 6600 м<sup>2</sup>, озеленения 5200 м<sup>2</sup>. Участок ограничен с севера и юга землями сельскохозяйственного назначения существующей свиноводческой фермы ОАО «Новый Свет» (фермой ограничен также с запада); с востока – прудами-накопителями полей орошения ОАО «Новый Свет». Расстояние до ближайшей жилой зоны 5000 м (п. Новый Свет). Ранее участок использовался как пастбище (летний выгул свиней).

С точки зрения природно-климатических условий, зона строительства относится ко второму климатическому району, четвёртой температурной зоне, с расчётным зимним периодом с 5 ноября по 5 апреля. Продолжительность тёплого периода семь месяцев. Расчётная зимняя температура –26° С.

Для интеграции ВИЭ-технологии в процесс производства и потребления энергии и переработки отходов свинофермы в биогаз выбрана классическая технология с регулярной загрузкой-выгрузкой сырья-субстрата (непрерывная (проточная) схема) при термофильном режиме со временем удерживания субстрата в реакторе 15 суток. Данная технология выбрана с точки зрения экономической целесообразности, так как сокращает время анаэробного сбраживания отходов (с 24 до 15 суток), тем самым на 62,5% экономия пространство – объем метантан-

ков на 4245,2 м<sup>3</sup> меньше, чем необходимо при термофильном режиме сбраживания (7075,4 м<sup>3</sup> против 11362,7 м<sup>3</sup>). Кроме того, минимальное количество метантанков (8 против 12 по 1000 м<sup>3</sup> каждый) весомо снижает капитальные затраты на оборудование (120 млн против 180 млн руб.).

Технология предполагает предварительное измельчение и термическую обработку органического субстрата в резервуар-сборнике с гидравлически управляемой крышкой. Затем опущенный насос качает их в резервуар смешения, где происходит первое расщепление органических веществ и образование органических кислот. Постоянно используемые мешалки поддерживают гомогенизацию вводимых веществ и предотвращают оседание твердых веществ. Для активизации анаэробного разложения в субстрат добавляются специальные коагулирующие добавки. После этого обработанная биомасса качается в ферментаторы – метантанки, в которых происходит дальнейшее расщепление органических кислот и производство биогаза. Для снижения расходов на подогрев предусмотрена изоляция тепла, а для гомогенизации раствора брожения и предотвращения оседания твердых веществ – тихоходная мешалка. Выгрузка субстрата происходит регулярно, как и загрузка 10-12 раз в сутки, и отправляется в резервуар хранения газа, где субстрат подвергается дополнительной ферментации. На крыше газового резервуара оборудована мембрана, по этой причине одновременно он является и газовым буфером. Как защитное сооружение в установке монтируется факел, через который в аварийных ситуациях можно сжигать биогаз без выделения вредных веществ. Весь процесс контролируется электронно.

Для обеспечения предприятия тепловой и электрической энергией лучше включить в биогазовый комплекс когенерационную установку (мини-ТЭЦ и когенератор). Именно когенерация отвечает требованию наиболее полного использования энергии первичного топлива. В настоящее время это самая эффективная система – 90% (рис. 2).

Как упомянуто выше, помимо энергообеспечения комплекса, биогазовая энергетика – это и энергообеспечение растениеводства – источник высокоэффективных органических удобрений, которые являются одним из продуктов при производстве биогаза.

Биогазовая станция дает возможность энергообеспечения агропромышленного предприятия полностью электрической энергией и энергией для растений и частично – тепловой энергией и производит три основных продукта: электрическую и тепловую энергию, а также органические удобрения.





Рис. 2. Преимущества когенерации

Общая схема биогазовой станции выглядит следующим образом (рис. 3).

Строительство биогазовой установки позволит обеспечить стабильность электро- и теплоснабжения агропромышленного производства, увеличит рентабельность предприятия за счет снижения затрат на оплату тепловой энергии и электроэнергии. Помимо производства высококалорийной тепловой, электрической энергии и высококалорийных удо-

брений, интеграция производства и потребления ВИЭ-энергии в рамках предприятия позволит получить экологически чистую продукцию растениеводства, животноводства и переработки, это важно для усиления конкурентных преимуществ компании.

Решить проблему спроса и предложения ВИЭ-энергии в условиях агропромышленного сектора России можно с помощью интеграции в производ-

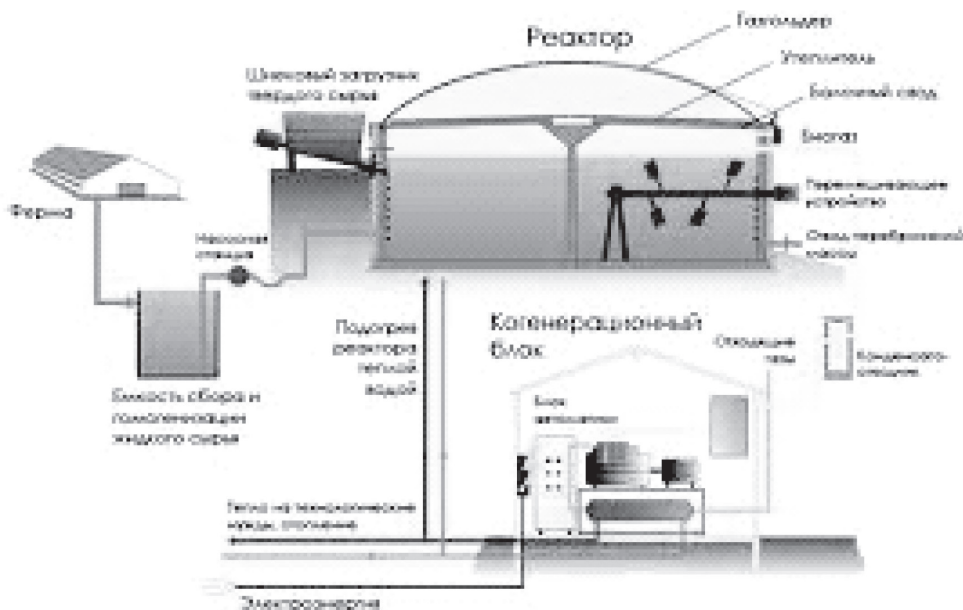


Рис. 3. Схема биогазовой станции

ственный кластер объекта для промышленной переработки отходов.

Для предприятия использование ВИЭ-генератора в качестве объекта для энергообеспечения дает серьезные экономические выгоды:

- снижение себестоимости продукции за счет потребления собственной электро- и тепловой энергии, энергообеспечения почвы высокоэффективными биоудобрениями, получения экологически чистых легкоусвояемых комбикормов, что необходимо для повышения конкурентоспособности предприятия;
- создание механизма естественного повышения плодородия почв и значительное увеличение урожайности растениеводства при помощи органических удобрений;
- решение проблем экологической безопасности аграрного предприятия и территорий вокруг него путем утилизации навоза;

- возможность диверсификации предприятия, создания новых видов бизнеса за счет дополнительной, «лишней» электроэнергии (например, включение в состав компании тепличного или рыболовного хозяйства, мясоперерабатывающего производства), возможность выпуска экологически чистой сельскохозяйственной продукции – зерна, круп, овощей, мяса, рыбы, продуктов переработки.

Безусловно, альтернативная генерация в России не станет системообразующей, однако, в определенных случаях, ее использование эффективно. Наиболее целесообразным решением проблемы координации спроса/предложения ВИЭ в России будет интеграция производства и потребления энергии в рамках одного предприятия.

## Литература

1. Рифкин Жд. Третья промышленная революция: Как горизонтальные взаимодействия меняют энергетику, экономику и мир в целом / Джереми Рифкин; Пер. с англ. – М.: Альпина нон-фикшн, 2014. – 410 с.
2. Трофимов Н.А. Проблемы использования биоэнергетических технологий // Наука за рубежом. Ежемесячное обозрение. Институт проблем развития науки РАН. 2013. – №22. – 19 с.
3. Хошнау З., Пешанг Х. Автономные системы электро-снабжения на основе энергоэффективных ветро-дизельных электростанций. Автореферат на соискание ученой степени кандидата технических наук. Томск, 2012, 20 с.
4. Шалухо А.В., Соснина Е.Н. Методика выбора возобновляемых источников энергии для локальной энергосистемы. Материалы восьмой Всероссийской научной молодежной школы с международным участием Возобновляемые источники энергии. – М.: Университетская книга, 2012. – 492 с.
5. Eliasson B.J. Metal-Insulator-Metal Diodes For Solar Energy Conversion. Doctor Thesis. Department of Electrical and Computer Engineering. University of Colorado. 2001. 228 p.
6. Freihaut, James Hallacher, Paul. Advancing from the Current State of Energy Retrofits to the Future State.// ASHRAE Transactions; 2012, Vol. 118 Issue 1, p. 351-358.
7. Gerber L. Designing Renewable Energy Systems: A Life Cycle Assessment Approach EPFL Press, Lausanne, Switzerland, 2014, 214 p.
8. Global Trends in Renewable Energy Investment 2015 Frankfurt School – UNEP Collaborating Centre for Climate & Sustainable Energy Finance <http://fs-unesp-centre.org/publications/global-trends-renewable-energy-investment-2015>
9. Infigen Energy to Sell US Wind Business. News of the company «Skadden» 16.07.2015. <http://www.skadden.com/news-events/infigen-energy-sell-us-wind-business>

## References

1. Rifkin Zhd. *Tretya promyshlennaya revolyutsiya: Kak gorizontalnye vzaimodeystviya menyayut energetiku, ekonomiku i mir v tselom* [The Third Industrial Revolution: How to change the horizontal interaction energy, the economy and the world at large]. Moscow, Alpina non-fikshn Publ., 2014. 410 s.
2. Trofimov N.A. *Problemy ispolzovaniya bioenergeticheskikh tekhnologiy. Nauka za rubezhom. Ezhemesyachnoe obozrenie. Institut problem razvitiya nauki RAN* [Problems of use of bioenergy technologies // Science abroad. Monthly Review. Institute for the Study of Science of RAS]. May 2013, I. 22, 19 p.
3. Hoshnau Z. Peshang H. *Avtonomnyye sistemyi elektrosnabzheniya na osnove energoeffektivnykh vetro-dizelnykh elektrostantsii. Kand. Diss.* [Autonomous power supply systems based on energy-efficient wind-diesel power. Cand. Diss.]. Tomsk, 2012, 20 s.
4. Shaluh A.V., Sosnina E.N. *Metodika vyibora vozobnovlyaemykh istochnikov energii dlya lokalnoy energosistemyi* [Methods of choosing renewable energy to the local power grid]. *Materialyi vosmoy Vserossiyskoy nauchnoy molodezhnoy shkolyi s mezhnunarodnym uchastiem Vozobnovlyaemye istochniki energii* [Materials eighth All-Russian. Scientific Youth School with international participation Renewables]. Moscow, Universitetskaya kniga Publ., 2012. 492 p.
5. Eliasson B.J. *Metal-Insulator-Metal Diodes For Solar Energy Conversion. Doctor Thesis. Department of Electrical and Computer Engineering. University of Colorado.* 2001. 228 p.
6. Freihaut, James Hallacher, Paul. *Advancing from the Current State of Energy Retrofits to the Future State.* ASHRAE Transactions; 2012, Vol. 118 Issue 1, p. 351-358.
7. Gerber L. *Designing Renewable Energy Systems: A Life Cycle Assessment Approach* EPFL Press, Lausanne, Switzerland, 2014, 214 p.
8. *Global Trends in Renewable Energy Investment 2015* Frankfurt School – UNEP Collaborating Centre for Climate

10. *Osborne J.* Plan for massive wind farm is getting blowback in Hill Country town. Dallasnews. Energy. 02 September 2015 <http://www.dallasnews.com/business/energy/20150902-in-the-hill-country-wind-turbines-not-welcome.ece>
  11. The statistics portal. <http://www.statista.com/statistics/270251/installed-geothermal-energy-capacity-by-country/>
  12. EECA Business Putting energy for work <https://www.eecabusiness.govt.nz/technologies/renewable-energy/wind-energy/>
  13. United Nations Environment Program (Nairobi) 31 march 2015 Africa: Renewables Re-Energized - Green Energy Investments Worldwide Surge 17 Percent to U.S.\$270 Billion in 2014 <http://allafrica.com/stories/201504011586.html>
9. Infigen Energy to Sell US Wind Business. News of the company «Skadden» 16.07.2015. Available at: <http://www.skadden.com/news-events/infigen-energy-sell-us-wind-business>
  10. *Osborne J.* Plan for massive wind farm is getting blowback in Hill Country town. Dallasnews. Energy. 02 September 2015. Available at: <http://www.dallasnews.com/business/energy/20150902-in-the-hill-country-wind-turbines-not-welcome.ece>
  11. The statistics portal. Available at: <http://www.statista.com/statistics/270251/installed-geothermal-energy-capacity-by-country/>
  12. EECA Business Putting energy for work. Available at: <https://www.eecabusiness.govt.nz/technologies/renewable-energy/wind-energy/>
  13. United Nations Environment Program (Nairobi) 31 march 2015 Africa: Renewables Re-Energized - Green Energy Investments Worldwide Surge 17 Percent to U.S.\$270 Billion in 2014. Available at: <http://allafrica.com/stories/201504011586.html>