

Диаграмма показывает, что Авачинская ПЭС сможет полностью заменить такие традиционные электростанции как ДЭС «Южные электрические сети» или Камчатскую ТЭЦ - 2.

Но так как Камчатская ТЭЦ-2 расположена в крупном городе Петропавловск-Камчатский, а экспериментальная приливная электростанция тоже размещена у подножия этого города, то данная теплоэлектроцентраль может быть полностью ликвидирована или служить в качестве резервной.

---

1. Сичкарев, В.И. Волновые энергетические станции в океане / В.И. Сичкарев, В.А. Акуличев. – М.: Наука, 1989. – 132 с.

2. Твайделл, Дж., Уэйр, А. Возобновляемые источники энергии / пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат. 1990. – 392 с.

УДК 620.92

П.П. Проценко, Т.А. Николаева

### ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК В АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ

*В представленном исследовании была поставлена задача проанализировать структуру источников биоэнергии, а также произвести оценку эффективности применения биогазовой установки на мегаферме «МилАН-Ка» с проектной мощностью 2200 голов и реальной мощностью 1200 голов.*

*Ключевые слова: биогаз, биоудобрения, ферма, альтернативная энергетика, отходы животноводства, биогазовая установка.*

### EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF BIOGAS PLANTS IN THE AMUR REGION

*In the presented study, the task was to analyze the structure of bioenergy sources, as well as to evaluate the effectiveness of the biogas plant at the megafarm «Milanka» with a design capacity of 2200 heads and a real capacity of 1200 heads.*

*Key words: biogas, biofertilizers, farm, alternative energy, livestock waste, biogas plant.*

DOI: 10/22250/jasu.21

Недостаток энергии, истощение топливных ресурсов и ухудшение экологического состояния окружающей среды демонстрируют необходимость перехода на альтернативные источники энергии.

Анаэробный процесс переработки биоэнергетических отходов в биогазовых установках представляется одним из основных методов получения возобновляемого вида топлива. Возникновение огромного количества отходов оказывает отрицательное воздействие на внешнюю среду, приводит к потребности в существенных капитальных и эксплуатационных расходах по их переработке и захоронению.

Причинами привлекательности биогазовых установок является повышение энергоэффективности за счет производства электрической энергии и тепла с использованием биологического газа (рис. 1).

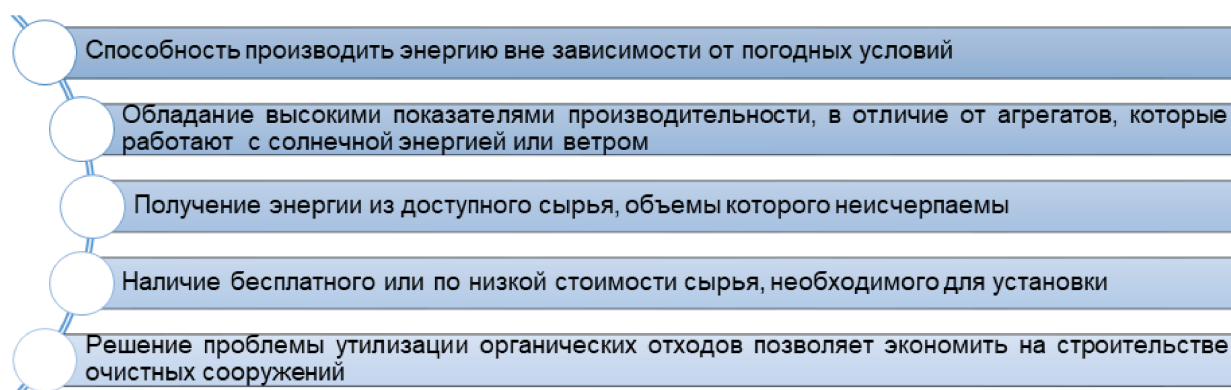


Рис. 1. Причины привлекательности биогазовых установок.

Препятствия для строительства биогазовых установок показаны на рис. 2.

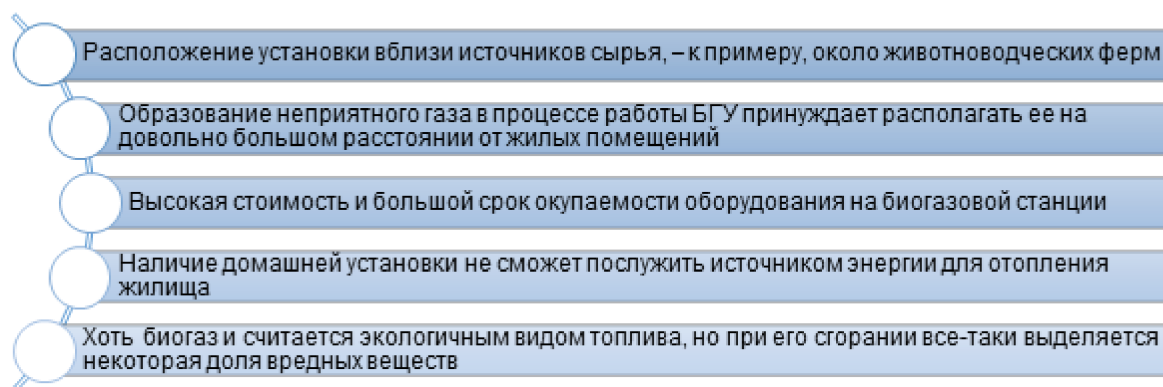


Рис. 2. Препятствия для строительства биогазовых установок.

Для производства электрической энергии биологический газ экономически выгодно использовать на свиноводческих и молочных фермах.

Конструкция БГУ зависит от технологии получения газа и некоторых параметров (рис. 3):



Рис. 3. Основные параметры, влияющие на конструкцию БГУ.

Производство биогаза происходит следующим образом (рис. 4):

- 1) продукты животноводства (навоз), пищевые и другие отходы (переработка древесины) поступают в резервуары для хранения;
- 2) для сырья, требующего измельчения, выполняется эта операция, затем готовое сырье с помощью насосов, конвейеров вводится в переходной резервуар, где происходит нагревание биомассы;
- 3) приготовленное сырье отправляется в биореактор, обладающий высокой прочностью, кислотостойкостью, герметичностью, для определения развития производства биогаза [3, с. 8];
- 4) чтобы создать оптимальные условия для разложения приготовленного сырья и ускорить процесс ферментации, в реакторе обычно устанавливаются устройства, которые обеспечивают дополнительный нагрев и перемешивание продуктов разложения [3, 9];
- 5) оптимальный температурный режим для работы биореактора – при мезофильном режиме (30-41°C). В некоторых случаях применяются реакторы с термофильным режимом (около 55°C). В результате разложения и брожения по истечении определенного времени, которое зависит от сырья

и функциональных возможностей конкретной установки, образуются биологический газ и биоудобрения [3, с. 8];

6) биогаз скапливается в газгольдере, который может быть или отделен от реактора, или установлен вместе с ним в одном корпусе;

7) биоудобрения аккумулируются в резервуаре самого биореактора, а после прекращения брожения удаляются для последующего использования;

8) биологический газ под давлением, создаваемым в газгольдере, поступает в систему очистки, впоследствии он используется потребителями в быту, а также для получения электрической и тепловой энергии.

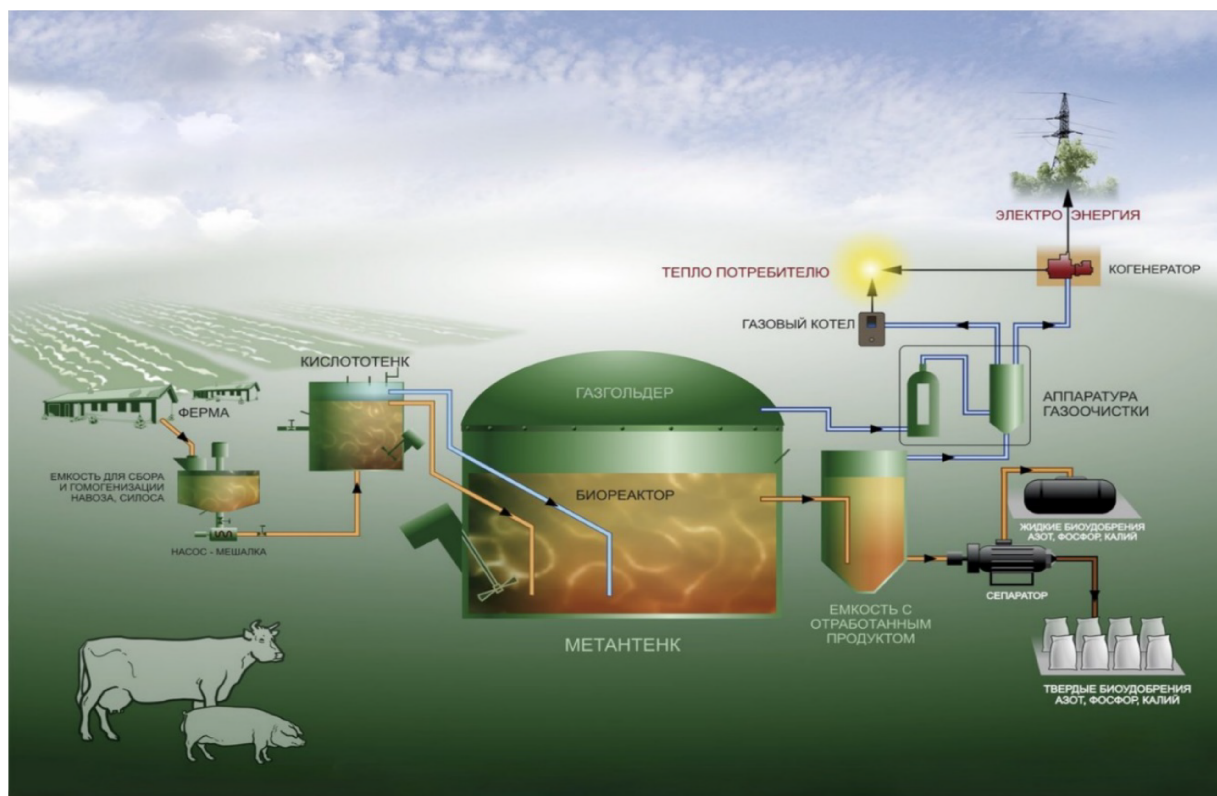


Рис. 4. Технологическая схема получения биогаза и удобрений из органических отходов АПК.

Применение биогазовых установок на животноводческих фермах дает возможность решить ряд задач, среди них:

- 1) получение дополнительных источников тепловой энергии;
- 2) соблюдение правил охраны окружающей среды;
- 3) использование ценного органического удобрения на полях;
- 4) создание малоотходного и безотходного производства.

Произведенный биогаз сохраняют для использования на других БГУ:

1) на внутрифермских, которые перерабатывают навоз и применяют биологический газ на ферме;

2) на промышленных предприятиях, которые обрабатывают навозные стоки некоторых животноводческих ферм и выпускают для потребителей очищенный биогаз с большим количеством метана.

Совершенствование биогазовых технологий происходит достаточно быстрыми темпами в странах, где активно развивается сельское хозяйство. Но в последнее время производство биологического газа из животноводческих сельскохозяйственных отходов и сельскохозяйственных энергетических культур стало расти стремительными темпами.

В настоящее время наибольшее количество БГУ функционирует в Китае (около 15 млн. установок), второе место занимает Индия (около 10 млн. установок). Динамично развивается строительство биогазовых установок в странах Запада (рис. 5) [2].

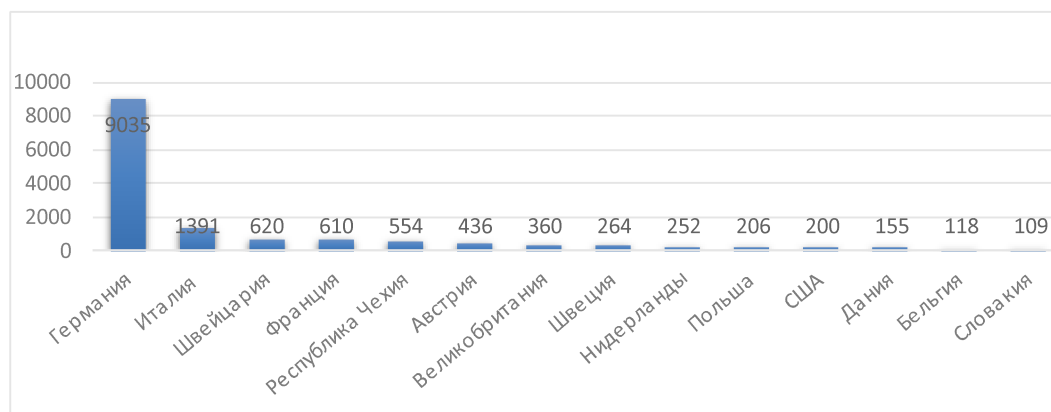


Рис. 5. Биогазовые установки в Европе.

На сегодняшний день европейский рынок БГУ оценивается в 2 млрд. долл., но предположительно уже в 2020 г. он должен вырасти до 25 млрд. [2].

Производство биогаза в Европе показано на рис. 6.

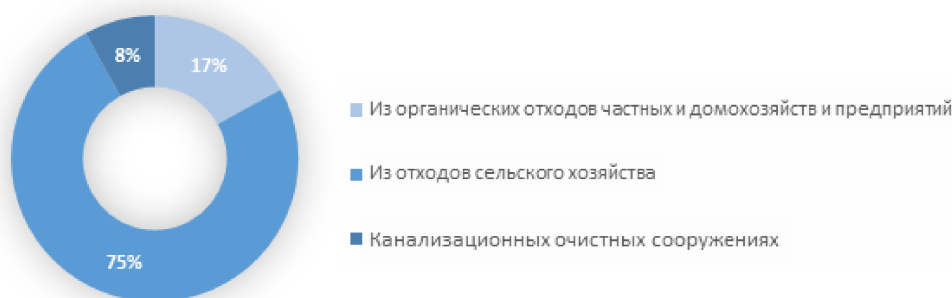


Рис. 6. Производство биогаза в Европе.

В России БЭК пока что единицы, но переход страны на собственный биологический газ, бесспорно, сулит значительные экономические выгоды.

Лидером по производству биогаза в России является биогазовая станция «Лучки» (Прохоровский район Белгородской области) мощностью 24 МВт, которая была введена в эксплуатацию 25 июня 2012 г. [2]. В скором времени намечено строительство трех новых станций, а в будущем планируется построить более 100 биоэнергетических комплексов (БЭК).

Ввод в эксплуатацию первой БГУ (мощность 320 кВт) был осуществлен в ноябре 2009 г. в деревне Дошино (Медынский район Калужской области) корпорацией «БиоГазЭнергоСтрой» [2]. В качестве сырья предприятие использует органические отходы крупного рогатого скота, силос и кормовые отходы.

В нашей работе производится оценка эффективности применения биогазовой установки на объекте с проектной мощностью 2200 голов и реальной мощностью 1200 голов.

В качестве объекта, для которого будет произведен расчет эффективности биогазовой установки, приведена мегаферма «МилАНКа», расположенная в с. Грибское (Благовещенский район Амурской области) [1]. Основные параметры мегафермы АНК представлены в табл. 1 [1].

На мегаферме «МилАНКа» имеется огромное количество животноводческих отходов. Стимулом к их использованию для производства биологического газа стала необходимость решения экологических проблем, а также получения высокоэффективных удобрений. В настоящее время навоз с комплекса не утилизируется, а вывозится в отвалы [1].

Таблица 1

## Основные параметры мегафермы АПК

Мегаферма АПК	
Проектная мощность комплекса	2200 гол.
Реальная мощность комплекса	1200 гол.
Производительность (КРС)	6000 т молока в год
	16-18 кг молока в сутки

Результаты эффективности биогазовой установки проектной и реальной мощности показаны в табл. 2.

Таблица 2

## Результаты эффективности биогазовой установки

Расчетные формулы	1200 гол.	2200 гол.
<b>Выход биогаза при полном разложении СОВ навоза <math>V_{пол}</math>, м<sup>3</sup></b>		
$V_{ПОЛ} = n_{ЭК} \cdot m_{СОВ}$	1014,4 м <sup>3</sup>	1926,4 м <sup>3</sup>
<b>Объем полученного биогаза при выбранной продолжительности метанового брожения <math>V_б</math>, м<sup>3</sup></b>		
$V_б = V_{ПОЛ} \frac{n_t \%}{100}$	725,76 м <sup>3</sup>	1330,56 м <sup>3</sup>
<b>Объем метантенка <math>V_M</math>, м<sup>3</sup></b>		
$V_M = \frac{m_{СВ}}{n_V}$	1200 м <sup>3</sup>	2200 м <sup>3</sup>
<b>Количество теплоты, необходимое для подогрева загружаемой массы до температуры брожения в сутки <math>Q_{ПОД}</math>, МДж</b>		
$Q_{ПОД} = m_{сутЭК} \cdot C_C (T_{ПП} - T_{ЗАГ}) \frac{1}{\eta}$	4872,69 МДж	8933,26 МДж
$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}}$	0,3	0,3
<b>Количество теплоты, теряемое субстратом в процессе теплоотдачи через реактор в окружающую среду за час <math>Q_{ПОТ}</math>, Вт</b>		
$Q_{ПОТ} = kF (T_{ПЛ} - T_{срел}) \frac{1}{\eta}$	2790 Вт	2790 Вт
<b>Общие затраты энергии на поддержание процесса в сутки <math>Q_{общ}</math>, МДж/сут</b>		
$Q_{общ} = Q_{ПОД} + Q_{ПОТ} \cdot 24 + (Q_{мех} \cdot t_{раб})$	5443,69 МДж/сут	9504,26 МДж/сут
<b>Потенциальные запасы энергии биогаза, выработанного в сутки <math>Q_{выр}</math>, МДж</b>		
$Q_{выр} = V_б \cdot C_б$	15966,72 МДж	29272,32 МДж
<b>Энергетический эффект установки <math>\mathcal{E}_б</math>, Гкал/сут</b>		
$\mathcal{E}_б = Q_{выр} - Q_{общ}$	2,513 Гкал/сут	6,765 Гкал/сут
<b>Коэффициент товарности биогазовой установки <math>K_{ТОВ}</math></b>		
$K_{ТОВ} = \frac{Q_{выр} - Q_{общ}}{Q_{выр}} \cdot 100\%$	65,9	96,75

На основе расчетов можно сделать вывод, что коэффициент товарности биогазовой установки, выход биогаза и количество теплоты возрастают с увеличением числа голов скота. Таким образом, чем больше БГУ, тем выше ее рентабельность и короче сроки окупаемости.

Применение навоза с местных животноводческих ферм в качестве биологического топлива является эффективным решением многочисленных проблем, таких как: 1) утилизация навоза; 2) производство органических удобрений; 3) улучшение экологического состояния окружающей среды; 4) снижение транспортных расходов на передачу топлива; 5) сокращение доли энергетических затрат на изготовление сельскохозяйственной продукции; 6) занятость населения в сельской местности (создание новых рабочих мест).

Строительство биогазовой установки позволит компании не зависеть от повышения тарифов на электроэнергию и обеспечит доступ к недорогому электричеству и теплу.

---

1. Агрохолдинг АНК – Животноводство. – URL: <https://ank-agro.nethouse.ru/cattle>

2. Хоруженко, Е.С. Развитие рынка биотоплива в мире / Е.С. Хоруженко, В.К. Дорогов // Инновационная экономика: материалы IV Междунар. науч. конф. – Казань: Бук, 2017. – С. 27-31.

3. ГОСТ Р 53790-2010. Нетрадиционные технологии. Энергетика биоотходов. Общие технические требования к биогазовым установкам. Дата введения 2011-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 2011. – 23 с.

УДК 681.5

**А.Н. Козлов**

## **ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ТОКА ОБРАТНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ДЛЯ ЦИФРОВЫХ ЗАЩИТ**

*Предложены устройства, измеряющие асимметрию в трехфазных сетях и выявляющие такие аварийные режимы как обрыв фазы и неполнофазные короткие замыкания.*

*Ключевые слова: дифференцирующий измерительный преобразователь тока, пояс Роговского, фильтры тока и напряжения обратной последовательности.*

## **REVERSE MEASURING CONVERTER SEQUENCE FOR DIGITAL PROTECTION**

*Devices are proposed that measure asymmetry in three-phase networks and detect such emergency conditions as phase failure and partial-phase short circuits.*

*Key words: differentiating measuring current transducer, Rogowski belt, current and voltage filters of the reverse sequence.*

**DOI: 10/22250/jasu.22**

Нарушение нормального режима работы элементов симметричной трехфазной электрической сети (генераторов, трансформаторов, линий и т.п.) принято разделять на повреждения и на ненормальные режимы. И те и другие нарушения сопровождаются возрастанием тока и понижением напряжения – значительными при повреждениях и превышающими допустимые величины – в ненормальных режимах.