

*А. В. ВИНОГРАДОВ, Б. В. ЛЕОНОВ*

**МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПОТЕНЦИАЛА  
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК  
ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

***Ключевые слова:** биогаз, биогазовые установки, методика, отходы сельхозпроизводства, переработка отходов, потенциал, энергия.*

***Аннотация.** Описано применение БГУ, разработана матрица эффективности использования БГУ, разработан опросный лист для предприятий, необходимый для расчета эффективности.*

Одним из актуальных направлений переработки органических отходов сельского хозяйства является использование биогазовых установок (БГУ). Это позволяет получать сразу несколько положительных, в том числе экономических [2, с. 9–15], эффектов:

- сокращение сроков хранения отходов и, соответственно, необходимых для этой цели площадей;
- получение биоудобрений, которые сразу можно вносить на поля;
- уменьшение загрязнения окружающей среды, снижение неприятных запахов;
- улучшение плодородия почв и предотвращение их закисления, возникающего при внесении большого количества недостаточно перегнившего навоза, жома сахарной свеклы и других сельскохозяйственных отходов;
- получение тепловой и электрической энергии от БГУ.

В то же время, несмотря на ряд очевидных плюсов от применения БГУ, процесс их распространения в сельхозпредприятиях России движется очень медленно. Это связано с несовершенством законодательной и нормативной базы, дороговизной БГУ, отсутствием необходимого количества специалистов и многими другими причинами. Одной из таких причин является отсутствие полноценных методик оценки потенциала использования БГУ, позволяющих производить достоверную оценку для каждого конкретного предприятия. В своем исследовании авторы ставили своей целью разработку такой методики.

Работа выполнена в рамках гранта на проведение научно-исследовательской работы «Внедрение и практическая реализация инновационных технологий преобразования отходов свиноводства, молочного и мясного животноводства и сахарного производства в энергию», выданного научно-техническим советом Орловской области [3, с. 36].

Для оценки потенциала использования БГУ выбраны соответствующие критерии. Критерии выбирались исходя из анализа литературных источников и принципов функционирования биогазовых установок. Наиболее подробно описание факторов, влияющих на реализацию биогазовых проектов, приведено в [1, с. 56; 4, с. 1–2]. В данных источниках достаточно подробно рассмотрены вопросы оптимизации БГУ, этапы реализации биогазовых проектов. Но для сельхозпроизводителей важно знать, насколько эффективным будет использование БГУ именно в их предприятии, какая экономия, какой доход будет получен от ее функционирования и насколько он будет равномерным как в течение одного года, так и в течение ряда лет. Анализ предлагаемых различными производителями БГУ опросных листов показывает, что достаточно полной информации по ним получить нельзя, особенно в части предполагаемого использования биогаза и равномерности его получения и использования. Следовательно, результаты расчетов от внедрения БГУ не являются достаточно убедительными.

Поэтому в работе авторами данной статьи разработана матрица (таблица) эффективности использования БГУ для переработки отходов, которая позволяет осуществлять экспресс-оценку в условиях конкретного предприятия. Разработан опросный лист для предприятий, необходимый для расчета данной таблицы эффективности. Таблица эффективности (таблица 1) – таблица, в которой содержатся все необходимые показатели и их численные значения для оценки потенциала использования БГУ в конкретном предприятии.

При составлении таблицы используется следующий алгоритм: определяются основные критерии; определяются конкретные показатели и рассчитываются их значения для предприятия; определяется общая оценка по проекту, в соответствии с приведенной ниже методикой; рассчитываются основные экономические показатели проекта; исходя из общей оценки и рассчитанных экономических показателей принимается решение о потенциале использования на данном предприятии БГУ.

Показатели для оценки потенциала использования БГУ, приведенные в таблице 1, имеют различную значимость, поэтому определять их необходимо дифференцированно по уровню влияния на выводы о потенциале.

Таблица 1 – Таблица эффективности использования отходов  
 молочного и мясного животноводства, сахарного производства для преобразования их в энергию

Укрупненный критерий	Показатель	Численное значение	Оценка по показателю	Оценка по критерию
Наличие сырья	1.1. Объем образования отходов, подлежащих переработке, т/сут.		Не присв.	
	1.2. Равномерность образования отходов по месяцам по отношению к месяцу с наибольшим образованием отходов, отн. ед. (в виде таблицы по 12-ти месяцам)			
	1.3. Вид отходов и эффективность образования из них биогаза, м.куб/т. и метана, м. куб. /т отхода			
	1.4. Влажность отходов, %			
	1.5. Расстояние от источника отходов до БГУ, м			
	1.6. Возможность обогащения сырья (добавка другой органики с большим выходом метана), (т/сут. доб)/(т/сут. отх.)			
	1.7. Вид обогащающей добавки и эффективность образования из нее биогаза, м.куб/т. и метана, м. куб. /т добавки			
	1.8. Влажность добавки %			
	1.9. Затраты на транспорт отходов, руб./т			
	1.10. Затраты на транспорт добавки, руб./т			
	1.11. Затраты на подготовку субстрата, руб./т субстрата			
	1.12. Исходная температура субстрата, °С			
	1.13. Вид субстрата и эффективность образования из него биогаза, м.куб/т и метана, м. куб. /т			

	1.14. Возможный объем получения биогаза, м.куб./сут (на месяц с наибольшим образованием отходов)		Не присв.	
	1.15. Равномерность получения газа по месяцам по отношению к месяцу с наибольшим образованием отходов, отн. ед. (в виде таблицы по 12-ти месяцам)			
	1.16. Возможный объем получаемых жидких биоудобрений, т/сут. (на месяц с наибольшим образованием отходов)		Не присв.	
	1.17. Равномерность получения биоудобрений по месяцам по отношению к месяцу с наибольшим образованием отходов, отн. ед. (в виде таблицы по 12-ти месяцам)			
	1.18. Возможный объем получения электроэнергии, кВт·ч/сут. (на месяц с наибольшим образованием отходов)		Не присв.	
	1.19. Равномерность получения электроэнергии по месяцам по отношению к месяцу с наибольшим образованием отходов, отн. ед. (в виде таблицы по 12-ти месяцам)			
	1.20. Возможный объем получения тепла, кВт·ч/сут. (на месяц с наибольшим образованием отходов)		Не присв.	
	1.21. Равномерность получения тепла по месяцам по отношению к месяцу с наибольшим образованием отходов, отн. ед. (в виде таблицы по 12-ти месяцам)			
	1.22. Объемы экологических выплат, руб./год (на месяц с наибольшим образованием отходов)		Не присв.	

	1.23. Равномерность экологических выплат, по месяцам по отношению к месяцу с наибольшим образованием отходов, отн. ед. (в виде таблицы по 12-ти месяцам)			
	1.24. Затраты на закупку компонентов субстрата и закваски, руб./год		Не присв.	
	1.25. Равномерность затрат на закупку компонентов субстрата и закваски по отношению к месяцу с наибольшим образованием отходов, отн. ед. (в виде таблицы по 12-ти месяцам)			
Наличие потребности в продуктах переработки или их сторонних потребителей	2.1. Собственное потребление газа предприятием, м.куб./сут (на месяц с наибольшим образованием отходов)		Не присв.	
	2.2. Совпадение потребления газа по месяцам по отношению к получению биогаза, отн. ед. (в виде таблицы по 12-ти месяцам)			
	2.3. Потребление газа на собственные нужды БГУ, м.куб./сут. (на месяц с наибольшим образованием отходов)		Не присв.	
	2.4. Совпадение потребления газа на собственные нужды БГУ по месяцам по отношению к получению биогаза, отн. ед. (в виде таблицы по 12-ти месяцам)			
	2.5. Собственное потребление тепла предприятием, кВт·ч/сут. (на месяц с наибольшим образованием отходов)		Не присв.	

	2.6. Совпадение потребления тепла по месяцам по отношению к получению тепла от БГУ по месяцам, отн. ед. (в виде таблицы по 12-ти месяцам)			
	2.7. Потребление тепла на собственные нужды БГУ, кВт·ч/сут. (на месяц с наибольшим образованием отходов)		Не присв.	
	2.8. Совпадение потребления тепла на собственные нужды БГУ по месяцам по отношению к получению тепла от БГУ, отн. ед. (в виде таблицы по 12-ти месяцам)			
	2.9. Собственное потребление электроэнергии предприятием, кВт·ч/сут. (на месяц с наибольшим образованием отходов)		Не присв.	
	2.10. Совпадение потребления электроэнергии по месяцам по отношению к получению электроэнергии от БГУ, отн. ед. (в виде таблицы по 12-ти месяцам)			
	2.11. Потребление электроэнергии на собственные нужды БГУ, кВт·ч/сут. (на месяц с наибольшим образованием отходов)		Не присв.	
	2.12. Совпадение потребления электроэнергии на собственные нужды БГУ по месяцам по отношению к получению электроэнергии от БГУ, отн. ед. (в виде таблицы по 12-ти месяцам)			
	2.13. Собственное потребление биоудобрений, т/сут. (на месяц с наибольшим образованием отходов)		Не присв.	

	2.14. Совпадение потребления биоудобрений по месяцам по отношению к получению биоудобрений от БГУ, отн. ед. (в виде таблицы по 12-ти месяцам)			
	2.15. Возможные договорные объемы сбыта газа, м.куб./сут. (на месяц с наибольшим образованием отходов)		Не присв.	
	2.16. Совпадение потребления газа сторонними потребителями по месяцам по отношению к получению биогаза от БГУ, отн. ед. (в виде таблицы по 12-ти месяцам)			
	2.17. Возможные договорные объемы сбыта тепла, кВт·ч/сут. (на месяц с наибольшим образованием отходов)		Не присв.	
	2.18. Совпадение потребления тепла сторонними потребителями по месяцам по отношению к получению тепла от БГУ, отн. ед. (в виде таблицы по 12-ти месяцам)			
	2.19. Возможные договорные объемы сбыта электроэнергии, кВт·ч/сут. (на месяц с наибольшим образованием отходов)		Не присв.	
	2.20. Совпадение потребления электроэнергии сторонними потребителями по месяцам по отношению к получению электроэнергии от БГУ, отн. ед. (в виде таблицы по 12-ти месяцам)			
	2.21. Возможные договорные объемы сбыта биоудобрений, т/сут. (на месяц с наибольшим образованием отходов)		Не присв.	
	2.22. Совпадение потребления биоудобрений сторонними потребителями по месяцам по отношению к получению биоудобрений от БГУ, отн. ед. (в виде таблицы по 12-ти месяцам)			

	2.23. Потребление воды без БГУ, м.куб/ч (на месяц с наибольшим образованием отходов)		Не присв.	
	2.24. Потребление воды с БГУ, м.куб/ч (на месяц с наибольшим образованием отходов)		Не присв.	
	2.25. Совпадение потребления воды с БГУ по месяцам по отношению к потреблению воды без БГУ, отн. ед. (в виде таблицы по 12-ти месяцам)			
Наличие площади	3.1. Собственная площадь предприятия, га		Не присв.	
	3.2. Площадь, занятая отходами, га		Не присв.	
	3.3. Площадь, возможная для выделения под БГУ и сопутствующие нужды, га		Не присв.	
	3.4. Площадь, необходимая для БГУ и сопутствующих нужд, га		Не присв.	
	3.5. Достаточность выделяемой площади, отн. ед.			
	3.6. Площадь, освобождаемая от отходов, га		Не присв.	
Наличие кадров	4.1. Количество сотрудников предприятия, чел.		Не присв.	
	4.2. Количество необходимого персонала для обслуживания БГУ с учетом квалификации		Не присв.	
	4.3. Наличие персонала с необходимой квалификацией, который возможно выделить для эксплуатации БГУ по совместительству, %			
	4.4. Наличие персонала с необходимой квалификацией, который возможно выделить для эксплуатации БГУ на постоянной основе, %			

	4.5. Возможность привлечения недостающего персонала: да; скорее да, скорее нет; нет			
	4.6. Наличие квалифицированного персонала для подготовки документации для строительства БГУ: да; скорее да, скорее нет; нет			
	4.7. Наличие квалифицированного персонала для согласования строительства БГУ: да; скорее да, скорее нет; нет			
	4.8. Возможность найма квалифицированного персонала для подготовки документации для строительства БГУ: да; скорее да, скорее нет; нет			
	4.9. Возможность найма квалифицированного персонала для согласования строительства БГУ: да; скорее да, скорее нет; нет			
Наличие времени	5.1. Необходимое время на строительство, мес.		Не присв.	
	5.2. Наличие времени на строительство, мес.		Не присв.	
Наличие финансов	6.1. Укрупненная стоимость БГУ с сопутствующим оборудованием руб.		Не присв.	
	6.2. Укрупненные капитальные вложения в БГУ, руб.		Не присв.	
	6.3. Наличие собственных средств, которые можно вложить в БГУ, % к капитальным вложениям			
	6.4. Возможные привлеченные средства по софинансированию, % к капитальным вложениям (гранты, гос., областные дотации и т. п.)			
	6.5. Возможные кредитные средства, % к капитальным вложениям			

6.6. Заработная плата персоналу БГУ с учетом всех отчислений, руб./год		Не присв.
6.7. Затраты на техобслуживание и текущий ремонт, руб./год		Не присв.
6.8. Амортизационные отчисления, руб./год		Не присв.
6.9. Прочие затраты, руб./год		Не присв.
6.10. Расчетные эксплуатационные издержки на БГУ, руб/год		Не присв.
6.11. Приведенные затраты на БГУ, руб.		Не присв.
6.12. Экономия за счет замещенного газа, руб./год		Не присв.
6.13. Экономия за счет замещенной электроэнергии, руб/год		Не присв.
6.14. Экономия за счет замещенного тепла, руб./год (на месяц с наибольшим образованием отходов)		Не присв.
6.15. Экономия за счет замещенного объема органических и неорганических удобрений, руб./год (на месяц с наибольшим образованием отходов)		Не присв.
6.16. Экономия за счет уменьшения экологических выплат, руб./год (на месяц с наибольшим образованием отходов)		Не присв.
6.17. Доход за счет проданного газа, руб./год (на месяц с наибольшим образованием отходов)		Не присв.
6.18. Доход за счет проданной электроэнергии, руб./год (на месяц с наибольшим образованием отходов)		Не присв.

	6.19. Экономия за счет проданного тепла, руб./год (на месяц с наибольшим образованием отходов)		Не присв.	
	6.20. Доход за счет проданного объема биоудобрений, руб/год (на месяц с наибольшим образованием отходов)		Не присв.	
	6.21. Экономия за счет использования собственных материалов при строительстве БГУ, руб.		Не присв.	
	6.22. Экономия за счет использования собственной техники при строительстве БГУ, руб.		Не присв.	
	6.23. Затраты на строительство (реконструкцию) дублирующих источников энергообеспечения		Не присв.	
	6.24. Прочий доход от использования БГУ, руб./год		Не присв.	
	6.25. Суммарный экономический эффект, руб./год		Не присв.	
	6.26. Простой срок окупаемости, лет		Не присв.	
	6.27. Дисконтированный срок окупаемости, лет.		Не присв.	

Ввиду ограниченности объема данной статьи приведем пример определения оценок для нескольких показателей. Полная методика изложена в [3, с. 65], по итогам исследований готовятся рекомендации производству и монография, где методика также будет изложена полностью.

Для определения объема образования отходов, подлежащих переработке, т/сут. получают исходные данные в форме таблицы 2.

Таблица 2 – Объем образования отходов, подлежащих переработке, т/сут. (на месяц с наибольшим образованием отходов)

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Объем образования отходов, т/сут.												

Определение равномерности образования отходов по месяцам по отношению к месяцу с наибольшим образованием отходов, отн. ед. выполняют следующим образом: заполняют таблицу 3, в которой относительные значения объема образования отходов рассчитывают как отношение полученных в данном месяце отходов к максимальному месячному объему отходов. Затем, в соответствии с уровнями оценок, приведенными в таблице 4, в зависимости от среднего  $\Delta_{\text{ср}}$  и максимального  $\Delta_{\text{м}}$  отклонения объемов получения отходов определяют оценку показателю. Оценка выставляется в таблицу 1.

Таблица 3 – Равномерность образования отходов по месяцам по отношению к месяцу с наибольшим образованием отходов, отн. ед.

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Относительный объем образования отходов												

Таблица 4 – Уровень оценок показателя «Равномерность образования отходов по месяцам по отношению к месяцу с наибольшим образованием отходов, отн. ед.»

Равномерность	$\Delta_{\text{ср}} \pm 0,7$ $\Delta_{\text{м}} \pm 1$	$\Delta_{\text{ср}} \pm 0,5$ $\Delta_{\text{м}} \pm 1$	$\Delta_{\text{ср}} \pm 0,5$ $\Delta_{\text{м}} \pm 1$	$\Delta_{\text{ср}} \pm 0,4$ $\Delta_{\text{м}} \pm 0,8$	$\Delta_{\text{ср}} \pm 0,4$ $\Delta_{\text{м}} \pm 0,7$	$\Delta_{\text{ср}} \pm 0,3$ $\Delta_{\text{м}} \pm 0,7$	$\Delta_{\text{ср}} \pm 0,3$ $\Delta_{\text{м}} \pm 0,6$	$\Delta_{\text{ср}} \pm 0,2$ $\Delta_{\text{м}} \pm 0,5$	$\Delta_{\text{ср}} \pm 0,2$ $\Delta_{\text{м}} \pm 0,4$	$\Delta_{\text{ср}} \pm 0,1$ $\Delta_{\text{м}} \pm 0,3$	$\Delta_{\text{ср}} \pm 0,1$ $\Delta_{\text{м}} \pm 0,2$
Оценка	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Аналогично рассчитываются другие показатели, которым присваивается оценка. По тем показателям, которые не требуют присвоения оценок, определяются и записываются численные значения. Затем по каждому критерию определяется средняя оценка как среднее арифметическое оценок показателей, входящих в данный укрупненный показатель. Производится, с использованием известных методов, оценка технико-экономических показателей проекта. Укрупненную стоимость БГУ лучше принимать из конкретных коммерческих предложений производителей БГУ, сделанных данному предприятию. Исходя из анализа полученной оценки и технико-экономических показателей определяется рациональность использования БГУ на данном предприятии. В связи с высокой стоимостью БГУ на данный момент очень редкие предприятия способны полностью за свой счет внедрить БГУ, поэтому необходимы меры по поддержке наиболее перспективных предприятий, то есть по государственному финансированию или привлечению инвесторов в биогазовые проекты данных предприятий. В этом случае необходимо выбрать предприятия с наибольшим потенциалом использования БГУ.

В масштабах региона, федерального округа или страны методика определения наиболее перспективных предприятий заключается в последовательном выполнении следующих действий:

1. Разрабатываются рекомендации для производства, содержащие методику оценки потенциала применения БГУ, и распространяются исследуемым предприятиям. Так же предоставляется опросный лист для сбора исходных данных.

2. Пользуясь рекомендациями, заинтересованные предприятия выполняют расчет потенциала использования БГУ на своей базе самостоятельно или пользуясь консультациями разработчиков рекомендаций и соответствующих служб региона (ФО, страны), инвесторами. На данном этапе выявляются заинтересованные предприятия. Наличие заинтересованности – один из ключевых критериев отбора перспективных предприятий.

3. Инвесторами (службами региона, ФО, страны) выполняется анализ результатов расчета потенциала предприятий и сравнение разных предприятий между собой. Сравняются итоговые оценки потенциала использования БГУ представленных предприятий. Приоритет должен отдаваться проектам с наивысшей итоговой оценкой, желательно с оценкой более 7. Так же, наряду с оценкой, должен быть учтен срок окупаемости проекта. Приоритет по этому показателю отдается проектам с меньшим сроком окупаемости, желательно, чтобы он составлял менее 7 лет.

4. В случае, если оценка одного предприятия выше, чем у другого, но срок окупаемости заметно больше (на год и более), приоритет отдается предприятию с меньшим сроком окупаемости после экспертизы объективности расчета срока окупаемости.

5. В случае, если разница в сроках окупаемости составляет менее года, то предпочтение отдается предприятию с лучшей итоговой оценкой.

6. Разрабатываются меры поддержки (выделение гранта, финансирование, подготовка документации и т. п.) предприятий, выбранных как наиболее перспективные с позиции внедрения БГУ.

7. Осуществляется поддержка предприятий, выбранных как наиболее перспективные с позиции внедрения БГУ.

Разработанная методика оценки потенциала использования БГУ в конкретных предприятиях позволяет учесть максимальное число влияющих на потенциал внедрения БГУ факторов.

Необходимость тщательного расчета потенциала согласно показателям, изложенным в приведенной методике, обоснована следующим:

1) расчет по объему образования отходов, без учета равномерности их образования, а также равномерности и объемов использования продуктов переработки, приводит к неверно определенным срокам окупаемости, технико-экономическим показателям и не позволяет судить об эффективности применения БГУ в данном конкретном хозяйстве. Разработанная и представленная методика устраняет эту ошибку;

2) представленная методика позволяет так же на разных уровнях выбрать наиболее перспективные предприятия для осуществления биогазовых проектов и исходя из этого разработать мероприятия, определить необходимые объемы и способы финансовой поддержки реализации данных проектов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Амерханов Р. А., Богдан А. В., Вербицкая С. В., Гарькавый К. А. Проектирование систем энергообеспечения: учебник для студентов вузов по направлению «Агроинженерия» / Под ред. Р. А. Амерханова. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 2010. 548 с.

2. Виноградов А. В., Леонов Б. В. Преимущества применения биогазовых установок на бойнях скота и основания для внесения изменений в действующие санитарные правила для предприятий мясной промышленности. Вестник НГИЭИ. 2013. № 6. С. 9–15

3. Отчет по научно-исследовательской работе «Внедрение и практическая реализация инновационных технологий преобразования отходов свиноводства, молочного и мясного животноводства и сахарного производства в энергию», выданный научно-техническим советом Орловской области. Исполнители: д.б.н., проф. Павловская Н. Е., к.т.н., доц. Виноградов А. В., к.т.н., с.н.с. Уваров А. В., магистрант Леонов Б. В., аспирант Шалимов В. Л., аспирант Лушников А. В. РУКОПИСЬ. Орел ГАУ, 2013 г, 160 с.

4. Руководство по биогазу: от получения до использования. Издано Агентством по возобновляемым ресурсам (FNR). Издатель: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR). 5-е полностью переработанное издание, Гюльцов, 2010 г., 236 с.

#### **METHODS OF ASSESSMENT OF POTENTIAL OF BIOGAS PLANTS USING FOR REPROCESSING OF WASTE IN AGRICULTURAL ENTERPRISES**

***Keywords:** biogas plants, waste of agricultural production, wastereprocessing, energy, biogas, methodology, potential.*

***Annotation:** The article describes the use of the biogas plants as well as presents the developed matrix of efficiency of biogas plants use, there is also a questionnaire for companies required to calculate the efficiency*

---

**ВИНОГРАДОВ АЛЕКСАНДР ВЛАДИМИРОВИЧ** – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Электроснабжение» Орловского государственного аграрного университета, (winaleksandr@rambler.ru).

**VINOGRADOV ALEXANDER VLADIMIROVICH** – candidate of technical science, doцент, head of the chair «Power supply», Oryol state agrarian university, Russia, Oryel, (winaleksandr@rambler.ru).

**ЛЕОНОВ БОРИС ВЛАДИМИРОВИЧ** – магистрант кафедры «Электроснабжение», Орловский государственный аграрный университет, Россия, Орел, (boris-leonov12@yandex.ru).

**LEONOV BORIS VLADIMIROVICH** – master of the chair «Power supply», Oryol state agrarian university, Russia, Oryol, (boris-leonov12@yandex.ru).

---