

EDN: **VHILVE**

УДК 628.477

**В. А. МИТЯКИН, В. Н. РАДИОНЕНКО**ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,  
Российская Федерация, Донецкая Народная Республика, г. о. Макеевский, г. Макеевка

## **ОБ ОПЫТЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОТХОДОВ**

**Аннотация.** В работе изучено влияния полученных в процессе анаэробной ферментации биологических удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур. В процессе работы экспериментальной биогазовой установки получены биологические удобрения, на основании которых проанализированы результаты лабораторных исследований. Результаты эксперимента показали, что в емкостях контроля основное количество первых ростков появилось через 2–3-е сутки. Количество проросших семян в контроле в среднем 65,5 %, в количестве от 8 до 18 штук, в емкостях с внесенной «Жидкой органикой» количество проросших семян только 36,6 %, в количестве от 6 до 11 штук взошедших семян, в емкостях с внесенным жидким биоудобрением количество проросших семян в среднем составило 87,8 %, в количестве от 11 до 18 штук. Плотность ростков в опытных емкостях с внесенным жидким биоудобрением значительно выше (в среднем 2,499), чем в емкостях с внесенной «Жидкой органикой» (в среднем 0,579) и контроле (в среднем 1,300).

**Ключевые слова:** сельскохозяйственные отходы, переработка, биогазовая установка, биологические удобрения.

### **ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ**

На современном этапе, агропромышленный комплекс России, сталкивается с проблемой утилизации существенного количества отходов. В основном сельскохозяйственные отходы банально вывозятся с территорий ферм и складываются, что приводит к проблемам окисления и заражения почв, отчуждению сельскохозяйственных земель, загрязнению грунтовых вод и выбросам в атмосферу метана [1]. В Российской Федерации, на государственном уровне установлена стратегия по решению вопросов охраны окружающей среды в современных реалиях развития научно-технического прогресса. Реализация программы связана с организацией экологически малоотходного производства, внедрения ресурсосберегающих технологий, позволяющие рационально использовать первичные сырьевые ресурсы, комплексно перерабатывать вторичное сырье. Проводимые нами исследования позволят изучить возможности широкомасштабного использования биологических удобрений с целью повышения плодородия земель. Это предопределяет необходимость всестороннего изучения структуры, свойств и качества биологических удобрений, получаемых в результате биогазовой технологии переработки сельскохозяйственных отходов [2]. Основной целью работы является изучение влияния полученных в процессе анаэробной ферментации биологических удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур.

### **ЦЕЛЬ**

Изучение влияния полученных в процессе анаэробной ферментации биологических удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур.

### **ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ**

Для определения влияния биологических удобрений, полученных в процессе анаэробной ферментации в метантенке, на урожайность сельскохозяйственных культур, был проведен эксперимент. В



качестве испытуемой культуры была взята рожь, которая является фитосанитарной культурой. Эксперимент по влиянию на урожайность культур жидкого биологического удобрения проводили в сравнении с гумусом (контроль) и «Жидкой органикой».

Для проведения эксперимента нам потребовалось 15 емкостей, диаметром равным 55 мм и объемом 155 мл. Каждую емкость перед закладкой тщательно промывали, высушивали и нумеровали. Пять емкостей были контрольными – только гумус. Почву в других 5 емкостях поливали рабочим раствором жидкого биологического удобрения (на 1 литр воды 10 мл концентрата), в остальных емкостях почва поливалась рабочим раствором «Жидкой органики». Посадка производилась по 18 семян на емкость с глубиной посадки – 0,5 см. Опытные емкости поливали теплой водой и размещали в светлом и теплом месте. Предварительно, до проведения эксперимента, семена ржи тщательно осматривали и замачивали до прорастания.

Замачивание и проращивание семян с добавлением удобрений осуществлялось по той же методике, однако вместо воды мы использовали рабочий раствор (на 1 литр воды 10 мл концентрата). Параллельно «Жидкую органику» и жидкие биологические удобрения использовали для подготовки почвы к выращиванию проросших семян ржи, а именно прогревали почву до температуры не менее 5 °С, поливали почву рабочим раствором, через 4 дня высаживали проросшие семена ржи, а на 5-е сутки после посадки, поливали ростки ржи рабочим раствором. В емкостях контроля почву поливали водой.

При наблюдении за протеканием эксперимента фиксировали следующие параметры:  $t_0$  = время посадки семян,  $t_1$  = появление первого ростка,  $t_2$  = появление 50 % ростков,  $t_3$  = время появления 100 % ростков. На 10 день роста ржи произвели замеры длины каждого ростка в емкостях контроля, в емкостях с внесением жидкого биологического удобрения и «Жидкой органики» (отдельно для каждой емкости) и затем вычисляли среднюю длину для каждой емкости. Для определения биомассы ржи в опытных емкостях с внесением жидкого биологического удобрения и в емкостях с внесением жидкого органического удобрения, а также в контроле, на 10-й день, определяли общий вес ростков в каждой емкости отдельно и вычисляли их средний вес.

Биогазовая установка предназначена для переработки отходов животноводства и осадка сточных вод в биологические удобрения и биогаз, с возможным преобразованием его в тепловую и электрическую энергии [3–4]. Для работы биогазовой установки используют 2 вида сырья: свиной навоз с влажностью 93...95 % и свиной навоз с влажностью 97...98 % с добавлением навоза КРС (10...30 %), продуктов переработки, получаемых на БГУ. Содержание элементов питания в свином навозе с влажностью 93...95 % представлено в таблице 1.

**Таблица 1** – Содержание элементов питания в свином навозе с влажностью 93...95 %

Содержание элементов питания, %					рН
Азот	Фосфор	Калий	Магний	Кальций	
4,5...8,4	1,9...5,8	6,0...6,2	0,9	1,8	7,9

Содержание элементов питания в свином навозе с влажностью 97...98 % с добавлением навоза КРС (10...30 %) и продуктов переработки, получаемых на БГУ (10...30 %) представлено в таблице 2.

**Таблица 2** – Содержание элементов питания в свином навозе с влажностью 97...98 % с добавлением навоза КРС

Содержание элементов питания, %					рН
Азот	Фосфор	Калий	Магний	Кальций	
4,0...8,8	1,7...5,0	5,0...6,6	0,7...0,9	1,2...1,8	7,3...7,7

Исходная биомасса с помощью насоса-измельчителя загружается в емкость для накопления субстрата, из которой периодически порциями поступает в ферментатор. На 1 этапе в ферментаторе происходит предварительная подготовка сырья – термическая обработка и очистка от небактериальных включений. На 2 этапе происходит сам процесс анаэробного сбраживания биомассы. Полученное в результате брожения удобрение, с помощью насоса выгружается в емкость для накопления удобрения. Образующийся биогаз под собственным давлением поступает в фильтрующее устройство.

Фильтрующее устройство осуществляет трех-стадийную обработку биогаза:

- 1 этап: удаление лишней влажности из биогаза;
- 2 этап: отбор сероводорода;
- 3 этап: удаление излишек углекислого газа.

Из фильтрующего устройства часть очищенного биогаза попадает в накопитель, а другая часть может расходоваться на работу газового электрогенератора, обеспечивая энергией всю систему. В процессе биологической, термофильной, метангенерирующей обработки органических отходов в экспериментальной биогазовой установке образуются биологические удобрения.

Показатели, по которым оценивается качество органических удобрений, описаны в ГОСТ 33380-2015 «Удобрения органические. Эффлюент. Технические условия» [5].

В соответствии с ГОСТ показатели для органического растениеводства, следующие:

Массовая концентрация примесей токсичных элементов, мг/кг сухого вещества, не более: ртути – 0,4; свинца – 45,0; кадмия – 0,7.

Наличие болезнетворных и патогенных микроорганизмов, клеток/г – не допускается.

Наличие личинок и яиц гельминтов, а также нематод, экз./кг – не допускается.

Наличие куколок и личинок синантропных мух, а также семян сорной растительности, экз./кг – не допускается.

Показатель активности водородных ионов или реакции водной среды, ед. рН – 6,0...8,0.

Массовая доля питательных веществ в эффлюенте, %, не менее: фосфора общего – 0,1; азота общего – 0,2; калия общего – 0,2.

В процессе работы экспериментальной биогазовой установки получены биологические удобрения, на основании которых были произведены лабораторные анализы. Данные биологические удобрения проявляют слабо-кислотную реакцию с рН = 6,5...6,9. В составе концентрата (в перерасчете на сухое вещество) обнаруживается: нитратного азота – не менее 45 мг/100 г; органического вещества – не менее 30 %; общего азота – не менее 4 %; обменного калия – 2 %.

В удобрении обнаруживаются живые микроорганизмы, деятельность которых определяет свойства удобрения. Наличие живой микрофлоры определяет отрицательный ОВП на уровне не менее 150 мВ.

Полученные данные результатов анализа показателей биоудобрений, соответствуют требованиям стандарта ГОСТ 33380-2015 «Удобрения органические. Эффлюент. Технические условия» [5] и не превышают указанные нормы.

Всего при проведении эксперимента было использовано (засеяно) 270 семян, 90 в контроле и по 90 в опытных емкостях с жидким биоудобрением и «Жидкой органикой». При наблюдении за протеканием опытов фиксировали следующие параметры:  $t_0$  – время посадки семян;  $t_1$  – появление первого ростка, суток;  $t_2$  – появление 50 % ростков, суток;  $t_3$  – время всхода 100 % ростков, суток.

Результаты эксперимента с рожью показали, что в емкостях контроля основное количество первых ростков появилось через 2–3-е сутки (в среднем – 2,4), количество 50 % ростков появилось на 4–6-е сутки (в среднем – 4,8), а 100 % ростков появилось в 3 опытной емкости на 8 день.

В емкостях с внесенной «Жидкой органикой» первые ростки появились на 2–4-е сутки (в среднем – 2,8), количество 50 % ростков появилось в 1 опытной емкости на 5 день.

В емкостях с внесенным жидким биоудобрением первые ростки появились на 2–3 сутки (в среднем – 2,2), количество 50 % ростков в опытной емкости появилось на 4–5-е сутки (в среднем – 4,4), количество 100 % ростков появилось в 1 опытной емкости на 9 день, а во 2 и 5 на 8 день.

## ВЫВОДЫ

Из представленных данных можно сделать вывод, что использование жидкого биоудобрения положительно сказывается на величине всхожести ржи, по сравнению с показателями контроля и емкостей с внесенной жидкой органикой.

Количество проросших семян в контроле в среднем 65,5 %, в количестве от 8 до 18 штук, в емкостях с внесенной «Жидкой органикой» количество проросших семян только 36,6 %, в количестве от 6 до 11 штук взошедших семян, в емкостях с внесенным жидким биоудобрением количество проросших семян в среднем составило 87,8 %, в количестве от 11 до 18 штук.

Общий вес ростков ржи на 10-е сутки в емкостях с внесенным жидким биоудобрением составил в среднем 2,499, в емкостях с внесенной «Жидкой органикой» вес ростков составил 0,822, а в контроле общий вес ростков в среднем составил 1,300 г. Плотность ростков в опытных емкостях с внесенным жидким биоудобрением значительно выше (в среднем 2,499), чем в емкостях с внесенной «Жидкой

органикой» (в среднем 0,579) и контроле (в среднем 1,300). В целом, результаты эксперимента свидетельствуют о положительном влиянии жидких биоудобрений на продуктивные качества выращиваемой культуры.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Афанасьев, В. Н. Состояние и основные пути улучшения экологической ситуации / В. Н. Афанасьев. – Текст : непосредственный // Сельскохозяйственные вести. – 2005. – № 6. – С. 12–13.
2. Никулин, Н. Современные биогазовые технологии – перспективный метод решения экологических проблем агропромышленного комплекса / Н. Никулин. – Текст : непосредственный // Главный агроном. – 2012. – № 9. – С. 67–69.
3. Курис, Ю. В. Определение технологических возможностей энергетического использования биомассы / Ю. В. Курис, А. Ю. Майстренко, С. И. Ткаченко. – Текст : непосредственный // Энергетика и электрификация. – 2008. – № 7. – С. 35–40.
4. Бурга, Г. Биогаз на основе возобновляемого сырья: Сравнительный анализ шестидесяти одной установки по производству биогаза в Германии / Г. Бурга, К. Ригер – Текст : электронный // «СтудМед» : [сайт]. – 2008–2023. – URL: [https://www.studmed.ru/view/burga-gemmeke-krista-riger-peter-vayland-biogaz-na-osnove-vozobnovlyаемого-сырья\\_d5ad1168db1.html](https://www.studmed.ru/view/burga-gemmeke-krista-riger-peter-vayland-biogaz-na-osnove-vozobnovlyаемого-сырья_d5ad1168db1.html) (дата обращения: 01.09.2023).
5. ГОСТ 33380-2015. Удобрения органические. Эффлюент. Технические условия = Organic fertilizers. Effluent. Specifications : введен Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 3 августа 2015 г. № 1039-ст и введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 января 2017 г. : введен впервые : дата введения 2017-01-01 / разработан Федеральным государственным бюджетным научным учреждением «Всероссийский научно-исследовательский институт органических удобрений и торфа». – Москва : Стандартинформ, 2015. – 15 с. – URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293761/4293761268.pdf> (дата обращения: 08.09.2023). – Текст : электронный.

Получена 08.09.2023

Принята 27.10.2023

В. О. МІТЯКІН, В. М. РАДІОНЕНКО  
ПРО ДОСВІД ВИКОРИСТАННЯ БІОГАЗОВОЇ УСТАНОВКИ ПІД ЧАС  
ПЕРЕРОБКИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ВІДХОДІВ  
ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», Російська  
Федерація, Донецька Народна Республіка, м. о. Макіївський, м. Макіївка

**Анотація.** У роботі було виконано вивчення впливу отриманих в процесі анаеробної ферментації біологічних добрив на врожайність сільськогосподарських культур. В процесі роботи експериментальної биогазової установки отримані біологічні добрива, на підставі яких були проведені лабораторні аналізи. Результати експерименту показали, що в ємностях контролю основна кількість перших паростків з'явилося через 2–3-ю добу. Кількість пророслих насіння в контролі в середньому 65,5 %, в кількості від 8 до 18 штук, в ємностях з внесеною «рідкої органікою» кількість пророслих насіння тільки 36,6 %, в кількості від 6 до 11 штук зійшли насіння, в ємностях з внесеним рідким біодобривом кількість пророслих насіння в середньому склало 87,8 %, в кількості від 11 до 18 штук. Щільність паростків в дослідних ємностях з внесеним рідким біодобривом значно вище (в середньому 2,499), ніж в ємностях з внесеною «рідкої органікою» (в середньому 0,579) і контролі (в середньому 1,300).

**Ключові слова:** сільськогосподарські відходи, переробка, биогазова установка, біологічні добрива.

VLADIMIR MITYAKIN, VITALY RADIONENKO  
ON THE EXPERIENCE OF USING A BIOGAS PLANT FOR PROCESSING  
AGRICULTURAL WASTE ANNOTATION  
FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Russian  
Federation, Makeevka

**Abstract.** In the work, the influence of biological fertilizers obtained in the process of anaerobic fermentation on crop yields was studied. During the operation of the experimental biogas plant, biological fertilizers were obtained, on the basis of which laboratory analyses were performed. The results of the experiment showed that the majority of the first sprouts appeared in the control tanks after 2–3 days. The number of germinated seeds in the control averaged 65,5 %, in the amount of 8 to 18 pieces, in containers with introduced «Liquid organic matter», the number of germinated seeds was only 36,6 %, in the amount of 6 to 11 pieces of

germinated seeds, in containers with introduced liquid biofertilizer, the number of germinated seeds averaged 87,8 %, in the amount of from 11 to 18 pieces. The density of sprouts in experimental tanks with introduced liquid biofertilizer is significantly higher (on average 2,499) than in tanks with introduced «Liquid organic matter» (on average 0,579) and control (on average 1,300).

**Keywords:** agricultural waste, processing, biogas plant, biological fertilizers.

**Митякин Владимир Александрович** – магистрант 2 курса кафедры техносферной безопасности ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: переработка, утилизация, рециклинг сельскохозяйственных отходов.

**Радионенко Виталий Николаевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры техносферной безопасности ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: переработка и повторное использование промышленных отходов.

**Мітякін Володимир Олександрович** – магістрант 2 курсу кафедри техносферної безпеки ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: переробка, переробка, рециклінг сільськогосподарських відходів.

**Радіоненко Віталій Миколайович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри техносферної безпеки ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: переробка і повторне використання промислових відходів.

**Mityakin Vladimir** – 2nd year master's degree student, Technosphere Safety Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: processing, utilization, recycling of agricultural waste.

**Radionenko Vitaly** – Ph. D. (Eng), Associate Professor, Technosphere Safety Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: recycling and reuse of industrial waste.