

А. В. Сорока¹, Н. Н. Костюченко¹, Е. А. Брыль¹, И. Н. Кузнецов²

¹Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, г. Брест, Республика Беларусь

²Белорусский государственный технологический университет, г. Минск, Республика Беларусь

ОЦЕНКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР И БИООТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОГАЗА В УСЛОВИЯХ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ

Проведена оценка выхода биогаза из сельскохозяйственных культур и биоотходов производства. Установлено, что наибольший выход биогаза с единицы биомассы сельскохозяйственных растений в лабораторных исследованиях отмечался у кукурузы, сахарной свеклы. Среди отходов производства максимальный объем выхода биогаза с одной тонны однокомпонентного сырья зафиксирован при анаэробном брожении фуза (отход производства рапсового масла (ООО «Агропродукт») и навоза крупного рогатого скота (СПК «Рита»). Для увеличения выхода количества газа при брожении предпочтительно использовать многокомпонентные смеси.

➤ **Ключевые слова:** сельскохозяйственные культуры, биоотходы производства, биогаз, сухое вещество, органическое вещество.

Введение

Современная ситуация в топливно-энергетической сфере характеризуется нестабильностью и ростом мировых цен на ископаемые энергоносители с постоянно возрастающим техногенным давлением на окружающую среду. В связи с этим во многих странах мира наблюдается повышение интереса к возобновляемым источникам энергии [1–3].

Республика Беларусь относится к категории стран, которые не обладают значительными собственными топливно-энергетическими ресурсами. Поэтому внедрение альтернативных источников энергии является одним из приоритетных направлений развития энергетической отрасли [4].

В отличие от ископаемых источников энергии, биомасса традиционных сельскохозяйственных культур и специально выращенных энергетических культур, является постоянно возобновляемым источником энергии с нулевым балансом углекислого газа и метана для природы. Получаемый конечный продукт – богатый питательными веществами остаток переработки можно использовать в сельском хозяйстве в качестве удобрения для растений [5].

К настоящему времени уже накоплен значительный положительный опыт использования биомассы растений в производстве различных видов биотоплива в таких странах как Бразилия, США, Швеция, Германия, Нидерланды. Согласно прогнозам ряда авторов, доля возобновляемых источников энергии в ближайшие 20–30 лет будет постоянно возрастать. Как показывают оценки специалистов в области биоэнергетики, Республика Беларусь, обладая большими площадями земельных ресурсов, благоприятными почвенно-климатическими условиями, эффективно развитым сельским хозяйством и промышленностью, высоким уровнем образования и науки, может успешно развивать биоэнергетику, основанную на растительной биомассе. На данном этапе, наряду с совершенствованием технологии получения из растительной биомассы различных видов биотоплива, актуальной задачей является поиск перспективных энергоинтенсивных культур, обеспечивающих высокий выход биомассы и ее невысокую себестоимость [2, 6].

Еще одним значимым видом сырья в биоэнергетике являются биоотходы производств. Проблема биоотходов, которые образуются в больших количествах и при их размещении в окружающей среде являются источником ее загрязнения, занимает одно из первостепенных по значимости мест среди основных экологических проблем. Основной принцип управления отходами заключается в уменьшении объемов образования отходов и предотвращении их вредного воздействия на окружающую среду, а так же максимальном вовлечении во вторичный оборот в качестве сырья. Только при отсутствии возможностей вторичного использования отходы необходимо безопасно удалять, что чаще всего означает захоронение на полигонах. В настоящее время наиболее полно используются отходы растительного и животного происхождения. Такие отходы могут использоваться как в сельском хозяйстве (на корм скоту), так и в биоэнергетике, в частности в биогазовых установках для получения биотоплива (биогаза).

Изучение качественного состава биомассы сельскохозяйственных культур, выращенных в Брестской области почвенные и климатические условия которой значительно отличаются от других областей республики, даст возможность установления энергетического потенциала растений. Кроме того, энергетический потенциал и многих биоотходов все еще не установлен. Получение таких данных будет способствовать рациональному использованию биоотходов и растений в производстве биогаза, что позволит повысить эффективность энергетической отрасли в Брестской области.

Методика и объекты исследования

Сельскохозяйственные культуры высевали на полевом стационаре в ГУСП «Племзавод Мухавец» Брестского района в 2014–2015 гг. на дерново-подзолистой песчаной почве. Каждая культура высевалась в 3-кратной повторности с рендомизированным размещением вариантов. Опыты мелко-деляночные: площадь делянки – 10 м². Агротехника в опытах общепринятая.

Объектами исследований являлись:

1. Сельскохозяйственные культуры – сахарная свекла (сорт Дануб), суданская трава (сорт Довская мечта), кукуруза (гибрид Амамонте), рапс яровой (сорт Водолей), озимые зерновые (тритикале гибрид Михась), канареечник тростниковый (сорт Припятский).

2. Биоотходы предприятий – отход производства рыбных продуктов СП «Санта Бремор», навоз свиной ОАО «СПЦ Западный», навоз крупного рогатого скота СПК «Рита», зерноотход ОАО «СПЦ Западный» и СПК «Рита», soapсток и фуз ООО «Агропродукт», мезга ОАО «Верховичский крахмальный завод», бытовые органические отходы и обезвоженный осадок сточных вод КПУП «Брестский мусороперерабатывающий завод», ботва томатов ОАО «ТК Берестье», свекловичный жом ОАО «Жабинковский сахарный завод».

Содержание в растительных образцах и биоотходах сухого и органического веществ в сухом определяли в аккредитованной лаборатории ГНУ «Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси» по следующим нормативным документам: ГОСТ 27548–97 «Корма растительные. Методы определения содержания влаги», ГОСТ 26226–95 «Методы определения сырой золы».

Для получения биогаза культуры измельчали до размера 7–10 мм. Затем в лабораторных условиях закладывали в емкости из расчета 80% инокулянта и 20% биомассы. Анаэробное сбраживание проводили при мезофильном режиме (37 °С) в течение 20 дней.

Результаты и их обсуждение

При оценке сырья для производства биогаза важно учитывать содержание в биомассе сухого вещества и органического вещества в сухом, от которых зависит объем выхода биогаза.

Из данных табл. 1 видно, что фактическое содержание сухого вещества в исследуемых сельскохозяйственных культурах соответствовало оптимальным параметрам для получения биогаза.

Таблица 1

Качественные показатели биомассы сельскохозяйственных культур

Культура	Содержание сухого вещества, %		Содержание органического вещества в сухом, %		Выход биогаза, м ³ /т	
	Оптимальное ¹	Фактич.	По лит. источн. ²	Фактич.	Потенц. ¹ (в сред.)	Фактич.
Кукуруза (молочно-восковая спелость)	27,0–31,0	29,9	95,8	95,3	200,0	98,0
Тритикале (молочно-восковая спелость)	33,0–36,0	32,0	93,2	97,6	200,0	50,6
Канареечник (начало выметывания)	25,0–35,0	30,1	87,0	93,4	160,0	36,6
Суданская трава (цветение)	22,0 ²	24,7	90,3	95,0	98,0	48,1
Рапс яровой (цветение начало плодообразования)	14,0	16,6	80,0	94,3	75,0	43,3
Свекла сахарная (корнеплоды)	22,0–24,0	22,7	91,9	92,3	170,0	77,0

Примечания: 1 – KWS Biogas in Practice [7]; 2 – по данным biteco [8]

У однолетних трав (суданская трава, рапс яровой), убранных в оптимальные для получения биогаза фазы, в условиях Брестской области численное значение содержания сухого вещества незначительно превышало показатели, указанные в литературных источниках.

Содержание в полученной биомассе сельскохозяйственных культур органического вещества в сухом оказалось в пределах 92,3–97,6%. Наибольшим содержанием органики характеризовались кукуруза и тритикале (фаза молочно-восковой спелости) – 95,3 и 97,6% соответственно. Наименьшее содержание органического вещества отмечено в корнеплодах сахарной свеклы – 92,3%. Биомасса многолетних трав занимала промежуточное положение по содержанию органического вещества 93,4–95,0%.

По данным литературных источников установлено, что в различных условиях при исследовании одинаковых субстратов получаются разные результаты по производству газа [7].

В наших лабораторных исследованиях фактический выход биогаза с единицы биомассы в мезофильных условиях при температуре 37 °С значительно отличался от потенциального. Максимальный фактический выход биогаза отмечен при брожении кукурузы (20 дней) – 98,0 м³/т, в тоже время потенциально возможный составляет 200 м³/т (при брожении 50 и более дней). Из силоса тритикале в лабораторных условиях получено – 50,6 м³/т, что составляет четвертую часть от потенциально возможного. Наименьшая разница между потенциальным и фактическим выходом биогаза зафиксирована при брожении рапса ярового – 43,3 м³/т, что в 1,7 раз ниже, чем при потенциальном выходе. Самый малый объем биогаза в лабораторных условиях получен при сбраживании канареечника тростникового – 36,6 м³/т, при потенциально возможном 160 м³/т.

Необходимо отметить, что выход биогаза из корнеплодов сахарной свеклы, в отличие от других исследуемых культур, осуществлялся в течение первых четырех дней, и по объему выделившегося газа (77,0 м³/т) за данный промежуток времени свекла намного превосходит все остальные культуры. Полученные результаты по брожению сахарной свеклы подтверждаются исследованиями английских ученых, что позволяет использовать данную культуру в смеси с другими для активизации брожения в первые дни [8].

Низкий фактический выход биогаза по сравнению с потенциальным выходом объясняется невысоким разложением органического вещества за короткий период брожения (в течение 20 дней). Для дальнейшего разложения клетчатки и других трудноразлагающихся веществ в субстрате необходимо увеличивать продолжительность сбраживания до 50 дней и более. Следует отметить, что в биогазовых установках продолжительность сбраживания субстрата в среднем составляет 20 дней, сбраживание на протяжении 50 и более дней в производстве не применяется ввиду длительности и экономической неэффективности процесса.

Для оценки возможности использования биоотходов предприятий в биоэнергетике были определены их качественные характеристики (табл. 2).

Установлено, что содержание сухого вещества в изученных биоотходах предприятий колебалось в пределах 13,99–89,77%. Наибольшее содержание сухого вещества отмечено в зерноотходах СПК «Рита» – 89,77% и ОАО «СГЦ Западный» – 78,51%. Наиболее обводненные отходы: мезга ОАО «Верховичский крахмальный завод» – 13,99%; ботва томатов ОАО «ТК Берестье» – 15,17%; свекловичный жом ОАО «Жабинковский сахарный завод» – 17,25% сухого вещества. В тоже время содержание органического вещества в сухом во всех изученных видах биоотходов было свыше 90% и колебалось в пределах 92,15–98,36%. Следует отметить, что данные по содержанию сухого вещества в биоотходах следует учитывать при загрузке ферментера биогазовой установки субстратом. При использовании отходов с низким содержанием сухого вещества для получения оптимального количества биогаза необходимо либо увеличивать объем загружаемого субстрата либо некоторым образом его подсушивать.

При анализе выхода биогаза в зависимости от видов биоотходов, установлено, что наименьший выход из одной тонны биомассы получен при использовании в качестве сырья мезги (26,7 м³/т), обезвоженного осадка сточных вод (27,4 м³/т) и ботвы томатов (29,2 м³/т) биогаза. Наибольший объем выхода биогаза с одной тонны однокомпонентного сырья зафиксирован на фузе (72,2 м³/т) и навозе крупного рогатого скота (71,3 м³/т). Довольно высокий выход биогаза отмечен при брожении отходов производства рыбных продуктов (55,5 м³/т), свеклосахарном жоме (62,0 м³/т).

При исследовании составленных смесей биоотходов установлено, что объемы выхода биогаза превышали данный показатель однокомпонентного сырья. Из одной тонны смеси отход бытовой органический + кукуруза + жом + ботва томатов + навоз было получено 76,2 м³/т биогаза. Из одной тонны смеси навоз + зерноотход + фуз получено 120,3 м³/т биогаза.

Таким образом, для получения достаточного количества газа целесообразнее использовать многокомпонентные смеси биоотходов, продукция биогаза которых в два раза превышает моносубстраты.

Качественные показатели биоотходов предприятий

Биоотход	Содержание сухого вещества, %	Содержание органического вещества в сухом, %	Выход биогаза, м ³ /т
Отход производства рыбных продуктов СП «Санта Бремор» ООО	35,94	98,36	55,5
Навоз свиной ОАО «СГЦ Западный»	32,95	98,17	32,1
Навоз крупного рогатого скота СПК «Рита»	20,36	92,15	71,3
Зерноотход ОАО «СГЦ Западный»	78,51	97,79	48,6
Зерноотход СПК «Рита»	89,77	96,32	35,5
Мезга ОАО «Верховичский крахмальный завод»	13,99	97,35	26,7
Бытовые органические отходы КПУП «Брестский мусороперерабатывающий завод»	46,42	93,02	41,2
Обезвоженный осадок сточных вод КПУП «Брестский мусороперерабатывающий завод»	31,69	95,67	27,4
Ботва томатов ОАО «ТК Берестье»	15,17	97,44	29,2
Свекловичный жом ОАО «Жабинковский сахарный завод»	17,25	94,85	62,0
Отход производства рапсового масла соапсток ООО «Агропродукт»	43,81	98,18	36,1
Отход производства рапсового масла фуз ООО «Агропродукт»	83,21	92,54	72,2
Смесь (отход бытовой органический + кукурузный силос + жом + ботва томатов + навоз крупного рогатого скота)	35,14	94,32	76,2
Смесь (навоз свиной + зерноотход + фуз)	64,89	96,16	120,3

Выводы

Наибольший выход биогаза с единицы биомассы сельскохозяйственных растений в лабораторных исследованиях отмечался у кукурузы, сахарной свеклы и превышал выход биогаза с других исследуемых культур (тритикале, суданская трава, рапс яровой, канареечник тростниковый). У сахарной свеклы выход газа осуществлялся в течение первых четырех дней, в отличие от остальных культур, биогаз из которых выделялся на протяжении 20 дней.

Среди исследуемых биоотходов производства максимальный объем выхода биогаза с одной тонны однокомпонентного сырья зафиксирован при анаэробном брожении фуза (отход производства рапсового масла ООО «Агропродукт») и навоза крупного рогатого скота (СПК «Рита»). При использовании многокомпонентных смесей биоотходов выход биогаза в два раза превышал моносырье, что целесообразно применять для увеличения выхода газа в биогазовых установках.

Полученные результаты могут быть применены при эксплуатации биогазовых установок для оптимизации процесса получения биогаза в производственных условиях.

Список литературы

1. Цыганов, А. Р. Биоэнергетика. Энергетические возможности биомассы / А. Р. Цыганов, А. В. Клочков ; рец.: И. М. Богдевич, В. А. Шаршунов ; Национальная академия наук Беларуси, Отделение аграрных наук, Белорусская государственная сельскохозяйственная академия. – Минск : Белорусская наука, 2012. – 143 с.
2. Кулаковская, Т. В. Биоэнергетические культуры на сельскохозяйственных землях: теория и практика / Т. В. Кулаковская, Т. Misselbrook, J. M. Wilkinson // Проблемы природопользования: итоги и перспективы : материалы Международной научной конференции (к 80-летию Института природопользования), Минск, 21–23 ноября 2012 г. / Национальная академия наук Беларуси, Институт природопользования НАН Беларуси, Белорусский республиканский фонд фундаментальных исследований. – Минск, 2012. – С. 158–162.
3. Цимбалист, Н. И. О необходимости унификации методик энергетической оценки технологий возделывания сельскохозяйственных культур / Н. И. Цимбалист, А. М. Алиев, В. А. Шмонин // Энер-

гообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве : труды 8-й Международной научно-технической конференции, Москва, 16-17 мая 2012 г. / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Российская академия сельскохозяйственных наук. – Москва, 2012. – С. 365–369.

4. Басков, В. Н. Развитие биоэнергетики в Регионах Российской Федерации / В. Н. Басков // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве : труды 8-й Международной научно-технической конференции, Москва, 16–17 мая 2012 г. / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Российская академия сельскохозяйственных наук. – Москва, 2012. – С. 81–89.

5. Луостаринен, С. Материалы хозяйства – в биогаз / С. Луостаринен // Сельскохозяйственные Вести [Электронный ресурс]. – 2011. – № 3. – Режим доступа : www.agri-news.ru/zhurnal/2011/№3/2011-zhivotnovodstvo/materialyi-hozyajstva-v-biogaz.html. – Дата доступа : 09.11.2015.

6. Осадчук, В. Д. Перспективы выращивания биоэнергетических культур для получения биотоплива / В. Д. Осадчук, Т. И. Гунчак, Л. И. Микус // Молодежь и инновации – 2013 : материалы Международной научно-практической конференции молодых ученых, г. Горки, 29-31 мая 2013 г. : в 4 ч. Ч. 2 / Учреждение образования "Белорусская государственная сельскохозяйственная академия", Совет молодых ученых. – Горки, 2013. – С. 359–360.

7. KWS Biogas in Practice // Egmore energy [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа : <http://www.egmoreenergy.co.uk/> – Дата доступа : 09.11.2015.

8. Биогазовые установки на энергетических культурах // Biteco [Электронный ресурс]. – 2013. – Режим доступа : <http://www.biteco-energy.com/energeticheskie-kultury/> – Дата доступа : 10.11.2015.

A. V. Saroka, N. N. Kastsiuchenka, E. A. Bryl, I. N. Kuznetsov

EVALUATION OF CROP PRODUCTION AND BIOWASTE FOR BIOGAS IN THE BREST REGION

The biogas output evaluation from crops and biowaste products was carried out. It is established that the greatest amount of biogas from biomass of agricultural plants in laboratory researches was noted at maize and sugar beet. Among biowaste products the maximum volume of biogas from one ton of monocomponent raw materials is recorded at anaerobic fermentation of a fuz (waste from rapeseed oil production of LLC Agroprodukt) and manure of cattle (APC Rita). For increase the amount of biogas at fermentation it is preferable to use multicomponent mixes.