

УДК 631.3:620.92
DOI: 10.36979/1694-500X-2024-24-4-127-132

НАВОЗ – ОСНОВНОЕ СЫРЬЕ ДЛЯ ВЫРАБОТКИ БИОГАЗА И БИОУДОБРЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ФЕРМЕРСКИХ (КРЕСТЬЯНСКИХ) ХОЗЯЙСТВ

Ж.Ы. Осмонов

Аннотация. Рассмотрены вопросы, связанные с влажностью навоза как изменчивого показателя по времени, характеризующего качество приготовляемого сырья перед загрузкой в биореактор в виде субстрата. Изучены виды субстрата: смесь разных видов навоза с камышитовыми опилками в определенных соотношениях. Данное соотношение установлено по видам навоза: навоз КРС – 100/5,15; смесь овечьего навоза с куриным пометом ОК – 100/5,15; навоз лошадей – 100/4,65 (где 100 – масса навоза, кг, 5,15; 4,65 – масса камышитовых опилок). Также установлена масса воды для разбавления 100 кг субстрата до 85 % влажности в зависимости от его первоначальной влажности по видам в кг: с навозом КРС – 74,4–74,3; со смесью ОК – 71,7–93,2; с навозом лошадей – 68,1–117,9, где 74,4; 71,7 и 68,1 % – первоначальная масса субстрата; 74,3; 93,2; 117,9 – масса воды для разбавления субстрата.

Ключевые слова: навоз; биогаз; влажность навоза; субстрат; камышитовые опилки; влагомер.

КЫК – ФЕРМЕРДИК (ДЫЙКАН) ЧАРБАЛАРЫНЫН ШАРТТАРЫНДА БИОГАЗДЫ ЖАНА БИО ЖЕР СЕМИРТКИЧТИ ИШТЕП ЧЫГУУ УЧУН НЕГИЗГИ ЧИЙКИ ЗАТ

Ж.Ы. Осмонов

Аннотация. Макалада биореакторго субстрат катары жүктөө алдында даярдалган чийки заттын сапатын мүнөздөгөн өзгөрүлмө убакыт көрсөткүчү катары кыктын нымдуулугуна байланыштуу маселелер каралды. Субстраттын түрлөрү: ар кандай түрдөгү кык менен камыш талкандарынын белгилүү өлчөмдөгү аралашмасы изилденген. Бул катыш кыктын түрлөрү боюнча белгиленген: бодо малдын кыгы – 100/5,15; койдун кыгы менен тооктун кыгы – 100/5,15; жылкынын кыгы – 100/4,65 (мында 100 – кыктын массасы, кг, 5,15; 4,65 – камыш талканынын массасы). 100 кг субстратты 85% нымдуулукка чейин суюлтуу үчүн суунун массасы да анын баштапкы нымдуулугуна жараша түрү боюнча кг менен белгиленген: бодо малдын кыгы менен – 74,4–74,3; койдун кыгы менен тооктун кыгынын аралашмасы менен – 71,7–93,2; жылкынын кыгы менен – 68,1–117,9, мында 74,4; 71,7 жана 68,1% – субстраттын баштапкы массасы; 74,3; 93,2; 117,9 – субстратты суюлтуу үчүн суунун массасы.

Түйүндүү сөздөр: кык; биогаз; кыктын нымдуулугу; субстрат; камыш талканы; ным өлчөгүч.

MANURE IS THE MAIN RAW MATERIAL FOR THE PRODUCTION OF BIOGAS AND BIOFERTILIZER IN FARM (PEASANT) CONDITIONS

Zh. Y. Osmonov

Abstract. The article discusses issues related to the moisture content of manure as a time-varying indicator characterizing the quality of the prepared raw materials before loading into the bioreactor in the form of a substrate. The types of substrate have been studied: a mixture of different types of manure with reed sawdust in certain proportions. This ratio was established by type of manure: KRS-100/5.15 manure; mixture of sheep manure with chicken droppings OK – 100/5.15; horse manure – 100/4.65 (where 100 is the mass of manure, kg, 5.15; 4.65 is the mass of reed sawdust). The mass of water for diluting 100 kg of substrate to 85% humidity has also been established, depending on the initial moisture content of the substrate by type: with cattle manure – 74.4%–74.3(kg); with OK mixture – 71.7%–93.2(kg); with horse manure – 68.1%–117.9(kg), where 74.4; 71.7 and 68.1 % is the initial mass of the substrate; 74.3; 93.2; 117.9(kg) – mass water to dilute the substrate.

Keywords: manure; biogas; manure moisture; substrate; reed sawdust; moisture meter.

Введение. Сельское хозяйство Кыргызской Республики является основным источником в обеспечении ее продовольственной безопасности, но оно весьма чувствительно к природным условиям. Сельскохозяйственные угодья республики составляют 10,3 млн га, из них 8,9 млн га – естественные пастбища могут дать до 3 млн тонн недорогого пастбищного корма. Научно-обоснованное рациональное использование естественных пастбищ обеспечивает значительную долю кормовой базы животноводства [1].

В условиях, интенсивного роста энергопотребления как населения, так и в технологических процессах, особенно с одновременным ростом требований охраны окружающей среды, привлечение в энергобаланс возобновляемых источников энергии приобретает все большую актуальность. Это в большой степени относится и к животноводству – в виде производимого животными навоза сельскохозяйственных животных – биомассе – как одному из источников возобновляемых энергоресурсов. При переработке навоза с помощью биогазовой технологии можно получить как биогаз, так и биоудобрение, что также будет способствовать улучшению экологии окружающей среды. Одна тонна навоза выделяет 51–73 м³ биогаза с теплотворной способностью до 25000 кДж/кг [2].

В Кыргызской Республике имеющееся поголовье сельскохозяйственных животных и птицы обеспечивает накопление порядка 5,5 млн тонн навоза в год [3]. При этом стойловом содержании животных накопление навоза может составить около 1/3 этой массы или 1,83 млн тонн. При переработке с помощью биогазовой технологии навоз массой 1,83 млн тонн (51–73 м³) выделяет 90,3–133,5 млн м³ биогаза и из него можно получить 1,8 млн тонн биоудобрения. Также уменьшаются выбросы парниковых газов, поскольку навоз перерабатывается в свежем виде.

Ценность биоудобрения по данным бактериологических исследований такова: в 1 тонне сухого биоудобрения содержится 12,04 кг азота, 14,0 кг фосфора, 27,0 кг калия, отсутствуют яйца гельминтов, а семена сорных растений теряют всхожесть [4].

В условиях малых сельхозформирований содержатся разные виды сельскохозяйственных животных. Следовательно, производимые виды навоза также могут иметь различные показатели по химическому составу, физико-механическим свойствам и по влажности.

Особенно влажность навоза, как изменчивый показатель по времени, оказывает существенное влияние на процесс приготовления сырья для загрузки его в биореактор биогазовой установки в виде субстрата.

Материалы и методы исследования. Первоначальная влажность навоза, в зависимости от вида сельскохозяйственных животных, находится в пределах 60–83 % [5]. При загрузке в биореактор приготавливается субстрат из смеси навоза с камышитовой опилкой с влажностью 85 % – в зимнее время и 92 % – в летнее время года.

Методика определения влажности субстрата предусматривает использование двух методов: лабораторного и инструментального (с помощью влагомера в качестве контрольного).

Лабораторный метод определения влажности субстрата осуществляется следующим образом. От каждой выборки отбирают пробы массой 100 г, для того чтобы масса объединенной пробы составляла не менее 0,2 % массы используемой партии субстрата. Из объединенной пробы субстрата отбирают 21 пробы массой по 200 г каждая, 20 из которых подвергают испытанию, а двадцать первая является контрольной. Взвешивание проб субстрата осуществляют на весах с погрешностью 0,05 % от измеряемой массы. Рабочая камера сушильного шкафа FL-02A нагревается до температуры 12 °С. Первое взвешивание проводят через 3 часа сушки, а все остальные – через каждые 30 мин, до тех пор, пока изменение массы испытуемой пробы станет не более, чем на 0,05 % массы предыдущего замера. Установленная при последнем взвешивании масса является сухой массой пробы субстрата для климатических условий, при которых проводилась сушка.

Фактическая влажность субстрата V_c определяется по формуле:

$$B_c = \frac{m_e - m_c}{m_c} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где m_e и m_c – соответственно влажная и сухая масса пробы, г.

Инструментальный метод определения влажности субстрата осуществляется влагомером с диапазоном измерения 8,5–95 % по влажности и 5–70 °С – по температуре. Точность измерения $\pm 1,5$ %. Однако инструментальный метод не может быть использован для сухого остатка из-за малого значения влажности последнего (менее 5 %).

Методика определения рационального соотношения $\left(\frac{H}{K}\right)$ навоза (Н) и камышитовых опилок (К)

в субстрате предусматривает изучение процесса всплытия камышитовых опилок на поверхность определенного объема навозной массы. Для этого в лабораторных условиях проводят модельные опыты: предварительно влажность испытуемых видов навоза доводят до 92 %; затем его разливают в стеклянные емкости вместимостью 1 дм³ по отдельности; в них вносят камышитовые опилки в следующих соотношениях:

$$\frac{H(z)}{K(z)} = \frac{1000}{10}; \frac{1000}{20}; \frac{1000}{30}; \frac{1000}{40}; \frac{1000}{50}; \frac{1000}{60}; \frac{1000}{70}; \frac{1000}{80}; \frac{1000}{90}; \frac{1000}{100},$$

где $H(z)$ – масса навоза, г; $K(z)$ – масса камышитовых опилок, г.

Содержимое в емкостях перемешивают, закрывают и содержат при температуре окружающего воздуха 34–37 °С (температура внутри биореактора); в течение: 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 дней и с помощью электронных весов определяют массу всплывших включений (камышитовых опилок) на поверхность навозной массы.

Динамика всплытия камышитовых опилок на поверхность навозной массы в течение 3–15 дней позволяет определить оптимальное соотношение $\frac{H}{K}$.

Для испытания были выбраны следующие виды навоза: навоз КРС, смесь овечьего навоза и куриного помета (ОК) и навоз лошадей (Л). На каждый вид навоза использовали по 10 стеклянных емкостей.

Методика расчета массы воды, необходимой для разбавления субстрата до необходимой влажности (85–92 %), при подаче его в биореактор, предусматривает использование следующей расчетной формулы [6]:

$$B = \left(\frac{B_c - B_n}{100 - B_c}\right)(H + K), \quad (2)$$

где B – масса воды для разбавления субстрата, кг; H – масса навоза, кг; K – масса камышитовых опилок, кг; B_n , B_c – соответственно, влажность навоза и субстрата, %.

Результаты исследований и их обсуждение. Средние показатели влажности субстрата с навозом КРС, со смесью овечьего навоза и куриного помета (ОК) и с навозом лошадей (Л), соответственно, составили: 74,4, 71,7 и 68,1 %. Опыты проводили с пробами навоза в свежем виде.

На рисунке 1 показан график изменения усредненных значений влажности исследуемых видов субстратов за 48 часов.

Фактические значения снижения влажности субстратов (с навозом КРС, со смесью ОК и с навозом лошадей Л) за 48 часов соответственно составили: 19,36, 18,6 и 21,9 %, при диапазоне изменения температуры воздуха за 48 часов (с учетом ночного времени) 27–34 °С. Расхождение лабораторного

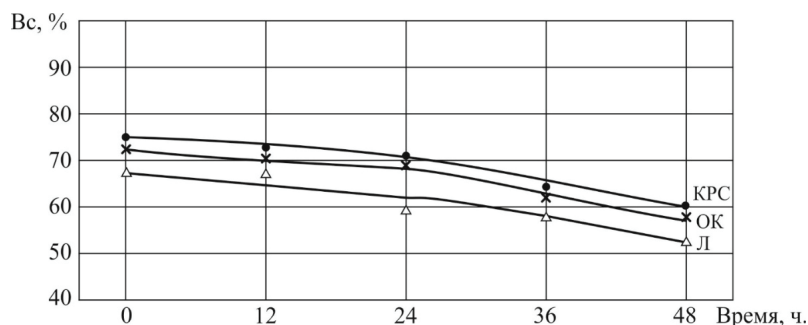


Рисунок 1 – Снижение влажности разных видов субстратов по истечении 48 часов:
 • – субстрат с навозом КРС; X – субстрат со смесью ОК; Δ – субстрат с навозом лошадей Л

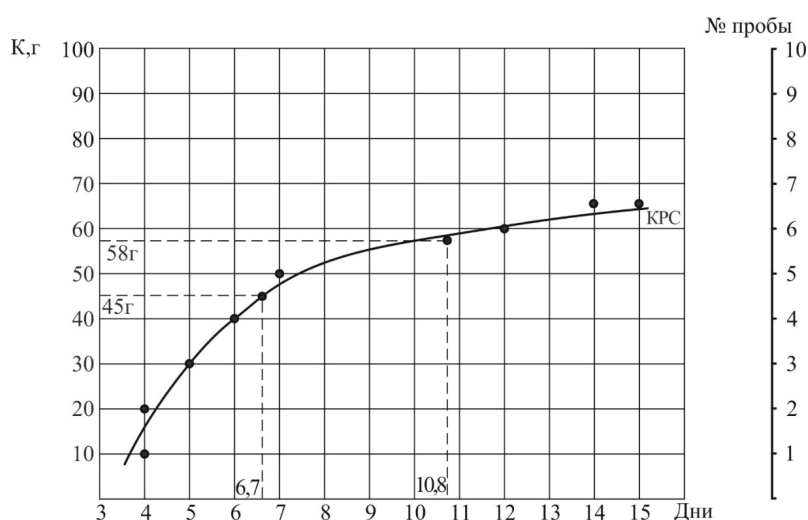


Рисунок 2 – Динамика всплытия камышитовых опилок и других механических примесей на поверхность субстрата (навоз КРС)

и инструментальных методов определения влажности субстрата составило 3 %. Полученные результаты были использованы при расчете массы воды, необходимой для разбавления субстрата до необходимой влажности при загрузке в биореактор.

Динамика всплытия камышитовых опилок на поверхность субстрата (с навозом КРС) (рисунок 2) показывает, что начиная с 4 по 7 дни происходит интенсивное всплытие. Такая интенсивность соответствует соотношению $\left(\frac{H}{K}\right)$ в пределах $\left(\frac{1000}{10} \dots \frac{1000}{50}\right)$. Затем процесс всплытия опилок заметно замедляется и приобретает установившийся характер, соответствующий соотношению:

$\frac{H}{K} \left(\frac{1000}{45} \dots \frac{1000}{58}\right)$. Если выбрать усредненное соотношение $\frac{H}{K} = \frac{1000}{51,5}$, то рациональным составом субстрата с навозом КРС можно считать: 100:5,15, где 100 – масса навоза КРС, кг; 5,15 – масса камышитовых опилок, кг; или можно выделить зону рационального соотношения: 100:4,5–100:5,8, как показано на рисунке 2.

Аналогичные результаты были получены при испытании других видов субстрата (таблица 1).

Таблица 1 – Результаты экспериментальных исследований по определению рационального соотношения видов навоза с камышитовыми опилками в субстрате

Виды субстрата	Масса навоза, кг	Масса камышитовых опилок, кг	
С навозом КРС	100	5,15	0,65
Со смесью ОК	100	5,15	0,95
С навозом лошадей (Л)	100	4,65	0,95

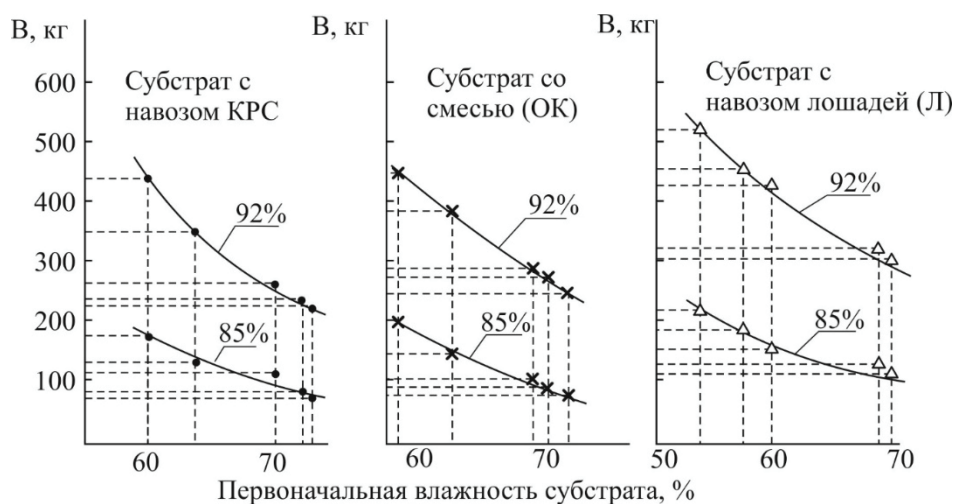


Рисунок 3 – Изменение массы воды (В, кг), добавленной для достижения необходимой влажности (85–92 %) на 100 кг субстрата

Таблица 2 – Масса воды для достижения необходимой влажности на 100 кг субстрата по видам

Необходимая влажность субстрата, %	Первоначальная влажность субстрата, %		
	с навозом КРС (74,4)	со смесью ОК (71,7)	с навозом лошадей Л (68,1)
	Масса воды, кг		
85	74,3	93,2	117,9
92	231,3	266,8	312,6

Было отмечено, что масса воды, добавляемая в субстрат перед загрузкой его в биореактор, зависит от первоначальной влажности субстрата. На рисунке 3 показано изменение массы воды (В, кг), добавляемой для достижения необходимой влажности в 85 и 92 % на 100 кг субстрата в зависимости от первоначальной влажности.

В таблице 2 приводится необходимая масса воды (В, кг) для разбавления 100 г субстрата до 85 и 92 %-ной влажности.

Результаты замеров расхода воды показывают, что в целях экономии теплой воды (температура 35–37 °С), для ее разбавления целесообразно осуществить загрузку приготовленного субстрата в биореактор в свежем виде.

Выводы. Средние показатели влажности субстрата с разным видом навоза составили: с навозом КРС – 74,4 %; со смесью О – 71,7 %; с навозом лошадей – 68,1 %. Снижение влажности отмеченных видов субстрата за 48 часов соответственно составило: О – 19,36, 18,6 и 21,9 % при изменении температуры воздуха в диапазоне 27–34 °С.

Рекомендовано рациональное соотношение разного вида навоза и камышитовых опилок (Н/К): для навоза КРС – Н = 100 кг, К = 5,15 кг; для смеси ОК – Н = 100 кг, К = 5,15 кг; для навоза лошадей (Л) – Н = 100 кг, К = 4,65 кг.

Масса воды, добавляемая для достижения необходимой влажности субстрата (85–92 %) перед его загрузкой в биореактор, в значительной степени зависит от его первоначальной влажности. К примеру, чтобы получить субстрат с навозом КРС влажностью 85 %, имеющий первоначальную влажность 74,4 %, добавляется вода массой 74,3 кг на 100 г субстрата. Если первоначальная влажность субстрата составляет 60 %, добавляемая масса воды составляет 175,2 кг, то есть в 2,4 раза больше на ту же массу субстрата.

Поступила: 15.02.24; рецензирована: 01.03.24; принята: 05.03.24.

Литература

1. *Орозонова А.А.* Перспективы развития сельского хозяйства Кыргызской Республики / А.А. Орозонова, Т.А. Акматалиев, М.У. Сеиткожиева // Экономические отношения. 2019. Т. 9. № 2. С. 833–854.
2. *Матвеев В.А.* Определение теплового баланса биогазовой установки / В.А. Матвеев, А.Б. Токмолдаев // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. 2007. № 6. С. 57–59.
3. *Темирбаева Н.Ы.* Моделирование накопления навоза в коровнике при привязном содержании животных / Н.Ы. Темирбаева, М.С. Нарымбетов // Исследования и результаты. Каз. НАУ. 2013. № 1(057). С. 119–122.
4. *Нестеров Е.Б.* Результаты исследований биоустановки для фермерских хозяйств / Е.Б. Нестеров, В.А. Матвеев, В.И. Барков, А.Б. Токмолдаев // Агроинженерная наука – повышение эффективности АПК: мат. Межд. научно-практ. конф.: в 2 кн. Кн. 1. Алматы, 2003. С. 80–86.
5. *Жусубалиева А.Ж.* Моделирование энергосберегающей технологии обогрева пола телятника / А.Ж. Жусубалиева, Н.Ы. Темирбаева, Б.С. Ордобаев // Вестник КРСУ. 2022. № 8. С. 122–126.
6. *Веденев А.Г.* Биогазовые технологии в Кыргызской Республике: справочное руководство / А.Г. Веденев, Т.А. Веденева. Бишкек: «Евро», ОФ «Флюид», 2006. 90 с. ISBN 9967-23-526-8