

**Совершенствование методологии определения многокомпонентной среды отходов
производства животноводства**

М.Н. Московский, А.А. Гуляев, Хоанг Нгуа Дат, В.Н. Веснин

ДГТУ, Ростов-на-Дону

Кроме основной продукции промышленного животноводства и птицеводства ежегодно в достаточно больших количествах образуются так называемые отходы. Наиболее объемными являются птичий помет, свиной навоз, навоз КРС. Утилизация отходов требует отдельно специальной научной проработки. Данные продукты принято считать отходом производства, хотя следует рассматривать как потенциальный ресурс (сырье), который бы поддерживал экономическую эффективность предприятия [1].

Оптимальный выбор технологии и средств утилизации навоза определяется множеством факторов. Одними из основных являются технологические свойства исходной массы и определение структурных компонентов. Утилизация отходов требует отдельно специальной научной проработки. В практике промышленного животноводства для общей качественной оценки навоза используют, в основном, такие показатели как относительная влажность и насыпная масса. Их значения предопределяют фазовые состояния помета (жидкое, газообразное, вязкое, сыпучее).

Навоз (помет) представляет собой многокомпонентную среду, состоящую из следующих основных фракций: твердая фракция, жидкая фракция и газообразная (смеси газов).

Принимаем для начальных расчетов условия ньютоновской природы жидкости. Вязкость ньютоновских жидкостей при данной температуре и давлении не остается величиной постоянной, а изменяется в зависимости от скорости деформаций сдвига [2].

Распределение данных компонентов фракций (твердая фракция, жидкая фракция и газообразная), как правило носит случайный характер и является изменяющейся величиной во времени. В определенный момент времени t объем этой среды условно можно рассмотреть как объем занятый твердыми частицами $V_{\text{дт}}$ и объемами пор $V_{\text{пд}}$.

$$\text{Полный объем среды: } V_{\text{не}} = V_{\text{дт}} + V_{\text{пд}}, \quad (1)$$

$$\text{где } V_{\text{пд}} = V_{\text{аг}} + V_{\text{газ}}, \quad (2)$$

$V_{\text{аг}}$, $V_{\text{газ}}$ – объем газа и воды, входящей в навозную массу [2].

Используя известное условие [3] примем единицу объема навоза:

$$m + n = 1 \quad (3)$$

где n - относительная доля пористости

$$n = \frac{V_{\text{пор}}}{V_{\text{полн}}} \quad (4)$$

$V_{\text{пор}}$ - объем пор;

$V_{\text{полн}}$ - объем навоза;

$$m = \frac{V_{\text{тв}}}{V_{\text{полн}}} - \text{доля объема твердой фракции навоза.} \quad (5)$$

Величина пористости n рассматриваемой среды:

$$n = n_{\text{воды}} + n_{\text{газа}} \quad (6)$$

Доля объема жидкости определяется из соотношения:

$$n_{\text{воды}} = \frac{V_{\text{воды}}}{V_{\text{полн}}} = n \cdot W_k, \quad (7)$$

где W_k - коэффициент влажности или коэффициент водонасыщенности [3]:

$$W_k = \frac{W}{W_{вл}} \quad (8)$$

$W_{вл}$ - влагоемкость, величина соответствующая полному заполнению пор среды жидкостью.

$$W_{вл} = \frac{n\rho_{нв}}{m\rho_c} \quad (9)$$

$\rho_{нв}$ - плотность навозных стоков, кг/м³;

ρ_c - плотность частиц твердой фракции, кг/м³;

Содержание газа в единице объема навоза определяется:

$$n_{газа} = \frac{V_{газа}}{V_{полн}} = \frac{V_{пор}}{V_{полн}} - \frac{V_{воды}}{V_{полн}} = n - n_{воды} \quad (10)$$

Преобразуем формулу (6) с учетом зависимости (10):

$$n_{газа} = n - n_{воды} = n - n \cdot W_k = n(1 - W_k) \quad (11)$$

При определении отклонения объема газа к объему пор введем понятие «степень газосодержания» [4]:

$$S_{газа} = \frac{V_{газа}}{V_{пор}} = \frac{V_{пор}}{V_{пор}} - \frac{V_{воды}}{V_{пор}} = 1 - \frac{V_{воды}}{V_{пор}} = 1 - \frac{V_{воды}}{V_{пор}} \quad (12)$$

Преобразуем соотношение (12) с учетом (7) и (8):

$$S_{газа} = 1 - W_k \Rightarrow S_{газа} + W_k = 1 \quad (13)$$

$$n_{газа} = n \times S_{газа} \quad (14)$$

Объем газа в единице объема рассматриваемой среды:

$$V_{газа} = \frac{m_{газа}}{\rho_{газа}} = \frac{(m_{св} + m_{вн})}{\rho_{газа}} \quad (15)$$

Массу газа представим:

$$m_{газа} = m_{св} + m_{вн} \quad (16)$$

$m_{св}$ - масса сухого воздуха, кг;

$m_{вн}$ - масса водяного пара, кг;

$$V_{газа} = \frac{V_{св} \times \rho_{св} + V_{вн} \times \rho_{вн}}{\rho_{газа}} = V_{св} \times \rho_{от.с.в} + V_{вн} \rho_{от.в.н.} \quad (17)$$

где $\rho_{от.с.в}$ - относительная плотность сухого воздуха;

$\rho_{от.в.н.}$ - относительная плотность водяного пара;

Представим зависимость $V_{газа}$ в виде суммы приведенных объемов смеси сухого воздуха и водяного пара:

$$V_{газа} = V_{с.в.} + V_{в.н.} \quad (18)$$

С учетом формул (17) и (18) получим:

$$V_{н.а} + V_{а.и} = n(1 - W_k) \Rightarrow V_{с.а} \left(\frac{\rho_{и.а.и}}{\rho_{и.н.а}} + 1 \right) = n(1 - W_k) \quad (19)$$

$$V_{с.в.} = n(1 - W_k) \times \rho_{от.с.в} = n \times W_k \times \rho_{от.с.в} \quad (20)$$

Для водяного пара:

$$V_{в.н.} = n(1 - W_k) \rho_{от.в.н.} = n W_k \rho_{от.в.н.} \quad (21)$$

Суммируя (19) и (21), получаем зависимость:

$$S_{с.в.} + S_{в.н.} = S_{газа} (\rho_{от.с.в} + \rho_{от.в.н.}) = S_{газа} \quad (22)$$

Учитывая (12) имеем:

$$S_{\text{газа}} + S_{\text{в.н}} + W_k = 1 \quad (23)$$

Различают одиннадцать разновидностей жидкой составляющей среды [3]. Значимое влияние на формирование их свойств имеют структурные разновидности пористой среды. Наиболее значимое влияние имеет жидкость мономолекулярной адсорбции (W_m), жидкость полимолекулярной адсорбции (W_p), жидкость диффузионная (W_d), жидкость капиллярная (W_{kan}) и жидкость гравитационная (W_g).

Общее содержание жидкой компоненты в исследуемой пометной среде составляет:

$$W = W_m + W_p + W_d + W_k + W_g \quad (24)$$

Представим объем жидкости в единице объема рассматриваемой пометной среды:

$$n_g = n_m + n_p + n_d + n_k + n_g = n \times W \quad (25)$$

Отношение объемов всех составляющих разновидностей жидкого компонента получаем из соотношения

$$\frac{n_{i\hat{a}}}{n_{j\hat{a}}} = \frac{W_{jk} \times \rho_{j\hat{a}}}{W_{jk} \times \rho_{i\hat{a}}}, (i, j = m, p, d, k, g) \quad (26)$$

Подставляя зависимость (23) в равенство (22) можно выразить объем той или иной структурной разновидности пористой влажной, фракции помета:

$$n_{i\hat{a}} = n W_k M_{j\hat{a}} \Rightarrow \frac{n_{i\hat{a}}}{n} = W_k M_{i\hat{a}}, (i = m, p, d, k, g) \quad (27)$$

Где для каждой структурной разновидности величина $M_{i\hat{a}}$ имеет вид:

$$M_{i\hat{a}} = \frac{W_{ik} \rho_{i\hat{a}}}{\sum_{i=m}^g \frac{W_{ik}}{\rho_{i\hat{a}}}}, (i = m, p, d, k, g), \quad (28)$$

$$\sum_{i=m}^g M_{i\hat{a}} = 1, (i = m, p, d, k, g) \quad (29)$$

$$\sum_{i=m}^g W_{ik} = W_k \sum_{i=m}^g M_{i\hat{a}}, (i = m, p, d, k, g) \quad (30)$$

Подставляя зависимость (28) в развернутом виде в равенство (25) для всех составляющих компонентов среды навоза имеем:

$$S_{c.\hat{a}} + S_{\text{в.н}} + W_{mk} + W_{pk} + W_{dk} + W_{kk} + W_{gk} = 1 \quad (31)$$

Окончательно исходную зависимость для единицы объема среды представим в виде:

$$m + V_{c.\hat{a}} + V_{\text{в.н}} + V_{m.\hat{a}} + V_{p.\hat{a}} + V_{k.\hat{a}} + V_{g.\hat{a}} = 1 \quad (32)$$

Или

$$m + nS_{\bar{n}.\hat{a}} + nS_{\hat{a}.\bar{i}} + nS_{m.\hat{a}} + nS_{p.\hat{a}} + nS_{d.\hat{a}} + nS_{k.\hat{a}} + nS_{g.\hat{a}} = m + n(S_{\bar{n}.\hat{a}} + S_{\hat{a}.\bar{i}} + S_{m.\hat{a}} + S_{p.\hat{a}} + S_{d.\hat{a}} + S_{k.\hat{a}} + S_{g.\hat{a}}) = 1 \quad (33)$$

Состав и свойства навоза зависят от условий содержания животных, кормовой базы и др. факторов.

В общем, виде составные компоненты в элементах пористой среды навоза будут иметь следующую структуру (рис. 1) со следующими показателями (табл.1)

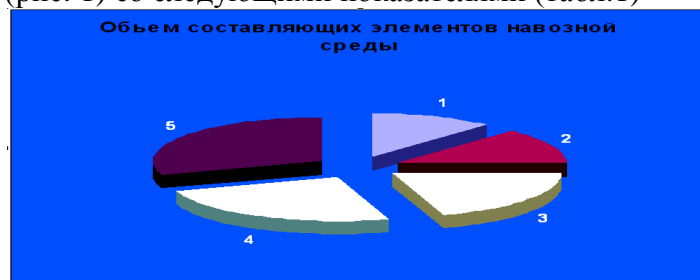


Рис. 1. Объем составных компонентов навозной среды.

- 1- $V_{\text{газ.фр.}}$ - газообразная фракция; 2- $V_{\text{газ.ср.}}$ - составляющая газообразной среды;
 3- $V_{\text{жидк.фр.}}$ - жидкая фракция навоза; 4- $V_{\text{жидк.ср.}}$ - составляющая жидкой среды; 5-
 $V_{\text{твд.фр.}}$ - твердая фракция навоза;

Тип навоза (помета)	W _{общ} , % (влажность)	Плотность кг/м ³	Вязкость Па·с	Газосодержание, %		
				CH ₄	CO ₂	NH ₃
КРС	85-90	1300-1100	0,600-0,400	45-65	25-41	17-21
Свиной	90-91	1100-900	0,400- 0,250	38-40	28-32	22-24
Птичий	75	1300	0,300	54	28	18

Таблица 1.

Сводная таблица основных показателей навоза и помета.

Масса составляющих элементов определится как:

$$\dot{I}_{\text{газ.фр.}} = V_g \cdot \rho_g + V_{g\lambda} \cdot \rho_g \quad (34)$$

$$M_{\text{жид.фр.}} = V_w \cdot \rho_w + V_{wij} \cdot \rho_w \quad (35)$$

$$M_{\text{твд.фр.}} = V_s \cdot \rho_s \quad (36)$$

Выводы

Данные расчеты позволяют нам более корректно рассмотреть общую структуру навоза и определить массовые соотношения его компонентов при поступлении его в навозохранилище от различных видов животных. Полученные зависимости будут использованы при проектировании линий, машин и рабочих органов применяемых для утилизации и переработки навоза.

Список литературы

1. Н.В. Климова Ресурсообеспеченность – снова экономической безопасности организации аграрной сферы «Инженерный Вестник Дона» №1 2012г. <http://ivdon.ru/magazine/archive/nly2012/665/>
2. Матвеев А. Н. Механика и теория относительности. М.: ОНИКС 21 век: Мир и Образование, 2003. 432 с.
3. Теоретические основы инженерной геологии. Физико-механические основы. / Под редакцией академика Сергеева Е.М. М.: Недра, 1985. 354с.
4. Бэр Я., Заславски Д., Ирмей С. Физико-математические основы фильтрации воды. М.: Мир 1971. 451с.
5. Ибрагимов Ф.А., Тедеев Т.Р, Харебов. К.С. « К вопросу распределения структурных компонентов капиллярно-пористой среды., Владикавказский математический журнал. ТЗ., выпуск1. 2001г.