

## УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ УДАЛЕНИЯ НАВОЗА ПРИ СОДЕРЖАНИИ ЖИВОТНЫХ

*Геннадий Голуб, Роман Швец*

*Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины  
Украина, г. Киев, ул. Героев Обороны, 15*

*Gennadiy Golub, Roman Shvets*

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine  
Str. Heroiv Oborony, 15, Kiev, Ukraine*

**Аннотация.** Приведенный принцип управления удалением навоза при содержании животных путем изменения дозы подстилки.

**Ключевые слова:** Навозная жижа, крупный рогатый скот, свиньи, навоз, влажность, подстилка.

### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Функционирование сельскохозяйственного производства должно осуществляться на безотходной основе с расширенным воспроизводством плодородия почв. Однако в настоящее время распространился метод производства сельскохозяйственной продукции, который базируются на основе применения интенсивных технологий. Потребность растений в элементах питания восполняется за счет минеральных удобрений, когда дозы внесения органических удобрений на порядок меньше необходимого количества для компенсации потерь гумуса, что приводит к ухудшению биологических свойств почвы и ее деградации.

Безотходная технология представляет собой такой способ производства сельскохозяйственной продукции, при котором негативное влияние на окружающую среду отсутствует или не превышает уровня санитарно-гигиенических норм и предельно допустимых концентраций. Одним из элементов безотходного производства сельскохозяйственной продукции является переработка и использование навоза.

В связи с этим, возникает необходимость в управлении процессом удаления навоза крупного рогатого скота (КРС) и свиней, удельный вес которого в общем количестве навоза наибольший, в полноценные органические удобрения с использованием техно-

логий биогазового сбраживания и компостирования.

Несмотря на значительное количество проведенных исследований, вопросы управления процессом удаления навоза, с планированием его дальнейшего распределения путем изменения доз подстилки, требует проведения дальнейших исследований.

### АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Навоз животноводческих ферм представляет собой смесь твердых и жидких экскрементов животных, растворенных в них минеральных и газообразных веществ, технологической и смывной воды, отходов корма. Имея большую влажность, навоз содержит значительное количество минеральных и органических веществ, которые трудно окисляются. Одновременно имеет достаточно большой запас энергии, аккумулированной в биомассе.

Навоз используют не только в качестве органического удобрения, из него получают кормовые дрожжи, биогаз, используют в качестве добавки в корм животным, на его основе выращивают червей, мух, ряску, кувшины сальвинии, хлореллу, используют в гидропонных системах [3, 8, 9, 16].

Однако в большинстве случаев навоз используется в качестве органического удобрения, так как он не только повышает содержание гумуса в почве, но и существенно улучшает ее физико-химические свойства, увеличивает запас питательных веществ, снижает кислотность, повышает поглотельную способность, буферность, влагоемкость, скважность и водопроницаемость, обогащает почву микрофлорой, усиливает биологическую активность и выделение уг-

лекислоты, уменьшает сопротивление рабочих органов при обработке почвы [1, 20, 21, 7].

В процессе переработки навоз является источником для получения газообразного топлива на основе биометана, а также компостов на основе подстилочного навоза и навозной жижи после метанового сбраживания, которые должны быть основным видом органического удобрения в растениеводстве.

Навозная жижа – жидкость, которая выделяется из навоза при его удалении и хранении. Ее используют для производства компостов, как жидкое органическое удобрение и в качестве биосырья в биогазовых технологиях [20].

Одним из важнейших принципов производства компоста есть добавления в исходную смесь углеродных материалов, которые являются важным компонентом дыхания и питания микроорганизмов, которые осуществляют процесс аэробного сбраживания. При закладке материалов на компостирование нужно выдерживать определенное соотношение между азотом и углеродом. Для поддержания заданного баланса, богатые азотом материалы насыщают углеродными материалами, в частности к навозу добавляют соответствующую норму подстилки. Для того чтобы процесс компостирования шел в нужном направлении, компостная смесь должна иметь углерод и азот в соотношении C:N = 20-30:1 (C – количество углерода, N – количество азота) [18].

При использовании навоза при производство биогаза выделяют две технологии: жидкофазную и твердофазную. При твердофазной технологии возникают трудности, связанные с обеспечением оптимальных условий протекания микробиологических процессов ферментации биомассы. В первую очередь это касается загрузки и гомогенизации биомассы, которая поступает на сбраживания. Применение жидкофазной ферментации является более распространенным в практике использования биогазовых установок. При этом обеспечивают непрерывное введение небольшими порциями входной биомассы в метантенк, который представляет собой емкость-смеситель, где поддерживается заданная влажность и температура без доступа воздуха [6].

Система удаления навоза из помещений для животных и суточный объем навоза существенно сказываются на объемах навозохранилищ, а следовательно, на капитальных затратах, необходимых для их сооружения. Кроме того, при накоплении сырья необходимо учитывать те обстоятельство, что со временем навоз теряет азот и органическое вещество, что во многом определяет эффективность следующего этапа его использования для производства компоста и получения биогаза [6].

Следует отметить, что метановое сбраживание не обеспечивает обеззараживание навоза, который подвергается ферментации в биогазовых установках, кроме того в случае открытого хранения отходов сбраживания выделяться метан. Так, например, согласно законам Германии о возобновляемых источниках энергии, повышенное внимание уделяется закрытым хранилищам для хранения биомассы после сбраживания. Размеры таких хранилищ, как правило, сооружают объемом, который обеспечивал бы содержание сброженной биомассы не менее чем 180 дней [11].

Нами также предложена технология, которая предусматривает сбор подстилочного навоза вдоль зоны содержания животных, разделение подстилочного навоза на навозную жижу и густую фракцию, которая содержит подстилочный материал, их удаление из животноводческого помещения и дальнейшее использование навозной жижи для анаэробного сбраживания с получением биогаза, а густой фракции, которая содержит подстилочный материал, для компостирования и дальнейшего использования полученного компоста как органического удобрения [6, 10].

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Установление закономерности выхода навозной жижи из подстилочного навоза при содержании животных в зависимости от дозы подстилки.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Суточное количество навозной жижи, которую можно получить из животноводческих предприятий зависит от суточного ко-

личества подстилки и суточного количества навоза, которой обуславливается видом, количеством животных и количеством и видом используемой подстилки.

Общеизвестно, что суточное количество навоза и необходимое количество подстилки, а также общее количество их смеси на животноводческих предприятиях определяется следующим образом:

$$Q_{Г} = nq, \quad (1)$$

где:  $Q_{Г}$  – суточное количество навоза животных, кг/сутки;  $n$  – количество животных, гол.;  $q$  – суточный выход навоза на животноводческих предприятиях, согласно ВНК-

АПК-09.06 (табл. 1, табл. 2) [12], пересчитанных на одну свиноматку (табл. 3), и одну дойную корову (табл. 4), кг/гол. в сутки.

$$Q_{П} = nq_{П}, \quad (2)$$

где:  $Q_{П}$  – суточная потребность в подстилке, кг/сутки;  $q_{П}$  – суточная потребность в подстилке перечислена на одно животное, кг/гол. в сутки:

$$Q_{С} = n(q_{Г} + q_{П}), \quad (3)$$

где:  $Q_{С}$  – общая суточная количество смеси навоза и подстилки, кг/сутки.

**Таблица 1.** Суточные нормы выхода и влажности экскрементов на свинофермах  
**Table 1.** Daily norms of output and humidity excrement for pig farms

Группа животных	Выход экскрементов и их состав					
	Всего		в том числе			
	Масса, кг	Влажность, %	кал		моча	
Масса, кг			Влажность, %	Масса, кг	Влажность, %	
Хряки	11,04	89,43	3,80	75,0	7,24	97,0
Свиноматки:						
холостые	8,80	90,87	2,46	73,8	6,34	97,5
супоросные	10,00	91,01	2,60	73,1	7,40	97,3
подсосные	15,30	90,14	4,30	73,1	11,00	96,8
Поросята в возрасте, дней						
26–42	0,40	90,03	0,10	70,0	0,30	96,7
43–60	0,70	85,29	0,30	71,0	0,40	96,0
60–106	1,80	86,62	0,70	71,4	1,10	96,3
Свиньи на откорме массой, кг						
до 70	5,00	86,98	2,05	73,0	2,95	96,7
более 70	6,50	87,68	2,70	74,7	3,80	96,9

**Таблица 2.** Суточные нормы выхода и влажности экскрементов на молочных фермах  
**Table 2.** Daily norms of output and humidity excrement for dairy farms

Группа животных	Выход экскрементов и их состав					
	Всего		в том числе			
	Масса, кг	Влажность, %	кал		моча	
Масса, кг			Влажность, %	Масса, кг	Влажность, %	
Коровы	55,00	88,44	35,00	85,2	20,00	94,1
Телята ремонтные:						
до 3-х месяцев	4,50	91,74	1,00	80,0	3,50	95,1
от 3-х до 6 месяцев	7,50	87,40	5,00	83,0	2,50	96,2
Телки и нетели:						
от 6 до 12 месяцев	26,00	86,24	14,00	79,5	12,00	94,1

**Таблица 3.** Суточный выход навоза на свинофермах из расчета на одну свиноматку

**Table 3.** Daily output of manure on farms is based on sow

Группа животных	Выход экскрементов и их состав			
	Кал		Моча	
	Масса, кг	Влажность, %	Масса, кг	Влажность, %
Основная свиноматка	2,9	73,2	7,8	97,2
Ремонтные свиноматки	1,0	73,8	2,5	97,5
Хряки и ремонтные хряки	0,1	75,0	0,3	97,0
Поросята	1,7	71,3	2,7	96,3
Свиньи на откорме	12,2	74,0	17,3	96,8
Общий выход и влажность навоза из расчета на одну свиноматку	17,9	73,6	30,7	96,9
	<b>48,5</b>	<b>кг</b>	<b>88,3</b>	<b>%</b>

**Таблица 4.** Суточный выход навоза на молочных фермах из расчета на одну дойную корову

**Table 4.** Output of manure from livestock enterprises per one cow

Суточный выход навоза	Выход экскрементов и их состав			
	кал		моча	
	Масса, кг	Влажность, %	Масса, кг	Влажность, %
Дойные коровы	35	85,2	20	94,1
Нетели	4	80,0	3	94,4
Выход и влажность навоза из расчета на одну дойную корову за сутки	39	84,7	23	94,1
	62	кг	88,2	%

Влажность подстилочного навоза при максимальной водоудерживающей способности (МВС) обуславливается видом подстилки и для растительных материалов она находится, как правило, в пределах от 76 до 84% [2].

Известно, также, что количество воды, которая превышает максимальную водоудерживающую способность подстилочного навоза, обусловленную наличием подстилки, составляет:

$$Q_G^B = Q_C \frac{W_C - W_{ПН}}{100 - W_{ПН}}, \quad (4)$$

где:  $Q_G^B$  – суточное количество воды, которая не удерживается подстилочным навозом и поступает в навозную жижу, кг/сутки;  $W_C$  – влажность смеси навоза и подстилки, %;  $W_{ПН}$  – влажность подстилочного навоза при максимальном количестве удерживаемой воды (влажность при максимальной водоудерживающей способности), %.

Очевидно, что влажность смеси навоза и подстилки определяется так:

$$W_C = \frac{q_G W_G + q_{П} W_{П}}{q_G + q_{П}}, \quad (5)$$

где:  $W_C$  – влажность смеси навоза и подстилки, %;  $W_G$  – влажность навоза, %;  $W_{П}$  – влажность подстилки, %.

Учитывая, что суточное количество навозной жижи составляет:

$$Q_{ГН} = \frac{Q_G^B}{W_{ГН}}, \quad (6)$$

где:  $Q_{ГН}$  – суточное количество навозной жижи, кг/сутки;  $W_{ГН}$  – влажность навозной жижи, отн. ед., и подставив значения количества воды, которая превышает максимальную водоудерживающую способность подстилочного навоза, обусловленную наличием подстилки, получим:

$$Q_{ГН} = \frac{Q_C}{W_{ГН}} \cdot \frac{W_C - W_{ПН}}{100 - W_{ПН}} = \frac{n(q_{Г} + q_{П})}{W_{ГН}} \cdot \frac{W_C - W_{ПН}}{100 - W_{ПН}} = \frac{n(q_{Г} + q_{П})}{W_{ГН}} \cdot \frac{q_{Г}W_{Г} + q_{П}W_{П} - W_{ПН}}{100 - W_{ПН}} =$$

$$= \frac{n}{W_{ГН}} \cdot \frac{q_{Г}W_{Г} + q_{П}W_{П} - (q_{Г} + q_{П})W_{ПН}}{100 - W_{ПН}}. \quad (7)$$

На основе полученного уравнения построена зависимость выхода навозной жижи в зависимости от влажности подстилочного навоза при МВС и дозы подстилки для свиней (рис. 1) и коров (рис. 2).

Анализ взаимного влияния влажности подстилочного навоза при МВС и дозы подстилки в зависимости от потребности для животных показал, что максимальный выход навозной жижи наблюдается при уменьшении внесении подстилки и уменьшении влажности подстилочного навоза при МВС. Зато при увеличении внесении подстилки от 4 до 6 кг/гол. для свиней и 5 до 8 кг/гол за сутки для КРС будем иметь отсутствие выхода навозной жижи в пределах изменения влажности подстилочного навоза при МВС от 82 до 84 % соответственно.

Установлено, что с увеличением внесения подстилки и влажности подстилочного навоза при МВС от 77 до 82 %, влажность подстилочного навоза увеличивается на величину от 1 до 1,5 % (рис. 3 для свиней и рис. 4 для коров).

С увеличением влажности подстилочного навоза при МВС более 82 % внесения подстилки более 3 кг/гол за сутки не имеет существенного влияния на влажность подстилочного навоза свиней и КРС. Это связано с тем, что влажность подстилочного навоза достигает своей критической границы и дальнейшее поглощение жидкой фракции прекращается.

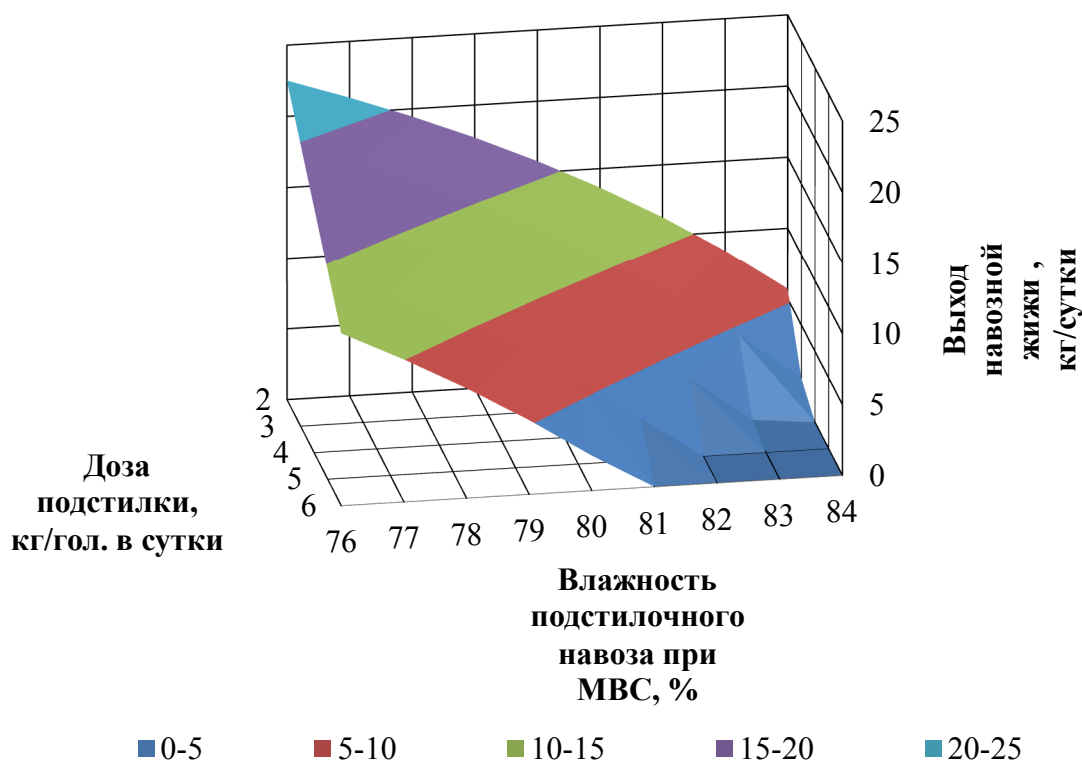
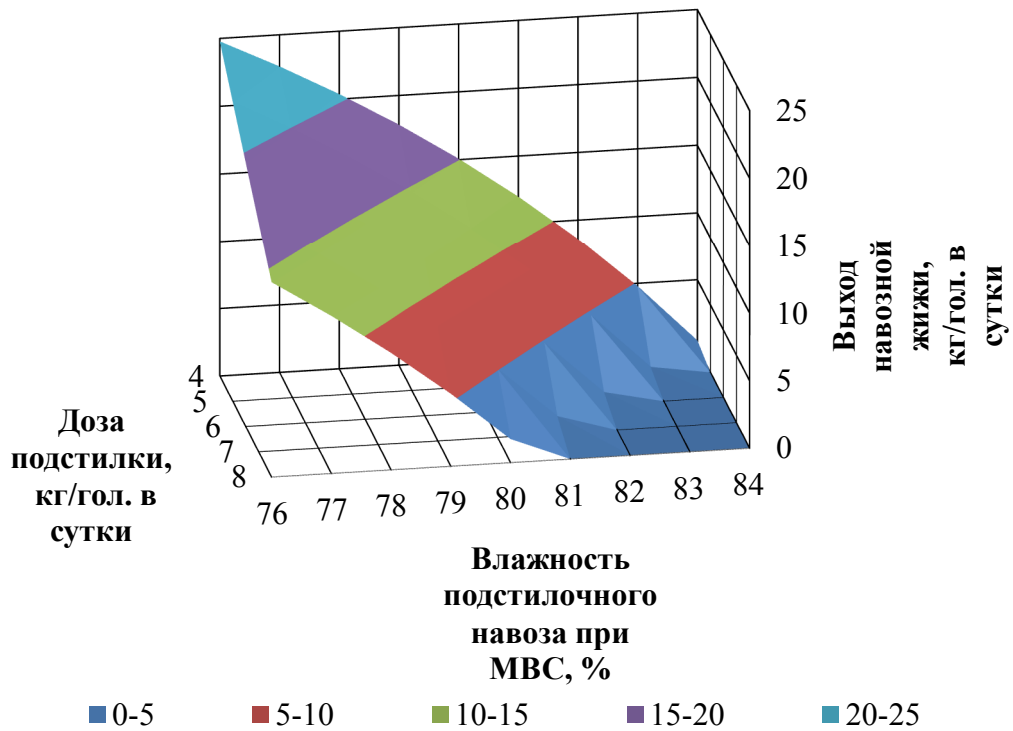


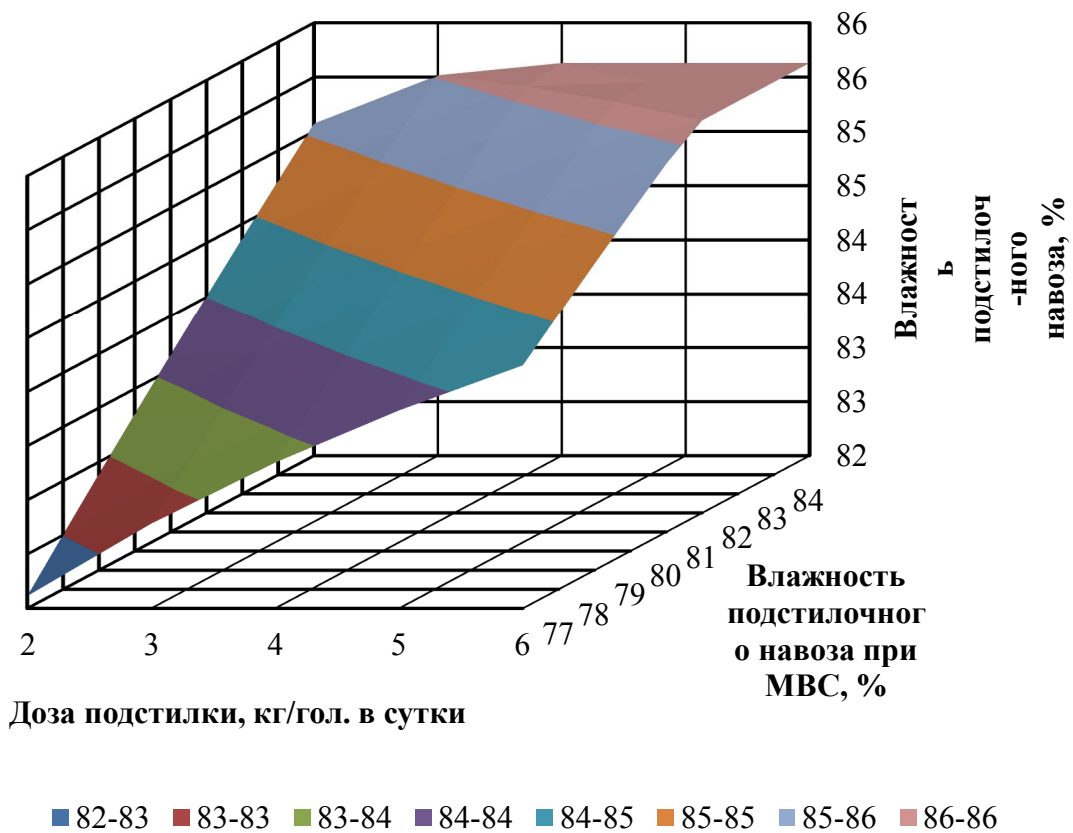
Рис. 1. Зависимость выхода навоза от влажности подстилочного навоза при МВС и дозы подстилки для свиней

Fig. 1. Dependence of yield of the manure from the humidity of bedding manure at cost center and dose litter for pigs



**Рис. 2.** Зависимость выхода навоза от влажности подстилочного навоза при МВС и дозы подстилки для коров

**Fig. 2.** Dependence of the yield of the manure from the humidity of bedding manure at a cost center and dose litter for cows

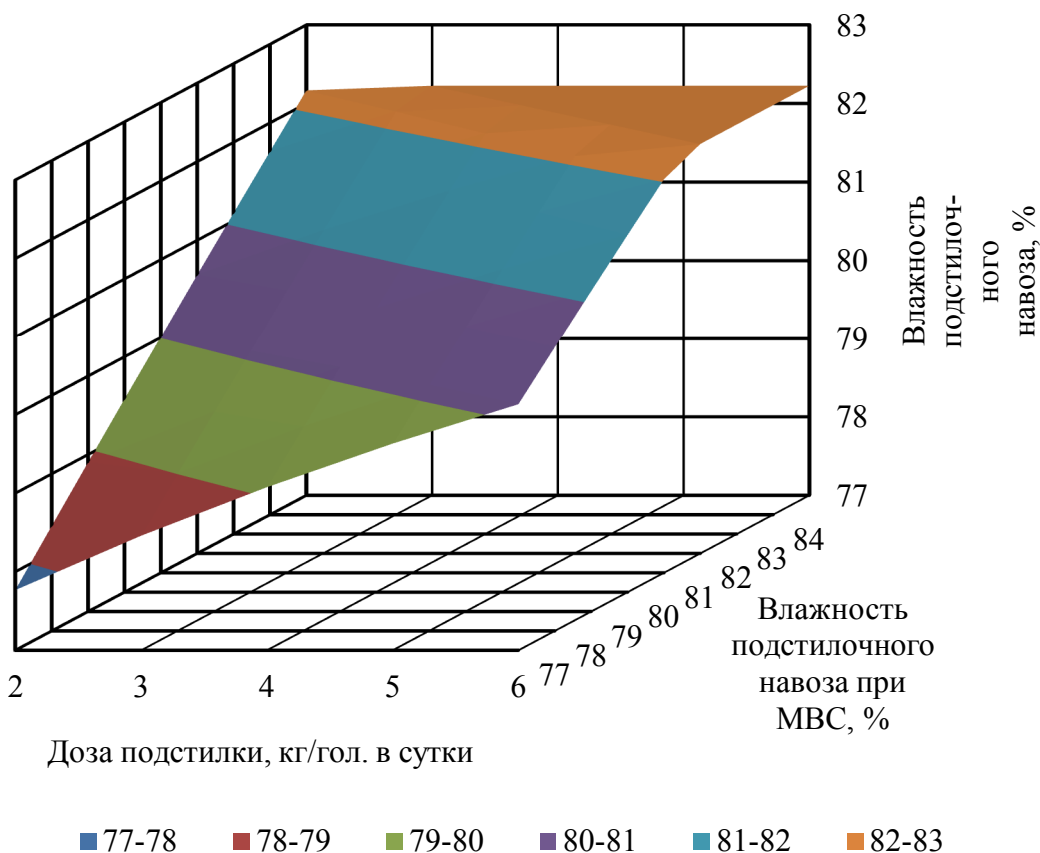


**Рис. 3.** Зависимость влажности подстилочного навоза от влажности подстилочного навоза при МВС и дозы подстилки

**Fig. 3.** Dependence of humidity of bedding manure from moisture bedding on-who as a cost center, and dose litter

С увеличением дозы внесения подстилки наблюдается уменьшение выхода навоза при неизменном значении влажности. На основе полученного уравнения было построено за-

висимости выхода навоза от вида животных при внесении различной дозы подстилки и величине максимальной водоудерживающей способности на уровне 80% (рис. 5).



**Рис. 4.** Зависимость влажности подстилочного навоза от влажности подстилочного навоза при МВС и дозы подстилки

**Fig. 4.** Dependence of humidity of bedding manure from moisture bedding on-who as a cost center, and dose litter



**Рис. 5.** Зависимость выхода навоза от дозы подстилки при влажности подстилочного навоза, которая соответствует МВС3 на уровне 80 %

**Fig. 5.** Dependence of the yield of the manure from the dose litter moisture bedding manure, which corresponds to a cost center to 80 %

Из графика видно, что с увеличением дозы внесения подстилки наблюдается уменьшение выхода навоза при постоянном значении величины влажности подстилочного навоза, которая соответствует МВС.

Так, например, при суточном использовании подстилки в количестве 4 кг/гол., выход навоза составит 15,1 кг/гол. в сутки для КРС и 9,1 кг/гол. в сутки для свиней, а при увеличении дозы подстилки до 6 кг/гол., соответственно 8,4 и 2,5 кг/гол. в сутки.

### ВЫВОД

Установлены закономерности выхода навозной жижи из подстилочного навоза в зависимости от дозы подстилки, позволяют осуществлять управление процессом удаления навоза с планированием объемов дальнейшего распределения подстилочного навоза на аэробную ферментацию и навозной жижи на анаэробное сбраживание в биогазовых установках с последующим ее возвратом в процесс компостирования подстилочного навоза.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Agrohimiya 1967: Pod red. V.M. Klechkovskogo i A.V. Peterburgskogo. – M.: Kolos, – 583.
2. Agrohimiya 1991: Agrohimiya v voprosah i otvetah / [A.A. Kalikin I.R. Vil'dflush, V.A. Ionas i dr.]. – Mn.: Uradzhaj. – 240.
3. Dolgov V.S. 1984: Gigiena uborki i utilizacii navoza / Dolgov V.S. – M.: Rossel'-hozizdat. – 175.
4. Dubrovina O. 2013: Rezul'tati isledovanij metanovoj fermentacii mnogo-komponentnogo substrata/ O. Dubrovina – Motrol, 15. №3. – 179–187.
5. Flys I. 2010: Engineer project management of production and processing complex / I. Flys – Motrol, 12 – 75–81.
6. Golub G.A. 2007: Agropromislove virobnictvo istivnih gribiv. Mehaniko-tehnologichni osnovi / G.A. Golub. – K.: Agrarna nauka. – 332.
7. Hohlov V.I. 1988: Podgotovka i primeneniye organicheskikh udobrenij v uslovijah intensivnogo zemledelija / V.I. Hohlov // Mehanizacija i jelektifikacija sel. hoz-va. № 12. – 11–14.
8. Ler R. 1979: Pererabotka i ispol'zovanie sel'skohozjajstvennyh othodov: Per. s angl. / Pod. red. A.N. Shamko. – M.: Kolos. – 415.
9. Metodicheskie 1983: Metodicheskie rekomendacii po pro-ektirovaniju sistem udaleniya, obrabotki, obezzarzhivaniya, hraneniya i utilizacii navoza i pometa / – M.: Kolos. – 61.
10. Patent 2013: Patent na korisnu model' № 18512 Ukraina, MPK (2013.01), A01K 23/00. Sposib vidalennja ta pidgotovki pidstilkovogo gnoju do utilizacii / Golub G.A., Zabolod'ko O.O., Hmelovskij V.S., Marus O.A.; vlasnik Nacional'nij universitet bioresursiv i prirodokoristuvannja Ukraini – Zajav. 08.02.2012, № a 201201345; Opubl. 10.07.2013, Bjul. №13.
11. Rukovodstvo 2010: Rukovodstvo po biogazu ot poluchenija do ispol'zovanija/: Identifikacionnyj nomer proekta (FKZ/INP): 22005108/ Nemeckij centr issledovanija biomassy Torgauer StraÙe 116- 04347 Leipzig [5-e polnost'ju pererab. izd.] Gjulcov.; izdano agentstvom po vozobnovljaemih resursam (FNR) Fechagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. – 214.
12. Sistemi 2006: Sistemi vidalennja, obrobki, pidgotovki, ta vikoristannja gnoju: VNTP–APK 09.06. Ofic. vidannja / – K.: Ministerstvo agrarnoi politiki Ukraini. – 100.
13. Sposoby 1998: Sposoby upravlennja processom biofermentacii organicheskogo syr'ja dlja poluchenija jekologicheskij chistyh udobrenij i kormovyh dobavok s zadannymi parametrami kachestva / Tehnologicheskij reglament/ VNIIMZ – Tver'. – 108.
14. Spravochnaja 1980: Spravochnaja kniga po himizacii selskogo hazjajstva / [Pod red. V.M. Borisova.] – 2-e izd., pererab. i dop. – M.:Kolos, 1980. – 560.
15. Tehnologija 2014: Tehnologija pererobki biologichnih vidhodiv u biogazovih ustanovkah z oberto-vimi reaktorami / [Golub G.A., Sidorchuk O.V., Kuharec S.M., ta in.]; za red. d-ra tehn. nauk, prof. G.A. Golub. – K.: Vidavnicij centr NUBiP Ukraini, – 106.
16. Tivo P.F. 1988: Jefferektivnoe ispol'zovanie bespodstilochnogo navoza./ Tivo P.F., Drobot S.G. – Minsk: Uradzhaj. – 116.



17. Tuva V.N. 1984: Tehnologicheskie processy i trebovanija k kompleksam tehniceskikh sredstv dlja mehanizirovannogo prigotovlenija kompostov na zhivotnovodcheskikh fermah i pticefabrikah: avtoref. dis. na soiskanie nauk, stepeni kand. tehn. nauk: V.N. Tuva – SPb-Pushkin. – 168.
18. Vasil'ev V.A., Luk'janenkov I.I., Mineev V.G. i dr. 1984: Organicheskie udobrenija v intensivnom zemledelii / Pod red. V.G. Mineeva. M.: Kolos, 303.
19. Agrohimiija 1991: Agrohimiija v voprosah i otvetah / [A.A. Kalikin I.R. Vil'dflush, V.A. Ionas i dr.]. – Mn.: Uradzhaj. – 240.
20. Vasil'ev V.A. 1988: Spravochnik po organicheskim udobrenijam / V.A. Vasil'ev N.V. Filippova [2-e izd., pererab. i dop.] – M.: Rosagropromizdat. – 255.
21. Vasjutin A.S. 1996: Zemledelie Rossii: sostojanie i zadachi // Zemledelie. № 3. – 4–5.

#### MANAGEMENT OF CONTENT IN MANURE ANIMALS

**Summary.** Powered by removing manure management principle at SRI containing animal by changing the dose of the litter.

**Key words:** slurry, cattle, pig manure, humidity, litter.