

ISSN 1817-7204(Print)

ISSN 1817-7239(Online)

УДК 636.4.084.522.2:636.085.13(476)

<https://doi.org/10.29235/1817-7204-2020-58-3-331-338>

Поступила в редакцию 29.11.2019

Received 29.11.2019

**В. А. Рошин**

*Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству,  
Жодино, Минская область, Беларусь*

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЗОТА КОРМА МОЛОДНЯКОМ СВИНЕЙ МЯСНЫХ ГЕНОТИПОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ РАЦИОНА ОБМЕННОЙ ЭНЕРГИЕЙ И ДОСТУПНЫМИ НЕЗАМЕНИМЫМИ АМИНОКИСЛОТАМИ**

**Аннотация:** В системе полноценного питания свиней первостепенное значение имеет укомплектованность их комбикормов обменной энергией и незаменимыми аминокислотами. Разведение современных пород и линий свиней с высокой мясной продуктивностью вызывает необходимость изучения особенностей обеспечения их этими элементами питания. Известно, что различные породы свиней, особенно с различным направлением продуктивности, по разному используют протеин кормов рациона. Изучение особенностей использования азота свиньями разводимых в республике пород и линий комбикормов с различной укомплектованностью незаменимыми аминокислотами, в частности, лизином и его соотношением с обменной энергией, актуально для разработки норм их аминокислотного питания с целью максимальной реализации их генетического потенциала высокой мясной продуктивности. В статье изложены экспериментальные материалы по изучению динамики отложения азота в теле животных, его выделению в окружающую среду, а также особенности отложения и использования его на синтез мышечной ткани в организме откармливаемых свиней трех генотипов – породы дюрок, крупной белой и белорусской мясной. Установлено, что ограничивающими факторами синтеза белка в организме свиней при адекватном обеспечении обменной энергией является поступление с кормом необходимого количества доступных аминокислот и генетически детерминированная скорость его отложения. Лучше других использовали азот корма свиньи белорусской мясной породы и дюрок по сравнению со свиньями крупной белой породы. Наиболее эффективное использование азота корма протекает у подсвинков, получавших комбикорм, в котором на 1 МДж обменной энергии приходится 0,71 г доступного лизина. Полученные в ходе исследований данные об использовании азота корма животными мясных генотипов раскрывают механизм взаимодействия энергетического и аминокислотного питания, что имеет большое значение для разработки норм кормления свиней с учетом их породной принадлежности и направления продуктивности. **Благодарности.** Исследования проведены в рамках государственной программы прикладных исследований «Животноводство и ветеринария».

**Ключевые слова:** белорусская мясная порода, дюрок, крупная белая порода, откорм, обменная энергия, комбикорм, синтез белка, баланс азота, доступный лизин, незаменимые аминокислоты

**Для цитирования:** Рошин, В. А. Использование азота корма молодняком свиней мясных генотипов в зависимости от обеспеченности рациона обменной энергией и доступными незаменимыми аминокислотами / В. А. Рошин // Вест. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2020. – Т. 58, №3. – С. 331–338. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2020-58-3-331-338>

**Vasily A. Roshchin**

*The Research and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Husbandry, Zhodino, Belarus*

## **USE OF FEED NITROGEN BY YOUNG PIGS OF MEAT GENOTYPES, DEPENDING ON METABOLIZABLE ENERGY AND AVAILABLE ESSENTIAL AMINO ACIDS LEVEL IN DIET**

**Abstract:** In the system of high-grade nutrition of pigs, the completeness of compound feeds with metabolizable energy and essential amino acids is of paramount importance. Breeding of modern breeds and lines of pigs with high meat productivity makes it necessary to study the peculiarities of providing these nutrients for the animals. It is known that different breeds of pigs, particularly those with different productivity trends, use dietary protein in different ways. Study of features of nitrogen use by pigs of bred in the republic breeds and lines in compound feeds with different completeness of essential amino acids, in particular, lysine and its ratio with metabolizable energy, is relevant for development of standards for their amino acid nutrition in order to maximize their genetic potential of high meat productivity. The paper presents experimental materials on study of the dynamics of nitrogen deposition in body of animals, its release into environment, as well as peculiarities of deposition and use of it for the synthesis of muscle tissue in body of pigs at fattening of three genotypes - Duroc breed, Large white and Belarusian meat breeds. It has been determined that limiting factors of protein synthesis in pigs with adequate level of metabolizable energy are the intake of the required amount of available amino acids with the feed and the genetically determined rate of its deposition.

Feed nitrogen was used better by pigs of the Belarusian meat breed and Duroc in comparison with pigs of Large white breed. The most efficient use of feed nitrogen was shown by gilts fed with compound feed with 0.71 g of available lysine per 1 MJ of metabolizable energy. The data obtained during the research on feed nitrogen used by animals of meat genotypes reveal the mechanism of interaction of energy and amino acid nutrition, which is of great importance for development of pig feeding standards considering the breed and trend of productivity. **Acknowledgments.** The research has been carried out within the framework of the State Program of applied research “Animal Breeding and Veterinary Medicine”.

**Keywords:** Belarusian meat breed, Duroc, Large white breed, fattening, metabolizable energy, compound feed, protein synthesis, nitrogen balance, available lysine, essential amino acids

**For citation:** Roshchin V. A. Use of feed nitrogen by young pigs of meat genotypes, depending on metabolizable energy and available essential amino acids level in diet. *Vestsi Natsyyanal'nay akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2020, vol. 58, no 3, pp. 331–338 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2020-58-3-331-338>

**Введение.** Производство свинины в мире за последние десятилетия возросло в несколько раз, что связано с увеличением численности населения планеты. Однако невозможность расширения сельскохозяйственных угодий для производства продуктов питания и кормов обязывает наращивать производство свинины в первую очередь за счет повышения эффективности использования кормов без существенного увеличения их потребления. Несмотря на значительные успехи, достигнутые в области питания свиней, генетический потенциал мясной продуктивности реализуется не в полной мере. В связи с этим возникает необходимость более детального изучения всех основных факторов, обеспечивающих высокие продуктивные качества животных при минимальных затратах кормов. В системе полноценного питания свиней первостепенное значение отводится обеспеченности комбикормов обменной энергией и незаменимыми аминокислотами с учетом их доступности (переваримости), а также установление объективных показателей оценки аминокислотной питательности кормов. Уровень обменной энергии в комбикормах не относится к гарантированным показателям их качества в связи со сложностью его определения в физиологических исследованиях, хотя он в большинстве случаев является определяющим величиной конверсии корма и в целом рентабельность свиноводства [1, 2].

Актуальность проблемы обуславливает необходимость дальнейшего проведения исследований зависимости уровня обменной энергии комбикормов и их аминокислотной сбалансированности с учетом региональных особенностей кормопроизводства. Белковому и аминокислотному питанию свиней в последнее время было посвящено сравнительно много исследований, которые опубликованы в работах В. Г. Рядчикова [3–5], Н. С.-А. Ниязова [6], К. Еримбетова [7], М. Омарова [8], S. Boisen et al. [9], G. Lobley [10], I. Moreira et al. [11], H. Stein et al. [12] и др. Результатами этих разработок явилось определение основных параметров метаболизма белков в организме свиней, регуляции обмена аминокислот и азотистых соединений, а также факторов, ограничивающих полноценность белкового питания свиней.

Оценка протеинового и аминокислотного состава кормов, определение потребности в незаменимых аминокислотах и их физиологической роли открыли большие возможности для балансирования рационов по лимитирующим аминокислотам не только подбором кормов, но и за счет использования синтетических аминокислот. При этом важным достижением для свиноводства в решении белковой проблемы является практическое применение синтетических аминокислот промышленного производства, позволяющих повысить полноценность рационов с дешевыми растительными кормами до уровня рационов с кормами животного происхождения.

Биологическая ценность протеина определяется в первую очередь степенью сбалансированности его по незаменимым аминокислотам, относительно потребности животных, причем величина усвояемости аминокислоты должна соответствовать потребности животных при минимальном содержании протеина в рационе. Современное понимание концепции «идеального протеина» базируется на строгом учете количества и соотношения аминокислот в рационе, включая незаменимые и заменимые аминокислоты и их взаимосвязь с обменной энергией. Поэтому балансирование аминокислотного состава протеина комбикормов в соответствии с концепцией «идеального протеина» позволяет повысить эффективность его использования [13, 14], снизить выделение азота из организма животных, уменьшить загрязнение окружающей среды азотом [15] и обеспечить возможность эффективного использования в кормлении свиней зерна высокоурожайных районированных сортов злаковых и бобовых культур.

Важное место в этих исследованиях занимает оценка содержания доступных незаменимых аминокислот в кормах [16], которые должны равномерно поступать в обменный фонд организма в необходимом количестве и соотношении. Актуально изучение метаболических процессов, происходящих при оптимизации обеспечения организма животных аминокислотами, исследования по раскрытию механизмов, регулирующих формирование фонда свободных аминокислот и уровень мясной продуктивности [17].

Различия между породами, кроссами и линиями животных по преобразованию корма в продукцию обусловлены неодинаковой их способностью усваивать питательные вещества рациона [18]. Так, установлен неодинаковый коэффициент использования азота для различных пород свиней [19]. Животные породы ландрас, использовавшие азот на 3,9–14,4 % лучше по сравнению с крупными белыми свиньями, имели более высокие среднесуточные приросты живой массы. По данным Б.П. Коваленко [20], для животных крупной белой породы независимо от условий выращивания характерна более высокая калорийность туш (14,77–16,26 МДж/кг), энергоёмкость единицы массы помесных животных с долей крови пород ландрас и дюрок находилась в пределах 14,12–14,59 МДж/кг, а чистопородные животные породы ландрас занимали последний ранг – 13,82 МДж/кг.

Цель исследования – изучение особенностей использования азота корма свиньями современных мясных генотипов при различном соотношении доступного лизина и обменной энергии.

**Объекты и методы исследований.** Лабораторией кормления свиней Научно-практического центра Национальной академии наук Беларуси по животноводству в 2019 г. была проведена серия физиологических опытов методом латинского квадрата и по методикам, изложенным в работе [21]. В ходе опытов определена динамика отложения азота в теле животных, его выделение в окружающую среду, а следовательно, особенности отложения и использования его на синтез мышечной ткани в организме откармливаемых свиней. Для экспериментов в группу было отобрано по 4 боровка крупной белой породы (КБ), белорусской мясной (БМП) и породы дюрок (Д) живой массой 70–73 кг. Животным I группы скармливали комбикорма, сбалансированные по всем нормируемым питательным веществам, где на 1 МДж обменной энергии приходилось 0,56 г доступного лизина, количество и соотношение других незаменимых аминокислот (метионина, триптофана, треонина) было укомплектовано в соответствии с оптимизированным соотношением их к лизину (табл. 1). Комбикорма для откормочников II и III опытных групп отличались лишь тем, что на единицу энергии в первом случае приходилось 0,68, а во втором – 0,71 г доступного лизина. Дефицит незаменимых аминокислот

Т а б л и ц а 1. Состав и питательность опытных комбикормов для свиней

Table 1. Composition and nutritional value of experimental compound feed for pigs

Компоненты	I группа	II группа	III группа
<i>Состав корма, %</i>			
Ячмень	27,37	27,01	27,35
Кукуруза	30,00	30,00	30,00
Пшеница	20,00	20,00	20,00
Люпин	4,00	4,00	4,00
Шрот подсолнечный (СП = 35–38 %)	6,00	5,00	4,00
Шрот соевый (СП = 44,3 %)	8,00	9,00	9,50
Масло растительное рапсовое	1,30	1,30	1,30
Мел молотый, I сорт	1,04	1,06	1,08
Соль поваренная	0,26	0,23	0,22
Монокальцийфосфат, I сорт	0,55	0,55	0,57
L-лизин гидрохлорид	0,30	0,47	0,52
DL-метионин	0,06	0,15	0,19
L-треонин	0,10	0,19	0,22
L-триптофан	0,02	0,04	0,05
Премикс КС-4	1,00	1,00	1,00
<b>Итого:</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
<i>В 1 кг комбикорма содержится:</i>			
Обменная энергия, МДж	13,00	13,02	13,03
Сырой протеин, г	153,10	156,90	157,20
Сырая клетчатка, г	46,70	45,60	44,60
Сырой жир, г	39,50	39,40	39,40
Лизин, г	8,64	10,12	10,55
Метионин + цистин, г	5,48	6,33	6,65
Триптофан, г	1,97	2,18	2,27
Треонин, г	6,15	7,06	7,32
Лизин доступный, г	7,31	8,79	9,22
Метионин + цистин доступные, г	4,40	5,26	5,59
Триптофан доступный, г	1,51	1,73	1,82
Треонин доступный, г	4,83	5,72	5,99
Соотношение: доступный лизин/ОЭ, г/МДж	0,56	0,68	0,71

восполняли за счет введения в комбикорма кормовых препаратов L-лизина, L-треонина и DL-метионина.

Детальный анализ химического состава комбикормов, продуктов выделений проведен по общепринятым методикам. Суммарное содержание обменной энергии в комбикормах рассчитывалось по её содержанию в отдельных ингредиентах, допуская несущественным фактор положительного или отрицательного влияния на суммарное количество всей обменной энергии в комбикорме. Формула расчета метаболической живой массы ( $ЖМ^{0,75}$ ) приведена в работе [22] и она определялась в среднем за учетный период. Цифровой материал обработан методом биологической статистики<sup>1</sup>.

**Результаты и их обсуждение.** Накопление мышечной массы сопряжено с активной трансформацией азота корма в структурные элементы организма. По балансу азота у животного можно судить о его способности к интенсивному росту. Данные по использованию свиньями различных генотипов азота комбикормов, в которых на 1 МДж обменной энергии приходилось 0,56 г доступного лизина, представлены в табл. 2. Проведенными исследованиями установлены породные различия по потреблению и использованию азота корма животными различных генотипов. Из-за большего количества ежедневно съедаемого комбикорма отмечено более высокое потребление азота животными пород дюрок и белорусская мясная – на 4,5 и 9,6 % соответственно по сравнению с подсвинками КБ. Об эффективности использования азотистых веществ в метаболических процессах свиней свидетельствуют данные по отложению белков, рассчитанные на 1 кг метаболической живой массы. Так, на 1 кг  $ЖМ^{0,75}$  у животных БМП отложено по 5,50 г белка, что на 6,0 и 3,5 % выше, чем у сверстников породы дюрок и КБ.

Т а б л и ц а 2. Использование азота корма животными I группы, г/сут ( $n = 4$ )

T a b l e 2. Use of dietary nitrogen by animals of group I, g/day ( $n = 4$ )

Показатель	Генотип		
	Д	КБ	БМП
Метаболическая живая масса ( $ЖМ^{0,75}$ ), кг	25,09±0,64	25,23±0,52	25,16±0,63
Потреблено азота с кормом, г	46,63±0,97	44,50±0,67	48,84±1,44
Потреблено азота с кормом, г на кг $ЖМ^{0,75}$ в сутки	1,85±0,05	1,77±0,04	1,94±0,05
Выделено, г:			
с калом	12,69±0,45	10,03±0,38	11,18±0,80
с мочой	12,57±0,52	13,60±0,65	15,40±0,58
Усвоено, г (%)	33,94±1,27 (72,8)	34,47±0,72 (77,5)	37,66±0,81 (77,1)
Отложено, г	21,37±0,69	20,87±0,78	22,26±0,85
% от потребленного	45,8	46,9	45,6
% от усвоенного	63,0	60,5	59,1
Отложено азота, г на 1 кг $ЖМ^{0,75}$ в сутки	0,85±0,10	0,83±0,08	0,88±0,06
Отложено белков в теле, г на 1 кг $ЖМ^{0,75}$ в сутки	5,31±0,14	5,19±0,12	5,50±0,22
Отношение азот мочи/ азот потребленного корма	0,27	0,30	0,32

Особенности использования молодняком свиней азота корма, в котором на 1 МДж обменной энергии приходилось 0,68 г доступного лизина, представлены в табл. 3.

Увеличение количества переваримого лизина до 0,68 г при неизменном уровне энергии в комбикормах II опытной группы способствовало повышению потребления азота с кормом и его отложению (ретенции) в теле всех генотипов. Так, животные БМП, характеризовались максимальным потреблением азота среди сверстников – 49,3 г и отложением – 25,07 г/сут. Несмотря на более низкое потребление азота подсвинками КБ, эффективность его использования в организме возросла на 2,4 % по сравнению с породой дюрок и составила 5,50 г на каждый кг метаболической живой массы. Прослеживается тенденция по дальнейшему увеличению поступления азота с кормом и его накоплению в теле животных III группы при повышении уровня доступного лизина до 0,71 г/МДж. Так, в теле животных БМП и породы дюрок отло-

<sup>1</sup> Рокицкий П. Ф. Биологическая статистика. 3-е изд. Минск : Высш. шк., 1973. 320 с.

Т а б л и ц а 3. Использование азота корма животными II группы, г/сут, (n = 4)

T a b l e 3. Use of dietary nitrogen by animals of group II, g/day, (n = 4)

Показатель	Генотип		
	Д	КБ	БМП
Метаболическая живая масса (ЖМ <sup>0,75</sup> ), кг	27,43±0,64	27,16±0,52	27,28±0,63
Потреблено азота с кормом, г	48,00±0,97	46,90±0,67	49,30±1,44
Потреблено азота с кормом, г на кг ЖМ <sup>0,75</sup> в сутки	1,74±0,06	1,72±0,04	1,80±0,05
Выделено, г:			
с калом	10,10±1,16	8,70±0,38	10,92±0,80
с мочой	14,12±0,52	14,30±0,64	13,31±0,58
Усвоено, г (%)	37,90±1,27 (79,0)	38,30±0,72 (81,6)	38,38±0,80 (77,8)
Отложено, г	23,78±1,04	24,00±0,78	25,07±0,86
% от потребленного	49,5	51,2	50,8
% от усвоенного	62,7	62,7	64,1
Отложено азота, г на 1 кг ЖМ <sup>0,75</sup> в сутки	0,86±0,12	0,88±0,06	0,91±0,24
Отложено белков в теле, г на 1 кг ЖМ <sup>0,75</sup> в сутки	5,37±0,82	5,50±0,64	5,68±0,58
Отношение азот мочи/ азот потребленного корма	0,29	0,30	0,27

жено в сутки по 5,81 г белка на единицу метаболической живой массы, у подсвинков КБ этот показатель оказался на 3,2 % ниже (табл. 4).

Влияние различного содержания доступного лизина в комбикормах в среднем по трем породам представлены в табл. 5. Результаты учета потреблённых в течение опыта кормов свидетельствуют о том, что несмотря на увеличение количества доступного лизина в комбикорме, потребление азота с кормом на 1 кг метаболической живой массы всеми генотипами животных уменьшилось с 1,85 до 1,74 г/сут. Более эффективное использование аминокислот в биосинтетических процессах, имевшее место у откормочников, получавших рационы, где на 1 МДж обменной энергии приходилось 0,71 г доступного лизина. Это связано с более интенсивным наращиванием живой массы и ее количеством у животных III группы. Так, ежедневно ими было отложено по 5,75 г белка на 1 кг метаболической живой массы, или на 7,8 % больше ( $P < 0,01$ ), чем у животных I опытной группы. Животные, получавшие комбикорма с соотношением 0,68 г доступного лизина на 1 МДж обменной энергии, синтезировали в своем организме по 5,52 г белка, или на 3,6 % больше по сравнению с I группой, в которой это соотношение было минимальным. Наглядно влияние соотношения доступного лизина и обменной энергии на отложение белка в организме свиней представлено на рис. 1.

Т а б л и ц а 4. Использование азота корма животными III группы, г/сут, (n = 4)

T a b l e 4. Use of dietary nitrogen by animals of group III, g/day, (n = 4)

Показатель	Генотип		
	Д	КБ	БМП
Метаболическая живая масса (ЖМ <sup>0,75</sup> ), кг	29,56±0,38	29,20±0,52	29,92±0,63
Потреблено азота с кормом, г	51,91±0,97	50,26±0,67	52,46±1,44
Потреблено азота с кормом, г на кг ЖМ <sup>0,75</sup> в сутки	1,76±0,10	1,72±0,06	1,75±0,08
Выделено, г:			
с калом	11,90±0,68	11,13±0,38	11,04±0,80
с мочой	12,51±0,52	12,71±0,66	13,73±0,58
Усвоено, г (%)	40,01±1,02 (77,0)	39,13±0,72 (77,8)	41,42±0,80 (78,9)
Отложено, г	27,50±0,68	26,42±0,78	27,69±0,82
% от потребленного	53,0	52,6	52,8
% от усвоенного	68,7	67,5	66,8
Отложено азота, г на 1 кг ЖМ <sup>0,75</sup> в сутки	0,93±0,08	0,90±0,12	0,93±0,04
Отложено белков в теле, г на 1 кг ЖМ <sup>0,75</sup> в сутки	5,81±0,18	5,63±0,14	5,81±0,22
Отношение азот мочи/ азот потребленного корма	0,24	0,25	0,26

Т а б л и ц а 5. Влияние соотношения доступного лизина и обменной энергии на эффективность синтеза белка у свиней мясных генотипов ( $n = 12$ )T a b l e 5. Effect of ratio of available lysine and metabolic energy on efficiency of protein synthesis in pigs of meat genotypes ( $n = 12$ )

Показатель	I группа	II группа	III группа
Количество доступного лизина, приходящегося на 1 МДж обменной энергии, г	0,56	0,68	0,71
Метаболическая живая масса (ЖМ <sup>0,75</sup> ), кг	25,16±0,04	27,29±0,08	29,56±0,21
Потреблено азота с кормом, г	46,66±1,25	48,07±0,69	51,54±0,66
Потреблено азота с кормом, г на кг ЖМ <sup>0,75</sup> в сутки	1,85±0,04	1,75±0,02	1,74±0,04
Выделено, г: с калом с мочой	11,30±0,77 13,86±0,83	9,91±0,65 13,91±0,30	11,35±0,27 12,98±0,38
Усвоено, г %	35,36±1,16 75,80±1,50	38,19±0,58 79,47±1,12	40,19±0,67** 77,90±0,55
Отложено, г	21,50±0,52	24,28±0,40	27,20±0,86***
% от потребленного % от усвоенного	46,10±0,40 60,87±1,14	50,50±0,51 63,17±0,47	52,80±0,42 67,67±0,56
Отложено азота, г на 1 кг ЖМ <sup>0,75</sup> в сутки	0,85±0,08	0,88±0,02	0,92±0,06
Отложено белков в теле, г на 1 кг ЖМ <sup>0,75</sup> в сутки	5,33±0,09	5,52±0,09	5,75±0,06**
Отношение азот мочи/ азот потребленного корма	0,30±0,02	0,29±0,01	0,25±0,04

\*\* $P < 0,01$ , \*\*\* $P < 0,001$ .

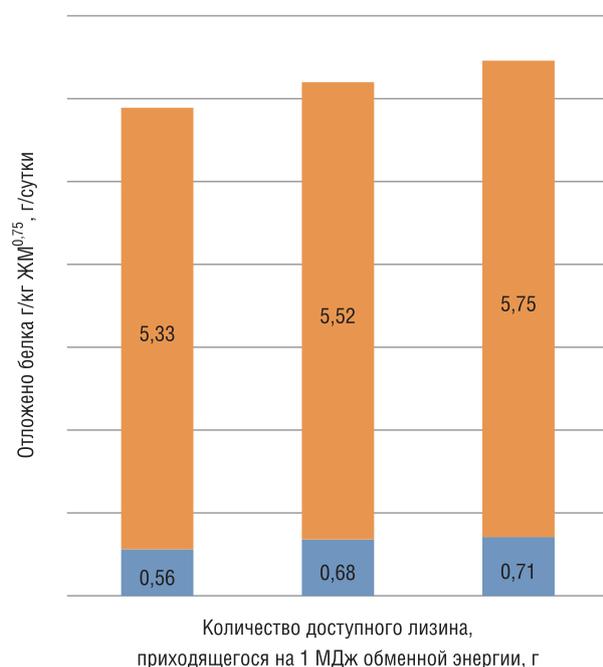


Рис. 1. Влияние соотношения доступного лизина и обменной энергии на отложение белка в организме свиней  
Fig. 1. Effect of ratio of available lysine and metabolic energy on protein deposition in pigs' body

**Заклучение.** Ограничивающими факторами синтеза белка в организме свиней с высокой мясной продуктивностью в случае адекватного обеспечения обменной энергией является количество поступающих с кормом доступных незаменимых аминокислот и генетически детерминированная скорость его отложения. Физиологическими балансовыми опытами установлены межпородные различия отложения азота в теле подсвинков, получавших комбикорма с различным содержанием доступного лизина в расчете на 1 МДж обменной энергии. Более высоким использованием потребленного азота и его отложением обладают свиньи БМП и Д по сравнению с КБ. Увеличение количества доступного лизина от 0,56 до 0,71 г/МДж в комбикормах для откармливаемых свиней белорусской мясной породы, крупной белой и породы дюрок способствует достоверному повышению на 7,8 % ( $P < 0,01$ ) количества синтезируемого в теле белка и уменьшению с 1,85 до 1,74 г/сут потреблению азота в расчете на 1 кг метаболической живой массы. Наиболее эффективное использование азота корма, а вместе с ним и доступных незаменимых аминокислот

в биосинтетических процессах протекает у подсвинков, получающих рационы, где на 1 МДж обменной энергии приходится 0,71 г доступного лизина.

Полученные в ходе исследований данные об использовании азота корма подсвинками трех генотипов, получающих рационы с различным соотношением обменной энергии и лизина, а с ним и других незаменимых аминокислот, раскрывают механизм взаимодействия энергетического и аминокислотного питания. Это имеет большое значение для разработки норм кормления свиней с учетом их генотипичности и направления продуктивности.

**Благодарности.** Исследования проведены в рамках государственной программы прикладных исследований «Животноводство и ветеринария», задание 3.02 «Разработка метода повышения уровня использования свиньями питательных веществ кормов в системе «генотип – среда»».

### Список использованных источников

1. Prediction of net energy value of feeds for growing pigs / J. Noblet [et al.] // J. of Animal Science. – 1994. – Vol. 72, N 2. – P. 344–354.
2. Voluntary feed intake in growing-finishing pigs: a review of the main determining factors and potential approaches for accurate predictions / C.M. Nyachoti [et al.] // Canad. J. of Animal Science. – 2004. – Vol. 84, N 4. – P. 549–566. <https://doi.org/10.4141/a04-001>
3. Аминокислотное питание свиней : рекомендации / М-во сел. хоз-ва Рос. Федерации. – М. : Агро-Вестник, 2000. – 46 с.
4. Рядчиков, В. Потребность растущих свиней в переваримых аминокислотах / В. Рядчиков // Животноводство России. – 2007. – № 11. – С. 21–24.
5. Рядчиков, В.Г. Идеальный белок в рационах свиней и птиц / В.Г. Рядчиков, М.О. Омаров, С. Полежаев // Животноводство России. – 2010. – № 2. – С. 49–51.
6. Ниязов, Н.С. -А. Использование низкопротеинового комбикорма с добавками аминокислот у растущих свиней / Н.С. -А. Ниязов // Проблемы биологии продуктив. животных. – 2009. – № 4. – С. 39–45.
7. Еримбетов, К.Т. Метаболизм белков у растущих бычков и свиней и факторы его регуляции : автореф. дис. ... д-ра биол. наук : 03.00.04 ; 03.00.13 / К.Т. Еримбетов ; Всерос. науч.-исслед. ин-т физиологии, биохимии и питания с.-х. животных. – Боровск, 2007. – 46 с.
8. Балансируем рацион по протеину / М.О. Омаров [и др.] // Кормление с.-х. животных и кормопроизводство. – 2007. – № 6. – С. 42–44.
9. Boisen, S. Ideal amino acid profiles as a basis for feed protein evaluation / S. Boisen, T. Hvelplund, M.R. Weisbjerg // Livestock Production Science. – 2000. – Vol. 64, N 2–3. – P. 239–251. [https://doi.org/10.1016/s0301-6226\(99\)00146-3](https://doi.org/10.1016/s0301-6226(99)00146-3)
10. Lobley, G.E. Protein turnover – what does it mean for animal production / G.E. Lobley // Canad. J. of Animal Science. – 2003. – Vol. 83, N 3. – P. 327–340. <https://doi.org/10.4141/a03-019>
11. Nitrogen balance of starting barrow pigs fed on increasing lysine levels / I. Moreira [et al.] // Brazil. Arch. of Biology a. Technology. – 2004. – Vol. 47, N 1. – P. 85–91. <https://doi.org/10.1590/s1516-89132004000100012>
12. Amino acid and energy digestibility in ten samples of distillers dried grain with solubles fed to growing pigs / H.H. Stein [et al.] // J. of Animal Science. – 2006. – Vol. 84, N 4. – P. 853–860. <https://doi.org/10.2527/2006.844853x>
13. Wang, T. The optimum dietary amino acid pattern for growing pigs / T. Wang, M. Fuller // Brit. J. of Nutrition. – 1989. – Vol. 62, N 1. – P. 77–89. <https://doi.org/10.1079/bjn19890009>
14. Chung, T. Ideal amino acid pattern for 10-kilogram pigs / T. Chung, D. Baker // J. of Animal Science. – 1992. – Vol. 70, N 10. – P. 3102–3111. <https://doi.org/10.2527/1992.70103102x>
15. Dietary protein affects nitrogen excretion and ammonia emission from slurry of growing-finishing pigs / T.T. Canh [et al.] // Livestock Production Science. – 1998. – Vol. 56, N 3. – P. 181–191. [https://doi.org/10.1016/s0301-6226\(98\)00156-0](https://doi.org/10.1016/s0301-6226(98)00156-0)
16. Головки, Е.Н. Биодоступность аминокислот у свиней (обзор) / Е.Н. Головки // Проблемы биологии продуктив. животных. – 2009. – № 2. – С. 27–43.
17. Нормирование энерго-протеинового питания свиней / В. Голушко [и др.] // Свиноводство. – 2008. – № 3. – С. 13–16.
18. Голушко, В.М. Влияние различного уровня энергопротеинового питания на рост и продуктивность ремонтных свиней / В.М. Голушко, Г.Л. Папковский / Зоотехническая наука Белоруссии : сб. тр. / Белорус. науч.-исслед. ин-т животноводства. – Минск, 1985. – Т. 26. – С. 92–97.
19. Зеленский, К.Н. Переваримость питательных веществ и обмен азота, кальция и фосфора у племенных свиней крупной белой породы и ландрас / К.Н. Зеленский // Животноводство. – 1966. – № 4. – С. 74–75.
20. Коваленко, Б.П. Аккумуляция энергии в свинине как показатель методов разведения / Б.П. Коваленко // Современные тенденции и технологические инновации в свиноводстве : материалы XIX Междунар. науч.-практ. конф., Горки, 4–6 окт. 2012 г. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по животноводству, Белорус. гос. с.-х. акад. – Горки, 2012. – С. 83–87.
21. Овсянников, А.И. Опыты по переваримости кормов и обмену веществ / А.И. Овсянников // Основы опытного дела в животноводстве : учебник / А.И. Овсянников. – М., 1976. – Гл. 3 – С. 131–182.
22. Новейшие достижения в исследовании питания животных. Вып. 4 / пер. с англ. Г.Н. Жидкоблиновой, В.В. Турчинского. – М. : Агропромиздат, 1985. – 288 с. <https://doi.org/10.1016/c2013-0-01040-7>

## References

1. Noblet J., Fortune H., Shi X. S., Dubois S. Prediction of net energy value of feeds for growing pigs. *Journal of Animal Science*, 1994, vol. 72, no. 2, pp. 344-354. <https://doi.org/10.2527/1994.722344x>
2. Nyachoti C. M., Zijlstra R. T., De Lange C. F. M., Patience J. F. Voluntary feed intake in growing-finishing pigs: a review of the main determining factors and potential approaches for accurate predictions. *Canadian Journal of Animal Science*, 2004, vol. 84, no. 4, pp. 549-566. <https://doi.org/10.4141/a04-001>
3. *Amino acid nutrition of pigs*. Moscow, Agro-Vestnik Publ., 2000. 46 p. (in Russian).
4. Ryadchikov V. Digestible amino acid requirements of growing pigs. *Zhivotnovodstvo Rossii = Animal Husbandry of Russia*, 2007, no. 11, pp. 21-24 (in Russian).
5. Ryadchikov V. G., Omarov M. O., Polezhaev S. Ideal protein in pig and poultry diets. *Zhivotnovodstvo Rossii = Animal Husbandry of Russia*, 2010, no. 2, pp. 49-51 (in Russian).
6. Niyazov N. S. -A. The use of low protein feed supplemented with amino acids for growing pigs. *Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh = Problems of Productive Animal Biology*, 2009, no. 4, pp. 39-45 (in Russian).
7. Erimbetov K. T. *Protein metabolism in growing bull-calves and pigs and factors of its regulation*. Abstract of Ph.D. diss. Borovsk, 2007. 46 p. (in Russian).
8. Omarov M., Golovko E., Morozov N., Kashirina M. Balancing a protein diet. *Kormlenie sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh i kormoproizvodstvo = Feeding of Agricultural Animals and Feed Production*, 2007, no. 6, pp. 42-44 (in Russian).
9. Boisen S., Hvelplund T., Weisbjerg M. R. Ideal amino acid profiles as a basis for feed protein evaluation. *Livestock Production Science*, 2000, vol. 64, no. 2-3, pp. 239-251. [https://doi.org/10.1016/s0301-6226\(99\)00146-3](https://doi.org/10.1016/s0301-6226(99)00146-3)
10. Lobley G. E. Protein turnover – what does it mean for animal production. *Canadian Journal of Animal Science*, 2003, vol. 83, no. 3, pp. 327-340. <https://doi.org/10.4141/a03-019>
11. Moreira I., Fraga A. L., Paiano D., De Oliveira G. C., Scapinello C., Martins E. N. Nitrogen balance of starting barrow pigs fed on increasing lysine levels. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 2004, vol. 47, no. 1, pp. 85-91. <https://doi.org/10.1590/s1516-89132004000100012>
12. Stein H. H., Gibson M. L., Pedersen C., Boersma M. G. Amino acid and energy digestibility in ten samples of distillers dried grain with solubles fed to growing pigs<sup>1,2</sup>. *Journal of Animal Science*, 2006, vol. 84, no. 4, pp. 853-860. <https://doi.org/10.2527/2006.844853x>
13. Wang T. C., Fuller M. F. The optimum dietary amino acid pattern for growing pigs. *British Journal of Nutrition*, 1989, vol. 62, no. 1, pp. 77-89. <https://doi.org/10.1079/bjn19890009>
14. Chung T. K., Baker D. H. Ideal amino acid pattern for 10-kilogram pigs. *Journal of Animal Science*, 1992, vol. 70, no. 10, pp. 3102-3111. <https://doi.org/10.2527/1992.70103102x>
15. Canh T. T., Aarnink A. J. A., Schutte J. B., Sutton A., Langhout D. J., Verstegen M. W. A. Dietary protein affects nitrogen excretion and ammonia emission from slurry of growing-finishing pigs. *Livestock Production Science*, 1998, vol. 56, no. 3, pp. 181-191. [https://doi.org/10.1016/s0301-6226\(98\)00156-0](https://doi.org/10.1016/s0301-6226(98)00156-0)
16. Amino acid bioavailability at pigs (a review). *Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh = Problems of Productive Animal Biology*, 2009, no. 2, pp. 27-43 (in Russian).
17. Golushko V. M., Papkovskii G. L. The effect of various levels of energy and protein nutrition on the growth and productivity of replacement pigs. *Zootehnicheskaya nauka Belorussii: sbornik trudov* [Zootechnical science of Byelorussia: a collection of papers]. Minsk, 1985, vol. 26, pp. 92-97 (in Russian).
18. Zelenskii K. N. Digestibility of nutrients and metabolism of nitrogen, calcium and phosphorus in breeding pigs of large white and landrace breeds. *Zhivotnovodstvo* [Animal Husbandry], 1966, no. 4, pp. 74-75 (in Russian).
19. Kovalenko B. P. Energy storage in pork as an indicator of breeding methods. *Sovremennye tendentsii i tekhnologicheskie innovatsii v svinovodstve: materialy XIX Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Gorki, 4-6 oktyabrya 2012 g.* [Current trends and technological innovations in pig production: proceedings of the XIX international scientific and practical conference, Gorki, October 4-6, 2012]. Gorki, 2012, pp. 83-87 (in Russian)
20. Ovsyannikov A. I. Experiments on digestibility of feeds and metabolism. *Osnovy opytnogo dela v zhivotnovodstve* [Fundamentals of experimental work in animal husbandry]. Moscow, 1976, pp. 131-182 (in Russian).
21. *Recent advances in animal nutrition, 1982*. London etc., Butterworths, 1982. 256 p. <https://doi.org/10.1016/c2013-0-01040-7>

## Информация об авторе

Рощин Василий Антонович – кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории кормления свиней, Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству (ул. Фрунзе, 11, 222160 Жодино, Минская область, Республика Беларусь). E-mail: varos66@mail.ru

## Information about the author

Vasily A. Roshchin - Ph. D. (Agriculture). The Research and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Husbandry (11 Frunze Str., 222160 Zhodino, Minsk Region, Republic of Belarus). E-mail: varos66@mail.ru