

## ФОРМИРОВАНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ СИСТЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКТОВ ЖИВОТНОВОДСТВА

**Мохов Борис Павлович**, доктор биологических наук, профессор кафедры «Частная зоотехния, технологии животноводства и аквакультуры»

**Наумова Валентина Васильевна**, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая кафедрой «Частная зоотехния, технологии животноводства и аквакультуры»

ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

432017, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1; тел.: 8(8422)44-30-62;

e-mail: v.v.naumova@mail.ru

**Ключевые слова:** обменная энергия, основной обмен, структура расхода, породы, кроссы, помеси, энергоэффективность.

Различные породы, кроссы, помеси, линии не только отличаются по продуктивности, они по-разному реагируют на условия кормления и содержания. Энергоэффективность их использования модифицируется в период выращивания и продуктивного возраста. Все эти элементы системно влияют на становление обмена веществ и энергии, пищевое поведение и использование кормов, на продуктивность и энергозатраты. За основу исследования был взят принцип сближения (конвергенция) биофизических, этологических и зоотехнических параметров, характеризующих обмен веществ, функции питания и продуктивность. Установлено, что низкопродуктивные коровы используют на продукцию в 1,6–1,8 раза энергии меньше по сравнению с высокопродуктивными. Малозаметные, на первый взгляд, неосновательные отличия в обменных процессах явились одной из причин деградации бестужевской породы и устранение ее из породного состава региона. Более высокий расход обменной энергии на продукцию позволил получить от кур кросса «Бованс белый» на 5,4 % яиц больше, чем от сверстниц кросса «Родонит». Цыплята-бройлеры кросса «Кобб – 500» на прирост живой массы используют обменной энергии на 15 % больше по сравнению с кроссом «Арбор Айкрез». Интенсивность удельного основного обмена у кур в 2,5–4,0 выше по сравнению с крупным рогатым скотом. Установленное различие крупного рогатого скота и птицы по состоянию основного обмена, теплоемкости и других жизненных процессов являются биологической базой для разработки ресурсосберегающих технологий производства продуктов питания животного происхождения.

### Введение

Состояние производства продуктов животноводства является одним из главных показателей продовольственной безопасности страны. Постоянно растущие потребности общества и снижение доли ручного труда определяют рост энергетических затрат на их производство. В отличие от организационно-технологических расходов, находящихся под постоянным контролем человека, биологические факторы в затратах учитываются значительно меньше.

Различные породы, кроссы, помеси, линии не только отличаются по продуктивности, они по-разному реагируют на условия кормления и содержания. Энергоэффективность их использования модифицируется в период выращивания и продуктивного возраста. Все эти элементы системно влияют на становление обмена веществ и энергии, пищевое поведение и использование кормов, на продуктивность и энергозатраты [1].

Организм животных - это открытая система, действующая в условиях перманентного обмена веществом и энергией с окружающей средой. В результате постоянного «привода»

энергии при кормлении и дыхании и «отвода» в результате жизнедеятельности формируется «стационарное состояние» как необходимое и регулирующее условие энергозатрат и других жизненных процессов [2].

Цель исследований – установить влияние обменных процессов на энергоэффективность производства продуктов животноводства.

### Объекты и методы исследований

В племязаводах и на птицефабриках методами аналогичных групп изучались животные бестужевской, симментальской и черно-пестрой пород крупного рогатого скота, их помеси с мясными породами, куры яичных кроссов «Родонит» и «Бованс белый» и цыплята-бройлеры кроссов «Кобб – 500» и «Арбор Айкрез».

За основу исследования был взят принцип сближения (конвергенция) биофизических, этологических и зоотехнических параметров, характеризующих обмен веществ, функции питания и продуктивность.

Все эти признаки оцениваются в разных единицах измерения – джоулях, минутах, килограммах. В исследовании принята единая оценка изучаемых явлений в джоулях, характеризу-

Таблица 1

## Структура расхода и затраты энергии на производство продукции

№ п/п	Породы, кроссы	Группа	Обменная энергия							Затраты на продукцию, ккал
			Всего, МДж	Основной обмен		Расход на продукцию		Гомеостаз и др.		
				МДж	%	МДж	%	МДж	%	
1	Бестужевская	1	137	29,2±0,6	21	20,9±0,3	15	89,9±0,7	64	7,5
		2	106	28,3±0,5	27	12,4±0,1	12	65,3±0,5	61	9,1
2	Симментальская	1	180	37,1±0,5	21	27,9±0,3	15	115±0,3	64	6,9
		2	135	34,6±0,4	26	15,5±0,1	11	84,8±0,5	63	9,0
3	Черно-пестрая	1	148	31,2±0,5	21	21,4±0,5	14	95,4±0,7	65	7,3
		2	112	29,2±0,2	26	13,5±0,1	12	65±0,4	62	8,8
4	Помеси 1 поколения	1	101	28,5±0,2	28	7,4±0,5	13	60±0,4	59	7,8
5	Чистопородные	2	94	26,2±0,3	28	20,6±0,1	11	57±0,3	61	8,6
6	Кросс «Родонит»	1	1,16	0,172	14,8	0,26±0,01	22,4	0,728	62,8	7,2
7	Кросс «Бованс белый»	2	1,06	0,159	15,0	0,28±0,01	26,4	0,621	58,6	6,1
8	Кросс «Кобб - 500»	1	2,02	0,64±0,0073	31,7	0,46±0,01	22,8	0,92	45,5	7,1
9	Кросс «Арбор Айкрез»	2	2,30	0,59±0,0077	25,7	0,40±0,02	17,4	1,31	56,9	9,3

ющих энергию, теплоту и работу, затраченную, выделенную или выполненную в течение суток.

Затраты на основной обмен оценивались по показательной функции живой массы,  $y = a x^n$ . Для млекопитающих принято уравнение  $P_{\text{ккал}} = 70 M^{0,75}$ , для птиц –  $P_{\text{ккал}} = 86,4 M^{0,668}$  [3, 4, 5, 6].

Определялись структура расхода обменной энергии на основной обмен, продуктивность и тепловой гомеостаз в общем и удельном исчислении, в МДж и ккал, продолжительность и периодичность жвачного процесса, длительность интервалов, в мин, поступление энергии в период жвачки и ее ассимиляция в течение суток.

Все исследования поведения базировались на понимании, что наблюдаемая система приспособительных действий животных осуществляется в ответ на изменение внутреннего и внешнего состояния организма [7].

#### Результаты исследований

В таблице 1 приводятся результаты изучения расхода обменной энергии корма животными разных пород крупного рогатого скота, кроссов кур и продуктивность.

Все породы – помесные и чистопородные бычки, яичные и бройлерные кроссы – изучались в одной климатической среде в равных условиях кормления и содержания. Их наследственное различие доказывается длительностью раздельного использования и методами воспроизводства.

Обращает на себя внимание высокая степень различия у симментальского скота по молочной продуктивности между селекционным ядром – 6141 кг и группой низкопродуктивных коров – 3431 кг, которые выводились из процесса дальнейшего использования. У бестужевской и черно-пестрой пород это различие в 2 раза ниже, что отрицательно влияло на эффективность селекционной работы.

По затратам обменной энергии на базовый метаболизм существенной разницы между коровами разной продуктивности не установлено, в отличие от расходов на обеспечение молочной продуктивности. Низкопродуктивные коровы используют на продукцию в 1,6–1,8 раза энергии меньше по сравнению с высокопродуктивными.

Между породами и кроссами установлены также существенные различия по структуре расхода обменной энергии, что объясняется разницей их генотипа. Все это отразилось на энергоэффективности производства. На одну ккал пищевой ценности молока при разведении бестужевской породы затрачиваем 8,3 ккал органического вещества, черно-пестрой – 8,0 ккал и симментальской – 7,9 ккал.

Обе группы бестужевского скота по развитию живой массы не соответствовали стандарту породы. Низкий уровень затрат на обеспечение теплового гомеостаза – основная причина неудовлетворительного развития коров второй

группы для всех пород.

Малозаметные, на первый взгляд, неосновательные отличия в обменных процессах явились одной из причин деградации бестужевской породы и устранение ее из породного состава региона [8].

Помесные животные использовали 28,5 МДж энергии за сутки, чистопородные меньше на 8,7 % – 26,2 МДж, в удельном исчислении – 63 и 64 КДж/кг, то есть несколько больше, что связано с их различиями по живой массе.

По градиенту прироста живой массы помеси превышали чистопородных сверстников на 7,4 КДж/сутки, или больше на 15,4 %.

В структуре расхода обменной энергии кур кроссов «Родонит» и «Бованс белый» затраты на основной обмен составляют 14,8–15,0 %, на яичную продуктивность – 22,4–26,4 %, на теплопродукцию и остальные расходы – 58,6–62,2 %.

Уровень продуктивности выражается в превосходстве расхода обменной энергии для синтеза яиц кросса «Бованс белый» по сравнению с кроссом «Родонит», которое соответственно составляет 0,38 МДж у первых и только 0,26 МДж у вторых, или на 7,6 % меньше.

Более высокий расход обменной энергии на продукцию позволил получить на среднюю и начальную несущку кросса «Бованс белый» на 11,5 и 5,9 штук, или на 5,4 и 3,0 %, яиц больше, чем от сверстниц кросса «Родонит». Также от кур кросса «Бованс белый» получено больше яичной массы на среднюю несущку на 6,2 %, на начальную – на 3,8 % [9, 10, 11, 12].

На теплоотдачу и другие расходы у кур кросса «Бованс белый» затрачено энергии на 4,2 % меньше по сравнению с кроссом «Родонит».

При сравнении основного обмена у кур мясных пород установлено, что кросс «Кобб – 500» достоверно превышает показатели кросса «Арбор Айкрез», что обеспечивает ему повышенный прирост мышечной ткани. Так, на прирост живой массы цыплята-бройлеры этого кросса затрачивали 22,8 % обменной энергии, а бройлеры кросса «Арбор Айкрез» только 17,4 %. На теплоотдачу и другие затраты последние расходуют больше энергии на 0,39 МДж.

Результаты проведенных исследований дают основание утверждать, что при одинаковых условиях содержания и кормления бройлеры кросса «Кобб – 500» расходуют обменную энергию на 8,5 % эффективнее по сравнению с кроссом «Арбор Айкрез». На прирост живой массы они используют обменной энергии на 15 % больше и расходуют на теплопродукцию

меньше на 30 %.

Таким образом, структура расхода обменной энергии у кросса «Кобб – 500» обеспечивает более высокую экономическую эффективность производству [13].

Установлено, что интенсивность удельного основного обмена у кур в 2,5–4,0 выше по сравнению с крупным рогатым скотом.

Значительная часть энергии расходуется на поддержание теплового состояния тела, температуры, которая обеспечивает устойчивость всех физиологических функций, а также формирует тепловую защиту организма от неблагоприятных влияний среды. Без теплоты нет биологической формы жизни.

Изучено пищевое поведение и состояние основного обмена (внутриклеточного обмена) у крупного рогатого скота разной наследственности в показателях тепловой энергии.

В реакциях основного обмена у помесных животных за сутки (1440 мин) расходуется 6806 ккал тепла, у чистопородных – 6525 ккал, что на 4,3 % меньше. За одну минуту первые используют 4,726 ккал, вторые – 4,531 ккал. За один интервал, который у помесей составил 103 мин, – 486,7 ккал, у чистопородных за 129 мин – 584,5 ккал.

В конце интервала теплообеспеченность у животных первой группы снижается до 6320 ккал, или на 7,7 %, у второй – до 5940 ккал, что меньше на 9,8 %.

Это означает, что у помесных животных мотивация к началу жвачного процесса формируется при снижении теплопродукции у 77 клеток, у помесных – у 98 клеток из каждой тысячи клеток организма. Различие по энергоэффективности составляет 27,2 %. За 413 минут жвачного процесса молодняк первой группы принимает 6806 ккал общей теплоты или 16,5 в минуту. За один жвачный период, который составил 34,4 мин, – 567,6 ккал. У второй группы, в установленном порядке, за 306 минут – 6525 ккал или 21,3 в минуту. За один жвачный период, равный 30,6 мин, – 651,8 ккал. Общая продолжительность жвачного процесса за сутки у помесных животных превосходит аналогичные показатели чистопородных на 35,0 %, а энергоэффективность поступления теплоты в клетку – на 36,1 %.

Заметное влияние на изучаемые параметры имеет различие групп по живой массе. Более точные результаты дает анализ удельных показателей основного обмена (табл. 2).

Все жизненные процессы начинаются с усвоения, ассимиляции энергии внешней среды для обеспечения обменных процессов своего

## Удельный основной обмен и пищевое поведение

№ п/п	Показатель	Ед. изм.	Группа 1 (помесные)	Группа 2 (чистопородные)	Группа 1 к группе 2	
					±	%
1	Удельный основной обмен (ОО)	ккал	14,9±1,1	15,2±1,3	- 0,3	98,0
2	Общая продолжительность жвачки	мин	413±40	306±35	+107	135,0
3	Продолжительность периода	мин	34,4±0,2	30,6±0,1	+3,8	112,4
4	Поступило энергии за мин жвачки	ккал	0,036	0,049	- 0,013	73,5
5	Поступило энергии за один период жвачки	ккал	1,238	1,499	- 263	82,6
6	Продолжительность интервала	мин	103±1,2	129±1,0	- 26	79,8
7	Ассимилировано за одну минуту	ккал	0,0103	0,0105	- 0,0002	98,0
8	Ассимилировано за интервал	ккал	1,061	1,354	-296	78,0
9	Удельный ОО в конце интервала	ккал	13,839	13,846	-0,007	99
10	Удельный ОО в конце жвачного периода	ккал	16,138	16,699	-0,561	97

организма.

За 1440 мин суточного времени помесный молодняк ассимилирует 14,9 ккал питательности корма или 0,0103 ккал за минуту, чистопородный – 15,2 ккал и 0,0105 ккал за минуту. Между группами существенной разницы не установлено.

За 103 минуты, что составляет продолжительность интервала между жвачными процессами, первые ассимилируют, расходуют на обеспечение обменных процессов 1,061 ккал, вторые за 129 минут – 1,354 ккал, что на 0,296 ккал больше при высокой статистической достоверности. В конце интервала, перед началом жвачного процесса, основной обмен молодняка группы 1 снижается до 13,839 ккал, группы 2 – до 13,846 ккал, что больше на 7,6 % и 9,8 %. Различие между группами вновь становится недостоверным. Однако и в том и другом случае такое снижение формирует состояние недостатка питательных веществ, голода, мотивы жвачного процесса.

За 413 минут жвачного процесса в течение суток помесный молодняк потребляет те же 14,9 ккал или 0,036 ккал за минуту, за один период жвачки 1,238 ккал, помесные соответственно за 306 минут – 15,2 ккал, 0,049 ккал в минуту, 1,499 за один жвачный период.

Различие между потреблением энергии в течение жвачного периода у группы 1 и группы 2 достоверно при высокой степени значимости.

В конце жвачного периода основной обмен помесного молодняка возрастает до 16,138 ккал, чистопородного – до 16,689 ккал. Различие между группами вновь становится недостоверным, но такое повышение формирует состояние обеспеченности обменных процессов, сытости, окончания жвачного процесса.

Таким образом, состояние «голода» и «сы-

тости», мотивы начала и окончания жвачного процесса у помесного молодняка формируются при меньших затратах поступившего корма.

Все это в конечном итоге проявляется в росте мясной продуктивности (табл. 1) и повышении энергоэффективности.

Физические причины таких различий заключаются в неодинаковой теплоемкости организма помесных и чистопородных животных. В туше помесного молодняка содержание воды было на 5,9 % больше, а жира и костей, теплоемкость которых существенно ниже, – меньше на 6,4 % по сравнению с чистопородными.

Для снижения или повышения теплового состояния организма, необходимого для эффективной работы ферментов, гормонов, АТФ и др. реакций, чистопородный молодняк затрачивал энергии больше по сравнению с помесным.

Понятно, что это не отменяет других процессов мотивации пищевого поведения, но вносит определенный вклад в их динамику. Бесконечно малые изменения теплового состояния отдельных клеток суммируются, что и определяет дефицит или обеспеченность обменных процессов.

### Выводы

При формировании энергоэффективной системы производства продуктов питания необходимо учитывать биохимические признаки животных, обеспечивающие снижение энергетических затрат на продуктивность.

Применение биофизических, этологических и зоотехнических методов исследований формирует базу для разработки энергоэффективной технологии их использования.

Установленное различие крупного рогатого скота и птицы по состоянию основного обмена, теплоемкости и других жизненных процессов является биологической базой для разработки



ресурсосберегающих технологий производства продуктов питания животного происхождения.

### Библиографический список

1. Мохов, Б.П. Адаптация и продуктивность крупного рогатого скота различного экогенеза / Б.П. Мохов, А.А. Малышев // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. - 2012. - №2. - С. 40-41.
2. Пригожин, И. Порядок из хаоса: Новый диалог человека с природой / И. Пригожин, И. Стенгерс. – М.: Наука, 1986. – 431 с.
3. Плохинский, Н.А. Регрессия. Показательные функции. / Н.А. Плохинский // Биометрия: книга. - М.: Московский университет, 1970. - С. 210 – 273.
4. Шмидт –Ниельсен, К. Размеры животных: почему они так важны? / К. Шмидт –Ниельсен. – М.: Мир, 1987. – 259 с.
5. Проссер, Л. Кислород, газообмен и метаболизм / Л. Проссер, Ф. Браун // Сравнительная физиология животных: книга. – М.: Мир, 1967. – С. 186 – 238.
6. Мохов, Б.П. К вопросу методологии изучения энергоэффективности производства про-

дуктов животноводства / Б.П. Мохов, В.В. Наумова, С.Б. Васина // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. - 2016. - № 2 (34). - С. 151-156.

7. Уголев, А.М. Пищевое поведение и регуляция гомеостаза / А.М. Уголев, В.Г. Кассиль // Сложные формы поведения: книга. - М -Л.: Наука, 1965. – С. 41-58.

8. Мохов, Б.П. Определение племенной ценности продуктивных животных и оптимизация методов их отбора / Б.П. Мохов // Зоотехния. - 2017. - №9. - С 11-13.

9. Наумова, В.В. Структура расхода обменной энергии и влияние основного обмена на яичную продуктивность кур разных кроссов / В.В. Наумова // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения. Материалы VIII международной научно-практической конференции. – Ульяновск: УГСХА, 2017. - С. 84-89.

10. Наумова, В.В. Структура расхода обменной энергии и скорость роста цыплят-бройлеров кроссов «Кобб 500» и «Арбор Айкрез» / В.В. Наумова, А.Д. Лекомцева // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. - 2016. - № 4 (36). - С. 140-143.

## FORMATION OF THE ENERGY EFFICIENT SYSTEM OF LIVESTOCK GOODS PRODUCTION

*Mokhov B.P., Naumova V.V.  
FSBEI HE Ulyanovsk SAU*

*432017, Ulyanovsk, Novyy Venets Boulevard, 1; tel.: 8 (8422) 44-30-62, e-mail: v.v.naumova@mail.ru*

*Key words: exchange energy, basic exchange, consumption structure, breeds, crosses, cross breeds, energy efficiency.*

*Different breeds, crosses, cross breeds, lines do not differ only in productivity, they react differently to the conditions of feeding and housing. Energy efficiency of their use is modified in the period of growing and productive age. All these elements systematically affect the formation of metabolism and energy, food behavior and usage of feeds, productivity and energy consumption. The principle of convergence of biophysical, ethological and zootechnical parameters which characterize metabolism, nutrition functions and productivity was taken as the basis of the study. It was established that low-yield cows use energy 1.6 - 1.8 times less than highly productive ones. Subtle, at first sight, insignificant differences in exchange processes were one of the reasons for degradation of Bestuzhevskaya breed and its elimination from the breed bank of the region. A higher consumption of exchange energy made it possible to get 5.4% more eggs from the chicken "Bovance White" cross, than from the cross "Rodonit". Broiler chicken of the cross "Cobb - 500" use the exchange energy by 15% more compared to cross "Arbor Aykrez" to gain live weight. Intensity of specific basic metabolism of chickens is 2.5 - 4.0 higher than that of cattle. The established difference between cattle and poultry in terms of basic metabolism, heat capacity and others is the biological base for the development of resource-saving technologies for production of food products of animal origin.*

### *Bibliography*

1. Mokhov, B.P. Adaptation and productivity of cattle of different ecogenesis / B.P. Mokhov, A.A. Malyshev // Reports of the Russian Academy of Agricultural Sciences. - 2012. - №2. - P. 40-41.
2. Prigozhin, I. Order from chaos: A new dialogue between man and nature / I. Prigozhin, I. Stengers. - Moscow: Nauka, 1986. - 431 p.
3. Plokhinskiy, N.A. Regression. Exponential functions. / O.N. Plokhinskiy // Biometrics: a book. - Moscow: Moscow University, 1970. - P. 210 - 273.
4. Schmidt-Nielsen, K. Dimensions of animals: why are they so important? / K. Schmidt-Nielsen. - Moscow: Mir, 1987. - 259 p.
5. Prosser, L. Oxygen, gas exchange and metabolism / L. Prosser, F. Brown // Comparative physiology of animals: a book. - Moscow: Mir, 1967. - P. 186 - 238.
6. Mokhov, B.P. To the issue of methodology of studying the energy efficiency of livestock products production / B.P. Mokhov, V.V. Naumova, S.B. Vasina // Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy. - 2016. - No. 2 (34). - P. 151-156.
7. Ugolev, A.M. Food behavior and regulation of homeostasis / A.M. Ugolev, V.G. Kassil // Complex forms of behavior: a book. - M-L.: Nauka, 1965. - P. 41-58.
8. Mokhov, B.P. Specification of breeding value of productive animals and improvement of methods for their selection / B.P. Mokhov // Zootechny. - 2017. - №9. - P 11-13.
9. Naumova, V.V. The structure of the exchange energy consumption and the influence of the basic exchange on the egg productivity of chickens of different crosses / V.V. Naumova // Agrarian science and education at the present stage of development: experience, problems and solutions. Materials of the VIII International Scientific and Practical Conference. - Ulyanovsk: USAA, 2017. - P. 84-89.
10. Naumova, V.V. The structure of exchange energy consumption and the growth rate of broiler chickens of «Cobb 500» and «Arbor Aykrez» cosses / V.V. Naumova, A.D. Lekomtseva // Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy. - 2016. - No. 4 (36). - P. 140-143.