

РЕЗУЛЬТАТЫ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ОБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ У КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

Мохов Борис Павлович, доктор биологических наук, профессор кафедры «Частная зоотехния, технология животноводства и аквакультура»

ФГБОУ ВО Ульяновская ГСХА

432980 г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1. Тел. 8 (8422) 44-30-62 tohov@mail.ru.

Ключевые слова: обменная энергия, основной обмен, пищевая активность, продуктивность, структура и функция.

В статье приводятся результаты анализа системы питания животных на основе изучения фундаментальных подсистем – клеточного метаболизма, жвачного процесса и молочной продуктивности. Установлено влияние «внутриклеточного дыхания» на пищевое поведение и продуктивность животных. Состояние изучаемых подсистем родителей является показательной ожидаемой нормой реакции для потомства, определяемой в соответствии с уравнением показательной функции $y = ax^n$. Предложено показатели эффективности использовать при оценке племенных и продуктивных признаков животных

Введение

Постоянно растущие потребности населения и снижение доли ручного труда определяют перманентный рост энергетических затрат на производство продуктов питания.

Методами биофизики, биохимии, физиологии и др. установлены основные закономерности питания животных, связанных с возмещением пластических и энергетических веществ, израсходованных в процессе жизнедеятельности [1, 2, 3, 4].

Научные предложения по итогам этих исследований «исходят из одной какой-либо стороны жизнедеятельности» [5] без учета многообразия регулирующих систем, их дублирования и модификации в организме животных.

Основной обмен – это первый и необходимый уровень затрат, который обеспечивает образование энергии в виде тепла, нервного импульса и работы в форме сокращения мышечной ткани. Только при наличии тепловой энергии возможна работа ферментов, гормонов, сенсорных и иммунных систем. Электрический импульс обеспечивает передачу сигналов внутри организма, а сократительная деятельность мышц – работу сердца и других сервисных органов.

На основной обмен затрачивается от 20 до 31% обменной энергии [6]. Метаболизм, синтез и распад органических веществ, освобождение, поглощение, в конечном итоге, расход энергии в организме идет постоянно.

Все клетки от мускулатуры и печени, потребляющие более 70% всей энергии, до скелета, на долю которого приходится, 1,5% расхода энергии, дают суммирующий показатель тепла,

который стимулирует или останавливает поступление пищи. Тепловое состояние организма – это наиболее универсальный и быстрый сигнал о динамике энергопотребления.

Использование показателей обменной энергии для характеристики кормов и норм кормления животных позволяет полноценно оценить расходы кормов для производства продуктов питания, а также составляет научную базу для оптимизации этих расходов.

В этом же плане формируется необходимость определения племенных и продуктивных качеств животных по их индивидуальным способностям усваивать питательные вещества, которые составляют от 35 до 45% себестоимости молока, мяса, яиц и др.

Теоретическое и практическое значение оценки энергоэффективности производства продуктов питания и уровень референсных значений определяют актуальность проведенных исследований.

Объекты и методы исследований

В настоящей работе представлены результаты статистической оценки взаимного влияния фундаментальных структур на изменчивость эффективности основного обмена, пищевой активности и секреторной деятельности молочной железы.

Фундаментальность определялась по наличию цитоморфологических структур, на базе которых развивается изучаемая функция, и вероятности наследственной передачи. Учитывалась возможность количественной оценки функции в единицах системы СИ.

Изучена энергоэффективность основного обмена как управляющей подсистемы (аргу-

Таблица 1

Состояние, изменчивость и взаимосвязь признаков

№ п/п	Признак	Ед. Изм.	M±m	δ	Lim	Связь с продуктивностью	
						τ	R
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Обменная энергия	МДж.	152±17	42	76-180	-	-
2	Основной обмен (ОО)	МДж.	33,2±1,6	3,1	33-41	0,31	0,32
3	ОО на кг живой массы	кДж.	61±0,7	1,6	56-65	- 0,37	- 0,74
4	ОО на кг молока	МДж.	2,8±0,01	0,04	2-10	-	-
5	Время ассимиляции одного МДж ОО	Мин.	36,4±1,9	6,1	32-61	- 0,174	- 0,175
6	Ассимилировано энергии ОО за мин.	кДж.	28,0±1,2	3,8	20-33	0,51	0,86

мент) и ее влияние на спонтанно проявляющийся жвачный процесс и молочную продуктивность (управляемые функции), в функционально – целостном организме.

Основной обмен, в терминологии Броуди «базовый метаболизм», изучался по методике М. Кляйбера, $M = 70x M^{0,75}$, жвачный процесс - методом круглосуточного хронометрирования, с учетом начала, окончания, продолжительности процесса и интервалов между отдельными проявлениями этой реакции, молочная продуктивность на основании учета среднесуточного удода.

Методом случайного бесповторного отбора на дату исследования всех лактирующих пар «мать – дочь» была сформирована опытная группа животных. В исследовании реализовано сближение (конвергенция) биохимии, этологии, зоотехнии.

Результаты исследований

Различная норма реакции ферментов на внутренние регулирующие системы, наличие изоферментов, кофакторов, ингибиторов и др. формируют индивидуальную реактивность животных.

На один кг массы они расходуют неодинаковое количество энергии основного обмена, у них разная продолжительность ассимиляции и скорость усвоения одного МДж энергии [7].

Внешнее, природное выражение эти различия проявляют в регулярно повторяющихся актах пищевого поведения и динамике молочной продуктивности. Эти три ведущие подсистемы обеспечивают жизнедеятельность и полезность домашних животных, а также их индивидуальное различие.

Физиологическая функция внутриклеточного обмена, поведение и секреция молока – это результат деятельности разных морфологи-

ческих структур, но они неразрывно взаимосвязаны в системе целостного организма.

При этом управляющей подсистемой (аргументом) является внутриклеточный обмен, трофическая и энергетическая функция которого обеспечивает пищевую активность и секреторную работу молочной железы.

В таблице 1 приводятся результаты изучения затрат обменной энергии, эффективности ее использования в реакциях внутриклеточного обмена и его влияние на динамику молочной продуктивности.

В среднем на основной обмен затрачивается 33,2± 1,6 МДж, или 24% обменной энергии, при вероятности соответствия изучаемой выборки генеральной совокупности, $\beta = 0,95$.

На один кг живой массы затрачивается 61 ± 1,6 кДж энергии основного обмена при невысокой изменчивости признака, менее 3%.

При производстве одного кг молока затрачивается 11,6 МДж обменной энергии, или на одну ккал питательной ценности молока расходуется 4,8 ккал обменной и 9,2 ккал валовой энергии органических веществ.

Для обеспечения синтеза одного кг молочной продукции используется 2,8 МДж, или 668 ккал энергии основного обмена. При средней калорийности кг молока 580 ккал можно предположить, что 80 ккал, или 0,33 МДж, расходуется на обеспечение реакции внутриклеточного обмена, что составляет 11,7%, по Надальяку [13] до 15%.

Время усвоения одного МДж обменной энергии, которое измеряется продолжительностью интервала между жвачными процессами, составляет 36,4 ± 1,9 мин при $\delta = 6,1$. За одну минуту ассимилируется 28,0 ± 1,2 кДж энергии основного обмена.

Между затратами энергии на обеспече-

Энергоэффективность обменных процессов матерей и их дочерей

Показатель	Ед. изм.	Матери		Дочери		Связь и влияние				
		M±m	δ	M±m	δ	±	τ _c	τ	τ ²	R
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Основной обмен (ОО)	МДж	35,1±1,6	3,5	31,4±2,1	4,8	+3,6	1,00	0,84	0,70	0,27
ОО на кг живой массы	кДж	57,0±0,6	1,4	72,0±0,8	1,8	-5,0	0,92	0,86	0,73	0,57
Время ассим. МДж ОО	мин	34±1,6	3,5	39±3,4	7,6	-5,0	0,86	0,62	0,38	0,28
Ассимилировано ОО за минуту	кДж	29,6±1,2	2,7	26,4±1,9	4,1	+3,2	0,86	0,78	0,60	1,10
Среднесут. удой	кг	11,8±3,7	8,8	14,2±3,6	8,1	-2,4	0,84	0,49	0,24	0,44

ние основного обмена в течение суток и величиной среднесуточного удоя установлена низкая корреляционная связь при $\tau = 0,31$ и $R = 0,32$. Повышение расхода энергии на внутриклеточный обмен оказывает незначительное влияние на рост молочной продуктивности, что объясняется его удельным снижением у более тяжеловесных животных.

При изучении удельных показателей основного обмена на 1 кг живой массы установлена отрицательная корреляционная зависимость, $\tau = -0,37$, $R = -0,74$.

Энергия неиспользования в процессах внутриклеточного обмена может быть утилизирована при теплоотдаче и синтезе продукции, что повышает интенсивность внутриклеточного обмена, и эффективность энергопотребления.

У коров с повышенной продуктивностью быстрее возникает побуждение к приему корма, у них короче интервалы между жвачными процессами, они также больше ассимилируют энергии за одну минуту $\tau = 0,51$, $R = 0,86$ и $\tau^2 = 0,26$.

Динамики изменчивости пищевой активности и молочной продуктивности на 20 – 26% определяется эффективностью внутриклеточного обмена.

Случайный бесповторный отбор опытных групп обеспечил необходимую репрезентативность исследования с вероятностью прогноза $\beta = 0,95 - 0,99$.

Наследственность, так же как и наличие определенных морфологических структур, обеспечивающих функции обмена веществ, поведение и секрецию молока является необходимым условием их фундаментальности.

По показателям основного обмена и скорости ассимиляции группы матерей и дочерей достоверно не различаются. Достаточно высокая степень различия установлена для расхода основного обмена на кг живой массы, $\beta = 0,95$, что объясняется увеличением обменных затрат

у молодых дочерей на рост тканей в период первой лактации табл. 2.

Значительное сходство обменных процессов матерей и дочерей установлено по расположению рангов, для общих показателей основного обмена ранги «мать – дочь» совпадают на 100%, для удельных на 92%. Меньшая идентичность расположения рангов установлена для результатов удоя матерей и их дочерей - 84%. Понятно, что энергоэффективность обменных процессов у дочерей в той или иной степени зависит от структур, унаследованных от матерей. Эти внутренние, наследственные факторы родителей являются управляющим аргументом для формирования функции обмена веществ у потомков. Отношение между аргументом и функцией определяется коэффициентом корреляции в квадрате, τ^2 или детерминантой.

По уже известному состоянию эффективности основного обмена матерей определяется возможное развитие признаков у потомства по уравнению показательной функции, $y = ax^n$: [8].

Для общих показателей основного обмена $P_2 = aP_1^{0,70}$, для удельных - $P_2 = aP_1^{0,73}$; (P_2 - использование обменной энергии у дочерей; P_1 - у матерей в степени наследственной детерминанты; a - коэффициент, определяемый по расходу обменной энергии на молочную продуктивность и прирост массы для коров 1-2 лактации, в нашем случае он равен 2,8 и 3,5).

Общий основной обмен $P_2 = 2,8 \times 35,1^{0,70} = 31,4$ МДж; удельный $P_2 = 3,2 \times 57^{0,73} = 72$ кДж.

Теоретически рассчитанная фенотипическая величина основного обмена дочерей совпадает с экспериментальной, 31,4 МДж, из них 12,0 МДж, или 34,2%, определяется наследственными факторами, для удельных показателей генетическая вариация составляет 23 кДж, или 31,9%. Метод расчета генетических влияний по коэффициенту наследуемости, как удвоенному коэффициенту корреляции, в этом исследовании не приемлем.

Что касается молочной продуктивности, то низкие показатели ранговой и пирсоновской корреляции, а также уровень детерминанты – 0,24 практически исключают в данном случае наличие существенных наследственных связей между матерями и дочерьми. Генетическая вариация составляет 2,8 кг, или 23% от удоя матерей, что меньше возможной ошибки, т.е. влияние не существенно.

Выводы

Вопросы энергоэффективности производства продуктов животноводства в начальный период изучения оценивались по хозяйственным показателям расхода кормов на валовую продукцию. Так, А. Ружевский [9] отмечает, что в лучших хозяйствах черно-пестрой породой на 100 кг молока расходуется от 94,3 кг до 118,7 кг корм. ед.

Было установлено, что наследуемость оплаты корма для молока составляет 0,20 – 0,48, для прироста 0,39 [10]. В 1963 году ВАСХНИЛ установила новую систему оценки норм кормления - в обменной энергии. Значительный вклад в изучение энергоэффективности продуктивного животноводства внесли работы А.П. Калашникова [11]. Однако эти и другие предлагаемые методы [12, 13, 14] не нашли отражения в нормативных документах по племенной и рыночной оценке продуктивных животных.

Изучаемые жизненные процессы; внутриклеточный обмен, пищевая активность и продуктивные качества – это функции природных цитоморфологических структур организма, в соответствии с нормой реакции генотипа которых формируется индивидуальная способность животных ассимилировать обменную энергию корма.

При наследственной передаче структурных различий обеспечивается функциональная преемственность процессов между поколениями.

Состояние изучаемых подсистем родителей является показательной, ожидаемой нормой реакции для потомства, определяемой в соответствии с уравнением $y = a x^n$, где y – ожидаемый признак у потомства, x – развитие признака у родителей в степени детерминанты, a – коэффициент, характеризующий расход энергии на молочную продуктивность.

Ферментативные процессы внутриклеточного обмена (гликолиз, пентозофосфатный путь, биологическое окисление) являются основными в энергетическом и пластическом обеспечении организма. Это управляющий уровень для ин-

тенсивности пищевого поведения и формирования продуктивности.

Включение биологических факторов энергоэффективности производства продуктов животноводства в оценочные селекционные показатели позволит ускорить процессы наследственного улучшения.

Оценка продуктивных качеств коров по величине удоя, содержанию жира, интенсивности доения и др., что связано с индивидуально полезными свойствами домашних животных, – это, безусловно, важное и необходимое мероприятие. Однако эти признаки обеспечиваются энергетическими и пластическими ресурсами организма в последнюю очередь, они очень зависимы от внешних условий, а наследственная изменчивость их величины у потомков не достаточно зависит от наследственности родителей.

В первом приближении за основу усовершенствования инструкций по бонитировке можно использовать постановление ВАСХНИЛ от 1983 года и основательные исследования ВИЖ по кормлению животных.

Такие предложения, как расход обменной энергии на живую массу и продуктивность, время и скорость усвоения энергии и др. могут найти применение в новых рекомендациях.

Библиографический список

1. Павлов, И. П. Полное собрание сочинений. Том 1 – 3 / И. П. Павлов. – АН СССР, 1951. – 501с.
2. Kleiber, M. The Fire of Life. An Introduction to Animal Energetics / M. Kleiber. - New York, Wiley. 1961. - 454 pp.
3. Уголев, А. Пищевое поведение и регуляция гомеостаза / А.М. Уголев, В.Г. Кассиль // Сложные формы поведения.- Наука.: М -Л.,1965. –С. 41-58.
4. Шмидт – Ниельсен, К. Размеры животных: почему они так важны?: монография / К. Шмидт – Ниельсен. - М.: Мир, 1987. - 260 с.
5. Никитин, В.Н. Современные теории старения. в кн. Молекулярные и функциональные основы онтогенеза/ В.Н. Никитин.- М.: Медицина, 1970.- С 7-35.
6. Мохов, Б.П. Адаптация и продуктивность крупного рогатого скота различного экогенеза / Б.П. Мохов, А.А. Малышев, Е.П. Шабалина // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук.- 2012.- №1.- С. 40-41.
7. Мохов, Б.П. Использование обменной энергии у крупного рогатого скота разной продуктивности / Б.П. Мохов // Зоотехния.-2016.-

№3.- С.13-15.

8. Плохинский, Н.А. Регрессия. Показательные функции / Н.А. Плохинский // Биометрия / Н.А. Плохинский. - М.: Московский университет, 1970.-С. 210 – 273.

9. Ружевский, А.Б. Черно – пестрый скот: монография / А.Б. Ружевский.- М.: Сельхозгиз, 1959.- 336 с.

10. Кушнер, Х.Ф. Наследственность сельскохозяйственных животных: монография /Х.Ф. Кушнер.- М.:Агропромиздат, 1964.- 480 с.

11. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных /А.П. Калашников, Н.И. Клейменов [и др.]- М.: Агропромиздат, 1985.-351

с.

12. Шманенков, Н.А. Обмен веществ и энергии / Н.А. Шманенков, М.Д. Аитова // Физиология сельскохозяйственных животных / под ред. Н.А. Шманенкова.- Л.Наука, 1978.- С. 131 – 308.

13. Надальяк, Е. Энергетический обмен у сельскохозяйственных животных / Е. Надальяк, С. Стояновский // Физиология сельскохозяйственных животных / под ред. Н.А. Шманенкова. – Л.: Наука, 1978. – С. 255-280.

14. Мохов, Б.П. Селекция крупного рогатого скота на позитивный стереотип поведения / Б.П. Мохов // Доклады ВАСХНИЛ.- 1983.- №9.- С. 32-35

RESULTS OF SYSTEM ANALYSIS OF ENERGY EFFICIENCY OF CATTLE METABOLISM PROCESSES

Mokhov B.P.

**FSBEI HE Ulyanovsk SAA 432980, Ulyanovsk, Novy Venets Avenue, 1; tel.: 8 (8422) 44-30-62,
e-mail: moxov@mail.ru.**

Key words: metabolism energy, primary metabolism, productivity, structure and function.

The article represents results of analysis of animal nutrition system, based on the study of fundamental subsystems - cell metabolism, ruminant process and milk productivity. Influence of 'intracellular breathing' on nutrition behavior and animal productivity has been determined. Condition of the studied parent subsystems is representative expected reaction standard for their progeny, determined in accordance with equation of exponent function $y = ax^n$. It was suggested to use efficiency parameters when assessing brood and productive animal properties.

Bibliography

1. Pavlov, I. P. Complete set of works. Volume 1-3 / I. P. Pavlov. ASUSSR, 1951. – 501p.
2. Kleiber, M. The Fire of Life. An Introduction to Animal Energetics / M. Kleiber. - New York, Wiley. 1961. - 454 pp.
3. Ugolev, A. Nutrition behavior and homeostasis regulation / A.M. Ugolev, V.G. Kassil // Complex behaviors. – Nauka.: M-L. 1965. –pp. 41-58.
4. Shmidt – Nielsen, K. Animal sizes: why are they so important?: monograph / K. Shmidt – Nielsen. - Mir, 1987. - 260 p.
5. Nikitin, V.N. Modern theories of aging. In a book Molecular and functional basis of ontogeny / V.N. Nikitin. – M.: Medicine, 1970.- pp 7-35.
6. Mokhov, B.P. Adaptation and productivity of cattle of different ecogenesis / B.P. Mokhov, A.A. Malyshev, E.P. Shabalina // Reports of Russian academy of agricultural sciences.- 2012.- №1.- pp. 40-41.
7. Mokhov, B.P. Usage of metabolism energy of cattle of different productivity / B.P. Mokhov // Zootechnics.-2016.- №3.- pp.13-15.
8. Plokhinskiy, N.A. Regression. Exponent functions / N.A. Plokhinskiy // Biometrics / N.A. Plokhinskiy. – М.: Moscow university, 1970.-pp. 210 – 273.
9. Ruzhevskiy, A.B. Black – Spotted cattle: monograph / A.B. Ruzhevskiy. – М.: Selkhozgiz, 1959.- 336 p.
10. Kushner, K.F. Heredity of live-stock animals: monograph / K.F. Kushner. – М.: Agropromizdat, 1964.- 480 p.
11. Feed standards and rations of live-stock animals / A.P. Kalashnikov, N.I. Kleymenov [and oth.]- М.: Agropromizdat, 1985.-351 p.
12. Shmanenkov, N.A. Metabolism / N.A. Shmanenkov, M.D. Aitova // Physiology of live-stock animals / edited by N.A. Shmanenkov. – L. Nauka, 1978.- pp. 131 – 308.
13. Nadalyak, E. Energy metabolism of live-stock animals / E. Nadalyak, S. Stoyanovskiy // Physiology of live-stock animals / edited by N.A. Shmanenkov. – L. Nauka, 1978.- pp. 255-280.
14. Mokhov, B.P. Selection of cattle for positive behavior stereotype / B.P. Mokhov // Reports of AUAAS named after Lenin.- 1983.- №9.- pp. 32-35