

**А.В. Головин**

Федеральный исследовательский
центр животноводства – ВИЖ
им. академика Л.К. Эрнста,
пос. Дубровицы, Московская обл.,
Россия

✉ alexgol2010@mail.ru

Поступила в редакцию: 15.11.2024

Одобрена после рецензирования: 10.02.2025

Принята к публикации: 24.02.2025

© Головин А.В.

Research article



Open access

Alexander V. Golovin

L.K. Ernst Federal Research Center for
Animal Husbandry, Dubrovitsy, Moscow
region, Russia

✉ alexgol2010@mail.ru

Received by the editorial office: 15.11.2024

Accepted in revised: 10.02.2025

Accepted for publication: 24.02.2025

© A.V. Golovin

Эффективность применения кальциевых солей жирных кислот при оптимизации энергетического питания молочных коров

РЕЗЮМЕ

Результаты исследований, полученные по итогам эксперимента, проведенного на трех группах коров голштинской породы ($n = 10$), свидетельствуют о положительном эффекте от повышения концентрации ОЭ в период раздоя (с 31-го по 120-й день) с 11,00 в контрольной группе до 11,22 и 11,44 МДж в 1 кг сухого вещества и сырого жира с 3,9% до 4,7% и 5,5% при скармливании к основному рациону коров I и II опытных групп по 0,25 и 0,5 кг/гол/сут защищенного жира в виде растительных кальциевых солей жирных кислот (КСЖК), который проявился в увеличении за 3 месяца лактации удоя на 277,7 кг и 365,1 кг ($p \leq 0,05$) и выхода жира, соответственно, на 10,9 кг ($p \leq 0,05$) и 15,5 кг ($p \leq 0,01$). Полученный результат был подкреплен исследованиями по определению переваримости питательных веществ, которые показали, что применение КСЖК для повышения энергетической обеспеченности рациона коров опытных групп оказало положительный эффект на увеличение переваримости сырого жира на 1,4 и 2,8 абс. % ($p \leq 0,05$), на фоне некоторого улучшения переваримости органических веществ на 0,7 и 1,8 абс. % ($p \leq 0,1$). Оптимизация показателей энергетического питания высокоудойных коров в начале лактации при использовании КСЖК позитивно отразилась на себестоимости 1 ц молока, которая снизилась по отношению к контролю на 43,1 руб. и 33,6 руб., на фоне получения дополнительного дохода на одну голову в размере 4344,6 руб. и 4854,7 руб.

Ключевые слова: кормление коров, кальциевые соли жирных кислот, переваримость питательных веществ, молочная продуктивность, экономическая эффективность.

Для цитирования: Головин А.В. Эффективность применения кальциевых солей жирных кислот при оптимизации энергетического питания молочных коров. *Аграрная наука*. 2025; 392(03): 76–82.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-392-03-76-82>

Efficiency of using calcium salts of fatty acids in optimizing energy nutrition of dairy cows

ABSTRACT

The research results obtained from an experiment conducted on three groups of Holstein cows ($n = 10$) indicate a positive effect from an increase in the concentration of OE during the milking period (from day 31 to 120) from 11.00 in the control group to 11.22 and 11.44 MJ per 1 kg of dry matter and raw fat from 3.9% to 4.7% and 5.5% when fed to the main diet of cows of the I and II experimental groups of 0.25 and 0.5 kg/head/day of protected fat in the form of vegetable calcium salts of fatty acids, which manifested itself in an increase in milk yield over 3 months of lactation by 277.7 kg and 365.1 kg ($p < 0.05$) and fat yield, respectively, by 10.9 kg ($p < 0.05$) and 15.5 kg ($p < 0.01$).

Optimization of energy nutrition indicators for high-yielding cows at the beginning of lactation using CCFA had a positive effect on the cost of 1 centner of milk, which decreased in relation to the control by 43.1 and 33.6 rubles, against the background of receiving additional income per head in the amount of 4344.6 and 4854.7 rubles..

Key words: feeding of cows, calcium salts of fatty acids, nutrient digestibility, milk production, economic efficiency

For citation: Golovin A.V. Efficiency of using calcium salts of fatty acids in optimizing energy nutrition of dairy cows. *Agrarian science*. 2025; 392(03): 76–82 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-392-03-76-82>

Введение/Introduction

Высокопродуктивные лактирующие коровы в течение первых 3–4 месяцев лактации с целью покрытия потребностей в энергии вынуждены использовать собственные запасы жировой ткани до 1/3 от потребности в ней, что может приводить к снижению живой массы, ожирению печени и накоплению недоокисленных метаболитов, вызывая различные нарушения обмена веществ и угнетение воспроизводительной функции животных [1].

Для компенсации энергетических затрат новотельных коров, связанных с высоким уровнем продуцирования молока, на фоне умеренного использования зерновых концентрированных кормов и с целью профилактики проявлений ацидоза, в рационах молочного скота возможно применять различные липидсодержащие концентраты, так как липиды являются наиболее энергоемкими кормовыми средствами, превосходящими по энергетической ценности углеводы и белки [2, 3].

Однако растительные жиры отличаются высоким содержанием ненасыщенных жирных кислот и могут оказывать детергентное воздействие на клеточную стенку бактерий преджелудков, разрушая ее, что отрицательно сказывается на переваривании клетчатки, поэтому в питании молочного скота предпочтительнее использовать защищенные жиры, которые не расщепляются в преджелудках, но когда они попадают в кислую среду сычуга (рН 2,5), то гидролизуются и всасываются в тонком кишечнике [4–9].

Для нивелирования нежелательного влияния растительных жиров на микрофлору преджелудков используют различные технологические приемы по «защите» жиров. Наиболее эффективными из них являются физические, применяемые при фракционировании жирных кислот с целью их разделения на ненасыщенную фракцию и насыщенную, отличающуюся высокой точкой плавления, а также при гидрогенизации ненасыщенных жирных кислот атомами водорода с помощью искусственного насыщения, и химические, применяемые с целью получения кальциевых солей жирных кислот из их свободных форм [10–13].

В результате полученных данных по включению защищенных растительных жиров в виде кальциевых солей жирных кислот, различных производителей в рационы молочных коров подавляющее большинство исследователей [14–17] пришли к мнению о высокой эффективности их использования в кормлении высокопродуктивных молочных коров, особенно в первую треть лактации, которая проявляется в увеличении молочной продуктивности в диапазоне 6–17%, в зависимости от нормы скармливания. Этот тип

жиров сочетает в себе защищенность в рубце, высокую усвояемость в тонком отделе кишечника и положительным образом влияет на воспроизводительную способность коров.

Свободная (или связанная) форма (триглицериды, кальциевые соли) жировой добавки, степень насыщения и состав ее жирных кислот значительно влияют на усвояемость жира и других питательных веществ, а также на энергетическую ценность рациона и продуктивную реакцию лактирующих коров, при этом в ряде исследований установлено [18–20], что форма, а не состав жировых добавок в большей степени влияет на усвояемость жирных кислот, в то время как профиль жирных кислот с преобладающим содержанием пальмитиновой кислоты преимущественно оказывает влияние на распределение энергии из стороны продуцирования молока.

Учитывая вышеизложенное, следует отметить неоднозначные результаты, полученные по итогам исследований некоторых авторов [21–23] по влиянию инертных жиров, произведенных из растительного сырья различными способами, на усвояемость питательных веществ (и в первую очередь сырого жира), продуктивность и качественные характеристики молока, экономическую окупаемость применения инертных жиров в рационах молочного скота.

Цель исследований — установление эффективности раздоя высокопродуктивных коров при использовании в кормлении инертного растительного жира, произведенного в виде кальциевых солей жирных кислот для увеличения энергетической плотности рациона.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Научно-хозяйственный опыт проводился в ООО «АПК «Вохринка»» (г. о. Раменское, Московская обл.) на коровах голштинской породы с удоем 10 тыс. кг молока по предыдущей лактации в зимне-стойловый период 2024 года при привязном содержании.

Для эксперимента отобрали три группы новотельных коров по 10 голов. Подбор животных осуществлялся по принципу пар-аналогов. Учетный период эксперимента составил 90 дней (с 31-го по 120-й день лактации).

Обращение с животными подопытных групп в ходе исследования в производственных условиях осуществлялось с соблюдением требований ГОСТ 33215-2014¹. Обращение с подопытными животными соответствовало European Convention for the Protection of Vertebrate Animals used for Experimental and Other Scientific Purposes².

В течение опыта животным экспериментальных групп скармливали одинаковый основной

¹ ГОСТ 33215-2014 Руководство по содержанию и уходу за лабораторными животными. Правила оборудования помещений и организации процедур.

² European Convention for the protection of vertebrate animals used for experimental and other scientific purposes. Official Journal L 222. 1999; 0031–0037.

рацион³, раздаваемый в виде кормовой смеси, включающей объемистые и концентрированные корма, а также дополнительной дачи концентрированных кормов, в соответствии с нормами потребностей в питательных веществах для лактирующих коров с аналогичным уровнем молочной продуктивности.

Различия в кормлении животных подопытных групп состояли в том, что коровы I и II опытных групп дополнительно к рациону индивидуально получали защищенную жировую добавку (Calci Feed Max, «Эфо», Россия) в виде кальциевых солей жирных кислот (КСЖК), содержащую не менее 32,0 МДж обменной энергии, из расчета 0,25 кг и 0,5 кг/гол/сут, что позволило увеличить концентрацию обменной энергии (КОЭ) в сухом веществе рационов, соответственно, на 2% и 4%.

В таблице 1 представлены результаты исследования физико-химических показателей и жирнокислотного состава испытуемой жировой добавки, проведенного в лаборатории молочного животноводства (ООО «Бирюч», Белгородская обл., Россия)⁴.

При проведении опыта осуществляли ежедневный групповой учет потребления кормов в течение двух смежных суток. Молочную продуктивность учитывали по показаниям индивидуальных доений животных опытных групп дважды в месяц с определением содержания в молоке жира и белка на инфракрасном анализаторе Fossomatic™ 7 DC (Дания) в отделе популяционной генетики и генетических основ разведения животных ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста.

Содержание основных питательных веществ в рационах лакирующих коров определяли в соответствии с химическим составом показателей кормов, который осуществляли по методам зоотехнического анализа: сухое вещество — по ГОСТ Р 31640⁵; сырой протеин — по ГОСТ 32044.1⁶; сырую клетчатку — по ГОСТ ISO 6865⁷; сырой жир — по ГОСТ 32905⁸; легкопереваримые углеводы (сахар, крахмал) — по ГОСТ 26176⁹; сырую золу — по ГОСТ 32933¹⁰; кальций — по ГОСТ 32904¹¹; фосфор — по ГОСТ Р 51420¹².

Степень распадаемости сырого протеина в кормах определяли по внутренней методике с использованием «искусственного рубца» после 12-часовой инкубации, содержание лизина и

Таблица 1. Химический и жирнокислотный состав жировой добавки

Table 1. Chemical and fatty acid composition of fat additive

Показатель	Результат исследования	НД на метод испытания
<i>Физико-химические показатели</i>		
Массовая доля влаги, %	3,37	ГОСТ Р 50456-92
Массовая доля жира, %	84,24	ГОСТ 32905-2014
Массовая доля сырой золы (общей), %	12,39 ± 0,10	ГОСТ 13979.6, п. 2-69
Массовая доля кальция, %	7,58 ± 0,65	ГОСТ 26570, п. 2-95
Температура плавления, °С	118,4	прибор Mettler Toledo
Йодное число, мг I ₂ /100 г	50,60	ГОСТ ИСО 3961-2020
<i>Содержание жирных кислот, %</i>		
Каприловая кислота C _{8:0}	0,55	ГОСТ ISO/TC 17764-2-2015
Каприновая кислота C _{10:0}	0,34	
Лауриновая кислота C _{12:0}	4,24	—
Миристиновая кислота C _{14:0}	2,10	—
Пальмитиновая кислота C _{16:0}	39,51	—
Стеариновая кислота C _{18:0}	8,20	—
Олеиновая кислота C _{18:1}	30,18	--
Линолевая кислота C _{18:2}	12,92	—
Арахидиновая кислота C _{20:0}	0,34	ГОСТ ISO/TC 17764-2-2015
Арахидоновая кислота C _{20:4}	1,66	

метионина в кормах — по методике выполнения измерений массовой доли аминокислот методом высокоэффективной жидкостной хроматографии М-02-902-142-07¹³.

Исследования по изучению переваримости питательных веществ рационов провели с использованием метода инертных индикаторов¹⁴ на 4-м месяце лактации на трех коровах из каждой подопытной группы. По результатам этого эксперимента определили энергетическую ценность рационов и переваримость протеина кормов.

По завершении научно-хозяйственного опыта и в соответствии с Методикой экономических исследований в агропромышленном производстве¹⁵ определили экономическую эффективность использования защищенной жировой добавки в виде КСЖК в молочном животноводстве.

Полученный по результатам исследований цифровой материал был подвергнут статистической обработке с использованием t-критерия Стьюдента, достоверными считали различия при

³ Некрасов Р.В., Головин А.В., Махаев Е.А. (ред.). Нормы потребностей молочного скота и свиней в питательных веществах. Монография. М.: Российская академия наук. 2018; 290.

⁴ <https://biruch.ru/#hi-bio-mobile-slide>

⁵ ГОСТ Р 31640-2012 Корма. Методы определения содержания сухого вещества.

⁶ ГОСТ 32044.1-2012 Корма, комбикорма, кормовое сырье. Определение массовой доли азота и вычисление массовой доли сырого протеина.

⁷ ГОСТ ISO 6865-2015 Корма для животных. Метод определения содержания сырой клетчатки.

⁸ ГОСТ 32905-2014 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения содержания сырого жира.

⁹ ГОСТ 26176-2019. Корма, комбикорма. Методы определения растворимых и легкогидролизуемых углеводов.

¹⁰ ГОСТ 32933-2014 Корма, комбикорма. Методы определения содержания сырой золы.

¹¹ ГОСТ 32904-2014 Корма, комбикорма. Методы определения содержания титриметрическим методом.

¹² ГОСТ Р 51420-99 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Спектрометрический метод определения массовой доли фосфора.

¹³ Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методика выполнения измерений массовой доли аминокислот методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. М-02-902-142-07 [электронный ресурс].

¹⁴ Рядчиков В.Г. Основы питания и кормления сельскохозяйственных животных: учебно-практическое пособие / В.Г. Рядчиков. Краснодар: КубГАУ. 2012; 328.

¹⁵ Боев В.Р. Методы экономических исследований в агропромышленном производстве / В.Р. Боев, А.А. Шутьков, А.Ф. Серков // Под ред. В.Р. Боева. М.: РАСХН. 1999; 260.

$p \leq 0,05$ и $p \leq 0,01$, при $p \leq 0,1$, а $p \geq 0,05$ — тенденция к достоверности полученных данных.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Как видно из цифрового материала (табл. 2), коровы из опытных групп потребляли на 0,2 кг и 0,4 кг больше СВ в соответствии с количеством скармливаемого жира (0,25 и 0,5 кг/гол/сут) и мела кормового, который задавался животным подопытных групп из расчета 0,15 (контроль), 0,10 и 0,05 кг/гол/сут с целью балансирования рационов по содержанию кальция.

Наряду с этим содержание сырого жира в СВ рационов коров подопытных групп различалось в межгрупповом аспекте в соответствии с количеством скармливаемых животным опытных групп КСЖК и составляло 3,9%, 4,7% и 5,5% при энергетической обеспеченности, равной 11,0, 11,22 и 11,44 МДж/кг, то есть КОЭ/СВ в I и II опытных группах превышала, соответственно, контроль на 2% и 4%.

Учет индивидуального потребления кормов рациона животными подопытных групп, анализ химического состава кормов и кала, а также данные по содержанию индикатора (хрома) в СВ рационов и кале коров позволили определить количество и переваримость питательных веществ, которую выразили в процентах (рис. 1).

Анализ результатов исследований по определению переваримости питательных веществ кормов показал, что применение КСЖК в кормлении коров в дозе 0,25 и 0,5 кг/гол/сут для повышения энергетической обеспеченности рациона оказало положительный эффект на увеличение переваримости сырого жира в I и II опытных группах на 1,4 и 2,8 абс. % ($p \leq 0,05$) на фоне некоторого улучшения переваримости органических веществ на 0,7 и 1,8 абс. % ($p \leq 0,1$) по сравнению с контролем.

Из таблицы 3 видно, что использование КСЖК в составе рациона с целью оптимизации энергетического питания оказало позитивное влияние на валовой удой молока натуральной жирности, который у коров опытных групп за 90 дней эксперимента превосходил контроль на 277,7–365,1 кг, или на 7,8–10,2% ($p \leq 0,05$).

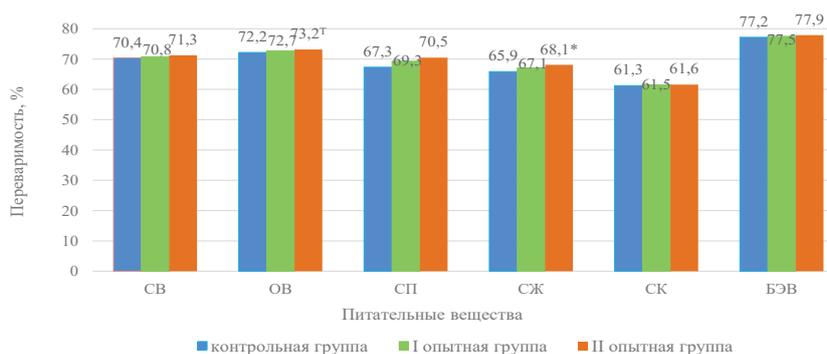
Включение в рацион коров I и II опытных групп различного количества КСЖК понизило массовую долю жира в молоке коров на 0,07 абс. % за период опыта, однако позволило увеличить среднесуточный удой молока 4%-ной жирности у коров из этих групп на 2,70 кг и 3,86 кг, или на 6,1% ($p \leq 0,05$) и 8,7% ($p \leq 0,01$), по сравнению с контрольной группой.

Таблица 2. Перечень кормов и питательность рационов коров

Table 2. List of feeds and nutritional value of cow rations

Состав рациона, кг	Группа		
	контрольная	I опытная	II опытная
Сено многолетних злаков	1,0	1,0	1,0
Сенаж многолетних трав	10,2	10,2	10,2
Сенаж однолетних трав	7,3	7,3	7,3
Силос кукурузный	21,5	21,5	21,5
Патока кормовая	1,0	1,0	1,0
Свекловичный жом	1,0	1,0	1,0
Углеводный пребиотический корм	1,0	1,0	1,0
Комбикорм для новотельных коров	7,0	7,0	7,0
Комбикорм для дойных коров	4,0	4,0	4,0
Кукуруза дробленая	1,0	1,0	1,0
Жмых рапсовый	0,7	0,7	0,7
Мел кормовой	0,15	0,10	0,05
Сода пищевая	0,15	0,15	0,15
Целлобактерин	0,05	0,05	0,05
КСЖК	–	0,25	0,50
<i>В рационе содержатся:</i>			
Обменная энергия, МДж	270,6	278,2	285,9
Сухое вещество, кг	24,6	24,8	25,0
КОЭ в СВ, МДж/кг	11,00	11,22	11,44
Сырой протеин, г	4304,5	4304,5	4304,5
Распадаемый протеин, г	2682,0	2682,0	2682,0
Нераспадаемый протеин, г	1622,5	1622,5	1622,5
Переваримый протеин, г	3094,9	3120,8	3138,0
Лизин, г	168,5	168,5	168,5
Метионин, г	91,6	91,6	91,6
Сырая клетчатка, г	4163,4	4163,4	4163,4
Крахмал, г	5429,4	5429,4	5429,4
Сахар, г	1638,4	1638,4	1638,4
Сырой жир, г	960,4	1171,0	1381,6
Кальций, г	196,4	196,8	197,3
Фосфор, г	126,2	126,2	126,2

Рис. 1. Переваримость питательных веществ, %
Fig. 1. Digestibility of nutrients, %



Примечание: различия статистически достоверны при значениях: *) $p \leq 0,05$. Тенденция к достоверности статистических различий: т) $p \leq 0,1$.

В то же время из диаграммы (рис. 2) видно, что более интенсивный раздой коров I и II опытных групп способствовал росту продукции молочного жира на 10,9 кг и 15,5 кг, или на 6,1% ($p \leq 0,05$) и 8,7% ($p \leq 0,01$), по сравнению с контролем при установленной тенденции к достоверности в увеличении продукции молочного белка на 6,1–8,4% ($p \leq 0,1$).

С целью оценки зоотехнической эффективности производства молока при применении КСЖК в кормлении молочных коров для оптимизации энергетического питания в период раздоя рассчитали затраты кормов, которые показали, что коровы из опытных групп на продуцирование 1 кг молока 4%-ной жирности затрачивали меньше кормов (ОЭ) на 3,3% по сравнению с контролем.

По результатам проведения научно-хозяйственного опыта была рассчитана экономическая эффективность производства молока при оптимизации энергетического питания высокоудойных коров в период раздоя с применением КСЖК в составе рациона (табл. 4).

Включение КСЖК в рацион животных опытных групп в период раздоя повысило на 2556,0 руб. и 5112,0 руб. стоимость скормленных за 90 дней эксперимента кормов. Наряду с этим в группах коров с увеличенной концентрацией сырого жира до 4,7% и 5,5% в СВ рациона были выше и другие статьи расходов на производство молока в результате более высокой молочной продуктивности. В связи с этим количество затраченных средств на производство молока базисной жирности в опытных группах превосходило контроль на 10278,3 руб. и 9680,6 руб., в итоге было получено снижение себестоимости 1 ц молока на 43,1 руб. и 33,6 руб.

Таблица 3. Результаты учета удоя коров подопытных групп, показателей качества молока и затрат кормов

Table 3. Results of milk yield accounting of cows in experimental groups, milk quality indicators and feed costs

Показатель	Группа (n = 10)		
	контрольная	I опытная	II опытная
Удой молока натуральной жирности за 90 дней опыта, кг	3569,2 ± 89,5	3846,9 ± 97,0 [*]	3934,3 ± 106,6 [*]
Суточный удой натурального молока, кг	39,66 ± 0,99	42,74 ± 1,08 [*]	43,71 ± 1,18 [*]
Содержание в молоке жира, %	4,50 ± 0,12	4,43 ± 0,09	4,43 ± 0,07
Содержание в молоке белка, %	3,28 ± 0,08	3,23 ± 0,06	3,22 ± 0,05
Удой молока 4%-ной жирности, кг	4008,2 ± 79,1	4251,6 ± 78,3 [*]	4355,8 ± 86,2 ^{**}
Суточный удой молока 4% жирности, кг	44,54 ± 0,88	47,24 ± 0,87 [*]	48,40 ± 0,96 ^{**}
<i>На 1 кг молока 4%-ной жирности затрачено:</i>			
обменной энергии, МДж	6,1	5,9	5,9
сухого вещества, кг	0,55	0,53	0,52
концентрированных кормов, г	360	344	340

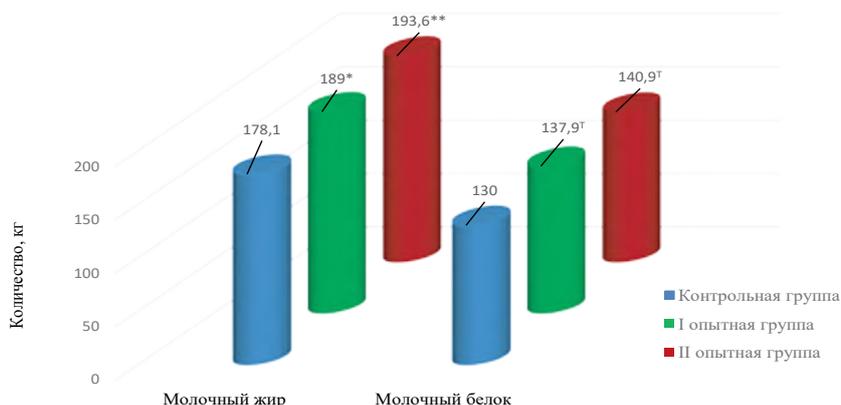
Примечание: различия статистически достоверны при значениях: ^{*}) $p \leq 0,05$; ^{**}) $p \leq 0,01$.

Таблица 4. Показатели экономической эффективности (на одну голову, руб.)

Table 4. Economic efficiency indicators (per 1 head, rub.)

Показатель	Группа		
	контрольная	I опытная	II опытная
Получено молока базисной жирности, ц	38,01	40,41	41,23
Цена реализации 1 ц молока, руб.	4200,0	4200,0	4200,0
Выручено средств от реализации молока, руб.	159 642,0	169 722,0	173 166,0
<i>Элементы затрат:</i>			
стоимость скормленной жировой добавки, руб.	–	2587,5	5175,0
стоимость рациона с КСЖК (± мел), руб.	72 091,3	74 647,3	77 203,3
ветеринарное обслуживание и осеменение, руб.	2421,5	2230,2	2051,3
другие расходы на производство молока, руб.	63 858,2	67 730,9	69 394,7
Общие затраты на производство, руб.	138 371,0	144 608,4	148 649,3
Себестоимость 1 ц молока, руб.	2934,1	2891,0	2900,5
Прибыль от реализации молока, руб.	36 121,0	40 465,6	40 975,7
Дополнительный доход в опытных группах, руб.	–	4344,6	4854,7

Рис. 2. Продукция молочного жира и белка, кг
Fig. 2. Production of milk fat and protein, kg



Примечание: различия статистически достоверны при значениях: ^{*}) $p \leq 0,05$; ^{**}) $p \leq 0,01$. Тенденция к достоверности статистических различий: [†]) $p \leq 0,1$.

Сумма денежных средств, вырученная от реализации молочной продукции в подопытных группах, существенно превышала затраты на производство молока, поэтому прибыль от реализации молочной продукции составила 36121,0–40975,7 руб., в опытных группах на 4344,6–4854,7 руб. превосходила контрольную группу, то есть доход в группе коров, получавших 0,5 кг/гол/сут КСЖК, был на 510,1 руб. выше.

Выводы/Conclusions

Оптимизация энергетического питания высокоудойных коров в период раздоя при повышении концентрации сырого жира в СВ рациона с 3,9% в контроле до 4,7% и 5,5% в I и II опытных группах за счет использования кальциевых солей жирных кислот (0,25 и 0,5 кг/гол/сут) положительным образом отразилась на динамике раздоя и прибавке в продуцировании молока, которая составила

7,8% и 10,2% ($p \leq 0,05$) за три месяца опыта, и более высоком выходе молочного жира и белка, соответственно, на 6,1% ($p \leq 0,05$), 8,7% ($p \leq 0,01$) и 6,1–8,4% ($p \leq 0,1$) при снижении затрат кормов (ОЭ) на 3,3%.

Исследования по определению переваримости питательных веществ показали, что применение КСЖК для повышения энергетической обеспеченности рациона коров опытных групп оказал положительный эффект на увеличение переваримости сырого жира на 1,4 и 2,8 абс. % ($p \leq 0,05$) на фоне некоторого улучшения переваримости органических веществ на 0,7 и 1,8 абс. % ($p \leq 0,1$).

Расчет экономических показателей показал высокую эффективность применения КСЖК с целью нормирования показателей энергетического питания высокоудойных коров в период раздоя, что отразилось на снижении себестоимости молока на 1,1–1,5% и получении дополнительной прибыли при его производстве.

Автор несет ответственность за работу и представленные данные.
Автор несет ответственность за плагиат.
Автор объявил об отсутствии конфликта интересов.

The author is responsible for the work and the submitted data.
The author is responsible for plagiarism.
The author declared no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена при финансовой поддержке фундаментальных научных исследований Минобрнауки РФ (регистрационный № ЕГИСУ НИР по теме ГЗ № 124020200032-4 на 2024 год).

FUNDING

The work was carried out with the financial support of fundamental scientific research of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation (registration No. EGISU research on the topic GZ No. 124020200032-4 for 2024).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Волгин В.И. (ред.). Оптимизация кормления высокопродуктивного молочного скота. СПб.: *Перспектив науки*. 2018; 359. ISBN 978-5-906109-83-5
<https://www.elibrary.ru/yhnhqzf>
2. Головин А.В., Некрасов Р.В., Харитонов Е.Л. Использование липидсодержащих энергетических концентратов различного происхождения в кормлении молочных коров. *Дубровицы: ВИЖ им. Л.К. Эрнста*. 2020; 120. ISBN 978-5-902483-59-5
<https://www.elibrary.ru/jlimhh>
3. Erickson P.S., Kalscheur K.F. Nutrition and feeding of dairy cattle. Bazer F.W., Cliff Lamb G., Wu G. (eds.). *Animal Agriculture: Sustainability, Challenges and Innovations*. Academic Press. 2020; 157–180.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817052-6.00009-4>
4. Головин А.В. Использование пальмовых жиров для повышения концентрации энергии в рационах молочных коров. *Молочное и мясное скотоводство*. 2016; (2): 32–36.
<https://www.elibrary.ru/vuabxt>
5. Погребняк В.А., Трубочанинова Н.С., Дуюн А.А. Влияние формы защищенных жиров на количественные и качественные показатели молока. *Молочное и мясное скотоводство*. 2020; (3): 27–31.
<https://doi.org/10.33943/MMS.2020.70.83.006>
6. Харитонов Е.Л., Панюшкин Д.Е. Кормовые и метаболические факторы формирования жирнокислотного состава молока у коров. *Проблемы биологии продуктивных животных*. 2016; (2): 76–106.
<https://www.elibrary.ru/waacbj>
7. Dorea J.R.R., Armentano L.E. Effects of common dietary fatty acids on milk yield and concentrations of fat and fatty acids in dairy cattle. *Animal Production Science*. 2017; 57(11): 2224–2236.
<https://doi.org/10.1071/AN17335>
8. Rico D.E., Ying Y., Harvatin K.J. Effect of a high-palmitic acid fat supplement on milk production and apparent total-tract digestibility in high- and low-milk yield dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2014; 97(6): 3739–3751.
<https://doi.org/10.3168/jds.2013-7341>
9. Toral P.G., Monahan F.J., Hervás G., Frutos P., Moloney A.P. Review: Modulating ruminal lipid metabolism to improve the fatty acid composition of meat and milk. Challenges and opportunities. *Animal*. 2018; 12(S2): s272–s281.
<https://doi.org/10.1017/S1751731118001994>

REFERENCES

1. Volgin V.I. (ed.). Optimization of feeding of highly productive dairy cattle. St. Petersburg: *Prospect nauki*. 2018; 359 (in Russian). ISBN 978-5-906109-83-5
<https://www.elibrary.ru/yhnhqzf>
2. Golovin A.V., Nekrasov R.V., Kharitonov E.L. Use of lipid-containing energy concentrates of various origins in feeding dairy cows. *Dubrovitsy: L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry*. 2020; 120 (in Russian). ISBN 978-5-902483-59-5
<https://www.elibrary.ru/jlimhh>
3. Erickson P.S., Kalscheur K.F. Nutrition and feeding of dairy cattle. Bazer F.W., Cliff Lamb G., Wu G. (eds.). *Animal Agriculture: Sustainability, Challenges and Innovations*. Academic Press. 2020; 157–180.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817052-6.00009-4>
4. Golovin A.V. Using the palm of fats to improve the energy concentration in the rations of dairy cows. *Dairy and beef cattle farming*. 2016; (2): 32–36 (in Russian).
<https://www.elibrary.ru/vuabxt>
5. Pogrebnyak V.A., Trubchaninova N.S., Duyun A.A. The impact of the form of protected fats on the quantitative and qualitative indexes of milk. *Dairy and beef cattle farming*. 2020; (3): 27–31 (in Russian).
<https://doi.org/10.33943/MMS.2020.70.83.006>
6. Kharitonov E.L., Panyushkin D.E. Feed and metabolic factors of the milk fatty acid composition in cows. *Problems of productive animal biology*. 2016; (2): 76–106 (in Russian).
<https://www.elibrary.ru/waacbj>
7. Dorea J.R.R., Armentano L.E. Effects of common dietary fatty acids on milk yield and concentrations of fat and fatty acids in dairy cattle. *Animal Production Science*. 2017; 57(11): 2224–2236.
<https://doi.org/10.1071/AN17335>
8. Rico D.E., Ying Y., Harvatin K.J. Effect of a high-palmitic acid fat supplement on milk production and apparent total-tract digestibility in high- and low-milk yield dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2014; 97(6): 3739–3751.
<https://doi.org/10.3168/jds.2013-7341>
9. Toral P.G., Monahan F.J., Hervás G., Frutos P., Moloney A.P. Review: Modulating ruminal lipid metabolism to improve the fatty acid composition of meat and milk. Challenges and opportunities. *Animal*. 2018; 12(S2): s272–s281.
<https://doi.org/10.1017/S1751731118001994>

10. Булгакова Д.А., Булгаков А.М., Жуков В.М., Понамарев Н.М., Гетманец В.Н., Мартынов В.А. Влияние типов защищенных жиров в кормлении высокопродуктивных коров на жирнокислотный состав молока. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2022; (7): 88–93. <https://doi.org/10.53083/1996-4277-2022-213-7-88-93>
11. Свирид А.И., Гамко Л.Н. Использование «защищенных» жиров в рационах высокопродуктивных коров. *Аграрная наука*. 2016; (8): 25–26. <https://www.elibrary.ru/wmwcer>
12. De Souza J., Lock A.L. Short communication: Comparison of a palmitic acid-enriched triglyceride supplement and calcium salts of palm fatty acids supplement on production responses of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2018; 101(4): 3110–3117. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13560>
13. Shepardson R.P., Harvatine K.J. Effects of fat supplements containing different levels of palmitic and stearic acid on milk production and fatty acid digestibility in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2021; 104(7): 7682–7695. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19665>
14. Абрамкова Н.В. Эффективность применения кормовой добавки «Мегалак» для лактирующих коров. *Вестник аграрной науки*. 2020; (1): 68–72. <https://doi.org/10.15217/issn2587-666X.2020.1.68>
15. Перова Н.А., Головин А.В. Эффективность применения защищенного растительного жира в кормлении молочных коров. *Ветеринария и кормление*. 2022; (1): 41–43. <https://doi.org/10.30917/ATT-VK-1814-9588-2022-1-9>
16. Саткеева А.Б., Шастунов С.В. Влияние «Мегалак» на молочную продуктивность коров. *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2018; (9): 156–159. <https://elibrary.ru/yshcbo>
17. De Souza J., Batistel F., Santos F.A.P. Effect of sources of calcium salts of fatty acids on production, nutrient digestibility, energy balance, and carryover effects of early lactation grazing dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2017; 100(2): 1072–1085. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11636>
18. Batistel F., de Souza J., Santos F.A.P. Corn grain-processing method interacts with calcium salts of palm fatty acids supplementation on milk production and energy balance of early-lactation cows grazing tropical pasture. *Journal of Dairy Science*. 2017; 100(7): 5343–5357. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12503>
19. Dos Santos Neto J.M., de Souza J., Lock A.L. Effects of calcium salts of palm fatty acids on nutrient digestibility and production responses of lactating dairy cows: A meta-analysis and meta-regression. *Journal of Dairy Science*. 2021; 104(9): 9752–9768. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19936>
20. Frank E., Livshitz L., Portnick Y., Kamer H., Alon T., Moallem U. The Effects of High-Fat Diets from Calcium Salts of Palm Oil on Milk Yields, Rumen Environment, and Digestibility of High-Yielding Dairy Cows Fed Low-Forage Diet. *Animals*. 2022; 12(16): 2081. <https://doi.org/10.3390/ani12162081>
21. Shpirer J., Livshits L., Kamer H., Alon T., Portnik Y., Moallem U. The form more than the fatty acid profile of fat supplements influences digestibility but not necessarily the production performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2023; 106(4): 2395–2407. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22190>
22. Shpirer J., Livshits L., Kamer H., Alon T., Portnik Y., Moallem U. Effects of the palmitic-to-oleic ratio in the form of calcium salts of fatty acids on the production and digestibility in high-yielding dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2024; 107(9): 6785–6796. <https://doi.org/10.3168/jds.2023-24382>
23. Stoffel C.M., Crump P.M., Armentano L.E. Effect of dietary fatty acid supplements, varying in fatty acid composition, on milk fat secretion in dairy cattle fed diets supplemented to less than 3% total fatty acids. *Journal of Dairy Science*. 2015; 98(1): 431–442. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8328>
10. Bulgakova D.A., Bulgakov A.M., Zhukov V.M., Ponomarev N.M., Getmanets V.N., Martynov V.A. Influence of protected fat types used in nutrition of highly productive cows on fatty acid profile of milk. *Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2022; (7): 88–93 (in Russian). <https://doi.org/10.53083/1996-4277-2022-213-7-88-93>
11. Svirid A.I., Gamko L.N. Use the protected fat in diet of highly productive cows. *Agrarian science*. 2016; (8): 25–26 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/wmwcer>
12. De Souza J., Lock A.L. Short communication: Comparison of a palmitic acid-enriched triglyceride supplement and calcium salts of palm fatty acids supplement on production responses of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2018; 101(4): 3110–3117. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13560>
13. Shepardson R.P., Harvatine K.J. Effects of fat supplements containing different levels of palmitic and stearic acid on milk production and fatty acid digestibility in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2021; 104(7): 7682–7695. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19665>
14. Abramkova N.V. Efficiency of application of Megalak for the lactating cows. *Bulletin of agrarian science*. 2020; (1): 68–72 (in Russian). <https://doi.org/10.15217/issn2587-666X.2020.1.68>
15. Perova N.A., Golovin A.V. The Effectiveness of the use of rumen protected fats in dairy cow feeding. *Veterinaria i kormlenie*. 2022; (1): 41–43 (in Russian). <https://doi.org/10.30917/ATT-VK-1814-9588-2022-1-9>
16. Satkeeva A.B., Shastunov S.V. Effects of “Megalac” on dairy productivity of cows. *Vestnik of Kursk State Agricultural Academy*. 2018; (9): 156–159 (in Russian). <https://elibrary.ru/yshcbo>
17. De Souza J., Batistel F., Santos F.A.P. Effect of sources of calcium salts of fatty acids on production, nutrient digestibility, energy balance, and carryover effects of early lactation grazing dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2017; 100(2): 1072–1085. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11636>
18. Batistel F., de Souza J., Santos F.A.P. Corn grain-processing method interacts with calcium salts of palm fatty acids supplementation on milk production and energy balance of early-lactation cows grazing tropical pasture. *Journal of Dairy Science*. 2017; 100(7): 5343–5357. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12503>
19. Dos Santos Neto J.M., de Souza J., Lock A.L. Effects of calcium salts of palm fatty acids on nutrient digestibility and production responses of lactating dairy cows: A meta-analysis and meta-regression. *Journal of Dairy Science*. 2021; 104(9): 9752–9768. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19936>
20. Frank E., Livshitz L., Portnick Y., Kamer H., Alon T., Moallem U. The Effects of High-Fat Diets from Calcium Salts of Palm Oil on Milk Yields, Rumen Environment, and Digestibility of High-Yielding Dairy Cows Fed Low-Forage Diet. *Animals*. 2022; 12(16): 2081. <https://doi.org/10.3390/ani12162081>
21. Shpirer J., Livshits L., Kamer H., Alon T., Portnik Y., Moallem U. The form more than the fatty acid profile of fat supplements influences digestibility but not necessarily the production performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2023; 106(4): 2395–2407. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22190>
22. Shpirer J., Livshits L., Kamer H., Alon T., Portnik Y., Moallem U. Effects of the palmitic-to-oleic ratio in the form of calcium salts of fatty acids on the production and digestibility in high-yielding dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2024; 107(9): 6785–6796. <https://doi.org/10.3168/jds.2023-24382>
23. Stoffel C.M., Crump P.M., Armentano L.E. Effect of dietary fatty acid supplements, varying in fatty acid composition, on milk fat secretion in dairy cattle fed diets supplemented to less than 3% total fatty acids. *Journal of Dairy Science*. 2015; 98(1): 431–442. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8328>

ОБ АВТОРАХ

Александр Витальевич Головин

доктор биологических наук, профессор
alexgol2010@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9853-1106>

Федеральный исследовательский центр
животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста,
пос. Дубровицы, 60, Подольск, Московская обл., 142132,
Россия

ABOUT THE AUTHORS

Alexander Vitalievich Golovin

Doctor of Biological Sciences, Professor
alexgol2010@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9853-1106>

L.K. Ernst Federal Research Center for Animal
Husbandry,
60 Dubrovitsy, Podolsk, Moscow region, 142132, Russia