

Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 4. С.192-205.
Animal Husbandry and Fodder Production. 2024. Vol. 107, no 4. P. 192-205.

Научная статья
УДК 636.088.31
doi:10.33284/2658-3135-107-4-192

Кавитированные концентраты как стимулирующий фактор продуктивности дойных коров

Надежда Михайловна Ширнина¹, Валерий Валерьевич Кононец²

^{1,2}Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия

¹shirnina.2021@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3908-3865>

²vale056@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8482-4466>

Аннотация. В статье приведены результаты эксперимента о положительном влиянии кавитированных концентратов (зерносмесь и пшеничные отруби) в составе рациона молочных коров красной степной породы на питательную ценность, поедаемость и биодоступность питательных веществ организмом. Биохимический анализ кавитированных зерносмеси и пшеничных отрубей, в пересчёте на сухое вещество исходного сырья свидетельствует, что при равноценных энергетических значениях имелись некоторые изменения биохимических показателей. Так, содержание сырого протеина и сырого жира повысилось на 8,5 и 2,5 %; 6,4 и 1,09 % в пользу кавитированных кормов. Содержание же сырой клетчатки и крахмала в зерносмеси снизилось на 3,5 и 3,7 %, пшеничных отрубях – на 19,4 и 3,9 %. Увеличение суммы сахаров в зерносмеси составило 15,2 г, в пшеничных отрубях – на 6,2 г. Поедаемость кормов рациона, в среднем за опыт по сравнению с контролем была выше у коров I и II опытных групп: по грубым – на 2,3 и 3,7 %, сочным – 3,6 и 6,0 %. За учётный период опыта молочная продуктивность у коров, получавших рацион с традиционной подготовкой концентратов, составляла 2070 кг, что на 22,9 % меньше, чем у сверстниц, получавших с рационом кавитированную зерносмесь, и на 26,2 %, чем у животных, получавших кавитированные пшеничные отруби. При этом, имея небольшие различия по содержанию в молоке жира и белка (3,48-3,55 % и 3,28-3,30 %), увеличение надоев в I и II опытных группах повлияло на выход «молочного жира» и «массовой доли белков». Так, эти показатели составили в контроле 72,45, в I – 90,35 и II – 90,88 кг и 68,1; 84,0; 85,7 кг, что выше в сравнении с контролем на 24,7 и 23,3 %; 25,4 и 25,8 %. Выявлена положительная связь между содержанием обменной энергии в рационе и суточным удоём, при увеличении данного показателя в рационе на 2,51 и 2,76 % суточный удоёй повысился на 22,9 и 26,2 % соответственно. Высокая положительная корреляционная зависимость выявлена между количеством белка в молоке и содержанием сахаров в рационе ($r=0,99$), что говорит о большой степени взаимозависимости. Содержание обменной энергии в рационе коррелировало с количеством жира в суточном удоёе ($r=0,99$).

Ключевые слова: лактирующие коровы, красная степная порода, кормление, структура рационов, дерть зерносмеси, кавитированная зерносмесь, кавитированные пшеничные отруби, молочная продуктивность, качество молока

Благодарности: работа выполнена в соответствии с планом НИР на 2024-2026 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (№ FNWZ-2024-0002).

Для цитирования: Ширнина Н.М., Кононец В.В. Кавитированные концентраты, как стимулирующий фактор продуктивности дойных коров // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 4. С. 192-205. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-4-192>

Original article

Cavitated concentrates as a stimulating factor for the productivity of dairy cows**Nadezhda M Shirnina¹, Valeriy V Kononets²**¹Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia¹shirnina.2021@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3908-3865>²vale056@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8482-4466>

Abstract. The article presents the results of the experiment on the positive effect of cavitated concentrates (grain mixture and wheat bran) in the diet of dairy cows of the Red Steppe breed on nutritional value, palatability and bioavailability of nutrients. Biochemical analysis of cavitated grain mixture and wheat bran, in terms of dry matter of the original raw materials indicates that with equivalent energy values, there were some changes in biochemical indicators. Thus, the content of crude protein and crude fat increased by 8.5 and 2.5%; 6.4 and 1.09% in favor of cavitated feeds. The content of crude fiber and starch in the grain mixture decreased by 3.5 and 3.7%, in wheat bran - by 19.4 and 3.9%. The increase for sugars in the grain mixture was 15.2 g, in wheat bran - by 6.2 g. The feed intake of the diet, on average during the experiment compared to the control, was higher in cows of the I and II experimental groups: for roughage - by 2.3 and 3.7%, for succulent - 3.6 and 6.0%. During the record period of the experiment, the milk productivity of cows receiving a diet with traditional concentrate preparation was 2070 kg, which is 22.9% less than that of their peers receiving a cavitated grain mixture with the diet, and 26.2% less than that of animals receiving cavitated wheat bran. At the same time, having small differences in the content of fat and protein in milk (3.48-3.55% and 3.28-3.30%), the increase in milk yield in experimental groups I and II affected the yield of "milk fat" and "protein mass fraction". Thus, these indicators were 72.45 in the control, 90.35 in I and 90.88 kg and 68.1; 84.0; 85.7 kg in II, which is higher in comparison with the control by 24.7 and 23.3%; 25.4 and 25.8%. A positive relationship was revealed between the content of metabolizable energy in the diet and daily milk yield, with an increase in this indicator in the diet by 2.51 and 2.76%, the daily milk yield increased by 22.9 and 26.2%, respectively. A high positive correlation was found between the amount of protein in milk and the sugar content in the diet ($r=0.99$), indicating a high degree of interdependence. The content of exchange energy in the diet correlated with the amount of fat in daily milk yield ($r=0.99$).

Keywords: lactating cows, Red Steppe breed, feeding, structure of diets, grain mixture grinding, cavitated grain mixture, cavitated wheat bran, milk productivity, milk quality

Acknowledgments: the work was performed in accordance to the plan of research works for 2024-2026 FSBRI FRC BST RAS (No. FNWZ-2024-0002).

For citation: Shirnina NM, Kononets VV. Cavitated concentrates as a stimulating factor for the productivity of dairy cows. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2024;107(4):192-205. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-4-192>

Введение.

Организация полноценного кормления крупного рогатого скота, в том числе молочного, основывается в первую очередь на потребности сухого вещества и количества его в рационе. При этом на его потребление влияет подготовка корма к скармливанию, способствующая хорошим физическим и вкусовым свойствам, переваримости нутриентов, продуктивности и здоровью животных и т. д.

Низкое качество объёмных кормов с недостаточным количеством в сухом веществе лимитирующих питательных веществ вынуждает животноводческие хозяйства использовать дорогостоящие концентрированные корма. Которые по количеству питательных веществ и энергии превышают другие корма больше чем в 2 раза (Фенченко Н.Г. и др., 2017; Фролов А.И. и др., 2019; Золотарёв А. и др., 2020).

Неправильное скармливание концентрированного корма коровам может порождать большое количество других проблем – нарушение обмена веществ, воспроизводительных функций и т. д. (Подопед Л.И., 2000; Jiménez-Pulido IJ et al., 2024).

Учитывая важность использования в рационах коров концентрированных кормов, необходимо изыскание новых приёмов повышения их питательной ценности и доступности нутриентов через технологию приготовления, что является важной задачей сельхозпроизводителей (Гусаров И.В. и Обряева О.Д., 2022; Серкова А.Н. и Смирнова Л.В., 2022).

Наряду с нормированием общего количества растворимых сахаров, в последние годы стали уделять внимание соотношению в рационе крахмала и сахара. В составе концентрированных кормов содержится до 500 г крахмала и до 20 г сахаридов. По литературным данным, усвояемость крахмала в природной форме, в зависимости от вида, не более 65 %. В этой связи одной из задач биотехнологий становится перевод зернового крахмала в более биодоступную форму для лучшего его усвоения животными (Дускаев Г.К. и др., 2015; Krieg J et al., 2017).

К аналогичному выводу пришли А.П. Калашников с коллегами (2003), которые указывают, что в организме жвачных животных крахмал гораздо медленнее гидролизуетсся микроорганизмами, чем сахара, при постепенном освобождении глюкозы в качестве источника энергии.

Данные Книга М.И. (1961) свидетельствуют о различном воздействии крахмала и сахаридов на сложный процесс лактации, так, при замене в рационе сахарной свёклы картофелем удои снижаются на 2-3 %, живая масса при этом увеличивается больше, чем при свёкле. Увеличение крахмала в рационе молочных коров от 6-8 кг на голову негативно влияет на содержание жира в молоке. Сахар, приобретённый в результате гидролиза крахмала в кишечнике, всасывается из него в неизменном виде и служит для синтеза белка молока в молочной железе, являясь источником энергии для организма.

Проведённые опыты на молочных коровах Харитоновым Е. с коллегами (2019) показали, что крахмала в рационе должно быть больше, чем сахара, с оптимальным количеством 1,5 г крахмала на 1,0 г сахара. Сахар необходим при синтезе лактозы молока, обусловленное его количество употребляется на создание в молочной железе триглицеридов и глицерина молочного жира. При этом сахар является источником углерода, который используется для образования цепи заменимых белков молока синтезируемых в молочной железе.

Также ряд учёных, изучающих проблему углеводного питания лактирующих коров, пришли к однозначному выводу, что в их организме больше всего расходуется молочной железой сахара, поступившего с кормами (Курилов Н.В., 1971; Миронова И.В. и др., 2022; Jiménez-Pulido IJ et al., 2022; Tomé-Sánchez I et al., 2021).

Известно, что во многих хозяйствах страны в рационах крупного рогатого скота дефицит легкопереваримых углеводов может составлять до 40-50 % от нормы. Такое положение негативно сказывается на физиологическом состоянии организма, что приводит к понижению продуктивности молока и качественных его характеристик.

В последние годы для повышения эффективности рационов крупного рогатого скота перспективными стали влаготепловые обработки концентратов – гидробаротермическая, ферментативная, кавитационное воздействие, повышающие содержание сахаров за счёт расщепления трудногидролизующих углеводов и крахмала (Волынкина М., 2011; Панышев А.И. и др., 2014).

Заслуживают внимание и такие технологии, как осолаживание, экструдирование, микронизация, дрожжевание (Шагалиев Ф. и др., 2012).

Биологическая обработка концентратов путём дрожжевания особенно эффективна для видов, имеющих сравнительную полноценность белка (отруби, мучки, зерноотходы), где потери от обработки не столь существенны (Подопед Л.И., 2000).

Среди перечисленных отходов для молочного скота больше всего используются отруби, жмыхи и шроты. Если сравнивать отруби с зерновым фуражом, то в них больше содержится клетчатки, но они богаты витаминами и минеральными веществами, особенно фосфором. На общую

питательность отрубей влияет содержание мучнистых веществ, так, при производстве высших сортов муки может остаться примерно 28 % от массы зерна (Аксёнов В.В., 2008).

В связи с тем, что отруби на порядок ниже по стоимости зерна, используемого на фураж, употребление их в рационах коров заведомо снижает себестоимость продукции. Однако наряду с этим, с целью повышения их питательности, а также устранения отрицательного влияния на пищеварение, необходима их предварительная подготовка (Санова З.С., 2020).

Кавитационная обработка концентрированных кормов совместно с ферментным препаратом позволяет получить корм с более высокими питательными характеристиками. Что говорит об эффективном применении в рационах жвачных животных данного корма (Байков А.С., 2020; Ширнина Н.М. и др., 2022).

Обработка концентрированных кормов на фураж с помощью биотехнологии кавитационного воздействия способствует сокращению дефицита энергии сахаров в рационе молочных коров (Гридюшко И.Ф., Истранин Ю.В., 2018). Сущность такой обработки заключается в том, что при воздействии энергии ударных волн зерно разрушается с выделением крахмала и клейковины. При этом происходит гидролиз крахмала с преобразованием в сахара (Аксёнов В.В., 2008).

Обзор научных источников свидетельствует о важности применения передовых технологий, направленных на повышение питательной ценности концентрированных кормов и использования их при кормлении дойных коров.

Цель исследования.

Оценка продуктивного эффекта использования кавитированных концентратов в рационе дойных коров красной степной породы.

Материалы и методы исследования.

Объект исследования. Коровы красной степной породы 3-4 лактации.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями нормативных актов: Модельный закон Межпарламентской Ассамблеи государств-участников Содружества Независимых Государств "Об обращении с животными", ст. 20 (постановление МА государств-участников СНГ № 29-17 от 31.10.2007 г.), протоколы Женевской конвенции, принципы надлежущей лабораторной практики (Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 53434-2009) Руководство по работе с лабораторными животными (http://fncbst.ru/?page_id=3553). При проведении исследований были предприняты меры для обеспечения минимума страданий животных и уменьшения количества исследуемых опытных образцов. Все процедуры над животными были выполнены в соответствии с правилами Комитета по этике животных ФНЦ БСТ РАН.

Схема эксперимента. Эксперимент проводился в условиях сельскохозяйственного предприятия Покровского сельскохозяйственного колледжа – филиал ФГБОУ ВО «Оренбургский ГАУ». Проведение опыта заключалось в обосновании замены дерти зерносмеси в составе основного рациона (ОР) дойных коров (n=30) в соответствии с питательностью на зерносмесь и пшеничные отруби, подготовленные кавитационно. Основным концентрированным кормом в хозяйстве являлась смесь дерти пшеницы и ячменя. Проведение научно-хозяйственного опыта представлено в таблице 1.

Основной рацион коров контрольной группы состоял из сена злакового 2,66 кг, бобового – 3,0, силоса кукурузного – 19,0, дерти зерносмеси – 4,26 кг. В I и II опытных группах согласно схемы опыта рационы были идентичными с контрольной, но лишь с той разницей, что в этих группах дерть зерносмеси была заменена на кавитированные зерносмесь и пшеничные отруби, согласно питательности. Концентрированные корма не зависимо от способа подготовки раздавались поверх грубых или сочных кормов, перед утренней и вечерней дойками.

Таблица 1. Схема эксперимента
Table 1. Experimental design

Группа / Group	Количество животных / Number of animals	Периоды, сутки / Periods, days			Условия кормления / Feeding conditions
		подготовительный / preparatory	основной / basic	в т. ч. учётный / including record period	
Контрольная / Control	10	30	182	10	ОР +дёрть зерносмеси / BD+grain mixture grinding
I опытная / I Experimental	10	30	182	10	ОР+кавитированная зерносмесь / BD+ cavitated grain mixture
II опытная / II Experimental	10	30	182	10	ОР+кавитированные отруби / BD + cavitated bran

Альтернативный традиционному дроблению способ подготовки концентратов кавитационным воздействием осуществлялся на установке УЖК-1000 (ООО «Энергия Плюс», г. Бердск, Россия). Основной элемент данной установки – измельчитель-диспергатор РИД-2. В нём компоненты измельчаются, смешиваются и нагреваются, происходит также их стерилизация. На начальном этапе при температуре не выше +28 °С с целью разжижения и ферментации сырья вводился препарат «Биофарм» (ООО «Энергия Плюс», г. Бердск, Россия), способствующий расщеплению сложных органических соединений до хорошо усвояемых сахаридов.

Рационы силосно-концентратного типа для дойных коров были составлены на основе детализированных норм кормления, с учётом живой массы и продуктивности. В начале основного периода опыта рационы были рассчитаны на получение суточного удоя 14 кг. Их общая питательность составляла 13,7 ЭКЕ с содержанием сухого вещества 14,2 кг, при концентрации обменной энергии в 1 кг сухого вещества 9,6 МДж.

Дефицит сахара, предусмотренный нормами, за счёт кавитационной обработки концентрированных кормов в рационах всех подопытных групп животных не был оптимизирован. Результативность технологии кавитационной-подготовки концентратов в рационах дойных коров реализовывалась на основе данных, определяющих величину молочной продуктивности (удой) и главных качественных показателей молока (содержание жира и белка). Содержание жира и белка определяли один раз в месяц в среднесуточной пробе молока от каждой коровы

Оборудование и технические средства. Исследования выполнены с использованием приборной базы ЦКП БСТ РАН (г. Оренбург) (<http://цкп-бст.рф>).

Статистическая обработка. С помощью офисного программного комплекса «Microsoft Office» с применением программы «Excel» («Microsoft», США) и обработкой данных в «Statistica 10.0» («Stat Soft Inc.», США) выполняли статистический анализ. Который включал расчёт среднего значения (M) и стандартные ошибки среднего (\pm SEM). По t-критерию Стьюдента определяли достоверность различий сравниваемых показателей. Величина значимой разницы установлена на $P \leq 0,05$.

Результаты исследования.

Питательность и химический состав концентратов до кавитации и после, а также с пересчётом на сухое вещество представлены в таблице 2.

Таблица 2. Биохимический состав концентратов
Table 2. Biochemical composition of concentrates

Показатели/ <i>Indicators</i>	Зерносмесь / <i>Grain mixture</i>			Пшеничные отруби / <i>Wheat bran</i>		
	дроб- лённая / <i>crushed</i>	кавити- рованная / <i>cavitated</i>	пересчёт на СВ исход- ного корма/ <i>conversion to dry matter of the origi- nal feed</i>	тради- ционные / <i>traditiona l</i>	кавити- рованные / <i>cavitated</i>	пересчёт на СВ исход- ного корма / <i>conversion to dry matter of the origi- nal feed</i>
Количество, кг / <i>Quantity, kg</i>	1	1	1	1	1	1
Сухое вещество, кг / <i>Dry matter, kg</i>	0,893	0,420	0,893	0,9	0,297	0,9
Энергетические кор- мовые единицы (ЭКЕ) / <i>Feed energy units (FEU)</i>	1,1	0,522	1,11	0,89	0,31	0,89
Обменная энергия, МДж / <i>Exchange energy, MJ</i>	11,0	5,22	11,1	8,9	3,1	8,9
Сырой протеин, г / <i>Crude protein, g</i>	130	66,30	141	134,1	47,84	137,5
Сырая клетчатка, г / <i>Crude fiber, g</i>	40,2	12,18	25,9	74,7	21,0	60,22
Крахмал, г / <i>Starch, g</i>	350,0	158,5	337,0	142,0	26,9	136,5
Сумма сахаров, г / <i>Total sugars, g</i>	11,6	12,6	26,8	34,2	14,1	40,4
Сырой жир, г / <i>Crude fat, g</i>	27,7	14,69	31,24	36,9	11,96	34,15
Кальций, г / <i>Calcium, g</i>	1,5	0,75	1,6	2,3	0,84	2,4
Фосфор, г / <i>Phosphorus, g</i>	3,4	1,6	3,4	8,6	3,04	8,7
Сера, г / <i>Sulfur, g</i>	1,3	0,61	1,3	1,9	0,84	1,9
Йод, мг / <i>Iodine, mg</i>	0,15	0,07	0,15	1,7	0,76	1,7
Кобальт, мг / <i>Cobalt, mg</i>	0,16	0,08	0,17	0,11	0,05	0,11
Медь, мг / <i>Copper, mg</i>	4,0	1,97	4,2	10,3	4,62	10,4
Цинк, мг / <i>Zinc, mg</i>	25,9	12,27	26,1	75,0	33,33	75,0
Марганец, мг / <i>Manganese, mg</i>	25,0	11,76	25,0	110,0	48,89	110,0
Железо, мг / <i>Iron, mg</i>	50,0	23,51	50,0	160,0	71,11	160,0
Витамин Е, мг / <i>Vitamin E, mg</i>	40,0	18,81	40,0	20,0	8,89	20,0

Разбор табличных данных свидетельствует, что испытуемые корма в пересчёте на сухое вещество исходного сырья по энергетическим показателям остались практически на одном уровне. Тогда как содержание сырых, протеина и жира на 11,0 г (8,5 %); 3,4 (2,5 %) и 1,8 (6,4 %); 0,4 г (1,09 %) –

в пользу кавитированных образцов. При этом воздействие кавитирования на содержание клетчатки и крахмала показало, что в смесях из цельного зерна клетчатка снизилась на 35,6 %, пшеничных отрубях – на 19,4 %, понижение крахмала составило соответственно 3,7 и 3,9 %.

Отдельно обозначим воздействие технологии кавитирования в испытуемых концентратах на содержание сахаров, сопоставление с исходным сырьём свидетельствует, что их сумма увеличилась в зерносмеси после обработки на 15,2 г (в два раза), пшеничных отрубях – на 6,2 г (18,1%).

Оптимальной структурой рациона для дойных коров принято считать соотношение основных кормов к концентрированным 60 к 40 %. Поэтому принятую нами структуру можно считать оптимальной, где на долю концентрированных кормов приходится 34,5 % зерносмеси, 3,7 жмыха подсолнечного, грубых – 29,9 и сочных – 31,9 %.

В контрольной и опытных группах коров была сохранена структура рациона, что позволило достоверно оценить влияние испытуемых концентратов на молочную продуктивность животных за основной период эксперимента.

Важным фактором эффективности использования питательных веществ рациона является потребление заданных кормов рациона (табл. 3).

Таблица 3. Рационы лактирующих коров по поедаемости кормов, в среднем за опыт, на одно животное

Table 3. Diets of lactating cows by feed consumption, on average for the experiment

Показатель / <i>Indicators</i>	Группа / <i>Group</i>		
	контроль- ная/ <i>control</i>	опытная I/ <i>experimental I</i>	опытная II/ <i>experimental II</i>
1	2	3	4
Сено злаковое, кг / <i>Cereal hay, kg</i>	2,20	2,26	2,30
Сено бобовое, кг / <i>Legume hay, kg</i>	2,65	2,70	2,73
Силос кукурузный, кг / <i>Corn silage, kg</i>	15,85	16,42	16,80
Зерносмесь (пшеница+ ячмень), кг / <i>Grain mixture (wheat + barley) kg</i>	3,92	-	-
Зерносмесь кавитированная, кг / <i>Cavitated grain mixture, kg</i>	-	11,30	
Отруби пшеничные кавитированные, кг / <i>Cavitated wheatbran, kg</i>	-	-	13,90
Жмых подсолнечный, кг / <i>Sunflower meal, kg</i>	0,45	0,45	0,45
Соль поваренная, г / <i>Tablesalt, g</i>	73,0	73,0	73,0
Фосфат, г / <i>Phosphate, g</i>	55,0	55,0	-
Премикс, г / <i>Premix, g</i>	39,2	39,2	48,8
В рационе содержится: / <i>The diet contains:</i>			
ЭКЕ, МДж / <i>ECU, MJ</i>	11,9	12,2	12,3
Обменной энергии, МДж / <i>Metabolizable energy, MJ</i>	119,36	122,35	122,71
Сухого вещества, кг / <i>Dry matter, kg</i>	12,10	12,35	13,11
Сырого протеина, г / <i>Crude protein, g</i>	1649,4	1772,5	1850,0
Переваримого протеина, г / <i>Digestible protein, g</i>	1187,0	1244,0	1284,0
Сырого жира, г / <i>Crude fat, g</i>	377,0	398,0	446,0
Клетчатки, г / <i>Fiber, g</i>	2536,0	2538,0	2775,8
Крахмала, г / <i>Starch, g</i>	1550,0	1510,0	565,0

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4
Сахаров, г / <i>Sugars, g</i>	256,0	323,0	415,0
Кальция, г / <i>Calcium, g</i>	74,7	77,3	83,2
Фосфора, г / <i>Phosphorus, g</i>	52,85	51,51	63,63
Серы, г / <i>Sulfur, g</i>	27,06	27,07	27,98
Меди, мг / <i>Copper, mg</i>	98,93	96,76	113,2
Цинка, мг / <i>Zinc, mg</i>	639,28	628,61	629,03
Марганца, мг / <i>Manganese, mg</i>	635,55	630,54	1007,76
Железа, мг / <i>Iron, mg</i>	1826,24	1876,18	2489,54
Кобальта, мг / <i>Cobalt, mg</i>	7,49	7,49	7,52
Йода, мг / <i>Iodine, mg</i>	8,93	8,59	10,72
Каротина, мг / <i>Carotene, mg</i>	214,14	213,91	214,11
Витамина Е, мг / <i>Vitamin E, mg</i>	1268,33	1338,21	1318,91
Витамина Д, тыс. МЕ / <i>Vitamin D, thousand IU</i>	1,47	1,62	1,63

Сравнение поедаемости кормов рациона между группами подопытных коров за всё время основного периода опыта в средних величинах свидетельствует, что коровы I и II групп потребляли больше контрольной на 2,7 и 4,5 % сена злакового и на 1,9 и 3,0 % – бобового, силоса кукурузного – на 3,6 и 6,0 %. Концентрированные корма животные всех подопытных групп съедали без остатка.

В целом подопытные животные съедали 2,20-2,30 кг сена злакового, 2,65 -2,73 кг бобового, 15,9-16,8 кг силоса кукурузного. В контроле –3,92 кг дерти зерносмеси, в том числе 0,45 жмыха подсолнечного и 0,039 кг премикса, а в I и II опытных группах – кавитированной зерносмеси 11,3 кг, в том числе 0,45 жмыха подсолнечного и 0,039 кг – премикса, отрубей – 13,9 кг, в том числе 0,45 жмыха подсолнечного и премикса – 0,049 кг.

За сутки потребление питательных веществ в контроле составило: сухого вещества – 12,1 кг; обменной энергии – 119,7 МДж; сырого протеина – 1649,4 г, на 1 ЭКЕ приходилось 99,7 переваримого протеина.

В то время как опытные I и II группы потребили 12,3 и 13,1 кг сухого вещества; 122,3 и 122,7 МДж обменной энергии; 1772,5 и 1850 г сырого протеина, на ЭКЕ приходилось 102,0 и 104,4 переваримого протеина соответственно.

Следует отметить, что на уровень молочной продуктивности коров влияют много факторов, главные из которых: порода, количество лактаций, кормление, способ доения и т. д.

Учёт надоев молока за время основного периода эксперимента показал, что группа коров, получавшая в рационе дроблёную зерносмесь, имела надой 2070,0 кг, тогда как у двух других, где в рационе были кавитированные зерносмесь и пшеничные отруби, он увеличился на 22,9 и 26,2 %.

При этом, имея небольшие различия по содержанию в молоке жира и белка (3,48-3,55 % и 3,28-3,30 %), увеличение надоев в I и II опытных группах повлияло на выход «молочного жира» и «массовой доли белков». Так, эти показатели составили в контроле 72,45, в I – 90,35 и II – 90,88 кг и 68,1; 84,0; 85,7 кг, что выше в сравнении с контролем на 24,7 и 23,3 %; 25,4 и 25,8 %.

Кроме того, в связи с употреблением в рационе концентратов, обработанных кавитационно, способствующих не только восполнению дефицита сахаров, но и биодоступности нутриентов, выявлена коррелятивная взаимосвязь с такими показателями, как суточный удой и качество молока основного периода эксперимента (табл. 4).

Из таблицы 4 следует, стимуляцию молокообразования у коров со средним уровнем продуктивности можно производить не только за счёт дополнительного скармливания концентратов, но и путём их определённой подготовки. Так, данные среднесуточного удоя трёх сравниваемых групп животных свидетельствуют, что наиболее эффективной обработкой оказалось кавитационное воздействие.

Таблица 4. Коррелятивная взаимосвязь между питательностью рациона лактирующих коров и качеством молока за период опыта

Table 4. Correlative relationship between nutritional value of lactating cows' diet and milk quality during the experimental period

Показатель/ <i>Indicators</i>	Суточный удой, кг / <i>Daily milk yield, kg</i>	Количество белка в суточном удое, г / <i>Amount of protein in daily milk yield, g</i>	Количество жира в суточном удое, г / <i>Amount of fat in daily milk yield, g</i>
ОЭ, МДж / <i>EE, MJ</i>	0,99	0,88	0,99
Сырой протеин, г / <i>Crude protein, g</i>	0,96	0,98	0,91
Сырой жир, г / <i>Crude fat, g</i>	0,80	0,98	0,72
Сахар, г / <i>Sugar, g</i>	0,87	0,99	0,80

Выявлена положительная связь между суточным удоем и содержанием обменной энергии, поступившей с кормами рациона, при повышении энергии на 2,51 и 2,76 % удой молока увеличился на 23,0 и 26,2 %.

Высокая положительная корреляционная взаимосвязь была выявлена между содержанием сахаров в рационе и количеством белка в суточном удое ($r=0,99$), что говорит о высокой степени взаимозависимости. Содержание жира в суточном удое тесно коррелировало с обменной энергией в рационе ($r=0,99$).

Всё вышеизложенное, несомненно, подтверждает актуальность кавитационного способа обработки фуражной зерносмеси и пшеничных отрубей и использования их в рационах при кормлении дойных коров.

Обсуждение полученных результатов.

Подготовка концентрированных кормов к скармливанию животным должна быть направлена на уменьшение потерь энергии корма путём повышения его питательности и поедаемости, переваримости и усвояемости.

В этой связи, с учётом важности и необходимости их использования в рационах лактирующих коров, повышение питательности и биодоступность питательных веществ, путём определённой технологии подготовки является значимой задачей учёных и практиков (Гусаров И.В. и Обряева О.Д., 2022; Серкова А.Н. и Смирнова Л.В., 2022).

При этом важным моментом является снижение себестоимости животноводческой продукции, решению которого может способствовать использование отходов производств – вторичных сырьевых ресурсов.

Научные работы по этому вопросу указывают, что основная причина слабого использования вторичных сырьевых ресурсов – наличие трудногидролизуемых углеводов, замедляющих переваривание и усвоение питательных веществ организмом животного (Гридюшко И.Ф. и Истранин Ю.В., 2018; Санова З.С., 2020).

Итоги проведённых нами сравнительных испытаний двух технологий подготовки концентрированных кормов (дробление и кавитация) при использовании в рационах дойных коров красной степной породы показали положительный результат в пользу кавитационной обработки.

Так, учёт полученного молока за время основного этапа эксперимента показал, что коровы, получавшие рацион с традиционной подготовкой концентратов, имели в среднем надой 2070 кг, в то время как у опытных групп, получавших с рационом кавитационно обработанные зерносмесь и пшеничные отруби, он был выше на 22,9 и 26,2 %.

Выявлена позитивная связь между содержанием обменной энергии в рационе и суточным удоем: при росте данного показателя на 2,51 и 2,76 % суточный удой увеличился на 23,0 и 26,2 % соответственно.

Установлена коррелятивная взаимосвязь с такими позициями, как продуктивность и качественные показатели молока.

Положительная корреляционная зависимость была обнаружена в суточном удое между содержанием сахаров в рационе и количеством белка в суточном удое ($r=0,99$), содержанием жира в суточном удое и обменной энергией в рационе ($r=0,99$).

В итоге можно сказать, что внедрение на сельхозпредприятиях передовых технологий кормоприготовления, содействующих увеличению производства продукции, создаёт значимую предпосылку эффективности ведения молочного животноводства.

Заключение.

Применение в составе рационов дойных коров красной степной породы кавитированных зерносмеси или пшеничных отрубей в условиях Оренбуржья способствуют повышению продуктивности на 22,9 и 26,2 % по сравнению с традиционным дроблением. Имея небольшие различия по содержанию в молоке жира и белка, увеличение надоев в I и II опытных группах повлияло на выход «молочного жира» и «массовой доли белков». Так, эти показатели в сравнении с контролем увеличились на 24,7 и 23,3 %; 25,4 и 25,8 %.

Список источников

1. Аксёнов В.В. Системный подход к интенсификации процессов биоконверсии нативных крахмалов и крахмалосодержащего сырья // Вестник КрасГАУ. 2008. № 5. С. 315-320. [Aksjonov VV. Sistemnyj podhod k intensivkacii processov bio-konversii nativnyh krahmalov i krahmalosoderzhashhego syr'ja. Soobshhenie I. Provedenie biokonversii nativnyh krahmalov v usloviyah gazovihrevogo peremeshivaniya. Bulletin of KSAU. 2008;5:315-320. (In Russ.)].
2. Байков А.С. О целесообразности использования кавитированного фуражного зерна и отходов мукомольного производства в рационах молодняка крупного рогатого скота // Животноводство и кормопроизводство. 2020. Т. 103. № 1. С. 158-167. [Baykov AS. On the feasibility of using cavitated feed grain and waste of flour milling in the diets of young cattle. Animal Husbandry and Fodder Production. 2020;103(1):158-167. (In Russ.)]. doi: 10.33284/2658-3135-103-1-158
3. Волынкина М. Эффективность использования ферментных препаратов в рационах молочных коров // Главный зоотехник. 2011. № 9. С. 30-33. [Volynkina M. The efficiency of using of enzymes in rations of dairy cows. Glavnyj zootehnik. 2011;9:30-33. (In Russ.)].
4. Гридюшко И.Ф., Истранин Ю.В. Продукты переработки рапса - важный источник протеина в рационах молодняка крупного рогатого скота // Приоритетные и инновационные технологии в животноводстве – основа модернизации агропромышленного комплекса России: сб. науч. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф., Ставрополь: АГРУС, 2018. С. 159-166. [Gridjushko IF, Istranin JuV. Produkty pererabotki rapsa - vazhnyj istochnik proteina v racionah molodnjaka krupnogo rogatogo skota. (Conference proceedings) Prioritetnye i innovacionnye tehnologii v zhivotnovodstve – osnova modernizacii agropromyshlennogo kompleksa Rossii: mezhdunar. nauch.- prakt. konf. nauchnyh sotrudnikov i prepodavatelej (g. Stavropol', 25 dek. 2018 g.). Stavropol': AGRUS; 2018:159-166. (In Russ.)].
5. Гусаров И.В., Обряева О.Д. Интегративность факторов системы нормированного кормления высокопродуктивных коров // Молочное и мясное скотоводство. 2022. № 5. С. 47-52. [Gusarov IV, Obryaeva OD. Integrativity of factors of the standardized feeding system of highly productive cows. Dairy and Beef Cattle Farming. 2022;5:47-52. (In Russ.)]. doi: 10.33943/MMS.2022.81.71.008
6. Зерно ячменя ярового в экструдированном, дроблёном и плющеном виде. Сравнение эффективности в кормопроизводстве / Н.Г. Фенченко, Ф.М. Шагалиев, С.С. Ардаширов, И.З. Хуснутдинов // Современный фермер. 2017. № 10. С. 42-45. [Fenchenko NG, Shagaliev FM, Ardashirov SS,

Khusnutdinov IZ. Zerno yachmenya yarovogo v ekstrudirovannom, drobrenom i plyushchenom vide. Sravnenie effektivnosti v kormoproizvodstve. *Sovremennyi fermer*. 2017;10:42-45. (*In Russ.*).

7. Золотарёв А., Седюк И., Золотарёва С. Продуктивность дойных коров при использовании новейших технологий кормления // Научно-технический бюллетень Института животноводства Национальной академии аграрных наук Украины. 2020. № 124. С. 79-88. [Zolotaryov A, Sedyuk I, Zolotaryova S. Productivity of milking cows using new feeding technology. *Nauchno-tehnicheskij bjulleten' Instituta zhivotnovodstva Nacional'noj akademii agrarnyh nauk Ukrainy*. 2020;124:79-88. (*In Russ.*)]. doi: 10.32900/2312-8402-2020-124-79-88

8. Использование энерго-углеводного корма Танрем для повышения продуктивности коров / И.В. Миронова, А.В. Плешков, А.А. Нигматьянов и др. // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. № 2 (94). С. 299-305. [Mironova IV, Pleshkov AV, Nigmatyanov AA. The use of energy-carbohydrate feed Tanrem to increase the productivity of cows. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2022;2(94):299-305. (*In Russ.*)]. doi: 10.37670/2073-0853-2022-94-2-299-30

9. Книга М.И. Сахарная свекла в рационе молочных коров // Вестник сельскохозяйственной науки. 1961. № 6. С.42-49. [Kniga MI. Saharnaja svekla v racione molochnyh korov. *Vestnik sel'skohozejstvennoj nauki*. 1961;6:42-49. (*In Russ.*)].

10. Курилов Н.В. Потребность жвачных в глюкозе и значение легкопереваримых углеводов в использовании питательных веществ рационов // Вестник сельскохозяйственной науки. 1971. № 9. С. 23-29. [Kurilov NV. Potrebnost' zhvachnyh v gljukoze i znachenie legkope-revarimyh uglevodov v ispol'zovanii pitatel'nyh veshhestv racionov. *Vestnik sel'skohozejstvennoj nauki*. 1971;9:23-29. (*In Russ.*)].

11. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: справ.пособие / А.П. Калашников и др. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 2003. 456 с. [Kalashnikov AP, et al. *Normy i raciony kormlenija sel'skohozejstvennyh zhivotnyh: sprav.posobie*. 3-e izd., pererab. i dop. Moscow: Agropromizdat;2003:456 p. (*In Russ.*)].

12. Панышев А.И., Ситников В.А., Николаев С.Ю. Влияние гидробаротермической подготовки концентрированных кормов к скармливанию на переваримость питательных веществ рациона лактирующими коровами // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 4. С. 556. [Panychev AI, Sitnikov VA, Nikolaev SU. Influence of preparation gidrobarotermicheskoj concentrated feed for feeding on digestibility of nutrients of diets of lactating cows. *Modern Problems of Science and Education*. 2014;4:556. (*In Russ.*)].

13. Переваримость сухого вещества in situ и доступность крахмала различных видов зерновых / Г.К. Дускаев, А.С. Феромонтова, Г.И. Левяхин и др. // Вестник мясного скотоводства. 2015. № 4(92). С. 126-130. [Duskaev GK, Ferapontova AS, Levakhin GI, et al. Digestibility of dry matter in situ and availability of starch from different kinds of crops Summary. *Herald of Beef Cattle Breeding*. 2015;4(92):126-130. (*In Russ.*)].

14. Подопед Л.И. Основы эффективного кормления дойных коров: справ.- метод. руководство. Одесса, 2000. 205 с. [Podoped LI. *Osnovy jeffektivnogo kormlenija dojnyh korov: sprav.- metod. rukovodstvo*. Odessa; 2000:205 p. (*In Russ.*)].

15. Санова З.С. Эффективность использования отходов переработки пшеницы в кормлении мясных бычков // Эффективное животноводство. 2020. № 5(162). С. 69-71. [Sanova ZS. Effektivnost' ispol'zovanija othodov pererabotki pshenicy v kormlenii mjasnyh bychkov. *Effektivnoe zhivotnovodstvo*. 2020;5(162):69-71. (*In Russ.*)]. doi: 10.24411/9999-007A-2020-10029

16. Серкова А.Н., Смирнова Л.В. Использование энергетической кормовой добавки в рационах высокопродуктивных коров айрширской породы // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2022. № 9(206). С. 52-67. [Serkova AN, Smirnova LV. The use of an energy feed additive in the rations of highly productive cows of ayrshire breed. *Kormlenie sel'skohozejstvennyh zhivotnyh i kormoproizvodstvo*. 2022;9(206):52-67. (*In Russ.*)]. doi: 10.33920/sel-05-2209-06

17. Фролов А.И., Бетин А.Н. Влияние органического комплекса на продуктивность и качество молока коров // Вестник АПК Верхневолжья. 2019. № 2(46). С. 28-31. [Frolov AI, Betin AN.

The effect of the organic complex on the productivity and quality of cow's milk. Herald of Agroindustrial complex of Upper Volga region. 2019;2(46):28-31. (*In Russ.*). doi: 10.35694/YARCX.2019.46.2.006

18. Харитонов Е., Березин А., Лысова Е. Легкодоступные углеводы в рационах лактирующих коров // Животноводство России. 2019. № 2. С.35-37. [Kharitonov E, Berezin A, Lysova E. Readily available carbohydrates in diets of lactating cows. Zhivotnovodstvo Rossii. 2019;2:35-37. (*In Russ.*)].

19. Ширнина Н.М., Рахимжанова И.А., Кононец В.В. Использование энергии лактирующими коровами красной степной породы при скармливании рационов с концентратами различной подготовки // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. № 1(93). С. 248-254. [Shirnina NM, Rakhimzhanova IA, Kononets VV. The use of energy by lactating cows of the red steppe breed when feeding rations with concentrates of various preparations. Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2022;1(93):248-254. (*In Russ.*)]. doi: 10.37670/2073-0853-2022-93-1-248-254

20. Экструдированные корма для коров / Ф. Шагалиев, В. Назыров, Ф. Хасанова и др. // Животноводство России. 2012. № 10. С. 59. [Shagaliev F, Nazzyrov V, Khasanova F. Et al. Ekstrudirovannye korma dlya korov. Zhivotnovodstvo Rossii. 2012;10:59. (*In Russ.*)].

21. Jiménez-Pulido IJ, Rico D, De Luis D, Martín-Diana AB. Combined strategy using high hydrostatic pressure, temperature and enzymatic hydrolysis for development of fibre-rich ingredients from oat and wheat by-products. Foods. 2024;13(3):378. doi: 10.3390/foods13030378

22. Jiménez-Pulido IJ, Rico D, Martínez-Villaluenga C, Pérez-Jiménez J, Luis D, Martín-Diana AB. Sprouting and hydrolysis as biotechnological tools for development of nutraceutical ingredients from oat grain and hull. Foods. 2022;11(18):2769. doi: 10.3390/foods11182769

23. Krieg J, et al. In situ and in vitro ruminal starch degradation of grains from different rye, triticale and barley genotypes. Animal. 2017;11(10):1745-1753. doi: 10.1017/S1751731117000337

24. Tomé-Sánchez I, Martín-Diana AB, Peñas E, Frias J, Rico D, Jiménez-Pulido I, Martínez-Villaluenga C. Bioprocessed wheat ingredients: characterization, bioaccessibility of phenolic compounds, and bioactivity during in vitro digestion. Front Plant Sci. 2021;12:790898. doi: 10.3389/fpls.2021.790898

References

1. Aksyonov VV. System approach to intensification of bioconversion processes of native starches and starch-containing raw materials. Bulletin of KSAU. 2008;5:315-320.

2. Baykov AS. On the feasibility of using cavitated feed grain and waste of flour milling in the diets of young cattle. Animal Husbandry and Fodder Production. 2020;103(1):158-167. doi: 10.33284/2658-3135-103-1-158

3. Volynkina M. The efficiency of using of enzymes in rations of dairy cows. Chief Zootechnician. 2011;9:30-33.

4. Gridyushko IF, Istranin YuV. Rapeseed processing products - an important source of protein in the diets of young cattle (Conference proceedings) Priority and innovative technologies in animal husbandry - the basis for modernization of the agro-industrial complex of Russia: collection of scientific articles based on materials of the Intern. scientific-practical. conf. Stavropol': AGRUS; 2018:159-166.

5. Gusarov IV, Obryaeva OD. Integrativity of factors of the standardized feeding system of highly productive cows. Dairy and Beef Cattle Farming. 2022;5:47-52. doi: 10.33943/MMS.2022.81.71.008

6. Fenchenko NG, Shagaliyev FM, Ardashirov SS, Khusnutdinov IZ. Extruded, crushed and flattened spring barley grain. Comparison of efficiency in forage production. Modern Farmer;2017(10):42-45.

7. Zolotarev A, Sedyuk I, Zolotareva S. Productivity of dairy cows using the latest feeding technologies. Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Animal Husbandry of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine. 2020;124:79-88. doi: 10.32900/2312-8402-2020-124-79-88

8. Mironova IV, Pleshkov AV, Nigmatyanov AA. The use of energy-carbohydrate feed Tanrem to increase the productivity of cows. Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2022;2(94):299-305. doi: 10.37670/2073-0853-2022-94-2-299-30

9. Kniga MI. Sugar beet in the diet of dairy cows. Herald of Agricultural Science. 1961;6:42-49.
10. Kurilov NV. Glucose requirements of ruminants and the importance of easily digestible carbohydrates in the use of nutrient substances in diets. Herald of Agricultural Science. 1971;9:23-29.
11. Kalashnikov AP et al. Norms and diets for feeding farm animals: Ref. book. 3rd ed., add. and reworked. Moscow; 2003: 456 p.
12. Panychev AI, Sitnikov VA, Nikolaev SU. Influence of preparation gidrobarotermicheskoy concentrated feed for feeding on digestibility of nutrients of diets of lactating cows. Modern Problems of Science and Education. 2014;4:556.
13. Duskaev GK, Ferapontova AS, Levakhin GI, et al. Digestibility of dry matter in situ and availability of starch from different kinds of crops Summary. Herald of Beef Cattle Breeding. 2015;4(92):126-130.
14. Podoped LI. Fundamentals of effective feeding of dairy cows: reference and method. manual. Odessa; 2000:205 p.
15. Sanova ZS. Efficiency of using wheat processing waste in feeding beef bulls. Effective Animal Husbandry. 2020;5(162):69-71. doi: 10.24411/9999-007A-2020-10029
16. Serkova AN, Smirnova LV. The use of an energy feed additive in the rations of highly productive cows of ayrshire breed. Feeding of Farm Animals and Forage Production. 2022;9(206):52-67. doi: 10.33920/sel-05-2209-06
17. Frolov AI, Betin AN. The effect of the organic complex on the productivity and quality of cow's milk. Herald of Agroindustrial complex of Upper Volga region. 2019;2(46):28-31. doi: 10.35694/YARCX.2019.46.2.006
18. Kharitonov E, Berezin A, Lysova E. Readily available carbohydrates in diets of lactating cows. Animal Husbandry in Russia. 2019;2:35-37.
19. Shirnina NM, Rakhimzhanova IA, Kononets VV. The use of energy by lactating cows of the red steppe breed when feeding rations with concentrates of various preparations. Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2022;1(93):248-254. doi: 10.37670/2073-0853-2022-93-1-248-254
20. Shagaliev F, Nazyrov V, Khasanova F et al. Extruded feed for cows. Animal Husbandry in Russia. 2012;10:59.
21. Jiménez-Pulido IJ, Rico D, De Luis D, Martín-Diana AB. Combined strategy using high hydrostatic pressure, temperature and enzymatic hydrolysis for development of fibre-rich ingredients from oat and wheat by-products. Foods. 2024;13(3):378. doi: 10.3390/foods13030378
22. Jiménez-Pulido IJ, Rico D, Martínez-Villaluenga C, Pérez-Jiménez J, Luis D, Martín-Diana AB. Sprouting and hydrolysis as biotechnological tools for development of nutraceutical ingredients from oat grain and hull. Foods. 2022;11(18):2769. doi: 10.3390/foods11182769
23. Krieg J, et al. In situ and in vitro ruminal starch degradation of grains from different rye, triticale and barley genotypes. Animal. 2017;11(10):1745-1753. doi: 10.1017/S1751731117000337
24. Tomé-Sánchez I, Martín-Diana AB, Peñas E, Frias J, Rico D, Jiménez-Pulido I, Martínez-Villaluenga C. Bioprocessed wheat ingredients: characterization, bioaccessibility of phenolic compounds, and bioactivity during in vitro digestion. Front Plant Sci. 2021;12:790898. doi: 10.3389/fpls.2021.790898

Информация об авторах:

Надежда Михайловна Ширнина, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. С.Г. Леушина, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8(3532)308-179.

Валерий Валерьевич Кононец, соискатель, младший научный сотрудник отдела кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. С.Г. Леушина, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8(3532)308-179.

Information about the authors:

Nadezhda M Shirnina, Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher, Department of Feeding of Farm Animals and Feed Technology named after S.G. Leushin, Federal Research Centre of Biological Systems and Agricultural Technologies of the Russian Academy of Sciences, 29 9 Yanvarya St., Orenburg, 460000, tel.: 8(3532)308-179.

Valeriy V Kononets, post-graduate student, Junior Research Associate of the Department of Animal Feeding and Feed Technology named after S.G. Leushin, Federal Research Centre of Biological Systems and Agricultural Technologies of the Russian Academy of Sciences, 29 9 Yanvarya St., Orenburg, 460000, tel.: 8(3532) 308-179.

Статья поступила в редакцию 04.09.2024; одобрена после рецензирования 18.11.2024; принята к публикации 16.12.2024.

The article was submitted 04.09.2024; approved after reviewing 18.11.2024; accepted for publication 16.12.2024.