Научная статья / Research Article
УДК 636.034
DOI: 10.36718/1819-4036-2026-8-120-130

Беслан Шамсадинович Эфендиев[1]✉, **Мурат Борисович Улимбашев**[2],
Муаед Фрунзевич Карашаев[3], **Ирина Мухадиновна Бербекова**[4]
[1,4]Кабардино-Балкарский научный центр РАН, Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, Россия
[2,3]Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова, Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, Россия
[1]beslanefendiev@mail.ru
[2]murat-ul@yandex.ru
[3]karashaev59@mail.ru
[4]ira.teuva@mail.ru

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ БЕНТОПОРОШКА И НАНОРАЗМЕРНОГО БЕНТОНИТА ГЕРПЕГЕЖСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ КОРОВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОЛОКА

Цель исследования – определить уровень влияния бентопорошка и наноразмерного бентонита Герпегежского месторождения на продуктивность лактирующих коров и технологические качества молока. Экспериментальная работа осуществлялась непосредственно на базе агропромышленного комплекса «Агро-Союз» в Кабардино-Балкарской Республике в течение 150 сут, с 1 ноября 2024 г. по 31 марта 2025 г., в зимний сезон. Продемонстрированы итоги научно-производственного исследования, направленного на выявление воздействия бентонита в наноформе на объемы производства молока и его технологические характеристики при производстве сыров. Анализ проводился в сопоставлении с использованием бентонитового порошка традиционной формы. Использование наноразмерного бентонита заметно повышает переваримость питательных веществ корма. Так, животные второй опытной группы, которая получала нанороазмерный бентонит, использование сухого и органического веществ, сырого протеина, сырой клетчатки, сырого жира и БЭВ было выше, чем у коров контрольной и первой опытной групп, на 13,64 и 10,69 %; 12,23 и 8,77; 13,15 и 10,64; 11,57 и 7,47; 11,76 и 8,88; 10,66 и 7,17 % соответственно. Повышение использования питательных веществ корма приводит к увеличению молочной продуктивности и повышению содержания жира и белка в молоке коров. В группе животных, которым вводили бентонит в наноформе, зафиксировано повышение надоев молока натуральной жирности на 1 170 кг (28,5 %). Также был отмечен рост продуктивности 4 % молока на одну особь за период в 150 сут – на 1 467 кг (37,6 %). Анализ молока второй экспериментальной группы выявил, что концентрация жира и белка в нем превосходит аналогичные показатели в молоке контрольной группы на 0,45 и 0,21 % соответственно. Использование наноразмерного бентонита в рационе дойных коров приводит к заметным улучшениям состава, физико-химических и технологических свойств молока. В результате время сычужного свертывания молока (по Даниляну) сокращается с 44 до 9 мин.

Ключевые слова: *молоко, продуктивность коров, наноразмерный бентонит, молочный жир, белок, переваримость корма, технологические свойства*

Для цитирования: Эфендиев Б.Ш., Улимбашев М.Б., Карашаев М.Ф., и др. Сравнительная оценка влияния бентопорошка и наноразмерного бентонита Герпегежского месторождения на продуктивность коров и технологические свойства молока // Вестник КрасГАУ. 2026. № 8. С. 120–130. DOI: 10.36718/1819-4036-2026-8-120-130.

© Эфендиев Б.Ш., Улимбашев М.Б., Карашаев М.Ф., Бербекова И.М., 2026
Вестник КрасГАУ. 2026. № 8. С. 120–130.
Bulletin of KSAU. 2026;(8):120-130.

Beslan Shamsadinovich Efendiev[1]✉, **Murat Borisovich Ulimbashev**[2],
Muayed Frunzevich Karashaev[3], **Irina Mukhadinovna Berbekova**[4]
[1,4]Kabardino-Balkarian Scientific Center of the RAS, Nalchik, Kabardino-Balkarian Republic, Russia
[2,3]Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, Nalchik, Kabardino-Balkarian Republic, Russia
[1]beslanefendiev@mail.ru
[2]murat-ul@yandex.ru
[3]karashaev59@mail.ru
[4]ira.teuva@mail.ru

COMPARATIVE ASSESSMENT OF BENTOPOWDER AND NANOSCALE BENTONITE EFFECT FROM THE HERPEGEZH DEPOSIT ON COW PRODUCTIVITY AND MILK PROCESSING PROPERTIES

The objective of the study is to determine the impact of bentonite powder and nanosized bentonite from the Herpegezh deposit on the productivity of lactating cows and the technological properties of milk. The experimental work was conducted directly at the Agro-Soyuz agro-industrial complex in the Kabardino-Balkarian Republic over a period of 150 days, from November 1, 2024, to March 31, 2025, during the winter season. The results of a scientific and industrial study aimed at identifying the impact of nanosized bentonite on milk production volumes and its technological characteristics in cheese production are presented. The analysis was compared with the use of traditional bentonite powder. The use of nanosized bentonite significantly increases the digestibility of feed nutrients. Thus, the animals of the second experimental group, which received nanosized bentonite, had higher utilization of dry and organic matter, crude protein, crude fiber, crude fat and NFE than cows of the control and first experimental groups by 13.64 and 10.69 %; 12.23 and 8.77; 13.15 and 10.64; 11.57 and 7.47; 11.76 and 8.88; 10.66 and 7.17 %, respectively. Increased utilization of feed nutrients leads to increased milk production and higher fat and protein content in cows' milk. In the group of animals fed nano-sized bentonite, an increase in natural-fat milk yield of 1,170 kg (28.5 %) was recorded. An increase in milk yield per cow over a 150-day period of 4 % was also noted – 1,467 kg (37.6 %). Analysis of milk from the second experimental group revealed that fat and protein concentrations exceeded those in the control group by 0.45 and 0.21 %, respectively. The use of nano-sized bentonite in the diet of dairy cows leads to significant improvements in the composition, physicochemical, and technological properties of milk. As a result, the rennet coagulation time (according to Danilyan) is reduced from 44 to 9 minutes. Key words: milk, cow productivity, nanosized bentonite, milk fat, protein, feed digestibility, technological properties.

***Keywords**: milk, cow productivity, nanosized bentonite, milk fat, protein, feed digestibility, technological properties*

For citation: Efendiev BSh, Ulimbashev MB, Karashaev MF, et al. Comparative assessment of the bentonite powder and nanosized bentonite effect from the Herpegezh deposit on cow productivity and the technological properties of milk. *Bulletin of KSAU*. 2026;(8):120-130. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2026-8-120-130.

Введение. В настоящее время, по мнению ученых, обеспечение молочного скота необходимыми минералами возможно исключительно за счет специализированных минеральных добавок. Маловероятно, что в обозримом будущем удастся настолько изменить питание растений, чтобы существенно повысить содержание минеральных веществ в основных кормах. Таким образом, невозможно будет удовлетворить возрастающую потребность высокопродуктивных животных в этих элементах исключительно за счет кормов [1].

Дисбаланс в рационе относительно макро- и микроэлементов, витаминов и биологически активных компонентов приводит к ухудшению продуктивности, проблемам с репродуктивной функцией и снижению сопротивляемости организма к неблагоприятным воздействиям внешней среды [2]. Однако в результате введения санкций и ухудшения финансового состояния животноводческих хозяйств закупка и использование минеральных добавок и премиксов существенно снизилась.

Многочисленные исследования и практический опыт подтверждают, что применение нетрадиционных кормовых добавок, корректирующих рацион по дефицитным питательным, минеральным и биологически активным веществам, способствует повышению продуктивности животных на 6–12 %. Оптимизация всасывания полезных компонентов из пищи и улучшение работы организма позволяют достичь этого. Как следствие, снижение расхода корма на производство единицы продукции варьируется в пределах 4–8 % [3].

Для увеличения показателей в аграрном секторе необходимо широкое использование в животноводстве эффективных отечественных разработок, ориентированных на улучшение выживаемости сельскохозяйственных животных и стимулирование их продуктивности. К подобным средствам относится разнообразная категория природных алюмосиликатов – бентонитовые глины. Эти уникальные природные комплексы с оптимальным балансом содержат до 70 жизненно важных микроэлементов. Постоянное обеспечение организма данными веществами играет решающую роль в поддержании его здоровой работы. Бентониты характеризуются адсорбирующими, каталитическими, ионообменными и связывающими способностями [4].

В регионах Российской Федерации имеются возможности для организации использования местных кормовых добавок, например бентонитовые глины. В условиях снижения финансирования животноводства особое значение приобретают инновационные подходы к повышению его эффективности.

Среди методов, направленных на оптимизацию животноводства, выделяется применение кормовых добавок, влияющих на обмен веществ у животных. В качестве многообещающих альтернативных добавок рассматриваются природные сорбенты, такие как алюмосиликаты, в частности бентонитовые глины. Эти вещества характеризуются сложным минеральным составом, а также адсорбционными, связывающими, буферными, ионообменными качествами, степенью дисперсности и влагопоглощающими характеристиками. Это способствует эффективному применению природных компонентов, содержащихся в обычных кормах, для достижения высоких показателей продуктивности. Бентониты обладают рядом ценных свойств, среди которых особенно выделяется их способность к адсорбции алкалоидов, патогенных микроорганизмов и токсичных соединений. Важно отметить, что в их составе не обнаруживаются такие опасные элементы, как мышьяк, висмут, ртуть, сурьма и другие вредные вещества, что повышает безопасность их использования в животноводстве [5, 6].

Чтобы сбалансировать содержание минералов в кормах, широко применяются разнообразные минеральные добавки с комплексным составом. В частности в Центральном Предкавказье востребована бентонитовая глина, добываемая на Герпегежском месторождении. Ее ценные характеристики включают адсорбцию, связывание, высокую дисперсность и способность поглощать воду. Важно отметить, что глина богата различными химическими элементами, это делает ее подходящей в качестве минеральной добавки в рацион сельскохозяйственных животных и птиц.

Герпегежское месторождение бентонита – одно из самых масштабных разведанных залежей бентонитовых глин в Северо-Кавказском регионе и уникальный источник щелочных разновидностей в европейской части СНГ, с общими запасами, превышающими 450 млн т. Бентониты Герпегежского месторождения отличаются стабильным содержанием основного минерала – монтмориллонита. По концентрации монтмориллонита (породообразующего минерала), обменной емкости и ключевым составляющим герпегежские глины сопоставимы с асканскими глинами, добываемыми в Грузии. Асканские глины считаются эталоном натриевых щелочных бентонитов и отвечают экологическим требованиям по содержанию тяжелых металлов, демонстрируя низкий уровень вредных примесей [7].

Как сообщают исследователи [8], при использовании бентонитовой подкормки в количестве 1 % бентонита из расчета на сухое вещество рациона дойных коров биологическая полноценность молока повышалась на 4,6–7,9 %, расход корма снижался на 0,15–0,2 ЭКЕ в сравнении с контролем.

Внедрение бентонита в рацион дойных коров приводит к ряду положительных изменений. В частности наблюдается увеличение надоев в начальный период лактации на 8,4 %, а также в конце лактационного периода – на 13,6 %. Помимо этого, отмечается небольшое повышение жирности молока (на 0,1–0,2 %) и возрастает прибыльность производства (на 2,36–3,44 %).

У коров, получавших бентонит, улучшилось снабжение организма важными минералами: уровень кальция увеличился на 5,4 %; железа – в 1,8 раза; меди – в 2,4; цинка – в 1,6 раза и марганца – на 5,9 %. Такое обогащение организма полезными элементами положительно сказывается на объеме производства молока, его качественных характеристиках (в частности жирности) и рентабельности всего процесса.

Одним из многообещающих векторов использования природных минералов является создание лекарственных средств, препаратов и кормовых добавок на наноуровне. Такие разработки демонстрируют усиленные положительные характеристики и улучшенное воздействие на организм животных [9].

Исследования наноразмерного бентонита показали, что его физическая площадь значительно увеличивается, превосходя макроаналог в 32–35 раз. Это связано с переходом минерала в активное нанокластерное состояние. В природных бентонитах расстояние между пакетами слоев может увеличиваться в 10–15 раз в процессе адсорбции. Уменьшение размера частиц минерала с 22,0 до 2,0 мкм приводит к десятикратному увеличению общей поверхностной площади бентонита. Дальнейшее уменьшение до 200 нм повышает площадь в 90–100 раз, а при размере частиц 20 нм – в 800–1000 раз. Это ведет к увеличению удельной поверхности исходного материала и его сорбционной способности. В ходе адсорбции межпакетное расстояние в нанобентоните может увеличиваться в 1000 раз, что позволяет ему эффективно поглощать вещества практически любого молекулярного веса [10].

Использование наноразмерного бентонита в рационе животных способствует выведению из организма вредных веществ, продуктов метаболизма, токсинов, нормализует минеральный гомеостаз.

Добавление в корм нанокомпонента повышает уровень использования аммиака в рубце телят. Это происходит потому, что в состав кормовой добавки входит пористый природный минерал, переведенный в активное нанокластерное состояние. Он обладает сорбционными свойствами и может действовать в рубце телят (и у взрослых животных) как азотистый резервуар, поглощая до 35–40 % образующегося аммиака. Затем аммиак медленно высвобождается для синтеза микробиального белка, что обеспечивает эффективное всасывание аминокислот. В целом присутствие нанокомпонента в рационе животных улучшает микрофлору желудочно-кишечного тракта и способствует более глубокой ферментации кормовой массы в процессе рубцового пищеварения. Нанобентонит набухает в кишечнике, что замедляет прохождение съеденных кормов через желудочно-кишечный тракт. В результате значительно повышается усвояемость кормов. Это позволяет сократить затраты кормов на единицу продукции и увеличить продуктивность коров. Бентониты нанодисперсного размера характеризуются полной безопасностью, не проявляя токсичного влияния на эмбрионы и не провоцируя пороки развития. Они не оказывают негативного воздействия на процесс формирования костной ткани у плода и не вызывают проявлений аллергии, даже при значительном превышении рекомендуемых доз. Данные вещества пригодны для продолжительного применения, не имея ограничений и противопоказаний. Бентониты в наноформе демонстрируют многогранное фармакологическое воздействие, оказывая положительное влияние на параметры обмена белков, углеводов и минеральных веществ. Они стимулируют деятельность системы кроветворения, активизируют процесс образования эритроцитов и увеличивают уровень общей сопротивляемости организма к неблагоприятным факторам. Помимо этого, нанобентониты оптимизируют всасывание витаминов в желудочно-кишечном тракте [11, 12].

Повышение переваримости и усвояемости заданного корма лактирующими коровами – один из факторов, влияющих на уровень молочной продуктивности, процессы синтеза молока, химический состав и качество молочных продуктов. Применение бентонитовых глин благоприятно сказывается на микробиоте рубца, что приводит к существенным трансформациям питательных элементов корма. Это, в свою очередь, напрямую влияет на процессы ферментации, пропорции летучих жирных кислот в рубце, и, следовательно, оказывает воздействие как на объемы производства молока, так и на его физико-химические и технологические характеристики. При ухудшении оптимальной питательной среды для молочнокислых бактерий увеличивается продолжительность фазы гелеобразования, в результате значительно повышается расход фермента, сычужный сгусток формируется

менее эластичным и плотным, и для его обработки требуется более продолжительное время. При переработке в сыр в сыворотке увеличивается содержание сухого вещества, что приводит к увеличению расхода молока на единицу производимого сыра [13]. Сычужная свертываемость молока ухудшается: продолжительность фазы гелеобразования увеличивается на 2 мин, что приводит к увеличению расхода фермента на 12 %. При обработке сычужный сгусток утрачивает изначальную плотность и эластичность. Время, необходимое для его подготовки, возрастает на 14 мин. Отмечается увеличение содержания сухих веществ в сыворотке на 0,11 % по сравнению с обычными показателями, что приводит к увеличению расхода исходного сырья – молока на 2,6 % в расчете на единицу готового сыра.

Стратегия кормления жвачных ориентирована на поддержку и развитие здоровой микрофлоры в их желудочно-кишечном тракте. Эта микрофлора жизненно важна для эффективного расщепления как грубых, так и концентрированных кормов, богатых протеинами, крахмалом, целлюлозой и другими органическими компонентами. Применение специальных добавок, способствующих улучшению пищеварения и восстановлению баланса микрофлоры, положительно сказывается на метаболизме и увеличивает продуктивность скота. Повышение усвояемости кормов благодаря бентонитовым добавкам способствует росту уровня микробного белка, повышает метаболическую энергию и удои молока, а также увеличивает содержание жира и белка в молоке. Бентонитовые добавки создают оптимальные условия для роста симбиотических микроорганизмов в рубце жвачных и регулируют состав микробиоценоза пищеварительной системы.

Как уже упоминалось ранее, применение бентонитовых глин способствует улучшению снабжения минеральными веществами крупного рогатого скота. Это, в свою очередь, влечет за собой рост объемов производства молока, увеличение процентного содержания жира и белка, а также плотности продукта. Одновременно наблюдается обогащение молока такими элементами, как кальций, кобальт, цинк и медь, что заметно улучшает его технологические характеристики.

В Тимирязевской сельскохозяйственной академии на протяжении ряда лет изучалось воздействие микроэлементов на качество и технологические параметры молока при его переработке в такие продукты, как сыр, сливочное масло и молочные консервы. Итогом исследований стали заключения, что обогащение рациона коров необходимыми минералами способствует увеличению надоев на 6–8 % и положительно влияет на состав молока по ряду ключевых показателей. Это, в свою очередь, благоприятно сказывается на его технологических свойствах, а также на качестве производимых из него масла и сыра.

В молоке коров, получавших сбалансированную минеральную подкормку, частицы казеина и жировые шарики были большего размера, а процесс свертывания под воздействием сычужного фермента происходил с большей скоростью, что приводило к формированию более плотного сгустка. В молоке коров из экспериментальных групп отмечалось снижение количества жировых шариков диаметром менее 1 мкм на 10–15 %. При производстве масла из такого молока в пахту переходило меньшее количество жира, что повышало эффективность его использования и снижало расход молока на производство килограмма масла на 0,6–0,7 кг. При этом масло и сыр, произведенные из молока, полученного от опытных групп, отличались более высоким качеством и лучшей устойчивостью при хранении [14].

Ввиду исключительных характеристик бентонитовых глин в сфере животноводства и их значительных месторождений в Кабардино-Балкарской Республике разработка методов применения нанобентонитов в качестве компонента питания лактирующих коров представляет собой важную и актуальную задачу.

Цель исследования – изучение воздействия бентонитовой муки и наночастиц бентонита на показатели продуктивности, качественный состав и технологические параметры молока, полученного от коров голштинской породы черно-пестрой масти.

Задачи: определение влияния величины частиц бентонита, вводимого в рацион, на степень усвоения питательных элементов корма коровами в период лактации; влияние нанодисперсного бентонита на производство и характеристики молока у коров; исследование влияния добавления бентонита в нанодисперсной форме в кормовую смесь кормящих коров на характеристики молока, используемого в производстве сыра.

Объекты и методы. Исследовательская работа в экспериментальной части осуществлялась в зимний период, с 01.11.2024 по 31.03.2025 (продолжительность 150 сут), на базе сельскохозяйственного предприятия «Агро-Союз» КБР.

Для проведения экспериментов в указанном хозяйстве были организованы три группы лактирующих коров голштинской породы черно-пестрой масти, по 10 особей в каждой, методом подбора парных аналогов. В состав групп включали клинически здоровых животных, сходных по возрасту (3–4 лактации), массе тела (от 520 до 550 кг) и периоду после отела (2–3-й месяцы лактации). Эксперименты осуществлялись непосредственно на ферме, при стандартном режиме: кормление проводилось трижды в день, доение – дважды в день. Уровень кормления коров соответствовал нормам ВИЖ. Контрольной группе коров давали только основной рацион (ОР), 1-й опытной группе – ОР + бентонитовый порошок в количестве 150 г на одну голову, 2-й опытной группе – ОР + наноразмерный бентонит (25–80 нм) в количестве 150 г на одну голову.

Бентонит в нанодисперсном состоянии был получен посредством диспергирования бентонитового порошка (термически активизированная бентонитовая глина из Герпегежского месторождения, расположенного в Кабардино-Балкарской Республике) с использованием ультразвукового аппарата УЗВ-28/200 МП. Процесс проводился при частоте ультразвуковых колебаний 22 кГц и номинальной мощности генератора 360 Вт. Для стабилизации наноразмерного бентонита использовалась деионизированная вода в соотношении 1 : 4. Деионизированная вода производилась на установке для деионизации воды УПВД 30-3-УФ.

Регистрация молочной продуктивности осуществлялась согласно нормативам ГОСТ Р 51451. В образцах молока анализировали количество общего белка и казеина, жира, кальция, концентрацию соматических клеток, время, необходимое для сычужного свертывания (по методу Даниляна), а также определяли класс по сычужно-бродильной пробе, применяя общепринятые методики.

Схема опытов приведена в таблице 1.

Таблица 1

Схема опытов
Experimental scheme

Группа коров	Число коров в группе	Молочная продуктивность, кг молока в сутки	Рацион
К	10	20,0–21,5	ОР
I О	10	20,0–21,5	ОР + 150 г бентопорошка
II О	10	20,0–21,5	ОР + 150 г наноразмерного бентонита (25–80 нм)

Здесь и далее: К – контрольная группа; О – опытная группа; ОР – основной рацион.

Результаты и их обсуждение. В современных условиях развития молочного животноводства особую важность приобретает разработка и внедрение инновационных, высокоэффективных технологий. Они должны быть направлены на повышение молочной продуктивности коров и улучшение качества продукции.

Результаты наших исследований свидетельствуют, что использование бентопорошка и наноразмерного бентонита в кормлении лактирующих коров достоверно увеличивает коэффициенты переваримости питательных веществ рациона (табл. 2).

Разница заключается в том, что если бентонитовый порошок увеличивает коэффициент переваримости сухого вещества на 2,95 %, то наноразмерный бентонит – на 13,64 %. Использование наноразмерного бентонита позволяет увеличивать коэффициент переваримости органического вещества на 12,23 %, а бентопорошок – лишь на 3,46 %.

У подопытных животных из 2-й группы усвояемость необработанного белка превосходит аналогичный показатель у контрольной группы на 13,15 %. Также она выше на 10,64 %, чем у особей из 1-й группы.

Таблица 2

Коэффициенты переваримости питательных веществ (X ± S_x), %
Nutrient digestibility coefficients (X ± S_x), %

Показатель	Группа		
	К	I О	II О
Сухое вещество	54,11±0,31	57,06±0,24	67,75±0,04
Орган. вещество	58,09±0,40	61,55±2,11	70,32±0,38
Сырой протеин	53,22±1,05	55,73±2,51	66,37±1,04
Сырая клетчатка	43,48±0,44	47,58±2,17	55,05±1,80
Сырой жир	56,16±1,36	59,04±0,38	67,92±1,08
БЭВ	71,63±1,21	75,12±0,73	82,29±1,77

Примечание: при P < 0,05.

Коэффициент переваримости сырой клетчатки у животных контрольной группы довольно низкий – 43,48 %, а у животных 2-й группы, которая получала наноразмерный бентонит, он составил 55,05 %, что больше контроля на 11,57 % и больше, чем у животных 1-й группы, на 7,47 %.

У животных контрольной группы коэффициент переваримости сырого жира составил 56,16 % против 59,04 % у животных 1-й группы и 67,92 % у животных 2-й группы, которая получала наноразмерный бентонит. Использование наноразмерного бентонита позволило увеличить переваримость сырого жира на 11,76 % в сравнении с контрольной группой.

Переваримость БЭВ у животных 2-й группы была больше на 10,66 %, чем у коров контрольной группы, и на 7,17 %, чем у коров 1-й группы.

Обобщая данные, представленные в таблице 2, можно заключить, что пищеварение питательных веществ рациона у коров в опытных группах было более эффективным. Это обеспечило им дополнительное поступление энергии, что, в свою очередь, положительно сказалось на их продуктивности (табл. 3).

Проведенные нами исследования показали, что как бентопорошок, так и наноразмерный бентонит способствует увеличению молочной продуктивности коров и повышению содержания в молоке жира и белка.

Как видно из данных таблицы 3, введение в рационы лактирующих коров бентонитового порошка способствует увеличению молочной продуктивности натуральной жирности за 150 дней на 285 кг (6,9 %). Также увеличивается содержание жира в молоке на 0,08 %, белка – на 0,05 %, что увеличивает надой 4 %-го молока за 150 дней на 324 кг (8,3 %).

Использование наноразмерного бентонита в кормлении дойных коров способствует увеличению молочной продуктивности натуральной жирности за 150 дней на 1170 кг, или на 28,5 %, против контрольной группы и на 885 кг, или на 20,1 %, против 1-й группы, которая получала бентопорошок. В молоке, полученном от коров 2-й группы, зафиксировано содержание жира на уровне 4,11 %. Это значение превосходит аналогичный показатель молока коров контрольной группы на 0,45 %, а 1-й группы – на 0,37 %. Содержание протеина в молоке 2-й группы также превышало показатели контрольной и 1-й групп на 0,21 и 0,16 % соответственно. Общий надой 4 %-го молока за период в 150 дней на одну голову у коров 2-й группы был равен 5 367 кг, что больше, чем у контрольной группы (на 1 467 кг, или 37,6 %) и 1-й группы (на 1 143 кг, или 27,0 %).

Недостаточное и несбалансированное по минеральному составу кормление влечет за собой ощутимые изменения в составе, физико-химических характеристиках и технологических свойствах молока, сопровождающиеся снижением массовой доли сухих веществ в молоке на 0,7–0,9 % по сравнению с нормой, в т. ч. уменьшение доли жира на 0,4 % и белка – на 0,3 %. Подобные изменения оказывают негативное влияние на технологические свойства молока. Таким образом, для успешного производства сыра необходимо, чтобы молоко было не только биологически ценным и обогащенным отдельными компонентами, но и обладало надлежащими технологическими и сыропригодными качествами.

Оценка технологических характеристик молока, предназначенного для сыроделия, осуществляется на основании таких параметров, как кислотность, скорость образования сычужного сгустка, динамика синерезиса, плотность и упругость сгустка.

Таблица 3

Молочная продуктивность подопытных коров, $X \pm S_x$
Milk productivity of experimental cows, $X \pm S_x$

Показатель	Группа				
	К	I О		II О	
	Всего за 150 дней	Всего за 150 дней	% к контролю	Всего за 150 дней	% к контролю
Надой молока за 150 дней лактации на 1 гол., кг	4110	4395	106,9	5280	128,5
Средняя жирность молока, %	3,66	3,74	+0,08	4,11	+0,45
Среднее белковость молока, %	3,21	3,26	+0,05	3,42	+0,21
Надой 4 %-го молока за 150 дней, кг	3900	4224	108,3	5367	137,6
Среднесуточный удой 4 %-го молока, кг	26,00	28,16	108,3	35,78	137,6

Анализ данных таблицы 4 демонстрирует, что содержание общего белка в пробах молока всех трех групп соответствует установленным нормам, превышая значение в 3,20 %. При этом концентрация общего белка в молоке коров 2-й группы оказалась выше, чем в молоке контрольной группы, на 0,21 %.

Молоко, богатое протеинами (минимум 3,2 %, включая казеин – не менее 2,7 %), идеально подходит для производства сыра.

В молоке коров из контрольной группы концентрация казеина составила 2,48 %, что на 0,22 % меньше необходимого минимума. В то же время, в молоке 1-й группы содержание казеина достигло 2,92, а во 2-й группе – 3,28 %. Это превышает показатель контрольной группы на 0,8 и 1-й группы на 0,36 %.

Для определения технологических качеств молока следует учитывать не только уровень казеина, но и величину его частиц, а также пропорции различных составляющих. Наилучшим вариантом считается молоко с высоким содержанием казеина, в котором доля фракций α, β и γ составляет не менее 91 %.

Анализ данных, представленных в таблице 4, демонстрирует, что в контрольной группе общая доля ключевых казеиновых фракций в молоке составляет 77 %, в то время как в опытных группах варьирует от 94 до 112 %.

Размер казеиновых частиц в молоке также отличается между группами. В контрольной группе 58 % частиц имеют размер до 600 А°, а 42 % – более 600 А°. В 1-й группе соотношение составляет 49 и 51 % соответственно, а во 2-й группе – 28 и 72 %.

Содержание кальция в контрольной группе на 28 % ниже рекомендуемых значений. В 1-й группе уровень кальция соответствует норме (128 %), а во 2-й группе наблюдается его значительное превышение (до 141 %).

Установлено, что процесс агрегации казеиновых мицелл и формирование пространственной белковой структуры обусловлены присутствием ионов кальция. Эти ионы образуют так называемые кальциевые мостики, связывающие мицеллы между собой. Количество ионизированного кальция в молоке критически важно для поддержания дисперсности и гидратации белковых частиц, а также для их стабильности при нагревании и сычужном свертывании. Недостаток кальция приводит к медленному свертыванию молока с образованием рыхлого сгустка, который трудно поддается обработке или не образуется вовсе. Оптимальный уровень кальция в молоке находится в диапазоне 125–135 мг%.

Кислотность молока во всех группах коров находится в пределах 16–18 °Т. Свежее молоко с кислотностью 18 °Т способно выдерживать высокие температуры без коагуляции казеина. Прямой корреляции между кислотностью молока и его термоустойчивостью не выявлено.

Анализ сычужно-бродильной пробы, представленный в таблице 4, показывает, что молоко контрольной группы относится к III типу, в то время как молоко 1-й и 2-й групп соответствует I типу. Молоко III типа, свертывающееся более 40 мин, характеризуется как сычужно-вялое и образует рыхлый сгусток.

Талица 4

Технологические свойства молока при переработке его в сыр в зимне-стойловый период
Technological properties of milk during its processing into cheese during the winter-stall period

Группа	Общий белок, %	Казеин, %	В т.ч. α, β, χ-казеин, %	Размер частиц казеина А°, %	Кальций, мг%	Время сычужного свертывания (по Даниляну), мин.	Кислотность, Т°	Класс по сычужно-бродильной пробе
Нормативные требования и рекомендуемые значения показателя	> 3,20	> 2,7	≥ 91	до 600 и > 600	> 125	10–15	16,0–18,0	II ≤
К	3,21	2,48	77	58 и 42	97	44	17,5	III
I О	3,26	2,92	94	49 и 51	128	14	16,0	I
II О	3,42	3,28	112	28 и 72	141	9	16,0	I

Заключение. Использование наноразмерного бентонита в кормлении лактирующих коров способствует повышению коэффициентов переваримости питательных веществ рациона. Это, в свою очередь, увеличивает обеспеченность организма дойных коров питательными веществами, обеспечивая повышение молочной продуктивности до 28,5 %.

Включение бентонита наноразмерного помола в рацион кормящих коров улучшает характеристики молока, включая его состав, физические и химические параметры, а также технологические свойства. Позитивные изменения обусловлены корректировкой белкового профиля, увеличением концентрации казеина и его фракций α, β и χ (суммарно превышающих 91 %), оптимизацией размера казеиновых частиц, поддержанием оптимального уровня кальция, улучшением класса по сычужно-бродильной пробе и обогащением молока микроэлементами. Как следствие, время сычужного свертывания молока (по методике Даниляна) значительно сокращается – с 44 до 9 мин.

Следовательно, применение нанобентонита в кормлении лактирующих коров представляет собой многообещающее направление в молочном животноводстве, обеспечивающее ощутимую прибыльность и повышающее технологическое качество производимого молока.

Список источников

1. Усков Г.Е. Комбикорм с бентонитом в кормлении племенных телок // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2016. № 1. С. 3–8.
2. Кононенко С.И., Юрина Н.А., Юрин Д.А. Инновации в кормлении крупного рогатого скота // Известия Горского государственного аграрного университета. 2016. Т. 53, № 4. С. 73–77.
3. Курбанбаева Г.С., Адилханова М.С., Турсунбаева Ф.С., и др. Применение нетрадиционного местного сырья в производстве комбикормов // Universum: технические науки. 2021. 4 (85).
4. Дзагуров Б.А., Гадзаонов Р.Х., Карлов А.Г. Использование бентонита в кормлении дойных коров // Известия Горского государственного аграрного университета. 2020. Т. 57, № 1. С. 54–60.
5. Сидорова А.Л. Бентониты улучшают минеральное питание птицы и качество помета // Птицеводство. 2017. № 11. С. 30–32.
6. Ярмоц Г.А., Саткеева А.Б., Ярмоц Л.П. Использование природных кормовых добавок для повышения продуктивности животных // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2016. № 4. С. 16–25.

7. Везенцев А.И., Эфендиев Б.Ш., Нестерова Л.Л., и др. Бентонит Нальчикского месторождения и возможности его использования как катионного адсорбента // Chemical Bulletin. 2025. Т. 8, № 2. DOI: 10.58224/2619-0575-2025-8-2-2.
8. Дзагуров Б.А., Гадзаонов Р.Х., Карлов А.Г. Бентонит в кормлении дойных коров // Ветеринария сельскохозяйственных животных. 2020. № 9. С. 71–78.
9. Терещенко В.А., Иванова О.В., Иванов Е.А., и др. Использование ферментативного пробиотика и бентонитовой глины в кормлении лактирующих коров // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2017. № 6. С. 12–18. EDN: YQQYTP.
10. Кичеева А.Г., Терещенко В.А. Перспективы использования природных глинистых минералов в животноводстве (обзор) // Аграрный научный журнал. 2021. № 12. С. 88–93. DOI: 10.28983/asj.y2021i12pp88-93.
11. Мирошников С.А., Сизова Е.А. Наноматериалы в животноводстве (обзор) // Вестник мясного скотоводства. 2017. № 3. С. 7–22. EDN: ZJSLDD.
12. Козинец А., Козинец Т., Азизбекян С. Нанотехнологии в кормлении коров // Животноводство России. 2020. № S2. С. 27–29. DOI: 10.25701/ZZR.2019.55.61.020.
13. Волков Р.А. Влияние наноструктурного бентонита на физиолого-биохимический статус телят // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. № 1. С. 105–111. DOI: 10.18286/1816-4501-2025-1-105-111.
14. Осепчук Д., Семененко М., Кузьминова Е. Влияние премикса с бентонитом на молочную продуктивность коров // Комбикорма. 2021. № 11. С. 51–53. DOI: 10.25741/2413-287X-2021-11-3-154.

References

1. Uskov GE. Compound feed with bentonite in the feeding of breeding heifers. *Feeding of Agricultural Animals and Feed Production.* 2016;(1):3-8. (In Russ.).
2. Kononenko SI, Yurina NA, Yurin DA. Innovations in cattle feeding. *Proceedings of the Gorsky State Agrarian University.* 2016;53(4):73-77. (In Russ.).
3. Kurbanbayeva GS, Adilkhanova MS, Tursunbaeva FS, et al. The use of non-traditional local raw materials in the production of compound feeds. *Universum: technical sciences: electron. scientific journal.* 2021;4(85).
4. Dzagurov BA, Gadzaonov RH, Karlov AG. The use of bentonite in feeding dairy cows. *Proceedings of the Gorsky State Agrarian University.* 2020;57(1):54-60. (In Russ.).
5. Sidorova AL. Bentonites improve mineral nutrition of poultry and quality of droppings. *Poultry farming.* 2017;11:30-32. (In Russ.).
6. Yarmots GA, Satkeeva AB, Yarmots LP. The use of natural feed additives to improve of animal productivity. *Feeding of Agricultural Animals and Feed Production.* 2016;4:16-25. (In Russ.).
7. Vezentsev AI, Efendiev BSh, Nesterova LL, et al. Bentonite of the Nalchik deposit and the possibilities of its use as a cationic adsorbent. *Chemical Bulletin.* 2025;8(2). (In Russ.). DOI: 10.58224/2619-0575-2025-8-2-2.
8. Dzagurov B, Gadzaonov R, Karlov A. Bentonite in the feeding of dairy cows. *Veterinariâ sel'skohozâjstvennyh životnyh.* 2020;9:71-78. (In Russ.).
9. Tereshchenko VA, Ivanova OV, Ivanov EA, et al. The use of enzymatic probiotic and bentonite clay in the feeding of lactating cows. *Feeding of Agricultural Animals and Feed Production.* 2017;6:12-18. (In Russ.). EDN: YQQYTP.
10. Kicheeva AG, Tereshchenko VA. Prospects for the use of natural clay minerals in animal husbandry (review). *The Agrarian Scientific Journal.* 2021;12:88-93. (In Russ.). DOI: 10.28983/asj.y 2021i12pp88-93.
11. Miroshnikov SA, Sizova EA. Nanomaterials in animal husbandry (review). *Herald of beef cattle breeding.* 2017;(3):7-22. (In Russ.). EDN: ZJSLDD.
12. Kozinets A, Kozinets T, Azizbekyan S. Nanotechnologies in cow feeding. *Animal Husbandry of Russia.* 2020;S2:27-29. (In Russ.). DOI: 10.25701/ZZR.2019.55.61.020.

13. Volkov RA. Influence of nanostructured bentonite on the physiological and biochemical status of calves. *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy.* 2025;(1):105-111. (In Russ.). DOI: 10.18286/1816-4501-2025-1-105-111.
14. Osepchuk D, Semenenko M, Kuzminova E. The effect of premix with bentonite on milk productivity of cows. *Compound Feed Magazine.* 2021;11:51-53. (In Russ.). DOI: 10.25741/2413-287X-2021-11-3-154.

Статья принята к публикации 12.05.2026 / The article accepted for publication 12.05.2026

Информация об авторах:

Беслан Шамсадинович Эфендиев, заведующий лабораторией интеллектуальных производственных систем животноводства, птицеводства и рыбоводства, доктор сельскохозяйственных наук, доцент
Мурат Борисович Улимбашев, начальник отдела сопровождения грантов и научно-инновационных проектов, доктор сельскохозяйственных наук, доцент
Муаед Фрунзевич Карашаев, профессор кафедры зоотехнии и ветеринарно-санитарной экспертизы, доктор биологических наук, доцент
Ирина Мухадиновна Бербекова, стажер-исследователь

Information about the authors:

Beslan Shamsadinovich Efendiev, Head of the Laboratory of Intelligent Production Systems for Livestock, Poultry, and Fish Farming, Doctor of Agricultural Sciences, Docent
Murat Borisovich Ulimbashev, Head of the Department for Grant Support and Scientific and Innovative Projects, Doctor of Agricultural Sciences, Docent
Muayed Frunzevich Karashaev, Professor at the Department of Animal Science and Veterinary-Sanitary Expertise, Doctor of Biological Sciences, Docent,
Irina Mukhadinovna Berbekova, Intern Researcher