

Животноводство и кормопроизводство. 2026. Т. 109. № 2. С. 272-283.
Animal Husbandry and Fodder Production. 2026. Vol. 109. No. 2. P. 272-283.

КОРМОПРОИЗВОДСТВО И КОРМА

Научная статья
УДК 636.52/.58.087.7(470.64)
doi: 10.33284/2658-3135-109-2-272

Монтмориллонитовые глины: получение наноразмерного материала и эффективность его использования в птицеводстве

Беслан Шамсадинович Эфендиев¹, Марят Хаджибиевна Хаткова², Мурат Борисович Улимбашев³

¹Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук, Нальчик, Россия

²Майкопский государственный технологический университет, Майкоп, Россия

³Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова, Нальчик, Россия

¹beslanefendiev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5730-2160>

²maryat.khatkova76@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3188-7359>

³murat-ul@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9344-5751>

Аннотация. В статье представлена схема получения наноразмерного монтмориллонита Герпегежского месторождения Кабардино-Балкарской Республики для применения в качестве кормовой добавки при выращивании цыплят-бройлеров. Установлено, что процесс получения наноразмерного монтмориллонита включает три стадии: просев глины от крупных механических включений, помол в шаровой мельнице для получения порошка с частицами однородного размера и рассев порошка в многочастотном вибрационном сите. При переводе бентонита в наноразмерное состояние получены следующие результаты: практически минералы пустой породы были удалены, распределение частиц глины размером от 10 до 50 нм составило 24,61 %, от 60 до 90 нм – 48,22 %. Технология переработки глины с использованием многочастотного вибрационного сита позволила получить до 72,83 % наноразмерной глины, значительно сократив период ее получения, и сделало возможным ее широкое масштабирование. Научно-хозяйственный опыт по определению влияния наноразмерного монтмориллонита при выращивании цыплят-бройлеров показал, что опытная группа, получавшая наноразмерный монтмориллонит превосходила контрольную группу в абсолютном приросте в живой массе на 663 г, а среднесуточный прирост живой массы – на 15,8 г или 36,3 %. Затраты кормовых средств на производство единицы продукции снизились на 26,6 % по сравнению с показателями птицы, выращенной на основном рационе. Сохранность поголовья в опытной группе составила 99,4 %, против 91,8 – в контрольной группе.

Ключевые слова: сельскохозяйственная птица, цыплята-бройлеры, кормовая добавка, монтмориллонит, Герпегежское месторождение, переработка глины, наноразмер, прирост, сохранность

Благодарности: работа выполнена в соответствии с планом НИР за 2025-2027 гг. ФГБНУ «Кабардино-Балкарский научный центр РАН».

Для цитирования: Эфендиев Б.Ш., Хаткова М.Х., Улимбашев М.Б. Монтмориллонитовые глины: получение наноразмерного материала и эффективность его использования в птицеводстве // Животноводство и кормопроизводство. 2026. Т. 109. № 2. С. 272-283. [Efendiev BSh, Khatkova MKh, Ulimbashev MB. Montmorillonite clays: production of nanosized material and its efficiency in poultry farming. Animal Husbandry and Fodder Production. 2026;109(2):272-283. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-109-2-272>

FODDER PRODUCTION AND FODDERS

Original article

Montmorillonite clays: production of nanosized material and its efficiency in poultry farming

Beslan Sh Efendiev¹, Maryat Kh Khatkova², Murat B Ulimbashev³

¹Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Nalchik, Russia

²Maikop State Technological University, Maykop, Russia

³Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after VM Kokov, Nalchik, Russia

¹beslanefendiev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5730-2160>

²maryat.khatkova76@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3188-7359>

³murat-ul@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9344-5751>

Abstract. This article presents a process for producing nanosized montmorillonite from the Gerpegezhskoye deposit in the Kabardino-Balkarian Republic for use as a feed additive in broiler chickens. It was established that the process of producing nanosized montmorillonite involves three stages: sifting the clay to remove large mechanical impurities, grinding in a ball mill to produce a powder with uniform particle size, and sieving the powder in a multi-frequency vibrating sieve. The following results were obtained as a result of converting the bentonite to a nanosized state: almost all gangue minerals were removed, the distribution of clay particles ranging in size from 10 to 50 nm was 24.61%, and from 60 to 90 nm, 48.22%. Clay processing technology using a multi-frequency vibrating sieve allowed for the recovery of up to 72.83% nanosized clay, significantly reducing the production period and enabling its scalability. A scientific and economic trial to determine the effects of nanosized montmorillonite on broiler chickens showed that the experimental group receiving nanosized montmorillonite advanced over the control group in absolute live weight gain by 663 g, and average daily live weight gain by 15.8 g, or 36.3%. Feed costs per unit of production decreased by 26.6% compared to birds raised on a standard diet. Flock survival in the experimental group was 99.4%, compared to 91.8% in the control group.

Keywords: farm poultry, broiler chickens, feed additive, montmorillonite, Gerpegezhskoye deposit, clay processing, nanosize, weight gain, safety

Acknowledgments: the work was supported in accordance to the plan of research works for 2025-2027 FSBRI Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences

For citation: Efendiev BSh, Khatkova MKh, Ulimbashev MB. Montmorillonite clays: production of nanosized material and its efficiency in poultry farming. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2026;109(2):272-283. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-109-2-272>

Введение.

Решение проблемы эффективного производства животноводческой продукции возможно лишь на основе создания прочной кормовой базы, в том числе путем разработки новых и использования имеющихся на рынке кормовых добавок, применение которых в кормовых рационах животных и птицы способствует более лучшему усвоению питательных элементов корма, улучшению метаболизма, соответственно, повышению продуктивных качеств (Волков Р.А. и Якупова Л.Ф., 2020; Афанасьева А.И. и Сарычев В.А., 2025).

Важное место в повышении уровня продуктивности, улучшении качественных показателей продукции и оптимизации минерального питания сельскохозяйственных животных и птицы занимает использование природных агроминералов и их преобразованных аналогов (Проскурина Л.И. и др., 2022; Тодороски К. и др., 2023; Хорошевская Л.В. и др., 2025), среди которых наиболее перспективными представляются бентонитовые глины, содержащие в своем составе жизненно важные макро- и микроэлементы (Parras AC et al., 2014). Роль минеральных веществ в животном организме многогранна, в частности они активизируют обменные процессы, участвуют в регулировании осмотического давления, служат пластическим материалом при формировании скелета (Терещенко В.А., 2024).

Элементный состав бентонитовых глин Герпегежского месторождения содержит Al, Si, K, Ca, Ti, Fe, B (следовые количества). Выявлено, что минералогический состав исследуемой глины сложен монтмориллонитом, клиноптилолитом и низкотемпературным тригональным кварцем. Содержание монтмориллонита – $53,0 \pm 1,1$ масс. %. Максимальный размер частиц составляет 198.7-210.1 мкм, доля таких частиц – 0.69 масс. %. Минимальный размер частиц 0.6-0.9 мкм, доля таких частиц – 1.22 масс.% (Везенцев А.И. и др., 2025a).

Природный бентонит Даш-Салахлинского месторождения Азербайджанской Республики, являющийся общепризнанным эталоном среди бентонитов, содержит до 70-85 мас. % монтмориллонита, который и обуславливает наличие уникального и практического важного комплекса свойств бентонитовых глин – способности к набуханию и интеркаляции, а также значительной сорбционной емкости (Мамедова С.А., 2018; Park JH et al., 2016).

Интерес к природным бентонитам в числе прочих факторов видится в том, что они являются дополнительным дешевым источником обеспечения животных и птицы минеральными элементами. Наряду с положительным влиянием скармливания бентонитовой глины на рост и развитие животных, продуктивность, она стимулирует активизацию специфического иммунитета и неспецифической резистентности организма, способствует нормализации микрофлоры кишечника и вязкости содержимого (Zohra B, 2008) а также защите стенок кишечника (Кичеева А.Г. и Терещенко В.А., 2021).

В результате тестирования бентонитовой глины алюмосиликатного происхождения в виде препарата Аскангель цыплятам-бройлерам адсорбция микотоксинов в кормах достигла 79 %, что обеспечило снижение токсичности кормов, улучшился клинико-физиологический статус птицы, а также всасывание в желудочно-кишечном тракте питательных веществ (Chkuaseli A et al., 2016).

Благодаря целому ряду положительных свойств монтмориллонитовые глины широко используются в животноводстве, в том числе и в мясном птицеводстве. Особенно уникальными свойствами монтмориллонитовые глины обладают при их активации путем уменьшения размера частиц.

По сообщениям белгородских исследователей наноразмерные монтмориллонитовые глины обладают сорбционной емкостью в 30-33 раза больше, чем природный монтмориллонит, в связи с тем, что значительно увеличивается площадь удельной поверхности (Везенцев А.И. и др., 2025b).

Наноразмерные монтмориллонитовые глины также являются хорошими сорбентами токсических веществ, снижают их всасывание через кишечник в организм животных, выводя из организма транзитом через желудочно-кишечный тракт птицы (Mishra A et al., 2014; Tsai YH et al., 2016; Swain PS et al., 2015).

Однако получение и применение наноразмерной монтмориллонитовой глины на практике, вне лабораторных условий, – процесс затратный и трудоемкий. В лабораторных условиях процесс очистки и получения монтмориллонитовой глины состоит из следующих стадий: удаление крупной механической примеси, разделение глины, разбавленной в воде в пропорции 1:10, на фракции путем отмучивания, полученную смесь перемешивают продолжительное время, отстаивают. Процесс проводят несколько раз. Затем средний слой глины отбирают и удаляют жидкую фазу. В глине не должно быть песка. Следующая стадия – процесс сушки в сушильном шкафу при температуре до $+100...+120$ °C в течение 2...3 часов. По такой технологии, в лабораторных условиях, можно получить глину, состоящую из монтмориллонита на 80 % (Swain PS et al., 2016; Mahmoud UT et al., 2020).

В производственных условиях получение монтмориллонитовой глины включает следующие основные шаги процесса: в сырье удаляют крупные посторонние включения и примеси (песок, известняк, органику), затем сушат в барабанных или ленточных сушилках при $+100...+300$ °C, высушенный монтмориллонит дробят в щековых или валковых дробилках до кусков 5-20 мм, затем мелко измельчают в шаровых мельницах, роторных или молотковых дробилках и струйных мель-

ницах, измельченный материал просеивают через сита или воздушные классификаторы для разделения на фракции.

Как видим, процесс очистки и получения монтмориллонитовой глины с размером частиц до микрон – достаточно трудоемкая и затратная по времени технология.

Используют и другую технологию: получают наноразмерный бентонит диспергированием бентопорошка в ультразвуковой установке. При этом получают небольшое количество и для масштабирования не подходит.

Цель исследования.

Разработка научно-обоснованного применения технологии масштабного получения монтмориллонитовой глины с размерами частиц в микро- и нанометрах с использованием последнего поколения многочастотного вибрационного сита MB (N)-АПМ-0,2(М2,8) (ООО «СТАНКС», Россия), предназначенного для сухого отсева порошков.

Задачи исследования:

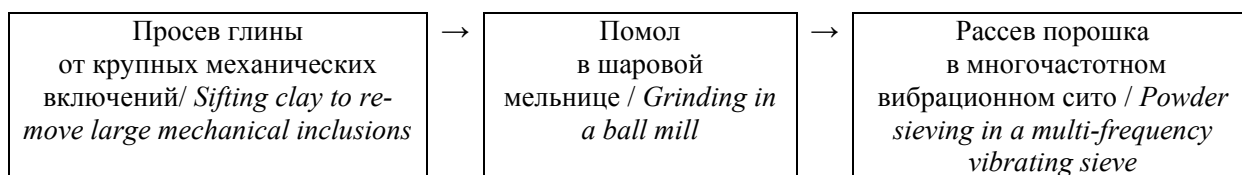
1. Разработать технологию получения наноразмерного монтмориллонита с использованием многочастотного вибрационного сита и провести сравнение с природным монтмориллонитом.
2. Провести сравнительный анализ эффективности применения природного монтмориллонитового порошка и монтмориллонита полученного с использованием многочастотного вибрационного сита при выращивании цыплят-бройлеров в качестве кормовой добавки в производственных условиях.

Материалы и методы исследования.

Объект исследования. Цыплята-бройлеры кросса «Конкурент». Монтмориллонитовая глина Герпегежского месторождения Кабардино-Балкарской Республики.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями нормативных актов: протоколы Женевской конвенции и принципы надлежащей лабораторной практики (Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 53434-2009). При проведении исследований были предприняты меры для обеспечения минимума страданий животных и уменьшения количества исследуемых опытных образцов.

Схема эксперимента. Экспериментальный монтмориллонит получали по следующей схеме:



Корпус шаровой мельницы – полиуретановый, шары – алуминовые, производительность – до 50 кг/ч. В многочастотном вибросите используется сетки размером 7 мкм, спектр частот колебания сетки – от 10 до 400 Гц, амплитуда колебания сетки – 0-10 мм (плавно регулируемая). Производительность – до 30 кг/ч.

Расчет эффективности отсева проводили по формуле:

$$E = \frac{M_0 - M_1}{M_0 - M_k} * 100\%$$

где: M_0 – масса всего исходного материала, поданного на вибросито;

M_1 – масса плюсового материала после первого отсева;

M_k – масса плюсового материала после контрольного отсева.

Научно-производственный опыт с применением природного монтмориллонита и экспериментального монтмориллонита провели на цыплятах-бройлерах кросса «Конкурент» с 1 до 42-дневного возраста (до технологического убоя птиц на мясо) по следующей схеме:

	Группа /Group		
	контрольная / <i>control</i>	I опытная / <i>I experimental</i>	II опытная / <i>II experimental</i>
Цыплята-бройлеры / <i>Broiler chickens</i>	Основной рацион (ОР) / <i>Basic diet (BD)</i>	ОР+природный монтмориллонит, 2 % от массы корма / <i>BD + natural montmorillonite, 2% of feed weight</i>	ОР+эксперим. монтмориллонит, 2 % от массы корма / <i>BD + experimental montmorillonite, 2% of feed weight</i>

Для проведения опытов было сформировано три группы методом аналогов по 1000 голов в каждой. Основной рацион (ОР) получала контрольная группа, I опытной группе дополнительно скармливали 2 % природного монтмориллонитового порошка в составе корма, II опытной – 2,0 % наноразмерного монтмориллонита

Прирост живой массы цыплят-бройлеров определяли индивидуальным взвешиванием 10 % поголовья на 1, 14, 28 и 42 сутки опыта.

Оборудование и технические средства. Многочастотное вибрационное сито МВ (N)-АПМ-0,2(М2,8) (ООО «СТАНКС», Россия). Для взвешивания птицы использовали весы ВСП4-ЖсО (малогабаритные) («Невские весы», Россия).

Статистическая обработка. Для обработки первичного материала использовали специализированный статистический пакет «Statistica 10.0» («Stat Soft Inc.», США) с установлением достоверности разности между группами при трех уровнях вероятности ($P \leq 0,05$; $P \leq 0,01$; $P \leq 0,001$).

Результаты исследований.

Результаты отсева природной монтмориллонитовой глины приведены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты отсева природной монтмориллонитовой глины
Table 1. Results of sieving natural montmorillonite clay

Наименование материала / <i>Material</i>	Крупность сетки, мкм / <i>Mesh size, μm</i>	Масса материала, (M ₀), кг / <i>Material weight (M₀), kg</i>	Основной рассев, (M ₁), кг / <i>Main sifter (M₁), kg</i>	Контрольный рассев (M _K), кг / <i>Control sieving (M_K), kg</i>	% отбора / <i>% selection</i>	Содержание целевой фракции в пробе, % / <i>Content of target fraction in sample, %</i>	Эффект отсева (E), % / <i>Sieving effect (E), %</i>
Глина/Clay	7	15	0,99	0,8	93,4	95,0	98,7

Монтмориллонитовая глина сеется хорошо. Агломератов после просева не осталось. Разницы в просеве пылящей пробы и не пылящей практически нет. Практически минералы пустой породы (кварцевый песок, полевой шпат, кальцит и растительные остатки) были удалены.

Рассев природной монтмориллонитовой глины на многочастотном вибрационном сито (серии МВ(Н)-АПМ-0,2) с крупностью сетки 7 мкм позволяет получать глину с содержанием монтмориллонита 95,0 масс. %, с эффективностью отсева 98,7 %.

В таблице 2 представлено распределение частиц исследуемого образца глины по размерам, полученным по вышеуказанной схеме.

Таблица 2. Распределение частиц глины Герпегежского месторождения по размерам
Table 2. Particle size distribution of clay from the Gerpegezhskoye deposit

Размер частиц, мкм / <i>Particle size, μm</i>	Массовая доля, % / <i>Mass fraction, %</i>	
	природная / <i>natural</i>	очищенная / <i>purified</i>
0,01-0,03	-	8,34
0,04-0,05	-	16,27
0,06-0,07	-	22,14
0,08-0,09	0,07	26,08
0,10-0,50	0,14	18,06
0,60-1,00	1,18	7,11

Установлено, что при использовании вышеописанной технологической схемы получения наноразмерного монтмориллонита распределение частиц глины выглядит следующим образом: размер частиц от 0,01 до 0,05 мкм (от 10 до 50 нм) составляет 24,61 %, от 0,06 до 0,09 мкм (от 60 до 90 нм) – 48,22 %.

В целом используемая технология дает возможность получения наноразмерной глины до 72,83 %. В природной глине, как видим из таблицы, практически отсутствуют частицы с такими размерами.

Результаты научно-хозяйственного опыта по использованию монтмориллонитового порошка и наноразмерного монтмориллонита в кормлении цыплят-бройлеров (табл. 3) показали, I опытная группа к концу откорма имела живую массу 2126,1 г, которая превышала живую массу контрольной группы на 254,4 г, или на 13,6 % ($P \leq 0,001$). Птица II опытной группы имела живую массу к 42 дням 2533,8 г, что больше, нежели у контрольной группы на 662,1, или 35,4 % ($P \leq 0,001$). Группа цыплят-бройлеров, получавшая наноразмерный монтмориллонит, превосходила по живой массе группу, которой скармливали природный минерал, на 407,7 г, или на 19,2 % ($P \leq 0,001$).

Таблица 3. Динамика живой массы подопытных цыплят-бройлеров, г
Table 3. Dynamics of live weight of experimental broiler chickens, g

Показатель / <i>Indicator</i>	Группа цыплят-бройлеров / <i>A group of broiler chickens</i>		
	контрольная / <i>control</i>	I опытная / <i>I experimental</i>	II опытная / <i>II experimental</i>
Живая масса, г: / <i>Live weight, g:</i>			
1 день / <i>Day 1</i>	43,7±0,17	43,1±0,15	43,4±0,15
14 день / <i>Day 14</i>	247,9±1,79***	328,2±1,65***	378,5±2,05
28 день / <i>Day 28</i>	855,2±5,49***	1099,7±6,52***	1334,5±6,08
42 день / <i>Day 42</i>	1871,7±10,68***	2126,1±9,31***	2533,8±9,88
Абсолютный прирост, г / <i>Absolute growth, g</i>	1828±9,13***	2083,0±8,43***	2491,3±9,47
Среднесуточный прирост, г / <i>Average daily gain, g</i>	43,5±0,15***	49,6±0,19***	59,3±0,23
В % к контролю / <i>In % of control</i>	100	114,0	136,3
Расход корма на 1 кг прироста / <i>Feed consumption per 1 kg of gain</i>	2,48	2,18	1,82
В % к контролю / <i>In % of control</i>	100	87,9	73,4
Падеж, гол. / <i>Mortality, heads</i>	82	57	6
в % / <i>In %</i>	8,2	5,7	0,6

Примечание: *** – $P \leq 0,001$ (достоверность разности значений 2 опытной группы к другим)

Note:*** – $P \leq 0,001$ (reliability of the difference in values of 2 experimental group to others)

Среднесуточный прирост живой массы цыплят-бройлеров II опытной группы превышал контрольную и I опытную группы на 15,8 и 9,7 г соответственно ($P \leq 0,001$).

В результате затраты корма на 1 кг прироста у цыплят-бройлеров II группы составили 1,82 кг, против 2,48 кг в контрольной группе, что меньше на 0,66 кг или на 26,6 %. Расходы корма в I опытной группе также были выше, чем во II на 0,36 кг, или 16,5 %.

За время проведения исследований, сохранность поголовья в I и II опытных группах была выше, чем в контрольной группе соответственно на 2,5 и 7,6 %, и составила соответственно 94,3 и 99,4 %, против 91,8 в контрольной группе.

Обсуждение полученных результатов.

Нами разработана технология получения наноразмерного монтмориллонита, которая значительно упрощает и ускоряет процесс по сравнению с традиционными методами. Для этого мы используем многочастотное вибрационное сито серии MB(N)-АПМ-0,2 с крупностью сетки 7 мкм. С его помощью из природной монтмориллонитовой глины удастся получить материал с содержанием монтмориллонита 95,0 % и эффективностью отсева 98,7 %. Вместе с тем предложенная нанотехнология позволяет добиться высокой степени очистки бентонита от примесей. В результате мы получаем наноразмерные частицы с размером от 10 нм до 90 нм, доля которых составляет до 72,83 %.

Использование подобного оборудования для получения наноразмерного бентонита не обнаружено в доступной литературе. По информации от производителя (Группа компаний «АПМ» АО «Агентство Прикладной Механики» НИИ «Прикладная механика и автоматизация» ООО «ТД АПМ», г. Санкт-Петербург, Россия), компания проводит фундаментальные исследования, демонстрирующие возможность высокопроизводительного и высокоэффективного просева тонких и сверхтонких материалов, не имеющих аналогов в мире. Это оборудование позволяет решать как отдельные задачи в существующих технологических цепочках производства наноразмерного бентонита, так и создавать принципиально новые технологии, ранее недоступные из-за крайне низкой эффективности и высокой стоимости.

Полученные нами результаты по использованию наноразмерного бентонита в кормах для цыплят-бройлеров согласуются с данными других исследователей (Ежкова А.М. и др., 2015; Шумский В.А. и Шутова Д.В., 2025), которые также изучали влияние наноразмерного бентонита на кормление цыплят-бройлеров. Однако в наших исследованиях среднесуточные приросты живой массы молодняка птицы, сохранность поголовья оказались выше, а затраты корма – ниже, чем у других исследователей (Сидорова А.Л. и Эккерт Л.Н., 2015; Псхациева З.В. и др., 2016).

Исследования показали, что использование монтмориллонитовой глины увеличивает приросты, сохранность цыплят и снижает расход кормов. Наиболее предпочтительным оказалось применение наноразмерного монтмориллонита в качестве кормовой добавки при откорме цыплят-бройлеров, в результате чего наблюдалось значительное увеличение живой массы, снижение падежа поголовья и затрат корма на единицу прироста за счет улучшения пищеварения и усвояемости питательных веществ корма. Исследования по изучению наноструктурных материалов в рационах показали, что длина кишечника птиц на порядок короче, чем у других видов животных (Ундалов Р.В. и др. 2023). Например, длина кишечника у крупного рогатого скота составляет 40 м, у свиней – 20, а у птиц – 1,8 м, и в том числе, по этой причине усвоение питательных веществ корма у последних значительно ниже. Это обстоятельство заставляет специалистов искать пути увеличения конверсии корма у птиц путем воздействия на метаболические процессы пищеварения.

Заключение.

Очистка и получение монтмориллонита по схеме: просев глины от крупных механических включений – помол в шаровой мельнице и рассев порошка в многочастотном вибрационном сите – позволяет получить 72,83 % монтмориллонитовой глины размером частиц от 10 до 90 нм при эффективности процесса 98,7 %. Использование наноразмерного монтмориллонита в качестве кормо-

вой добавки увеличивает приросты цыплят-бройлеров к концу выращивания (42 дня) на 36,3 %, снижает затраты корма на 26,6 % и увеличивает сохранность до 99,4 % против 91,8 % – у птицы, выращенной на основном рационе.

Список источников

1. Афанасьева А.И., Сарычев В.А. Модификация метаболизма и продуктивности молочного скота при применении ферментно-пробиотической кормовой добавки Профорт // Животноводство и кормопроизводство. 2025. Т. 108. № 1. С. 115-127. [Afanasyeva AI, Sarychev VA. Modification of metabolism and productivity of dairy cattle using the enzyme-probiotic feed additive Profort. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2025;108(1):115-127. (*In Russ.*)] doi: 10.33284/2658-3135-108-1-115
2. Бентонит Нальчикского месторождения и возможности его использования как катионного адсорбента / А.И. Везенцев, Б.Ш. Эфендиев, Л.Л. Нестерова, Г.М. Шайдорова, А.А. Вьялкин // Chemical Bulletin. 2025a. Т. 8. № 2.2. [Vezentsev AI, Efendiev BSh, Nesterova LL, Shaidorova GM, Vyalkin AA. Bentonite of the Nalchik deposit and the possibilities of its use as a cationic adsorbent. *Chemical Bulletin*. 2025a;8(2):2. (*In Russ.*)] doi: 10.58224/2619-0575-2025-8-2-2
3. Влияние витаминно-минерального премикса производства ТОО «Агровит» на организм цыплят-бройлеров / Л.И. Проскурина, Е.М. Эннс, С.А. Берсенева, Н.А. Татарникова, А.Н. Белов // Вестник КрасГАУ. 2022. № 6. С. 112-121. [Proskurina LI, Enns EM, Berseneva SA, Tatarnikova NA, Belov AN. Agrovit partnership' vitamin and mineral premix effect on broiler chicken body. *Bulliten of KSAU*. 2022;(6):112-121. (*In Russ.*)] doi: 10.36718/1819-4036-2022-6-112-121
4. Влияние кормовой добавки, сочетающей антикокцидийный и пребиотический препараты, на сохранность и приросты цыплят-бройлеров / Л.В. Хорошевская, И.Ф. Горлов, М.И. Сложенкина, А.А. Мосолов, С.В. Абрамов, А.В. Балышев, А.П. Хорошевский // Животноводство и кормопроизводство. 2025. Т. 108. № 1. С. 145-157. [Khoroshevskaya LV, Gorlov IF, Slozhenkina MI, Mosolov AA, Abramov SV, Balyshev AV, Khoroshevsky AP. The effect of a feed additive combining anticoccidium and prebiotic preparations on the safety and growth of broiler chickens. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2025;108(1):145-157. (*In Russ.*)] doi: 10.33284/2658-3135-108-1-145
5. Влияние наноструктурного цеолита на минеральный обмен эмбрионов и постнатальную скорость роста утят / Р.В. Ундалов, А.М. Ежкова, М.М. Ахметов, Ю.В. Ларина, Н.М. Лядов, В.О. Ежков // Ученые записки Казанской академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2023. Т. 255. № 3. С. 344-349. [Undalov RV, Ezhkova AM, Akhmetov MM, Larina YuV, Lyadov NM, Ezhkov VO. Influence of nanostructural zeolite on mineral metabolism of embryos and postnatal growth rate of duckings. *Scientific Notes Kazan Bauman Academy of Veterinary Medicine*. 2023;255(3):344-349. (*In Russ.*)] doi: 10.31588/2413_4201_1883_2_255_344
6. Волков Р.А., Якупова Л.Ф. Обоснование применения микроэлементсодержащей добавки для повышения продуктивности животных // Ученые записки Казанской академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2020. Т. 244. № 4. С. 50-52. [Volkov RA, Yakupova LF. Rationale for application of microelements containing supplement to increase animal productivity. *Scientific Notes Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine*. 2020;244(4):50-52. (*In Russ.*)] doi: 10.31588/2413-4201-1883-244-4-50-53
7. Качество мяса цыплят-бройлеров при использовании кормовой добавки наноразмерного бентонита / А.М. Ежкова, А.Х. Яппаров, Т.Ю. Мотина, И.А. Яппаров, В.О. Ежков // Главный зоотехник. 2015. № 1. С. 45-49. [Ezhkova AM, Yapparov AKh, Motina TYu, Yapparov IA, Ezhkov VO. The meat quality of broiler chickens when using feed additive nanosized bentonite. *Head of Animal Breeding*. 2015;1:45-49. (*In Russ.*)]
8. Кичеева А.Г., Терещенко В.А. Перспективы использования природных глинистых минералов в животноводстве (обзор) // Аграрный научный журнал. 2021. № 12. С. 88-93. [Kicheeva AG, Tereshchenko VA. Prospects for the use of natural clay minerals in animal husbandry (review). *Agrarian Scientific Journal*. 2021;12:88-93. (*In Russ.*)] doi: 10.28983/asj.y2021i12pp88-93

9. Мамедова С.А. Физико-химическая характеристика природных и модифицированных форм бентонита // Вестник Бакинского университета. Серия естественных наук. 2018. № 4. С. 15-21. [Mammadova SA. Physical and chemical characteristics of natural and modified forms of bentonites. News of Baku University. Series of Natural Sciences. 2018;4:15-21. (*In Russ.*)].
10. Определение вещественного состава и сорбционных свойств глин Герпегежского месторождения / А.И. Везенцев, Б.Ш. Эфендиев, Г.М. Шайдорова, Л.Л. Нестерова // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2025б. № 12. С. 86-95. [Vezentsev A, Efendiev B, Shaydorova G, Nesterova L. Determination of the substantial composition and sorption properties of clays of the Gerpegezhskeye deposit. Bulletin of Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. 2025;10(12):86-95. (*In Russ.*)]. doi: 10.34031/2071-7318-2025-10-12-86-95
11. Пробиотик и глина – совместное использование в кормлении цыплят-бройлеров / З.В. Псхациева, Н.А. Юрина, Д.В. Осепчук, И.Р. Тлецерук, С.В. Булацева // Знание. 2016. № 11-2 (40). С. 66-72. [Pshacieva ZV, Yurina NA, Osipchuk DV, Tleceruk IR, Bulaceva SV. Probiotic and clay – sharing in feeding of broilers. Knowledge. 2016;11-2(40):66-72. (*In Russ.*)].
12. Сидорова А.Л., Эккерт Л.Н. Бентониты – эффективная добавка в рационы бройлеров // Птицеводство. 2015. № 11. С. 28-31. [Sidorova AL, Eckert LN. Bentonites – an effective additive to broiler diets. Poultry Farming. 2015;11:28-31. (*In Russ.*)].
13. Терещенко В.А. Влияние комплексной минеральной добавки на качество яиц кур-несушек промышленного стада // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107. № 1. С. 93-106. [Tereshchenko VA. The influence of a complex mineral additive on the quality of eggs of commercial laying hens. Animal Husbandry and Fodder Production. 2024;107(1):93-106. (*In Russ.*)]. doi: 10.33284/2658-3135-107-1-93
14. Тодороски К., Ларина Ю.В., Волков Р.А. Химический состав и питательность мяса уток при использовании наноструктурной добавки бентонита // Вестник Марийского государственного университета. Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. 2023. Т. 9. № 1(33). С. 50-55. [Todoroski K, Larina YuB, Volkov RA. Chemical composition and nutritional value of duck meat when using nanostructured bentonite additive. Vestnik of the Mari State University. Chapter «Agriculture. Economics». 2023;9(1):50-55. (*In Russ.*)]. doi: 10.30914/2411-9687-2023-9-1-50-55
15. Шумский В.А., Шутова Д.В. Влияние бентонита кормового на скорость транзита кормовых масс у кур-несушек // Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. 2025. № 3(37). С. 20-22. [Shumsky VA, Shutova DV. Effect of feed-grade bentonite on feed passage rate in laying hens. Actual Issues in Agricultural Biology. 2025;3(37):20-22. (*In Russ.*)].
16. Chkuaseli A, et al. Application of new mycotoxin adsorbent-bentonite clay «Askangel» in poultry feed. Annals of Agrarian Science. 2016;14(4):295-298. doi: 10.1016/j.aasci.2016.09.004
17. Mahmoud UT, Abdel-Mohsein HS, Mahmoud MAM et al. Effect of zinc oxide nanoparticles on broilers' performance and health status. Tropical Animal Health and Production. 2020;52:2043-2054. doi: 10.1007/s11250-020-02229-2
18. Mishra A, Swain RK, Mishra SK, Panda N, Sethy K. Growth performance and serum biochemical parameters as affected by Nano zinc sup-plementation in layer chicks. Indian Journal of Animal Nutrition. 2014;31(4):384-388.
19. Pappas AC, et al. Bentonite binders in the presence of mycotoxins: Results of in vitro preliminary tests and an in vivo broiler trial. Applied Clay Science. 2014;99:48-53. doi: 10.1016/j.clay.2014.06.009
20. Park JH, Shin HJ, Kim MH, Kim J-S, Kang N, Lee J-Y, Kim K-T, Lee JI, Kim D-D. Application of montmorillonite in bentonite as a pharmaceutical excipient in drug delivery systems. J Pharmaceutical Investigation. 2016;46:363-375. doi: 10.1007/s40005-016-0258-8
21. Swain PS, Rajendran D, Rao SB, Dominic G. Preparation and effects of nano mineral particle feeding in livestock: A review. Veterinary World. 2015;8(7):888-891. doi: 10.14202/vetworld.2015.888-891

22. Swain PS, Rao SBN, Rajendran D, Dominic G, Selvaraju S. Nano zinc, an alternative to conventional zinc as animal feed supplement: A review. *Animal Nutrition*. 2016;2(3):134-141. doi: 10.1016/j.aninu.2016.06.003
23. Tsai YH, Mao SY, Li MZ, Huang JT, Lien TF. Effects of nanosize zinc oxide on zinc retention, eggshell quality, immune response and serum parameters of aged laying hens. *Animal Feed Science and Technology*. 2016;213:99-107. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2016.01.009
24. Zohra B. Adsorption of Direct Red 2 on bentonite modified by cetyltrimethyl ammonium bromide. *Chemical Engineering Journal*. 2008;136(2-3):295-305. doi: 10.1016/j.ccej.2007.03.086

References

1. Afanasyeva AI, Sarychev VA. Modification of metabolism and productivity of dairy cattle using the enzyme-probiotic feed additive Profort. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2025;108(1):115-127. doi: 10.33284/2658-3135-108-1-115
2. Vezentsev AI, Efendiev BSh, Nesterova LL, Shaidorova GM, Vyalkin AA. Bentonite of the Nalchik deposit and the possibilities of its use as a cationic adsorbent. *Chemical Bulletin*. 2025a;8(2):2. doi: 10.58224/2619-0575-2025-8-2-2
3. Proskurina LI, Enns EM, Berseneva SA, Tatarnikova NA, Belov AN. The effect of vitamin and mineral premix produced by Agrovit LLC on the body of broiler chickens. *Bulletin of KSAU*. 2022;6(6):112-121. doi: 10.36718/1819-4036-2022-6-112-121
4. Khoroshevskaya LV, Gorlov IF, Slozhenkina MI, Mosolov AA, Abramov SV, Balyshev AV, Khoroshevsky AP. The effect of a feed additive combining anticoccidium and prebiotic preparations on the safety and growth of broiler chickens. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2025;108(1):145-157. doi: 10.33284/2658-3135-108-1-145
5. Undalov RV, Ezhkova AM, Akhmetov MM, Larina YuV, Lyadov NM, Ezhkov VO. Influence of nanostructural zeolite on mineral metabolism of embryos and postnatal growth rate of ducklings. *Scientific Notes Kazan Bauman Academy of Veterinary Medicine*. 2023;255(3):344-349. doi: 10.31588/2413_4201_1883_2_255_344
6. Volkov RA, Yakupova LF. Rationale for application of microelements containing supplement to increase animal productivity. *Scientific Notes Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine*. 2020;244(4):50-52. doi: 10.31588/2413-4201-1883-244-4-50-53
7. Ezhkova AM, Yapparov AKh, Motina TYu, Yapparov IA, Ezhkov VO. The meat quality of broiler chickens when using feed additive nanosized bentonite. *Head of Animal Breeding*. 2015;1:45-49.
8. Kicheeva AG, Tereshchenko VA. Prospects for the use of natural clay minerals in animal husbandry (review). *Agrarian Scientific Journal*. 2021;12:88-93. doi: 10.28983/asj.y2021i12pp88-93
9. Mammadova SA. Physical and chemical characteristics of natural and modified forms of bentonites. *News of Baku University. Series of Natural Sciences*. 2018;4:15-21.
10. Vezentsev A, Efendiev B, Shaydorova G, Nesterova L. Determination of the substantial composition and sorption properties of clays of the Gerpegezhskoye deposit. *Bulletin of Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov*. 2025;10(12):86-95. doi: 10.34031/2071-7318-2025-10-12-86-95
11. Pshacieva ZV, Yurina NA, Osipchuk DV, Tleceruk IR, Bulaceva SV. Probiotic and clay – sharing in feeding of broilers. *Knowledge*. 2016;11-2(40):66-72.
12. Sidorova AL, Eckert LN. Bentonites – an effective additive to broiler diets. *Poultry Farming*. 2015;11:28-31.
13. Tereshchenko VA. The influence of a complex mineral additive on the quality of eggs of commercial laying hens. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2024;107(1):93-106. doi: 10.33284/2658-3135-107-1-93

14. Todoroski K, Larina YuB, Volkov RA. Chemical composition and nutritional value of duck meat when using nanostructured bentonite additive. Vestnik of the Mari State University. Chapter «Agriculture. Economics». 2023;9(1):50-55. doi: 10.30914/2411-9687-2023-9-1-50-55
15. Shumsky VA, Shutova DV. Effect of feed-grade bentonite on feed passage rate in laying hens. Actual Issues in Agricultural Biology. 2025;3(37):20-22.
16. Chkuaseli A, et al. Application of new mycotoxin adsorbent-bentonite clay «Askangel» in poultry feed. Annals of Agrarian Science. 2016;14(4):295-298. doi: 10.1016/j.aasci.2016.09.004
17. Mahmoud UT, Abdel-Mohsein HS, Mahmoud MAM et al. Effect of zinc oxide nanoparticles on broilers' performance and health status. Tropical Animal Health and Production. 2020;52:2043-2054. doi: 10.1007/s11250-020-02229-2
18. Mishra A, Swain RK, Mishra SK, Panda N, Sethy K. Growth performance and serum biochemical parameters as affected by Nano zinc supplementation in layer chicks. Indian Journal of Animal Nutrition. 2014;31(4):384-388.
19. Pappas AC, et al. Bentonite binders in the presence of mycotoxins: Results of in vitro preliminary tests and an in vivo broiler trial. Applied Clay Science. 2014;99:48-53. doi: 10.1016/j.clay.2014.06.009
20. Park JH, Shin HJ, Kim MH, Kim J-S, Kang N, Lee J-Y, Kim K-T, Lee JI, Kim D-D. Application of montmorillonite in bentonite as a pharmaceutical excipient in drug delivery systems. J Pharmaceutical Investigation. 2016;46:363-375. doi: 10.1007/s40005-016-0258-8
21. Swain PS, Rajendran D, Rao SB, Dominic G. Preparation and effects of nano mineral particle feeding in livestock: A review. Veterinary World. 2015;8(7):888-891. doi: 10.14202/vetworld.2015.888-891
22. Swain PS, Rao SBN, Rajendran D, Dominic G, Selvaraju S. Nano zinc, an alternative to conventional zinc as animal feed supplement: A review. Animal Nutrition. 2016;2(3):134-141. doi: 10.1016/j.aninu.2016.06.003
23. Tsai YH, Mao SY, Li MZ, Huang JT, Lien TF. Effects of nanosize zinc oxide on zinc retention, eggshell quality, immune response and serum parameters of aged laying hens. Animal Feed Science and Technology. 2016;213:99-107. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2016.01.009
24. Zohra B. Adsorption of Direct Red 2 on bentonite modified by cetyltrimethyl ammonium bromide. Chemical Engineering Journal. 2008;136(2-3):295-305. doi: 10.1016/j.cej.2007.03.086

Информация об авторах:

Беслан Шамсадинович Эфендиев, доктор сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией «Интеллектуальные производственные системы животноводства, птицеводства и рыбководства», Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук, 360010, г. Нальчик, ул. Балкарова, д. 2, тел.: +7(928)7200017.

Марят Хаджибеовна Хаткова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры технологии производства сельскохозяйственной продукции, Майкопский государственный технологический университет, 385000, г. Майкоп, ул. Первомайская, д. 191, тел.: +7(918)4204979.

Мурат Борисович Улимбашев, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры зоотехнии и ветеринарно-санитарной экспертизы, Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова, 360030, г. Нальчик, пр. Ленина, 1в, тел.: +7(963)3937087.

Information about the authors:

Beslan Sh Efendiev, Dr. Sci. (Agriculture), head of the Laboratory «Intelligent production systems of animal husbandry, poultry and fish farming», Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 2 Balkarova St., Nalchik, 360010, tel.: +7(928)7200017.

Maryat Kh Khatkova, Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor of Agricultural Production Technology Department, Maykop State Technological University, 191 Pervomayskaya St., Maikop, 385000, tel.: +7(918)4204979.

Murat B Ulimbashev, Dr. Sci. (Agriculture), Professor of Department of Zootechnics and Veterinary and Sanitary Expertise, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after VM Kokov, 1v Lenin Avenue, Nalchik, 360030, tel.: +7(963)3937087.

Статья поступила в редакцию 11.02.2026; одобрена после рецензирования 09.04.2026; принята к публикации 15.06.2026.

The article was submitted 11.02.2026; approved after reviewing 09.04.2026; accepted for publication 15.06.2026.