

### Перспективы использования природных глинистых минералов в животноводстве (обзор)

Арина Геннадьевна Кичеева, Вера Александровна Терещенко

Красноярский научно-исследовательский институт животноводства – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН,  
Красноярск, Россия  
krasnptig75@yandex.ru

**Аннотация.** Представлен обзор современного состояния в области использования природных глинистых минералов в кормлении сельскохозяйственных животных и птицы. Проведен анализ некоторых кормовых добавок, содержащих природные глинистые минералы, показаны преимущества их использования. Дана характеристика свойств природных минералов.

**Ключевые слова:** природные минералы; бентонит; цеолит; вермикулит; кормление; животноводство.

**Для цитирования:** Кичеева А. Г., Терещенко В. А. Перспективы использования природных глинистых минералов в животноводстве (обзор) // Аграрный научный журнал. 2021. № 12. С. 88–93. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2021i12pp88-93>.

VETERINARY MEDICINE AND ZOOTECHNICS

Original article

### Prospects for the use of natural clay minerals in animal husbandry (review)

Arina G. Kicheeva, Vera A. Tereshchenko

Krasnoyarsk Scientific Research Institute of Animal Husbandry – Separate Division of Federal Research Center “Krasnoyarsk Science Center” of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Krasnoyarsk, Russia  
krasnptig75@yandex.ru

**Abstract.** This review presents the current state in the field of the use of natural clay minerals in the feeding of farm animals and poultry. The analysis of some feed additives containing natural clay minerals is carried out and the advantages of their use are also characterized. The characteristics of the properties of natural minerals presented in this review are given.

**Keywords:** natural minerals; bentonite, zeolite; vermiculite; feeding; animal husbandry.

**For citation:** Kicheeva A. G., Tereshchenko V. A. Prospects for the use of natural clay minerals in animal husbandry (review). Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2021;(12):88–93. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2021i12pp88-93>.

В настоящее время одна из наиболее актуальных задач животноводства – создание экологически чистой сельскохозяйственной продукции с высокими качественными показателями, что является важным фактором обеспечения здоровья человека.

В организм животных и птицы с кормами поступают различные питательные соединения, являющиеся источником строительного материала для организма, образования новых клеток и тканей, а также восполняющие утраченные клетки при энергетическом обмене. Биологически активные вещества кормов (ферменты, витамины, гормональные и гормоноподобные вещества, макро- и микроэлементы) необходимы для поддержания и регуляции в норме метаболических процессов, протекающих в организме. Минеральные элементы способствуют синтезу гормонов, ферментов, витаминов, поддержанию кислотно-щелочного баланса и осмотического давления, принимают участие в жировом, углеводном, белковом и водном обменах. Их недостаток в животном организме приводит к нарушению физиологических процессов, а в некоторых случаях и к патологиям. Для решения этой проблемы в кормлении животных используют кормовые добавки нового поколения на основе натуральных глинистых минералов природного происхождения, представляющих значительный интерес в качестве дополнительных источников минеральных веществ в рационах животных из-за своей экологичности и невысокой стоимости.

Наиболее перспективны для использования в животноводстве такие минералы, как цеолитизированные туфы (клиноптилолит), бентонитовые глины, вермикулит, содержащие в своем составе свыше 25 макро- и микроэлементов. Природные минералы соответствуют требованиям, регламентированным техническими условиями по предельно допустимым концентрациям вредных радиоактивных компонентов, что позволило использовать их в экспериментах в качестве минеральных добавок в кормлении сельскохозяйственных животных и птицы. Целенаправленное использование природных минералов в животноводстве и птицеводстве позволяет не только повысить продуктивность, но и способствует профилактике болезней.

Одной из проблем, часто встречающейся в животноводстве и птицеводстве и касающейся безопасности кормов, является зараженность кормов микотоксинами – токсичными вторичными метаболитами, продуцируемыми микроскопическими плесневыми грибами, которые часто могут загрязнять пищевые продукты и корма. Наиболее распространенный из микотоксинов афлатоксин В1 (AFB1), который продуцируется различными видами грибов и проявляет большое токсичное действие в организме людей и животных, вызывая серьезные биохимические и структурные



изменения в органах, включая печень, легкие, почки и сердце, а также является канцерогенным. На ранних стадиях эмбрионального развития млекопитающих афлатоксин В1 может нарушать функции нервных клеток и вызывать повреждение центральной нервной системы [23].

Исходя из научных литературных данных, для решения проблемы микотоксинов в животноводстве, начиная с конца 1970-х гг., широко применяются природные глинистые минералы (бентонит, цеолит, глауконит и другие), использование которых в качестве кормовых добавок для животных и птицы снижает воздействие микотоксинов на организм за счет адсорбции в желудочно-кишечном тракте [25]. Способность и эффективность адсорбировать микотоксины и другие органические молекулы (патогенные бактерии, тяжелые металлы) зависит от кристаллической структуры, химических свойств молекул и свойств поверхности глины [28]. Механизм действия природных глин на неорганические и органические вредные для организма вещества происходит за счет поверхностного притяжения, электростатической адсорбции, межмолекулярной силы и катионообменной способности. Кроме того, природные минералы стимулируют специфический и неспецифический местный иммунитет животного, способствуют нормализации микрофлоры кишечника, нормализуют вязкость содержимого и защищают стенки кишечника.

К бентонитовым (монтмориллонитовым) глинам относится большая группа алюмосиликатных минералов, основу которых составляет монтмориллонит –  $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot nH_2O$  (60–70 %). Бентонит является биологически активным веществом, добавление его в корма и с удобрениями в почву повышает продуктивность животных и урожайность сельскохозяйственных культур. Бентонитовые глины богаты солями щелочных и щелочноземельных металлов и содержат большой набор макро- и микроэлементов, необходимых для организма: Ca, Mg, Fe, Zn, Cu, Mn, Co, Ag, Cr, J и др.

Благодаря адсорбционным свойствам бентонит в организме животных способен связывать и переносить биологически активные вещества, участвуя в процессах метаболизма, обменивать катионы, регулируя таким образом уровень натрия, кальция, железа, калия и других биологически активных веществ.

Известно, что кормовые добавки на основе бентонитов обладают свойствами адсорбента, катализатора и ионообмена, нормализуют общий и минеральный обмены, способствуют улучшению переваримости и рациональному использованию питательных веществ рациона, создают необходимые условия для повышения общей резистентности организма и продуктивности животных [6]. При потреблении животными кормов с бентонитом снижается микробное производство аммиака в их желудочно-кишечном тракте, что улучшает эффективность преобразования и переваривания корма. В результате в организме снижается потребность в питательных веществах для обновления клеток и высвобождается их большее количество для поступления на рост живой массы животных. Также бентонит способствует повышению уровня гормона роста в организме и, следовательно, показателей роста животных.

Другими, не менее полезными для отрасли животноводства, природными минералами являются цеолиты – пористые минералы с открытой каркасной структурой, обладающие молекулярно-ситовыми, сорбирующими, ионообменными, каталитическими и другими свойствами. Наиболее изучены и широко используются цеолиты клиноптилолитового типа. По химическому составу цеолиты представляют собой каркасные алюмосиликаты щелочных и щелочноземельных металлов. Внутри алюмосиликатного каркаса находятся катионы металлов, которые уравнивают заряд каркаса, чаще всего это кальций  $Ca^{2+}$ , калий  $K^+$ , натрий  $Na^+$ , магний  $Mg^{2+}$  и др. В цеолитах содержатся свыше 40 минеральных элементов (железо, цинк, марганец, кобальт, селен, молибден и др.), ценных для животного организма. Цеолиты выражено и селективно сорбируют  $NH_3$ ,  $NH_4$ ,  $H_2S$ ,  $CH_4$ ,  $CO_2$ , меркаптан, воду, углеводы, фенолы, экзо- и эндотоксины, тяжелые металлы, радионуклиды и некоторые микроорганизмы [22].

Перспективным природным минералом для применения в животноводстве также является вермикулит – минерал из группы гидрослюд, имеющий слоистую структуру, продукт вторичного изменения (гидролиза и последующего выветривания) темных слюд биотита и флогопита. Представляет собой крупные пластинчатые кристаллы золотисто-желтого или бурого цвета. В качестве кормовой добавки в животноводстве используют вспученный вермикулит, который может быть носителем жидких питательных веществ и жиров, так как способен впитывать влаги в несколько раз больше своей массы. Также вермикулит активно используют в кормлении в качестве инертного носителя витаминов, питательных или лекарственных веществ. Этот минерал обладает ионообменными свойствами, которые способствуют выведению радионуклидов (цезий, стронций и другие) из организма животных [10].

Целью настоящего обзора является изучение современного состояния и перспектив использования природных глинистых минералов в животноводстве на основе анализа научных публикаций в ведущих российских и зарубежных журналах, монографиях и других источников информации.

Поиск и анализ научных публикаций проводился в международных базах данных Web of Science, Scopus, Science Direct; Springer; российской научной электронной библиотеке Elibrary.ru.

Бентонитовые глины были протестированы в многочисленных испытаниях на сельскохозяйственных животных и птице (крупном рогатом скоте, свиньях, козах, ягнятах, курах, индюшатах, утятах, кроликах, норках, форели). В статье А. Chkuaseli и соавторов [14] было протестировано скармливание бентонитовой глины алюмосиликатного происхождения в виде препарата «Аскангель» цыплятам-бройлерам. В результате авторами был сделан вывод, что применение «Аскангеля» для детоксикации микотоксинов в комбикормах для бройлеров является высокоэффективным – адсорбция микотоксинов в комбикормах достигала 79 %, улучшилось физиологическое состояние птицы, повысилось качество всасывания питательных веществ в желудочно-кишечном тракте, снизилась токсичность кормов.

А. Gallo с соавторами [17] изучали влияние пищевых добавок с бентонитовой глиной (сметита) на продуктивность и физиологическое состояние дойных коров голштинской породы, адсорбцию афлатоксина AFB1 в кормах и выведение его метаболита AFM1 с молоком. Скармливание глины коровам позволило снизить концентрацию афлатоксина AFM1 в молоке на 64,8 % (уровень содержания AFM1 в молоке составлял 0,0089 мкг/кг, что значительно ниже порогового значения 0,05 мкг/кг, установленного ЕС). При этом все измеренные





биомаркеры плазмы крови коров находились в пределах физиологической нормы, отрицательного влияния на организм животных бентонитовая глина не оказывала.

В исследованиях Yu. Min Tzoui и его коллег [27] в кормлении цыплят в течение 11 недель использовались органо-глинистые композиты (путем смешивания обогащенной бентонитом глины с неионными поверхностно-активными веществами). Результаты эксперимента показали, что концентрации афлатоксина AFB1 в печени, почках и плазме крови подопытной птицы были значительно ниже по сравнению с контрольными аналогами, что способствовало повышению безопасности мясной продукции птицеводства. Авторы заключили, что бентониты в организме птицы действуют как защитные средства для кишечника (энтеросорбенты), которые быстро и избирательно связывают афлатоксины из пищеварительного тракта, снижая их всасывание в организме.

S. Kianoosh и соавторы [12] провели исследование с целью изучения влияния бентонита натрия и бикарбоната натрия на качество мяса и здоровье голштинских бычков. Результат показал, что использование бентонита способствовало повышению живой массы бычков и эффективности потребления корма. По мнению авторов, увеличение живой массы произошло по причине профилактики метаболических нарушений, увеличения выработки микробного белка, улучшения pH рубца и условий ферментации за счет благотворного воздействия бентонита. Однако авторы обращают внимание на то, что использование большого количества бентонита в рационе животных может вызвать дефицит некоторых питательных веществ в организме из-за его связывающей способности.

В исследовании T.N. Pasha и соавторов [26] была дана оценка влиянию рационов, содержащих обработанный бентонит натрия, на продуктивность цыплят-бройлеров. Исследование показало, что у птицы, которую кормили рационами, содержащими обработанный 0,5 или 1,0%-й уксусной кислотой бентонит натрия, значительно увеличилась по сравнению с контрольной и другими экспериментальными группами прирост живой массы – 1484,4 г, потребление корма – 3107,3 г, коэффициент белковой эффективности – 2,625.

В статье А. Дарьина [3] приведены данные многолетних исследований по применению бентонитовой глины в качестве природного минерального стимулятора и сорбента вредных соединений в кормлении молодняка крупного рогатого скота, кур-несушек, цыплят-бройлеров, свиноматок и молодняка свиней. Установлено, что бентонит способствует увеличению живой массы и снижению затрат кормов у животных. При применении бентонитовой глины на свиноматках выявлено увеличение молочности, крупноплодности, живой массы поросят к отъему. В общем результаты исследований свидетельствуют об эффективном использовании бентонитовой глины в качестве средства повышения продуктивности молодняка и взрослых животных, а также стимуляции образования гемоглобина в крови.

Также имеются работы, которые подтверждают антимикробные свойства бентонита. Р. Herrera и соавторы [18] показали, что монтмориллонитовые глины, модифицированные с катионным поверхностно-активным веществом цетилпиридином, имеют антибактериальную активность по отношению к *Salmonella enteritidis*. В работе L. Jiao и соавторов [19] было показано, что комплекс монтмориллонита (Mt) с добавленной медью и цинком Cu/Zn-Mt обладает повышенной антибактериальной и противогрибковой активностью благодаря синергетическому эффекту между Cu и Zn, а также имеет высокую антимикробную активность в отношении грамотрицательных бактерий (*Escherichia coli*), грамположительных бактерий (золотистый стафилококк), грибов (*Candida albicans*). Антибактериальные ионы, такие как ионы металлов ( $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ), оксиды металлов (CuO, ZnO) и катионы алкиламмония (цетилпиридин), могут отделяться от поверхности монтмориллонита и напрямую оказывать антимикробное действие на бактерии Mt, содержащие антибактериальные ионы. В последнее время Mt интенсивно исследуется в связи с его безопасностью и долгосрочным антибактериальным действием по сравнению с обычными антибиотиками.

Таким образом, бентонитовая глина и ее модифицированные производные продукты, при использовании в качестве кормовых добавок, способствуют повышению показателей роста и продуктивности животных, качества продукции животноводства, а также улучшают здоровье, предотвращая заболевания желудочно-кишечного тракта, вирусные инфекции и угнетая жизнедеятельность кишечных паразитов, которые не могут размножаться в присутствии глины.

В настоящее время актуальны исследования по изучению влияния природных цеолитов и добавок на их основе на изменение состояния физиолого-биохимического статуса организма и продуктивность сельскохозяйственных животных и птицы.

В 1991 г. М. Elliot и соавторы [16] провели эксперименты по изучению влияния природного и синтетического цеолитов на кур-несушек. Установлено, что природный цеолит не влиял на массу яйца, яйценоскость, кальций и фосфор в плазме, но при этом значительно повышал эффективность потребления корма.

В работе М. Sabuk и соавторов [13] было исследовано влияние природного цеолита на продуктивность цыплят-бройлеров, концентрацию аммиака в птичнике, содержание сухого вещества и сырой золы в помете. В результате содержание сухого вещества и сырой золы в помете снизилось без какого-либо отрицательного влияния на продуктивность птицы, также была значительно снижена концентрация аммиака в помещении.

В исследовании Z. Mallek и др. [21] цеолит (клиноптилолит) добавляли в корм для цыплят-бройлеров и оценивали его влияние на микрофлору кишечника и продуктивность. Было установлено, что обработка цеолитом оказала положительное влияние на производительность и органолептические показатели мяса, которые характеризовались повышением уровня Омега-3 жирных кислот.

Напротив, другие результаты были получены в аналогичном эксперименте Е. Öztürki др. [24], где было изучено влияние природного цеолита на продуктивность кур-несушек. В результате добавление цеолитов в рационы не привело к значительным различиям прироста живой массы, потреблению коэффициентов переваримости кормов. Кормовой цеолит снижал только содержание влаги в помете, но не оказывал положительного или отрицательного влияния на производство яиц и другие критерии эффективности птицы.



Действие природных цеолитов хорошо проявляется в желудочно-кишечном тракте крупного рогатого скота, что обусловлено буферными, ионообменными и сорбционными свойствами. В исследовании Л.Н. Гамко и соавторов [2] молодняку крупного рогатого скота разного возраста скармливали цеолитсодержащий трепел при разной концентрации в сухом веществе питательных веществ. По результатам опытов установлено, что молодняк крупного рогатого скота до 6-месячного возраста лучше переваривал органическое вещество корма на 3,2 % по отношению к контролю, переваримость жира составила 78,16–76,28 %, перевариваемость клетчатки 58,23–57,06 %, снизились затраты обменной энергии на 1 кг прироста – 49,5 МДж по сравнению с контрольными группами.

В работе А.И. Козинец и соавторов [4] цеолитсодержащий трепел скармливали в составе с премиксом высокопродуктивным коровам (70 % трепела и 30 % ржаных отрубей). На протяжении всего периода исследований концентрация жира в молоке у коров опытной группы была на более высоком уровне по сравнению с контролем, увеличилось содержание микроэлементов в молоке: железа (+1,8 %), цинка (+1,01 %), марганца (+6,7 %), меди (+17,6 %), а также период интенсивной молокоотдачи, получено дополнительно молока базисной жирности от одной коровы в количестве 74,7 кг.

М.Т. Сабитовым и его коллегами [8] была разработана комплексная минерально-витаминная кормовая добавка «Надежда» (КМВКД), в состав которой, помимо других биологически активных компонентов, включен природный цеолит Тузбекского месторождения Республики Башкортостан. Экономический анализ результатов исследований показал, что скармливание телятам КМВКД оказало положительное влияние на обменные процессы в организме, что обеспечило повышение среднесуточных приростов живой массы.

М.Г. Кокаева и др. [20] разрабатывали метод детоксикации тяжелых металлов в организме лактирующих коров с использованием в рационе природных адсорбентов (местный цеолит и витамин С), благодаря совместному скармливанию которых в крови снизилась концентрация цинка в 2,04 раза, свинца – в 2,53 раза, кадмия – в 3,65 раза; в молоке увеличилась массовая доля жира на 0,22 %, белка – на 0,20 % и снизилось содержание цинка в 3,47 раза, свинца – в 2,76 раза, кадмия – в 3,09 раза.

Таким образом, благодаря своим свойствам природные цеолиты стабилизируют реакцию среды в желудочно-кишечном тракте животных, иммобилизируют ферментные структуры, способствуют повышению переваримости питательных веществ корма и их усвоению, что положительно отражается на физиологическом состоянии животных. При этом данные влияния природных цеолитов на обмен макро- и микроэлементов в организме животных достаточно противоречивы, что может быть связано с особенностями химического состава рационов и цеолитов разных месторождений, дозами и способами их применения [5].

Важной функцией природных цеолитов является регулирование состава и концентрации электролитов пищеварительного тракта, а далее через них и минерального обмена, и кислотно-щелочного равновесия в организме животных. Одним из важных механизмов действия цеолитсодержащих пород является способность к иммобилизации ферментов желудочно-кишечного тракта, путем повышения их активности и стабильности. Это, в свою очередь, способствует улучшению переваримости питательных веществ корма на 2–8 %, усвоению азота, кальция и фосфора, а также аминокислот корма (лизина, аргинина, тирозина, гистидина и др.).

Наблюдалось, что в рубце жвачных природные цеолиты стабилизируют реакцию среды, регулируют количество аммиака и аммонийного азота, выступая пролонгаторами, связывая до 30 % аммиака и постепенно отдавая его в рубцовую среду для микробиального синтеза в обмен на ионы натрия [5].

Еще одним перспективным, но не столь широко применимым в животноводстве природным минералом, является вермикулит. По мнению ряда авторов, вермикулит может быть эффективен для решения экологических проблем и нормализации обмена веществ у животных. В работах различных исследователей представлены данные по применению вермикулита в свиноводстве, птицеводстве и скотоводстве.

В другом эксперименте Т. Abdigaliyeva и др. [11] изучали влияние отдельно вермикулита и вермикулита, смешанного с рыбной мукой на продуктивность, морфометрические параметры и профиль жирных кислот яиц кур-несушек. В испытуемых группах кур яйценоскость была выше, чем в контрольной группе. Результаты показали, что скармливание курам вермикулита с рыбной мукой привело к значительному увеличению общего содержания моно- и полиненасыщенных жирных кислот в яйце.

Целью исследований М.С. Ежковой и соавторов [9] было изучение качества мяса утят-бройлеров при включении в рацион природного минерала вермикулита. Эксперимент показал, что обогащение рационов утят-бройлеров с 7-суточного возраста вермикулитом в количестве 3,0 % от нормы сухого вещества обусловило увеличение прироста живой массы на 8,9 %, сохранности поголовья – на 2 %. У утят-бройлеров, рацион которых включал вермикулит, нормализовалось структурно-функциональное состояние печени, обусловленное оптимизацией минерального питания и сорбентными свойствами минерала.

Вермикулит может быть использован для решения экологических проблем в сфере свиноводства, эффективного сокращения выбросов газообразных соединений и низкомолекулярных веществ, образующихся в результате свиноводческой промышленности. В статье R. Consigliere и D. Meloni [15] использовали кормовую добавку на основе вермикулита при откорме свиней, что оказывало некоторое положительное влияние на продуктивность. Кроме того, использование вермикулита снижало содержание загрязняющих веществ в навозе без отрицательного влияния на производство и качество мяса свиней.

В аналогичной работе А.В. Побединского и Н.А. Табакова [7] был проведен эксперимент по введению в рацион сухостойных коров черно-пестрой породы вспученного вермикулита, была дана оценка их физиологического состояния. Коровы опытной группы превосходили контрольную по содержанию в крови эритроцитов, белков альбуминовой фракции, что свидетельствовало о положительном воздействии вермикулита на биохимический гомеостаз



животных. Также в опытной группе были выше коэффициенты переваримости питательных веществ. Авторы пришли к выводу, что вспученный вермикулит обеззараживает корма, загрязненные микотоксинами, что положительно сказывается на общем физиологическом состоянии коров.

А.А. Волохович и Р.Р. Фаткулина [1] изучали способность кормовой добавки со вспученным вермикулитом воздействовать на рост бычков. Полученные данные показали, что у бычков казахской белоголовой породы к 15-месячному возрасту повысились показатели прироста живой массы до 428 кг и выше, а также все опытные группы бычков значительно превосходили контроль по массе туши (на 13,4 %), массе внутреннего жира и по убойному выходу.

Таким образом, природный минерал вермикулит способствует повышению продуктивности и улучшению физиологического состояния сельскохозяйственных животных и птицы. Кроме того, вермикулит может быть полезен в снижении загрязнения окружающей среды от промышленной деятельности животноводства.

Обзор современных литературных научных источников показал, что использование природных минералов в кормлении сельскохозяйственных животных и птицы является актуальным направлением и открывает большие перспективы для животноводства. Как показала практика современного животноводства, при недостатке в кормах минеральных веществ, при использовании рационов, не сбалансированных по макро- и микроэлементам, у животных нарушается обмен веществ, что влечет за собой возникновение различных заболеваний и резкое снижение продуктивности. В связи с этим в кормлении животных невозможно обойтись без добавления в рацион вспомогательных минеральных компонентов. Благодаря своей экологичности, безопасности невысокой стоимости для восполнения дефицита минералов необходимо применять природные глинистые минералы.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования России, номер государственного учета НИОКТР: АААА-А19-119012290066-7.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волохович А. А., Фаткулин Р. Р. Применение минеральной кормовой добавки вермикулит вспученный для повышения откормочных качеств бычков казахской белоголовой породы; ФГБОУ ВО «Горский государственный аграрный университет» // Известия. 2021. № 58(2). С. 117–121.
2. Гамко Л. Н., Гулаков А. Н., Новикова Е. В., Ряжнов А. А. Влияние природных минеральных добавок на продуктивность молодняка крупного рогатого скота // Таврический научный обозреватель. 2016. № 5(10). С. 106–110.
3. Дарьин А. И. Природный премикс и сорбент в кормлении животных и птицы // Нива Поволжья. 2017. № 3 (44). С. 21–27.
4. Козинец А. И., Голушко О. Г., Надаринская М. А., Гонакова С. А., Ларионова Н. В., Гринь М. С. Цеолитсодержащий трепел как наполнитель для премиксов в комбикормах для высокопродуктивных коров // Зоотехническая Наука Беларуси. 2016. № 1(51). С. 301–309.
5. Любин Н. А., Ахметова В. В. Цеолиты Сиуч-Юшанского месторождения в улучшении физиологических функций и повышении продуктивных качеств молочных коров. М.: Ульяновск: УлГАУ, 2018. 170 с.
6. Павловец Е. Использование натуральных минералов в животноводстве // Ежемесячный научно-практический аграрный журнал Белорусское сельское хозяйство. 2016. № 5. С. 1–6.
7. Побединский А. В., Табаков Н. А. Использование вспученного вермикулита в кормлении сухостойных коров // Животноводство. 2010. С. 64–67.
8. Сабитов М. Т., Фархутдинова А. Р., Фархутдинов И. М., Маликова М. Г. Экономическая эффективность скармливания комплексной минерально-витаминной кормовой добавки «Надежда» в составе рациона телят // Вестник БГАУ. 2020. № 1. С. 106–110.
9. Сафиуллина Г. Я., Ежкова М. С., Ежкова Г. О. Влияние кормовой добавки «Вермикулит» на санитарно-гигиенические и морфологические свойства мяса и субпродуктов утят-бройлеров // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2015. № 2. С. 198–201.
10. УралНИИСтром: офиц. сайт. URL: <https://www.vermiculite.ru/useful/vermiculite/animal> (дата обращения: 21.06.2021). Текст: электронный.
11. Abdigaliyeva T., Sarsembayeva N., Łozowicka B., Pietrzak-Fiećko R. Effects of supplementing laying hens' diets with vermiculite on morphometric parameters, chemical composition, fatty acid profile and egg production // J. Elem. 2017. Vol. 22. P. 1117–1130.
12. Bentonite clay effects as animal feed additives on meat quality and health S. Kianoosh, M. Shivazad, K. Yazdi. // 49th Annual Meeting of The Clay Minerals Society Colorado School of Mines, Golden, Colorado, USA, July 7, 2012. July 11, 2012, University of Tehran, Agricultural College, Department of Animal Science. 2012. P. 1–2.
13. Çabuk M., Alçiçek A., Bozkurt M., Akkan S. Effect of Yucca schidigera and Natural Zeolite on Broiler Performance International Journal of Poultry Science. 2004. P. 651–654.
14. Chkuaseli A. Application of new mycotoxin adsorbent-bentonite clay “Askangel” in poultry feed // Annals of Agrarian Science. 2016. Vol. 14. P. 295–298.
15. Consigliere R., Meloni D. A review on the use of vermiculite-based feed additives as possible control strategy for the reduction of environmental pollution from swine farming // Large Animal Review. 2016. Vol. 22. P. 129–134.
16. Elliot M., Edwards H. Comparison of the Effects of Synthetic and Natural Zeolite on Laying Hen and Broiler Chicken Performance // Poultry Science. 1991. P. 2115–2130.
17. Gallo A. Effect of a Commercial Bentonite Clay (Smectite Clay) on Dairy Cows Fed Aflatoxin-Contaminated Feed // Dairy. 2020. Vol. 1. P. 135–153.
18. Herrera P. Adsorption of Salmonella enteritidis by cetylpyridinium-exchanged montmorillonite clays // Veterinary Microbiology. 2000. Vol. 74. P. 259–272.
19. Jiao L. Preparation, characterization, antimicrobial and cytotoxicity studies of copper/zinc loaded montmorillonite // Journal of Animal Science and Biotechnology. 2017. Vol. 8. No. 27. P. 1–7.
20. Kokaeva M. G. Method for increasing the ecological and food values of milk and dairy products // Journal of Livestock Science. 2020. Vol. 11. P. 14–19.
21. Mallek Z., Fendri I., Khannous L., Hassena A. B., Traore A. I., Ayadi M. A., Gdoura R. Effect of zeolite (clinoptilolite) as feed additive in Tunisian broilers on the total flora, meat texture and the production of omega 3 polyunsaturated fatty acid // Lipids in Health and Disease. 2012. P. 1–7.
22. Mumpton F. A. La rocamagica: Uses of natural zeolites in agriculture and industry // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America: journal. 1999. Vol. 96. № 7. P. 3463–3470.

23. Nones J. Organophilic treatments of bentonite increase the adsorption of aflatoxin B1 and protect stem cells against cellular damage // *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. 2016. Vol. 145. P. 555–561.
24. Öztürk E., Erener G., Sarica M. Influence of Natural Zeolite on Performance of Laying Hens and Egg Quality // *Tr. J. of Agriculture and Forestry*. 1998. Vol. 22. P. 623–628.
25. Pappas A. C. Bentonite binders in the presence of mycotoxins: Results of in vitro preliminary tests and an in vivo broiler trial // *Applied Clay Science*. 2014. Vol. 99. P. 48–53.
26. Pasha T. N. The Effect of Feed Supplemented with Different Sodium Bentonite Treatments on Broiler Performance // *Turk. J. Vet. Anim. Sci.* 2008. Vol. 32. P. 245–248.
27. Tzou Y. M. Use 3-D tomography to reveal structural modification of bentonite-enriched clay by nonionic surfactants: Application of organo-clay composites to detoxify aflatoxin B1 in chickens // *Journal of Hazardous Materials*. 2019. Vol. 375. P. 312–319.
28. Zohra B. Adsorption of Direct Red 2 on bentonite modified by cetyltrimethylammonium bromide // *Chemical Engineering Journal*. 2008. Vol. 136. P. 295–305.

#### REFERENCES

1. Volokhov A. A., Fatkullin R. R. Application of mineral feed additive vermiculite, expanded to increase the fattening qualities of Kazakh white-headed bulls. *Gorsky State Agrarian University. Izvestia*. 2021;58(2):117–121. (In Russ.).
2. Gamko L. N., Gulakov A. N., Novikova E. V., Rozhnov A. A. The influence of natural mineral additives on the productivity of young cattle. *Tauride scientific observer*. 2016;5(10):106–110. (In Russ.).
3. Daryin A. I. Natural premix and sorbent in animal and poultry feeding. *Niva of the Volga region*. 2017;3(44):21–27. (In Russ.).
4. Kozinet A. I., Golushko O. G., Nadarinskaya M. A., Gonakova S. A., Larionova N. V., Grin M. S. Zeolite-containing trepel as a filler for premixes in compound feeds for highly productive cows. *Zootechnical Science of Belarus*. 2016;1(51):301–309. (In Russ.).
5. Lyubin N. A., Akhmetova V. V. Zeolites of the Siuch – Yushansky deposit in improving physiological functions and improving the productive qualities of dairy cows. Moscow; Ulyanovsk: UIGAU; 2018. 170 p. (In Russ.).
6. Pavlovets E. The use of natural minerals in animal husbandry. *Monthly scientific and practical agrarian journal Belarusian agriculture*. 2016;5:1–6. (In Russ.).
7. Pobedinsky A. V., Tobacco N. And. The use of exfoliated vermiculite in feeding dry cows. *Animal*. 2010:64–67. (In Russ.).
8. Sabitov M. T., Farkhutdinova A. R., Farkhutdinov I. M., Malikova M. G. Economic efficiency of feeding of complex mineral-vitamin feed supplements «hope» in the composition of the diet of calves. *Bulletin of the BGAU*. 2020: 1:106–110. (In Russ.).
9. Safullina G. Ya., Yezhkova M. S., Yezhkova G. O. The effect of the feed additive «vermiculite» on the sanitary and hygienic and morphological properties of meat and offal of broiler ducklings. *Scientific notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman*. 2015;2:198–201. (In Russ.).
10. UralNIStrom: ofits. website.url: <https://www.vermiculite.ru/useful/vermiculite/animal> (date of application: 21.06.2021). Text: electronic. (In Russ.).
11. Abdigaliyeva T., Sarsembayeva N., Łozowicka B., Pietrzak-Fiećko R. Effects of supplementing laying hens' diets with vermiculite on morphometric parameters, chemical composition, fatty acid profile and egg production. *J. Elem.* 2017;22:1117–1130.
12. Bentonite clay effects as animal feed additives on meat quality and health S. Kianoosh, M. Shivazad, K. Yazdi. // 49th Annual Meeting of The Clay Minerals Society Colorado School of Mines, Golden, Colorado, USA, July 7, 2012 — July 11, 2012, University of Tehran, Agricultural College, Department of Animal Science; 2012. P. 1–2.
13. Çabuk M., Alçiçek A., Bozkurt M., Akkan S. Effect of Yucca schidigera and Natural Zeolite on Broiler Performance *International Journal of Poultry Science*; 2004. P. 651–654.
14. Chkuaseli A. Application of new mycotoxin adsorbent-bentonite clay “Askangel” in poultry feed. *Annals of Agrarian Science*. 2016;14:295–298.
15. Consigliere R., Meloni D. A review on the use of vermiculite-based feed additives as possible control strategy for the reduction of environmental pollution from swine farming. *Large Animal Review*. 2016;22:129–134.
16. Elliot M., Edwards H. Comparison of the Effects of Synthetic and Natural Zeolite on Laying Hen and Broiler Chicken Performance. *Poultry Science*; 1991. P. 2115–2130.
17. Gallo A. Effect of a Commercial Bentonite Clay (Smectite Clay) on Dairy Cows Fed Aflatoxin-Contaminated Feed. *Dairy*; 2020. P. 135–153.
18. Herrera P. Adsorption of Salmonella enteritidis by cetylpyridinium-exchanged montmorillonite clays. *Veterinary Microbiology*. 2000;74:259–272.
19. Jiao L. Preparation, characterization, antimicrobial and cytotoxicity studies of copper/zinc loaded montmorillonite. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2017;8(27):1–7.
20. Kokaeva M. G. Method for increasing the ecological and food values of milk and dairy products. *Journal of Livestock Science*. 2020;(11):14–19.
21. Mallek Z., Fendri I., Khannous L., Hassena A. B., Traore A. I., Ayadi M. A., Gdoura R. Effect of zeolite (clinoptilolite) as feed additive in Tunisian broilers on the total flora, meat texture and the production of omega 3 polyunsaturated fatty acid. *Lipids in Health and Disease*; 2012. P. 1–7.
22. Mumpton F. A. La rocamagica: Uses of natural zeolites in agriculture and industry. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America: journal*. 1999;96(7):3463–3470.
23. Nones J. Organophilic treatments of bentonite increase the adsorption of aflatoxin B1 and protect stem cells against cellular damage. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. 2016;(145):555–561.
24. Öztürk E., Erener G., Sarica M. Influence of Natural Zeolite on Performance of Laying Hens and Egg Quality. *Tr. J. of Agriculture and Forestry*. 1998;(22):623–628.
25. Pappas A. C. 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.
26. Pasha T. N. The Effect of Feed Supplemented with Different Sodium Bentonite Treatments on Broiler Performance. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.* 2008;(32):245–248.
27. Tzou Y. M. Use 3-D tomography to reveal structural modification of bentonite-enriched clay by nonionic surfactants: Application of organo-clay composites to detoxify aflatoxin B1 in chickens. *Journal of Hazardous Materials*. 2019;(375):312–319.
28. Zohra B. Adsorption of Direct Red 2 on bentonite modified by cetyltrimethylammonium bromide. *Chemical Engineering Journal*. 2008;(136): 295–305.

Статья поступила в редакцию 12.07.2021; одобрена после рецензирования 13.08.2021; принята к публикации 25.08.2021.  
The article was submitted 12.07.2021; approved after reviewing 13.08.2021; accepted for publication 25.08.2021.

