

Введение Многими учеными активно ведутся поиски новых методов и средств, позволяющих повысить эффективность использования природных минералов с целью более полного извлечения их полезных свойств. В этом плане всё активнее применяются нанотехнологии, которые позволяют изменять структуру и состав веществ, создавать материалы с принципиально новыми характеристиками для использования их в качестве биологически активных удобрений, кормовых добавок, лекарственных средств и т.д. [1, 2]. Одним из перспективных направлений повышения активности минералов является преобразование их в наноразмерные материалы с целью повышения физико-химической активности и биодоступности для организма животных. В последние годы в животноводстве вместе с использованием природных минералов широко применяются их активированные аналоги. Использование минералов сельскохозяйственным животным обусловлено содержанием широкого спектра биологически доступных натуральных природных соединений макро и микроэлементов, высокими ионообменными и каталитическими свойствами. На фоне положительных результатов, полученных при изучении минерального сырья (бентонитов и цеолитов), недостаточно внимания уделялось фосфоритам, как минеральным кормовым добавкам сельскохозяйственным животным. Соединения фосфора в организме принимают участие во многих процессах жизнедеятельности, фосфор входит в состав нуклеиновых кислот. Ограниченные сведения по использованию фосфорсодержащих природных минералов в качестве кормовых добавок сельскохозяйственным животным и единичные данные по их сорбционным свойствам в организме обусловили выбор направления исследований. Целью работы стало изучение физико-химических свойств наноразмерного фосфорита и влияние его на показатели метаболизма, продуктивности и качества продукции бройлеров. Были определены задачи: - апробировать несколько доз наноразмерного фосфорита в кормлении бройлеров; - разработать оптимальную дозу наноразмерного фосфорита для использования его в качестве кормовой добавки для цыплят-бройлеров; - изучить показатели метаболизма и продуктивности птицы при применении наноразмерного фосфорита в кормлении цыплят-бройлеров. Материалами и методами исследования Материалами исследований стали фосфорит Сундюковского месторождения Республики Татарстан (РТ); полученный из него наноразмерный фосфорит; цыплята-бройлеры кросса «Смена-7» в возрасте от 10 до 41 суток, их белое и красное мясо. Научно-производственные опыты проводили на базе крестьянско-фермерского хозяйства «МАРС» Зеленодольского района РТ. Для проведения научно-производственного опыта сформировали по принципу групп-аналогов по возрасту, живой массе и полу пять групп курочек-бройлеров в возрасте 10 суток по 100 голов. Кормление птицы осуществляли полноценными комбикормами для цыплят-бройлеров - БР-36 с добавлением нескольких макро и микроэлементов (железа, меди, цинка, кобальта, йода и

селена). Бройлеров I контрольной группы содержали на основном рационе (ОР), птица II контрольной группы получала к ОР фосфорит тонкого помола в дозе - 1% к сухому веществу рациона; бройлеры III, IV и V групп получали к ОР наноразмерный фосфорит (НФ) в количестве 1,0, 0,6 и 0,2%, что соответствовало 100, 60 и 20% от оптимальной дозы фосфорита. Наноразмерный фосфорит получали в научно-исследовательском инновационно-прикладном центре «Наноматериалы и нанотехнологии» КНИТУ методом ультразвукового воздействия на фосфоритную муку при частоте 18,5 кГц ( $\pm 10\%$ ), выходная мощность прибора УЗУ-0,25 составляла 80 Вт, амплитуда колебаний ультразвукового волновода - 5 мкм, длительность воздействия - 20 минут. Наноразмерный фосфорит стабилизировали деионизированной водой в концентрации 1:4. Структуру фосфоритной муки и наноразмерного фосфорита изучали в лаборатории «Спектроскопия, микроскопия и термический анализ» КНИТУ методом прерывисто-контактной атомно-силовой микроскопии на сканирующем зондовом микроскопе MultiMode V фирмы Veeco (США). Прирост живой массы бройлеров определяли индивидуальным взвешиванием на весах IV класса точности на 1, 18 и 31 сутки опыта. Исследования крови проводили в Ассоциации независимых клинико-диагностических лабораторий ООО «Ситилаб» г. Казани с использованием общепринятых методик. Содержание гемоглобина, количество эритроцитов, лейкоцитов определяли на гемоанализаторе Hema-Screen фирмы Hospitex diagnostic. Биохимические исследования сыворотки крови проводили с использованием анализатора OLYMPUS для *in vitro* диагностики с автоматической программой расчета. Определение содержания токсичных элементов в органах и тканях проводили на атомно-абсорбционным спектрометре «Analyst 400» с предварительной минерализацией проб по ГОСТ 26929-94. Исследования проб выполняли согласно ГОСТ 30178-96 и нормативному документу на метод испытания - МУК 4.1.986-00. Цифровые показатели, полученные при выполнении работы, анализировали по стандартным программам вариационной статистики согласно пакету программ Microsoft Office Excel-2003. Результаты исследований и обсуждение Сырьевая база Республики Татарстан представлена 20 фосфоритовыми месторождениями и проявлениями, запасы фосфоритов в которых более 6 млн т [3]. Химический состав фосфоритной муки Сюндюковского месторождения РТ представлен, в %: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 10,0-12,0; CaO - 32,8; MgO - 1,4; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - до 8,0; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 2,4; F - 2,3; CO<sub>2</sub> - 4,0; K<sub>2</sub>O - 1,0; Na<sub>2</sub>O - 1,0; SiO<sub>2</sub> - 18,0; SO<sub>2</sub> - 3,8; минеральный состав, в %: фосфат - 64,0; глауконит и гидрослюда - 22,0; кварц - 7,0; кальцит - 0,7; сидерит - 2,0; пирит - 3,5; гипс и другие сульфаты - 0,7; прочие - 0,1. При изучении структуры фосфоритной муки в сканирующем зондовом микроскопе наблюдали отчетливо сформированные частицы вытянутой капсулообразной конфигурации, напоминающие по форме зерно пшеницы. Эти частицы характеризовались однородностью размеров, имели ширину 320,0-400,0 нм и длину 0,8-1,2 мкм.

Частицы располагались хаотично, образуя группы по два и три «зерна», что, предположительно, свидетельствует о структурной решетке фосфорита. После ультразвуковой обработки фосфоритной муки наблюдали частицы продолговатой и сферической формы с размерами от 60,0-120,0 нм. Кроме этого наблюдали более крупные образования с размерами порядка 450,0 нм. Отмечали отсутствие четкой организации вещества. При более детальном изучении структуры было обнаружено, что выявленные образования с размерами 450,0 нм являются системой, состоящей из выше упомянутых мелких частиц. Подобная картина указывала на то, что под воздействием ультразвука произошло разделение этой системы на составляющие частицы. Изучение живой массы цыплят, получавших фосфорит тонкого помола и наноразмерный фосфорит, в различные возрастные периоды показало, что у опытных бройлеров показатели были выше контрольных (табл. 1). Живая масса у цыплят, получавших фосфорит тонкого помола, превышала контрольные показатели на 7,9%. У бройлеров, получавших кормовую добавку разных доз наноразмерного фосфорита, превышение составило 10,8-31,7% , с наилучшими показателями у птицы IV и V опытных групп ( $p \leq 0,05$ ). Таблица 1 - Динамика живой массы цыплят-бройлеров

Сутки опыта	Группы бройлеров (n=100)	(M±m)	I	II	III	IV	V	
1	192,3 ±4,33	192,8 ±5,24	191,7 ±6,45	190,8 ±4,12	192,2 ±5,26	18	1016,1 ±9,03	
18	1224,1 ±9,32	1294,0±7,25	1316,4±5,49	1308,5 ±7,34	31	1580,0 ±12,40	1705,2 ±7,90	
31	1750,6 ±11,26	2080,9 ±9,14*	1886,3 ±10,23*	Абсолют. прирост, г			1387,7 ±4,25	
	1512,4 ±6,18	1558,9 ±7,24	1890,1 ±11,14	1694,1 ±9,42	Относит. прирост, %			100,0
	110,8	131,7	119,4	Здесь и далее - *P £ 0,05.				

Сохранность поголовья в группах бройлеров, получавших наноразмерный фосфорит составила 95,0-97,0%, против показателей контроля - 92,0% и получавших фосфорит тонкого помола - 94,0%. На 30 сутки опытного периода изучали некоторые гематологические показатели (табл. 2). Установлено увеличение количества эритроцитов в крови бройлеров, получавших разные дозы наноразмерного фосфорита на 19,4-20,9% ( $p \leq 0,05$ ), фосфорит тонкого помола - 16,6%; содержание гемоглобина повысилось на 5,2-7,4% и 2,6%, соответственно, к контрольным аналогам. Значительные изменения отмечали в показателях минерального обмена. Наблюдалось повышение концентрации неорганического фосфора в сыворотке крови бройлеров опытных групп, получавших наноразмерный фосфорит на 6,7-10,5%, фосфорит тонкого помола - на 3,7% в сравнении с контрольными показателями. Содержание общего кальция повысилось: у бройлеров, получавших разные дозы наноразмерного фосфорита на 20,4-21,4% ( $p \leq 0,05$ ), фосфорит тонкого помола - на 19,7%; показатель резервной щелочности увеличился на 7,9-12,6% ( $p \leq 0,05$ ) и 4,5%, соответственно, к контрольным аналогам. Следует особенно отметить, что полученные гематологические показатели находились в пределах физиологических норм для этого вида животных. Таблица 2 - Морфо-биохимические показатели крови цыплят-бройлеров

бройлеров (n=11), (M±m) I II III IV V Эритроциты 1012/л 2,58 ±0,05 3,01 ±0,02 3,08 ±0,01 3,12 ±0,03\* 3,09 ±0,02 Лейкоциты, 109/л 27,40 ±1,34 27,34 ±0,27 27,68 ±0,32 27,24 ±0,54 27,74 ±1,32 Гемоглобин, г/л 89,70 ±2,64 92,10 ±1,90 94,40 ±2,10 96,36 ±1,16 96,21 ±1,13 Общий кальций, ммоль/л 2,89 ±0,34 3,46 ±0,45 3,48 ±0,52\* 3,51 ±0,24\* 3,50 ±0,98 Неорг. фосфор, ммоль/л 1,32 ±0,04 1,39 ±0,15 1,43 ±0,10 1,48 ±0,14 1,47 ±0,09 Резерв. щелочность, об%/CO<sub>2</sub> 49,20 ±1,24 51,40±2,32 53,10 ±3,12 55,42 ±5,14 55,14 ±1,88\* Общий белок, г/л 45,6 ±0,06 45,9 ±0,14 47,8 ±1,22 48,3 ±1,46 48,1 ±0,08

После убоя бройлеров для определения сорбционных возможностей разных видов фосфоритов провели исследования белого и красного мяса на содержание солей кадмия и свинца (табл. 3). Таблица 3 - Содержание солей тяжелых металлов в белом и красном мясе цыплят-бройлеров, мг/кг Показатели Нор-матив\*\* Группы бройлеров (n=7), (M±m) I II III IV V Белое мясо (грудные мышцы) Кадмий не более 0,05 0,018 ±0,003 0,017 ±0,002 0,009 ±0,002 0,010 ±0,002 0,012 ±0,001 Свинец не более 0,5 0,28 ±0,02 0,26 ±0,01 0,16 ±0,02\* 0,17 ±0,01 0,19 ±0,01 Красное мясо (бедренные мышцы) Кадмий не более 0,05 0,019 ±0,002 0,017 ±0,001 0,010 ±0,001 0,012 ±0,002 0,013 ±0,001 Свинец не более 0,5 0,22 ±0,03 0,20 ±0,03 0,12 ±0,02 0,14 ±0,03 0,15 ±0,01 \*\* СанПиН 2.3.2.2340-08 Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Содержание солей кадмия и свинца в мясе опытных бройлеров получавших фосфорит тонкого помола снизилось на 5,5-10,5%, получавших разные дозы наноразмерного фосфорита - на 31,6-50,0%, соответственно, по сравнению с контролем. Использование фосфоритов тонкого помола в дозе 1,0% в кормлении бройлеров обусловило снижение солей кадмия и свинца в белом мясе на 5,5 и 7,1, в красном - на 10,5 и 9,1%, соответственно, к контролю. Наибольшую сорбцию этих химических элементов в мясе отмечали у бройлеров III группы, получавших к рациону 1,0% наноразмерного фосфорита. В сравнении с контролем снижение в этой группе солей кадмия и свинца составило в белом мясе 50,0 и 42,8% (p≤0,05), красном - 47,4 и 45,5%, соответственно. Следует отметить, что сорбция имела дозозависимый характер: при снижении дозы наноразмерного фосфорита снижалось количество сорбированных токсинов. В белом мясе бройлеров IV группы, получавших 0,6% наноразмерного фосфорита, наблюдали уменьшение содержания кадмия и свинца на 44,4 и 39,3%, в красном - на 36,8 и 36,4%, соответственно. В мясе цыплят V опытной группы, получавших к основному рациону 0,2% наноразмерного фосфорита снижение солей кадмия и свинца составило в белом мясе 33,3 и 32,1%, в красном - 31,6 и 31,8%, соответственно, в сравнении с контролем. Мясо бройлеров, полученное при применении фосфорита тонкого помола и разных доз наноразмерного фосфорита, соответствовало СанПиН 2.3.2.2340-08 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов» по содержанию солей кадмия и свинца. Таким образом, включение разных доз наноразмерного фосфорита в

рацион бройлеров в условиях крестьянско-фермерского хозяйства обусловило увеличение живой массы птицы на 10,8...31,7%, повышение сохранности поголовья на 3,0...5,0%. В крови повысилось количество эритроцитов на 19,4...20,9%, содержание гемоглобина на 5,2...7,4%, неорганического фосфора - на 6,7...10,5%, общего кальция - на 20,4...21,4% и резервной щелочности - 7,9...12,6%, в сравнении с контрольными аналогами. Содержание солей кадмия и свинца в мясе снизилось на 31,6...50,0% в сравнении с контролем. Для внедрения разработана наиболее оптимальная доза - 0,6% наноразмерного фосфорита к сухому веществу рациона бройлеров, обеспечившая наибольшее увеличение роста-весовых показателей птицы, повышение сохранности поголовья, оптимизацию гематологических показателей и снижение солей кадмия и свинца в мясе.