

УДК 636.5:577.17

DOI: 10.33284/2658-3135-102-2-136

Синтетический цеолит NaX как кормовая добавка для цыплят-бройлеров**Н.Г. Береговая¹, В.В. Герасименко², В.Н. Никулин², И.А. Бабичева²**¹ Филиал Российского государственного университета нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина (г. Оренбург)² Оренбургский государственный аграрный университет (г. Оренбург)

Аннотация. Исследование посвящено применению синтетического цеолита типа NaX в кормах цыплят-бройлеров. Перед началом испытаний проведены исследования безопасности кормовых добавок и кормов. Результаты экспресс-биотеста синтетического цеолита типа NaX и цеолитсодержащего корма показали, что они относятся к нетоксичным. Первый научно-хозяйственный опыт состоял в выращивании четырёх групп цыплят-бройлеров, получавших корма с различным содержанием синтетического цеолита NaX. В процессе выращивания производилась оценка живой массы, в крови цыплят-бройлеров определяли количество эритроцитов, лейкоцитов, концентрацию гемоглобина, содержание общего белка, фракционный состав белков. Максимальный прирост живой массы цыплят-бройлеров к окончанию выращивания наблюдался в опытной группе 2 с внесением синтетического цеолита типа NaX в количестве 50 г на 1 кг корма. Этот показатель был выше относительно контроля на 4,9 %, относительно опытных групп 1, 3 – на 1,3 и 0,3 % соответственно. Гематологические показатели цыплят-бройлеров всех подопытных групп находились в пределах физиологической нормы. В результате исследований различных доз цеолитов в составе кормов получены данные об оптимальной дозе синтетического цеолита типа NaX – 5 %. В ходе второго научно-хозяйственного эксперимента проведён физиологический (балансовый опыт) по влиянию цеолита в составе корма на переваримость питательных веществ. Балансовый опыт по изучению переваримости питательных веществ корма показал увеличение усвоения протеина и клетчатки в организме цыплят-бройлеров на 2,4 и 6,4 % соответственно.

Ключевые слова: цыплята-бройлеры, кормление, переваримость корма, цеолит, общая токсичность, белковый обмен, сорбент.

UDC 636.5:577.17

Synthetic zeolite NaX as a feed additive for broiler chickens**NG Beregovaya¹, VV Gerasimenko², VN Nikulin², IA Babicheva²**¹ Branch of the Russian State University of Oil and Gas (National Research Institute) named after I.M. Gubkina in Orenburg (Orenburg, Russia)² Orenburg State Agrarian University (Orenburg, Russia)

Summary. The study is devoted to the use of synthetic zeolite type NaX in the feed of broiler chickens. Before testing, the safety of feed additives and feedstuffs was studied. The results of the express biotest of synthetic zeolite type NaX and zeolite-containing feed showed that they are non-toxic. The first scientific and economic experiment consisted in growing of four groups of broiler chickens fed with different quantity of synthetic zeolite NaX. In the process of growing, live weight was estimated; the number of erythrocytes, leukocytes, hemoglobin concentration, total protein content, fractional composition of proteins were determined in the blood of broiler chickens. The maximum increase in live weight of broiler chickens by the end of the growing was observed in group 2 after the introduction of synthetic zeolite of the type NaX in the amount of 50 g per 1 kg of feed. This indicator was higher compared to the control by 4.9 %, relatively experienced groups 1.3 – by 1.3 and 0.3 %, respectively. Hematological parameters of broiler chickens of all experimental groups were within the physiological standard. As a result of studies of various doses of zeolites in the composition of feed, data were obtained on the optimal dose of synthetic zeo-

lite type NaX – 5 %. In the course of the second scientific and economic experiment, a physiological experiment (digestion trial) was conducted on the effect of zeolite in feed composition on the digestibility of nutrients. Digestion trial in the study of digestibility of feed nutrients showed an increase in the assimilation of protein and fiber in the body of broiler chickens by 2.4 and 6.4 %, respectively.

Key words: broiler chickens, feeding, digestibility of feed, zeolite, general toxicity, protein metabolism, sorbent.

Введение.

Цеолиты – алюмосиликаты, имеющие природное или синтетическое происхождение. История применения природного цеолита в качестве кормовой добавки в России берёт начало с первой половины прошлого столетия, когда существовала специальная программа. В то время цеолиты различных месторождений подвергались многочисленным исследованиям. Результаты таких исследований отражены в сборниках докладов республиканского совещания (Белицкий И.А. и Фурсенко Б.А., 1992; Панин Л.Е. и Чамуха М.Д., 1992). Учёные отмечали неоднородность состава природного цеолита, наличие радиационного фона в некоторых образцах (Papaioannou D, 2005). Синтетический цеолит, его получение и применение в России связано в основном с промышленностью. На основе синтетических цеолитов производят адсорбенты, катализаторы, применяемые в нефте- и газохимии, органическом синтезе (Кубасов А.А., 2000).

В связи со сложностью состава и структуры цеолита учёными созданы различные классификации. Согласно одной из них синтетический цеолит типа NaX относится к одной группе с природным цеолитом фожазит, который мало распространён в природе (Jawahar S et al., 2016). Многочисленные исследования однозначно показали эффективность и целесообразность использования природных цеолитов в практике выращивания сельскохозяйственных животных и птиц. При этом искусственный цеолит почти не применяется. Однако его физико-химические характеристики практически не отличаются от природных. В то же время синтетический цеолит производится под непрерывным контролем и его химический состав и свойства всегда известны в отличие от природных цеолитов. Невысокая цена и малый расход синтетического цеолита и его всегда известные характеристики – вот основные причины, побудившие нас провести опыты по влиянию цеолита типа NaX в практике кормления цыплят-бройлеров. Применение синтетических цеолитов в качестве кормовой добавки было исследовано зарубежными учёными (Miazzi R et al., 2000; Wu QJ et al., 2013). В доступной нам литературе отсутствуют сведения о проведённых исследованиях по использованию синтетического цеолита NaX в составе корма. Некоторые авторы считают, что такие исследования необходимы, кроме того, особо отмечено применение синтетических цеолитов NaX, NaY в корме цыплят-бройлеров (Wu QJ et al, 2013). При этом обоснование применения цеолитов в составе кормов сельскохозяйственных животных и птиц лежит в основе их сорбционных, ионно-обменных, каталитических свойств. Накопленные данные об использовании природных и синтетических минералов *in vivo*, *in vitro* свидетельствуют о действии цеолитов на иммунную систему, а также о микробиологических и противовирусных свойствах (Голохваст К.С. и Паничев А.М., 2009).

Цель исследования.

Разработка технологии применения синтетического цеолита NaX в качестве кормовой добавки в рационе цыплят-бройлеров.

Материалы и методы исследования.

Объект исследования. Цыплята-бройлеры кросса «Смена-7».

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями Russian Regulations, 1987 (Order No. 755 on 12.08.1977 the USSR Ministry of Health) and «The Guide for Care and Use of Laboratory Animals (National Academy Press Washington, D.C. 1996)». При выполнении исследований были предприняты усилия, чтобы свести к минимуму страдания животных и уменьшения количества используемых образцов.

Схема эксперимента. Исследование на цыплятах-бройлерах, которых приобретали в ЗАО «Птицефабрика Оренбургская» в 2013 году, проводили в виварии «Оренбургский государственный аграрный университет» (факультет ветеринарной медицины и биотехнологии).

Предварительно синтетический цеолит NaX и цеолитсодержащий корм в специализированной лаборатории исследовали на общую токсичность согласно методике по ГОСТ 31674-2012. Опыты исследуемых образцов проводились на стилониях (*Stylonychia mytilus*).

Первый научно-хозяйственный опыт состоял в определении оптимальной дозы синтетического цеолита типа NaX. Опытная и контрольная группы включали по 50 голов цыплят-бройлеров, которых выращивали до возраста 42 дней. В основе формирования групп был положен принцип пар-аналогов. Корм опытных групп 1, 2, 3 содержал 4, 5, 6 % по массе соответственно предварительно подготовленного синтетического цеолита типа NaX (табл. 1). В качестве кормовой добавки использовали синтетический цеолит типа NaX, подготовленный в лабораторных условиях к внесению и смешиванию с основным рационом птицы.

Таблица 1. Схема первого научно-хозяйственного опыта

Table 1. The scheme of the first scientific experiment

Группа/Group	Количество голов в группе/Number of goals in a group	Период опыта, сут/Period of experience, day	Условия кормления/Feeding conditions
Контрольная/Control	50	42	ОР (основной рацион)
Опытная 1/Experimental 1	50		ОР+цеолит, 40 г/кг корма
Опытная 2/Experimental 2	50		ОР+цеолит, 50 г/кг корма
Опытная 3/Experimental 3	50		ОР+цеолит, 60 г/кг корма

Кормление цыплят осуществляли вволю (*ad libitum*), использовали сухие сбалансированные комбикорма с питательностью, соответствующей установленным ВНИТИП нормам кормления (Фисинин В.И. и др., 2004). Компонентные составы корма представлены в таблице 2. Состав корма опытных групп отличался от контрольной введением цеолита взамен основного рациона.

Таблица 2. Состав кормов контрольной и опытных групп цыплят-бройлеров
Table 2. The feed composition in control and experimental groups of broiler chickens

Компонент/Component	Содержание, %/Content, %			
	корм без цеолита/feed without zeolite		корм с 4 % содержанием цеолита/feed with 4 % zeolite content	
	стартовый/starter	финишный/finish	стартовый/starter	финишный/finish
1	2	3	4	5
Пшеница/Wheat	64,38	61,00	61,81	58,56
Соя полножирная/ Full fat soybean	10,26	14,91	9,85	14,31
Шрот соевый/ Soybean meal	5,21	2,02	5,00	1,94
Шрот подсолнечный/ Sunflower meal	4,05	7,75	3,89	7,44
Мука мясная/Meat Flour	6	4,55	5,76	4,37
Масло подсолнечное/ Sunflower oil	5,55	5,55	5,33	5,33
Монохлоргидрат лизина/ Lysine monohydrochloride	0,08		0,08	
Соль поваренная/Salt	0,11	0,15	0,11	0,14
Монокальций фосфат/ Monocalcium phosphate	1,063	1,05	1,02	1,01

Продолжение 2 таблицы

1	2	3	4	5
Известняковая мука/ Limestone flour	0,714	0,6	0,69	0,58
Биофон жёлтый/ Biophone yellow	0,1	0,15	0,10	0,14
Сульфат натрия/ Sodium sulfate	0,13	0,12	0,12	0,12
П5/Р5	2,35	2,15	2,26	2,06
Цеолит/Zeolite			4	4
ИТОГО/TOTAL	100	100	100	100
Компонент/Component	корм с 5 % содержанием цеолита/feed with 5 % zeolite content		корм с 6 % содержанием цеолита/ feed with 6 % zeolite content	
	стартовый/starter	финишный/ finish	стартовый/starter	финишный/finish
Пшеница/Wheat	61,16	57,95	60,52	57,34
Соя полножирная/ Full fat soybean	9,75	14,16	9,64	14,02
Шрот соевый/ Soybean meal	4,95	1,92	4,90	1,90
Шрот подсолнечный/ Sunflower meal	3,85	7,36	3,81	7,29
Мука мясная/Meat Flour	5,70	4,32	5,64	4,28
Масло подсолнечное/ Sunflower oil	5,27	5,27	5,22	5,22
Монохлоргидрат лизина/ Lysine monohydrochloride	0,08		0,08	
Соль поваренная/Salt	0,10	0,14	0,10	0,14
Монокальций фосфат/ Monocalcium phosphate	1,01	1,00	1,00	0,99
Известняковая мука/ Limestone flour	0,68	0,57	0,67	0,56
Биофон жёлтый/ Biophone yellow	0,10	0,14	0,09	0,14
Сульфат натрия/Sodium sulfate	0,12	0,11	0,12	0,11
П5/Р5	2,23	2,04	2,21	2,02
Цеолит/Zeolite	5	5	6	6
ИТОГО/TOTAL	100	100	100	100

Синтетические цеолиты типа NaX (13X) производятся компанией ООО «Салаватский катализаторный завод» в основном для очистки и глубокой осушки газовых и жидкостных потоков по ТУ 2163-077-05766575-99 с изм. 1-6. Химический состав синтетического цеолита типа NaX в % массовых содержит: SiO₂ – 56-61; Al₂O₃ – 25-30; CaO – 1,0-6,0; Na₂O – 14-18,1. Типичная окисная формула – Na₂O·Al₂O₃·2,5SiO₂·6H₂O. Для цеолитов данного типа характерна четвёртая структурная группа и соотношение кремний/алюминий 1-1,5.

Цеолит задавали бройлерам путём равномерного перемешивания с полноценным комбикормом. К корму и воде цыплята всегда имели неограниченный доступ.

Состояние цыплят-бройлеров контролировали ежедневно визуальным путём, уделяя при этом внимание активности и аппетиту цыплят. Ежедневно учитывали павших цыплят, таким образом оценивая сохранность.

Схема второго научно-хозяйственного опыта представлена в таблице 3.

Таблица 3. Схема второго научно-хозяйственного опыта

Table 3. The scheme of the second scientific experiment

Группа/Group	Количество голов в группе/Number of goals in a group	Период опыта, сут./Period of experience, day	Условия кормления/Feeding conditions
Контрольная/Control	35	42	ОР (основной рацион)
Опытная/Experimental	35		ОР+цеолит, 50 г/кг корма

Балансовый опыт по методике ВНИТИП был проведён с целью определения переваримости основных питательных веществ. Из каждой группы для этого отбирали по 5 цыплят 35-дневного возраста. В физиологическом опыте выделяли 2 периода: предварительный (5 суток) с целью приучить птицу к условиям опыта и учётный (3 суток), в период проведения которого устанавливали количество потребляемого корма и выделяемого помёта. Образцы корма и помёта изучали на предмет химического состава.

До утреннего кормления производили забор крови у 5 цыплят из каждой группы.

Оборудование и технические средства. Базой для лабораторных исследований являлись межкафедральная комплексная аналитическая лаборатория факультета ветеринарной медицины и биотехнологий и кафедра химии Оренбургского государственного аграрного университета, а также в лаборатории филиала Российского государственного университета нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина в г. Оренбурге (лаборатории № 14 и 18).

В качестве антикоагулянта при заборе крови применялась калиевая соль ЭДТА. Сыворотку крови исследовали на фотометре «StatFax 1904» («Awareness Technology Inc», США) с использованием наборов фирмы «Ольвексдиагностикум» (ООО «ОЛЬВЕКС ДИАГНОСТИКУМ», Россия) согласно приведённым инструкциям. Фракционирование белка сыворотки крови проводили на устройстве электрофореза «УЭФ-01-Астра» («НПЦ АСТРА», Россия) на плёнках из ацетата целлюлозы по прилагаемой инструкции. Живую массу птиц определяли на электронных весах (индивидуальным взвешиванием всего поголовья).

Образцы корма и помёта изучали общепринятыми методами и методиками: общий азот – по методу Кьельдаля, ГОСТ 32044.1-2012; массовая доля сырого жира – ГОСТ 32905-2014; массовая доля сырой клетчатки – ГОСТ 31675-2012; сырая зола; расчёт количества безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ) корма – по методу ВНИТИП (Фисинин В.И. и др., 2004).

Статистическая обработка. Все полученные в результате экспериментов цифровые данные были обработаны с использованием метода вариационной статистики. В таблицах, приведённых в разделе «Результаты собственных исследований и их обсуждение», данные представлены в виде $\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$, где $\bar{x}$ – среднее арифметическое значение, $S_{\bar{x}}$ – ошибка среднего арифметического. Вычисления выполняли на персональном компьютере с помощью офисного программного комплекса «Microsoft Office» с применением программы «Excel» («Microsoft», США).

Результаты исследования.

Результаты экспресс-биотеста синтетического цеолита типа NaX и цеолитсодержащего корма на общую токсичность по ГОСТ 31674-2012 показали, что синтетический цеолит типа NaX как добавка к корму и цеолитсодержащие корма относятся к нетоксичным. Общая токсичность всех образцов согласно протоколов исследований не установлена. В соответствии с методикой такие корма могут быть использованы без ограничений.

При выборе оптимальной дозы синтетического цеолита в составе корма учитывали физиологические показатели организма цыплят-бройлеров, а также исследования морфологических и биохимических показателей крови, полученные в результате первого научно-хозяйственного опыта.

При оценке питательности кормов, используемых в рационе цыплят-бройлеров, был произведён расчёт химического состава с учётом вносимых в корм компонентов и применения синтетического цеолита типа NaX в качестве добавки к корму (табл. 4, 5).

Таблица 4. Результаты расчёта химического состава стартовых кормов
Table 4. The calculation results of chemical composition of starter feed

Показатель/Indicator	Ед. изм./ Unit measuring	Контрольная группа/ Control group	Опытная группа 1/ Experi- mental group 1	Опытная группа 2/ Experi- mental group 2	Опытная группа 3/ Experi- mental group 3				
1	2	3	4	5	6				
Обменная энергия/ Exchange energy	ккал/100 г	310,15	297,74	294,64	291,54				
Обменная энергия/ Exchange energy	Мдж/кг	12,98	12,46	12,33	12,20				
Сухое вещество/ Dry matter	%	87,24	87,59	87,68	87,77				
Сырой протеин/ Crude protein	%	21,18	20,33	20,12	19,91				
Сырой жир/ Raw fat	%	9,07	8,70	8,61	8,52				
Линолевая кислота/ Linoleic acid	%	5,19	4,98	4,93	4,87				
Сырая клетчатка/ Crude Fiber	%	3,02	2,90	2,87	2,84				
Сырая зола/Raw ash	%	5,03	7,68	8,35	9,01				
БЭВ/Nitrogen-free extractives/	%	48,95	46,99	46,50	46,02				
Крахмал/ Starch	%	39,94	38,34	37,94	37,54				
Сахар/ Sugar	%	2,19	2,10	2,08	2,06				
Безазотистый остаток/ Nitrogen free residue	%	9,84	9,45	9,35	9,25				
Аминокислоты, валовое содержание/усвояемые/Amino acids, gross/digestible									
Лизин/Lysine	%	1,25	1,16	1,20	1,12	1,19	1,11	1,18	1,09
Метионин/Methionine	%	0,69	0,66	0,66	0,64	0,66	0,63	0,65	0,62
Метионин+цистин/ Methionine+Cystine	%	0,99	0,93	0,95	0,90	0,94	0,89	0,93	0,88
Треонин/ Threonine	%	0,88	0,80	0,85	0,76	0,84	0,76	0,83	0,75
Триптофан/ Tryptophan	%	0,23	0,20	0,22	0,19	0,22	0,19	0,22	0,19
Аргинин/ Arginine	%	1,35	1,16	1,30	1,11	1,28	1,10	1,27	1,09
Валин/ Valin	%	0,85	0,48	0,82	0,46	0,81	0,46	0,80	0,45
Гистидин/Histidine	%	0,35	0,22	0,34	0,21	0,34	0,21	0,33	0,20
Глицин/Glycine	%	1,54	0,05	1,48	0,05	1,47	0,05	1,45	0,05
Изолейцин/Isoleucine	%	0,70	0,40	0,67	0,39	0,67	0,38	0,66	0,38
Лейцин/Leucine	%	1,15	0,68	1,10	0,65	1,09	0,65	1,08	0,64
Фенилаланин/Phenialine	%	0,66	0,46	0,64	0,44	0,63	0,44	0,62	0,43
Тирозин/Tyrosine	%	0,48	0,03	0,46	0,03	0,46	0,03	0,45	0,03
Минеральные компоненты:/Mineral components:									
Кальций/Calcium	%	0,93	0,96	0,96	0,97				
Фосфор общий/Common phosphorus	%	0,70	0,67	0,67	0,66				

Продолжение 4 таблицы

1	2	3	4	5	6
Фосфор усвояемый/ Digestible phosphorus	%	0,47	0,45	0,44	0,44
Калий/Potassium	%	0,63	0,61*	0,60*	0,60*
Натрий/Sodium	%	0,18	0,17*	0,17*	0,17*
Хлор/Chlorine	%	0,22	0,21	0,21	0,21
ДЕВ/DEV	Мг Экв/100 г	17,78	17,07	16,89	16,71
Витамины, микроэлементы/Vitamins, trace elements					
Витамин Е/Vitamin E	млн МЕ/т	13,94	13,38	13,24	13,10
Витамин К/Vitamin K	млн МЕ/т	5,26	5,05	5,00	4,95
Витамин В1/Vitamin B1	г/т	102,00	97,92	96,90	95,88
Витамин В2/Vitamin B2	г/т	3,01	2,89	2,86	2,83
Витамин В3/Vitamin B3	г/т	6,55	6,28	6,22	6,15
Витамин В4/Vitamin B4	г/т	9,62	9,24	9,14	9,05
Витамин В5/Vitamin B5	г/т	23,83	22,87	22,64	22,40
Витамин В6/Vitamin B6	г/т	1313,99	1261,43	1248,29	1235,15
Витамин В12/Vitamin B12	г/т	108,36	104,02	102,94	101,86
Витамин Н/Vitamin H	г/т	5,08	4,87	4,82	4,77
Марганец/Manganese	г/т	3,86	3,71	3,67	3,63
Цинк/Zinc	г/т	0,28	0,27	0,27	0,27
Железо/Iron	г/т	172,94	166,02	164,29	162,56
Медь/Copper	г/т	151,63	145,57	144,05	142,53
Кобальт/Cobalt	г/т	92,67	88,97	88,04	87,11
Йод/Iodine	г/т	25,30	24,29	24,04	23,79
Селен/Selenium	г/т	0,09	0,08	0,08	0,08
Витамин Е/Vitamin E	г/т	1,66	4,48	5,18	5,88
Витамин К/Vitamin K	г/т	0,38	0,36	0,36	0,35

Таблица 5. Результаты расчёта химического состава финишных кормов
Table 5. The calculation results of chemical composition of finishing feed

Показатель/Indicator	Ед. изм./ Unit measuring	Контрольная группа/ Control group	Опытная группа 1/ Experimental group 1	Опытная группа 2/ Experimental group 2	Опытная группа 3/ Experimental group 3
1	2	3	4	5	6
Обменная энергия/ Exchange energy	ккал/100 г	312,16	299,67	296,55	293,43
Обменная энергия/ Exchange energy	Мдж/кг	13,07	12,54	12,41	12,28
Сухое вещество/Dry matter	%	87,36	87,71	87,80	87,88
Сырой протеин/ Crude protein	%	20,92	20,09	19,88	19,67
Сырой жир/ Raw fat	%	9,83	9,44	9,34	9,24
Линолевая кислота/ Linoleic acid	%	5,57	5,35	5,29	5,23
Сырая клетчатка/Crude Fiber	%	3,79	3,64	3,60	3,56
Сырая зола/Raw ash	%	4,91	7,57	8,23	8,90
БЭВ/Nitrogen-free extractives	%	47,91	46,00	45,52	45,04
Крахмал/ Starch	%	38,08	36,56	36,18	35,79

Продолжение 5 таблицы

1	2	3	4	5	6				
Сахар/ Sugar	%	2,10	2,02	2,00	1,97				
Безазотистый остаток/ Nitrogen free residue	%	11,52	11,06	10,95	10,83				
Аминокислоты, валовое содержание/Amino acids, gross content									
Лизин/Lysine	%	1,16	1,06	1,11	1,02	1,10	1,01	1,09	1,00
Метионин/Methionine	%	0,67	0,64	0,64	0,61	0,64	0,61	0,63	0,60
Метионин+цистин/ Methionine+Cystine	%	0,98	0,92	0,94	0,88	0,93	0,87	0,92	0,86
Треонин/ Threonine	%	0,88	0,79	0,85	0,76	0,84	0,75	0,83	0,74
Триптофан/ Tryptophan	%	0,23	0,20	0,22	0,19	0,22	0,19	0,21	0,18
Аргинин/ Arginine	%	1,36	1,15	1,30	1,11	1,29	1,09	1,28	1,08
Валин/ Valin	%	0,88	0,49	0,85	0,47	0,84	0,47	0,83	0,46
Гистидин/Histidine	%	0,41	0,23	0,40	0,22	0,39	0,22	0,39	0,21
Глицин/Glycine	%	1,42	0,09	1,36	0,09	1,34	0,09	1,33	0,09
Изолейцин/Isoleucine	%	0,74	0,44	0,71	0,42	0,70	0,42	0,69	0,41
Лейцин/Leucine	%	1,13	0,69	1,09	0,66	1,08	0,66	1,06	0,65
Фенилаланин/Phenialanine	%	0,74	0,48	0,71	0,46	0,70	0,45	0,70	0,45
Тирозин/Tyrosine	%	0,54	0,06	0,52	0,06	0,52	0,06	0,51	0,06
Минеральные компоненты:/Mineral components									
Кальций/Calcium	%	0,86	0,89	0,89	0,90				
Фосфор общий/Common phosphorus	%	0,71	0,68	0,67	0,67				
Фосфор усвояемый/ Digestible phosphorus	%	0,45	0,43	0,43	0,43				
Калий/Potassium	%	0,65	0,63*	0,62*	0,61*				
Натрий/Sodium	%	0,17	0,17*	0,16*	0,16*				
Хлор/Chlorine	%	0,22	0,21	0,21	0,20				
DEB/DEB	мгЭкв/100г	18,16	17,44	17,26	17,07				
Витамины, микроэлементы/Vitamins, trace elements									
Витамин А/Vitamin A	млн МЕ/т	12,89	12,37	12,24	12,11				
Витамин D/Vitamin D	млн МЕ/т	4,82	4,62	4,58	4,53				
Витамин E/Vitamin E	г/т	93,60	89,85	88,92	87,98				
Витамин K/Vitamin K	г/т	2,75	2,64	2,61	2,59				
Витамин B1/Vitamin B1	г/т	6,22	5,97	5,91	5,85				
Витамин B2/Vitamin B2	г/т	8,80	8,45	8,36	8,27				
Витамин B3/Vitamin B3	г/т	22,07	21,18	20,96	20,74				
Витамин B4/Vitamin B4	г/т	1242,79	1193,08	1180,65	1168,22				
Витамин B5/Vitamin B5	г/т	106,50	102,24	101,18	100,11				
Витамин B6/Vitamin B6	г/т	4,64	4,46	4,41	4,37				
Витамин B12/Vitamin B12	г/т	2,93	2,82	2,79	2,76				
Витамин H/Vitamin H	г/т	0,26	0,25	0,25	0,24				
Марганец/Manganese	г/т	161,14	154,69	153,08	151,47				
Цинк/Zinc	г/т	140,30	134,69	133,28	131,88				
Железо/Iron	г/т	90,19	86,58	85,68	84,78				
Медь/Copper	г/т	23,74	22,79	22,55	22,32				
Кобальт/Cobalt	г/т	0,10	0,09	0,09	0,09				
Йод/Iodine	г/т	1,53	4,35	5,05	5,76				
Селен/Selenium	г/т	0,34	0,33	0,33	0,32				

Важным показателем в продуктивности цыплят является прирост живой массы. Средняя живая масса цыплят-бройлеров в контрольной группе выросла по сравнению с суточным возрастом в 17,3 раза за 21 день выращивания (рис. 1). К завершению опыта (42 дня) средняя живая масса увеличилась в 47,7 раза по отношению к суточному возрасту. В опытной группе 1 по сравнению с контрольной группой в возрасте 21 суток средняя живая масса птиц была выше на 7,9 %. В опытных группах 2 и 3 – на 11,2 и 10,5 % соответственно. Максимальный прирост к окончанию выращивания птицы наблюдался в опытной группе 2 с внесением синтетического цеолита типа NaX в количестве 50 г на 1 кг корма. Средняя живая масса птиц этой группы к завершению эксперимента составила около 2 кг. В контрольной группе значение средней живой массы было ниже на 4,9 %. В то же время результат опытных групп 1 и 3 в 6 недель был ниже средней живой массы цыплят-бройлеров опытной группы 2 на 1,3 и 0,3 % соответственно.

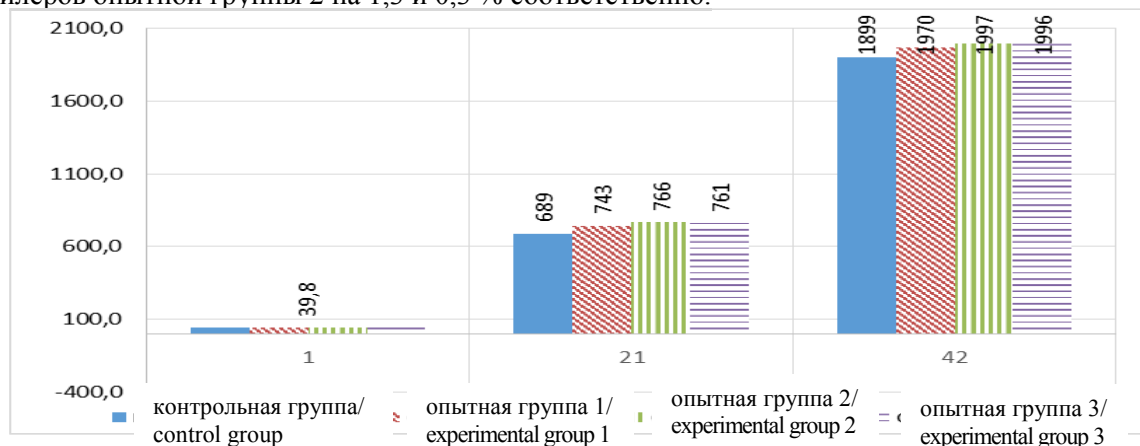


Рис. 1 – Изменение живой массы цыплят-бройлеров, г
Figure 1 – The changes in live weight of broiler chickens

Следует отметить, что гематологические показатели цыплят-бройлеров всех подопытных групп находились в пределах физиологической нормы (табл. 6). В суточном возрасте цыплят-бройлеров число эритроцитов в крови составило $2,39 \times 10^{12}$ в кубическом дециметре. В 3-недельном возрасте содержание красных кровяных телец было минимальным в крови цыплят контрольной группы. Количество эритроцитов в крови птицы опытных групп 1, 2, 3 было выше относительно контроля на 5,9; 6,7 и 4,9 % соответственно. В 6-недельном возрасте птицы содержание эритроцитов в крови было выше на 12,6 % (опытная группа 1); 16,0 % (опытная группа 2); 11,8 % (опытная группа 3) по сравнению со значением показателя контрольной группы.

Таблица 6. Гематологические показатели цыплят-бройлеров
Table 6. Hematological indices in broiler chickens

Возраст, сут./ Age, day	Контрольная группа/ Control group	Опытная группа 1/ Experimental group 1	Опытная группа 2/ Experimental group 2	Опытная группа 3/ Experimental group 3
Число эритроцитов, $10^{12}/\text{дм}^3$/Number of red blood cells, $10^{12}/\text{дм}^3$				
1	2,39±0,05			
21	2,59±0,07	2,74±0,02	2,76±0,02*	2,71±0,06
42	2,72±0,05	3,06±0,05*	3,16±0,03*	3,04±0,05*
Количество лейкоцитов, $10^9/\text{дм}^3$/Number of leukocytes, $10^9/\text{дм}^3$				
1	23,7±0,14			
21	27,8±0,15	27,7±0,21	27,4±0,13	27,6±0,16
42	29,7±0,29	29,7±0,25	29,7±0,26	29,6±0,23
Концентрация гемоглобина, г/дм³/Hemoglobin concentration, g/dm³				
1	94,6±1,1			
21	108,4±1,4	114,4±2,4	115,0±1,8*	112,8±1,4
42	109,2±0,6	115,6±1,8*	117,6±0,9*	115,2±1,0*

Примечание: * – $P < 0,05$

Note: * – $P \leq 0.05$

Число лейкоцитов в крови цыплят-бройлеров в опытных группах в 3-недельном возрасте было меньше по сравнению с контрольной группой. Разница составила 0,4; 1,5 и 0,7 % в опытных группах 1, 2 и 3 соответственно. Содержание лейкоцитов в крови цыплят-бройлеров 6-недельного возраста отличалось только у птиц опытной группы 3. Различия в значениях содержания лейкоцитов в крови цыплят-бройлеров опытных групп относительно контроля не имели статистической достоверности.

В суточном возрасте количество гемоглобина в крови цыплят-бройлеров в среднем составило 94,6 г/дм³. Содержание этого белка крови цыплят в 3-недельном возрасте в опытных группах 1, 2, 3 было выше по сравнению с контрольной группой на 5,5; 6,1; 4,1 % соответственно. В 6 недель содержание гемоглобина в крови птицы было максимальным в опытной группе 2, это значение было больше по сравнению с данным показателем опытной группы 1 на 1,7 %, опытной группы 3 – на 2,1 %, контрольной группы – на 7,7 %.

Проведены исследования крови цыплят-бройлеров на содержание общего белка, определён фракционный состав (табл. 7).

Таблица 7. Содержание общего белка и белковых фракций в сыворотке крови цыплят-бройлеров
Table 7. Total protein and protein fractions content in blood serum of broiler chickens

Возраст, сут./Age, day	Контрольная группа/Control group	Опытная группа 1/ Experimental group 1	Опытная группа 2/ Experimental group 2	Опытная группа 3/ Experimental group 3
Концентрация общего белка в сыворотке крови, г/дм³/The concentration of total protein in serum, g/dm³				
1	33,4±0,17			
21	36,3±0,17	37,8±0,18*	38,5±0,14*	37,6±0,14*
42	39,1±0,25	40,6±0,38*	41,3±0,33*	40,1±0,26*
Содержание альбуминов в сыворотке крови, г/дм³/Content of albumin in serum, g/dm³				
1	14,7± 0,08			
21	16,9±0,10	17,5±0,13*	17,9±0,15*	17,4±0,19*
42	17,7±0,13	18,4±0,10*	18,9±0,22*	18,2±0,14*
Содержание α-глобулинов в сыворотке крови, г/дм³/Content of α-globulins in serum, g/dm³				
1	5,42± 0,012			
21	5,99±0,042	6,04±0,117	6,16±0,067	6,06±0,067
42	6,48±0,031	6,58±0,044	6,70±0,108	6,57±0,061
Содержание β-глобулинов в сыворотке крови, г/дм³/Content of β-globulins in serum, g/dm³				
1	3,94±0,013			
21	3,60±0,022	3,70±0,054	3,75±0,080	3,69±0,042
42	3,89±0,014	3,96±0,070	4,01±0,080	3,92±0,039
Содержание γ-глобулинов в сыворотке крови, г/дм³/Content of γ-globulin in serum, g/dm³				
1	9,3±0,19			
21	9,8±0,14	10,5±0,30	10,6±0,25*	10,4±0,28
42	11,1±0,26	11,6±0,45	11,7±0,47	11,5±0,25

Примечание: * – P<0,05

Note: * – P≤0.05

В суточном возрасте у цыплят-бройлеров в сыворотке крови содержание общего белка составило 33,4 г/дм³. Концентрация общего белка в сыворотке крови в 3-недельном возрасте цыплят-бройлеров опытных групп 1, 2, 3 имела значение выше относительно контрольной группы на 4,2; 6,0; 3,6 % соответственно. В конце эксперимента в пробах крови содержание общего белка было минимальным в контрольной группе цыплят, его значение составило 39,1 г/дм³. Уровень общего белка в сыворотке крови цыплят-бройлеров 1, 2 и 3 опытных групп был выше относительно значе-

ния контрольной группы на 3,9; 5,6 и 2,6 % соответственно. Фракционный состав белков сыворотки крови цыплят-бройлеров имел достоверное отличие только в значениях содержания альбуминовой фракции. Концентрация альбуминовой фракции белка сыворотки крови в 3-недельном возрасте цыплят-бройлеров контрольной группы была ниже на 3,9; 6,4; 3,3 % относительно данного показателя птицы опытных групп 1, 2, 3 соответственно. В возрасте 42 суток минимальное значение количества альбуминов 17,7 г/дм³ показал результат анализа крови цыплят контрольной группы. Отличие значения этого показателя в опытных группах 1, 2, 3 относительно контроля составило 4,4; 7,1; 2,8 % соответственно.

Анализ результатов второго научно-хозяйственного (балансового) опыта представлен в таблице 8. Потребление корма у птицы опытной группы было достоверно выше на 6,4 % по сравнению с контрольной группой цыплят-бройлеров.

Таблица 8. **Переваримость питательных веществ корма**Table 8. **Nutrient digestibility in feed**

Показатель/Indicator	Переваримость, %/Digestibility, %	
	контрольная группа/ control group	опытная группа/ experimental group
Протеин/Protein	85,2±0,12	87,5±0,05*
Клетчатка/Cellulose	19,0±0,74	25,4±0,82*
Жир/Fat	82,3±0,19	82,5±0,19
БЭВ/Nitrogen-free extractives	80,2±0,12	80,3±0,41
Зола/Ash	30,2±0,83	22,8±0,54*

Примечание: * – P<0,05

Note: * – P≤0.05

Усвоение протеина и клетчатки в организме цыплят-бройлеров опытной группы было выше относительно контроля на 2,4 и 6,4 % соответственно. Балансовое количество золы в организме цыплят-бройлеров опытной группы относительно контроля составило 115,3 %. Количество жиров, поступивших в организм цыплят-бройлеров и выделенных из него, не имело отличий в контрольной и опытной группах птиц. Достоверных отличий в переваримости золы и жиров у контрольной и опытной групп цыплят-бройлеров выявлено не было.

Обсуждение полученных результатов.

О безопасности использования синтетического цеолита типа NaX свидетельствуют проведённые испытания на токсичность. Такие результаты, на наш взгляд, обусловлены отсутствием в химическом составе цеолита токсичных элементов, в том числе тяжёлых металлов и радиоактивных элементов (Матюшина Л.И. и Приходько В.И., 2007).

Причиной незначительного повышения среднесуточного потребления корма цыплятами под воздействием синтетического цеолита типа NaX может быть активный рост микрофлоры кишечника, что подтверждается многими исследователями (Kvan OV et al., 2018; Lebedev SV et al., 2018).

Стоит обратить внимание, что в состав сырой золы входят не только указанные в таблицах 4 и 5 компоненты, но и ряд других химических элементов. При внесении цеолита в корм количество сырой золы увеличивается за счёт увеличения содержания алюминия, кремния, кислорода, кальция и натрия. По данным Д. Брека (1976), синтетические цеолиты типа NaX практически не диссоциируют в водных растворах, тем самым делая недоступным усвоение натрия организмом животных и птиц. Учитывая вышесказанное, приведённые расчёты в таблицах 4 и 5 не включают данные по содержанию натрия в цеолите.

Повышение переваримости клетчатки и протеина в исследованиях влияния сорбентных препаратов на организм животных и птиц, по сведениям ряда авторов, наблюдается из-за создания в организме условий для обитания и активной жизнедеятельности бактерий, способных продуцировать целлюлазы. Во-первых, продукты гидролиза клетчатки, главным образом, моносахара, эффективнее, чем непосредственно полимерный углевод, и используются цыплятами в качестве питательных веществ. Во-вторых, целлюлазы гидролизуют оболочки клеток растительных тканей, построенных из клетчатки, и открывают доступ пищеварительным ферментам к воздействию на содержимое клеток, главным образом для протеаз, липаз и амилаз (Miroshnikov S et al., 2018; Elliot MA et al., 1991).

Вышеуказанные факты, вероятно, явились основой возрастания концентрации общего белка в сыворотке крови птиц, получавших препарат. Применение синтетического цеолита типа NaX несколько повышало уровень γ -глобулинов, тем самым положительно влияя на иммунный статус организма птиц. Аналогичные данные были получены и отражены в работах ряда авторов (Kalashnikov V et al., 2018; Fisinin VI et al., 2018; Береговая Н.Г. и Герасименко В.В., 2018).

Выводы.

При исследовании безопасности образцов синтетического цеолита типа NaX и цеолитсодержащего корма общая токсичность не выявлена, что позволяет использовать такие корма без ограничений. Результаты первого научно-хозяйственного опыта позволили определить оптимальную дозу синтетического цеолита типа NaX в составе корма в количестве 50 г/кг. Балансовый опыт по изучению переваримости питательных веществ корма показал увеличение усвоения протеина и клетчатки в организме цыплят-бройлеров на 2,4 и 6,4 % соответственно.

Литература

1. Береговая Н.Г., Герасименко В.В. Белковый обмен в организме цыплят-бройлеров при внесении в корм отработанного цеолита NaX Оренбургского газохимического комплекса // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Биология и экология. 2018. № 1. С. 38-46. [Beregovaya NG, Gerasimenko VV. Protein metabolism in broiler chickens fed by the food with an addition of the spent zeolite NAX from Orenburg gas chemical complex. Herald of Tver State University. Series: Biology and Ecology. 2018;1:38-46. (In Russ)].
2. Брек Д. Цеолитовые молекулярные сита. М.: Мир, 1976. 781 с. [Brek D. Ceolitovye molekulyarnye sita. Moscow: Mir, 1976: 781 p. (In Russ)].
3. Голохваст К.С., Паничев А.М. Цеолиты: обзор биомедицинской литературы // Успехи наук о жизни. 2009. № 1. С. 118-152. [Golokhvast KS, Panichev AM. Zeolites: review of biomedical data. Uspehi nauk o zhizni. 2009;1:118-152. (In Russ)].
4. ГОСТ 26226-95. Корма, комбикорма, комбикормовое сырьё. Методы определения сырой золы. Введ. 01.01.1997. Минск, 2003. 5 с. [GOST 26226-95. Korma, kombikorma, kombikormovoe syr'jo. Metody opredelenija syroj zoly. Vved. 01.01.1997. Minsk, 2003. 5 p. (In Russ)].
5. ГОСТ 31674-2012. Корма, комбикорма, комбикормовое сырьё. Методы определения общей токсичности. Введ. 01.07.2013. М.: Стандартиформ, 2014. 15 с. [GOST 31674-2012. Korma, kombikorma, kombikormovoe syr'jo. Metody opredelenija obshhej toksichnosti. Vved. 01.07.2013. Moscow: Standartinform; 2014. 15 p. (In Russ)].
6. ГОСТ 32044.1-2012. Корма, комбикорма, комбикормовое сырьё. Определение массовой доли азота и вычисление массовой доли сырого протеина. Часть 1. Метод Къельдаля. Введ. 01.07.2014. М.: Стандартиформ, 2014. 11 с. [GOST 32044.1-2012. Korma, kombikorma, kombikormovoe syr'jo. Opredelenie massovoj doli azota i vychislenie massovoj doli syrogo proteina. Chast' 1. Metod K#el'dalja. Vved. 01.07.2014. Moscow: Standartinform; 2014. 11 p. (In Russ)].
7. ГОСТ 32905-2014. Корма, комбикорма, комбикормовое сырьё. Метод определения содержания сырого жира. Введ. 01.01.2016. М.: Стандартиформ, 2015. 11 с. [GOST 32905-2014. Korma, kombikorma, kombikormovoe syr'jo. Metod opredelenija sodержaniya syrogo zhira. Vved. 01.01.2016. Moscow: Standartinform; 2015. 11 p. (In Russ)].

8. Кормление сельскохозяйственной птицы: монография / В.И. Фисинин, И.А. Егоров, Т.М. Окоделова, Ш.А. Имангулов. Сергиев Посад, 2004. 375 с. [Fisinin VI, Egorov IA, Okolelova TM, Imangulov ShA. Kormlenie sel'skhozjajstvennoj pticy: monografija. Sergiev posad, 2004: 375 p. (*In Russ*)].
9. Кубасов А.А. Цеолиты в катализе: сегодня и завтра // Соросовский образовательный журнал. 2000. Т. 6. № 6. С. 44-51. [Kubasov AA. Zeolites in catalysis: today and tomorrow. Soros Educational Journal. 2000;6(6):44-51. (*In Russ*)].
10. Матюшина Л.И., Приходько В.И. Определение общей токсичности кормов для животных с помощью простейших // Труды Федерального центра охраны здоровья животных. 2007. Т. V. С. 431-442. [Matyushina LI, Prikhodko VI. Determination of the general toxicity of feed using protozoa. Trudy Federal'nogo centra ohrany zdorov'ja zhivotnyh. 2007;V:431-442. (*In Russ*)].
11. Природные цеолиты России. Т. 1. Геология, физико-химические свойства и применение в промышленности и охране окружающей среды: тез. докл. республ. совещания / ред.: И.А. Белицкий, Б.А. Фурсенко. 25-27 ноября, 1991 г., Новосибирск. Новосибирск, 1992. 171 с. [Prirodnye tseolity Rossii. T. 1. Geologiya, fiziko-khimicheskie svoistva i primenenie v promyshlennosti i okhrane okruzhayushchei sredy. (Conference proceedigs). tezisy dokladov respublikanskogo soveshchaniya. Belitskii IA, Fursenko BA, editors; 1991 nov 25-27; Novosibirsk. Novosibirsk, 1992:171 p. (*In Russ*)].
12. Природные цеолиты России. Т. 2. Медико-биологические свойства и применение в сельском хозяйстве: тез. докл. республ. совещания / ред.: И.А. Белицкий, Б.А. Фурсенко. 25-27 ноября, 1991 г., Новосибирск. Новосибирск, 1992. 103 с. [Prirodnye tseolity Rossii. T. 2. Mediko-biologicheskie svoistva i primenenie v sel'skom khozyaistve. (Conference proceedigs). tezisy dokladov respublikanskogo soveshchaniya. Belitskii IA, Fursenko BA, editors; 1991 nov 25-27; Novosibirsk. Novosibirsk, 1992:103 p. (*In Russ*)].
14. Elliot MA, Edwards HM. Comparison of the effects of synthetic and natural zeolite on laying hen and broiler chicken performance. Poult. Sci. 1991;70(10):2115-2130. doi: <https://doi.org/10.3382/ps.0702115>
15. Fisinin VI, Miroshnikov SA, Sizova EA, Ushakov AS, Miroshnikova EP. Metal particles as trace-element sources: current state and future prospects. World's Poultry Science Journal. 2018;74(3): 523-540. doi: <https://doi.org/10.1017/S0043933918000491>
16. Jawahar S, Nafar A, Vasanth K, Musthafa MS, Arockiaraj J, Balasundaram C, Harikrishnan R. Dietary supplementation of Zeolite on growth performance, immunological role, and disease resistance in *Channa striatus* against *Aphanomyces invadans*. Fish & Shellfish Immunology. 2016; 51:161-169. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2016.02.019>
17. Kalashnikov V, Zajcev A, Atroshchenko M, Kalinkova L, Kalashnikova T, Miroshnikov S, Frolov A, Zav'yalov O. The content of essential and toxic elements in the hair of the mane of the trotter horses depending on their speed. Environmental Science and Pollution Research. 2018;25(22):21961-21967. doi: <https://doi.org/10.1007/s11356-018-2334-2>
18. Kvan OV, Gavrish IA, Lebedev SV, Korotkova AM, Miroshnikova EP, Serdaeva VA, Bykov AV, Davydova NO. Effect of probiotics on the basis of *Bacillus subtilis* and *Bifidobacterium longum* on the biochemical parameters of the animal organism. Environmental Science and Pollution Research. 2018;25(3):2175-2183. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0534-9>
19. Lebedev SV, Gavrish IA, Galaktionova LV, Korotkova AM, Sizova EA. Assessment of the toxicity of silicon nanooxide in relation to various components of the agroecosystem under the conditions of the model experiment. Environmental Geochemistry and Health. 2018;41(2):769-782. doi: <https://doi.org/10.1007/s10653-018-0171-3>
20. Miazzi R, Rosa CAR, Carvalho De Queiroz EC, Magnoli C, Chiacchiera SM., Palacio G, Saenz M, Kikot A, Basaldella E, Dalcero A. Efficacy of synthetic zeolite to reduce the toxicity of aflatoxin in broiler chicks. Poult. Sci. 2000;79(1):1-6. doi: <https://doi.org/10.1093/ps/79.1.1>

21. Miroshnikov S, Bolodurina I, Arapova O, Parfenov D. Development of an intelligent system of complex diagnostics of human bioelement status. In: Integrating Research Agendas and Devising Joint Challenges. International Multidisciplinary Symposium ICT Research in Russian Federation and Europe; 2018 Oct 15-20; Stavropol-Dombay: North-Caucasian Federal University; 2018. P. 214-221.

22. Papaioannou D, Katsoulos PD, Panousis N, Karatzias H. The role of natural and synthetic zeolites as feed additives on the prevention and/or the treatment of certain farm animal diseases: A review. Microporous and Mesoporous Materials. 2005;84(1-3):161-170. doi: <https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2005.05.030>

23. Wu QJ, Zhou YM, Wu YN, Wang T. Intestinal development and function of broiler chickens on diets supplemented with clinoptilolite. Asian Australas. J. Anim. Sci. 2013;26(7):987-994. doi: <https://doi.org/10.5713/ajas.2012.12545>

References

1. Beregovaya NG, Gerasimenko VV. Protein metabolism in broiler chickens fed by the food with an addition of the spent zeolite NaX from Orenburg gas chemical complex. Herald of Tver State University. Series: Biology and Ecology. 2018;1:38-46.

2. Brek D. Zeolite molecular sieves. Moscow: Mir; 1976: 781 p.

3. Golokhvast KS, Panichev AM. Zeolites: review of biomedical data. Life Sciences Advances. 2009;1:118-152.

4. GOST 26226-95. Feed, mixed fodder, feed raw materials. Methods for the determination of raw ash. Introduction 01.01.1997. Minsk, 2003. 5 p.

5. GOST 31674-2012. Feed, mixed fodder, feed raw materials. Methods for determining the overall toxicity. Introduction 01.07.2013. Moscow: Standardinform; 2014. 15 p.

6. GOST 32044.1-2012. Feed, mixed fodder, feed raw materials. Determination of the mass fraction of nitrogen and the calculation of mass fraction of crude protein. Part 1. The Kjeldahl method. Introduction 01.07.2014. Moscow: Standardinform; 2014. 11 p.

7. GOST 32905-2014. Feed, mixed fodder, feed raw materials. Method for determination of crude fat content. Introduction 01.01.2016. Moscow: Standardinform; 2015. 11 p.

8. Fisinin VI, Egorov IA, Okolelova TM, Imangulov ShA. Feeding of poultry: monograph. Serгиеv Posad; 2004: 375 p.

9. Kubasov AA. Zeolites in catalysis: today and tomorrow. Soros Educational Journal. 2000;6(6):44-51.

10. Matyushina LI, Prikhodko VI. Determination of the general toxicity of feed using protozoa. Proceedings Federal center of animal health care. 2007;V:431-442.

11. Natural zeolites of Russia. V. 1. Geology, physico-chemical properties and application in industry and environmental protection: mes. report Rep. meeting. (Conference proceedings). Belitsky IA, Fursenko BA, editors. November 25-27, 1991, Novosibirsk. Novosibirsk, 1992:171 p.

12. Natural zeolites of Russia. T. 2. Biomedical properties and use in agriculture: mes. report Rep. meeting (Conference proceedings). Belitsky IA, Fursenko BA, editors. November 25-27, 1991, Novosibirsk. Novosibirsk, 1992:103 p.

14. Elliot MA, Edwards HM. Comparison of the effects of synthetic and natural zeolite on laying hen and broiler chicken performance. Poult. Sci. 1991;70(10):2115-2130. doi: <https://doi.org/10.3382/ps.0702115>

15. Fisinin VI, Miroshnikov SA, Sizova EA, Ushakov AS, Miroshnikova EP. Metal particles as trace-element sources: current state and future prospects. World's Poultry Science Journal. 2018;74(3): 523-540. doi: <https://doi.org/10.1017/S0043933918000491>

16. Jawahar S, Nafar A, Vasanth K, Musthafa MS, Arockiaraj J, Balasundaram C, Harikrishnan R. Dietary supplementation of Zeolite on growth performance, immunological role, and disease resistance in *Channa striatus* against *Aphanomyces invadans*. Fish & Shellfish Immunology. 2016; 51:161-169. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2016.02.019>

17. Kalashnikov V, Zajcev A, Atroshchenko M, Kalinkova L, Kalashnikova T, Miroshnikov S, Frolov A, Zav'yalov O. The content of essential and toxic elements in the hair of the mane of the trotter horses depending on their speed. *Environmental Science and Pollution Research*. 2018;25(22):21961-21967. doi: <https://doi.org/10.1007/s11356-018-2334-2>
18. Kvan OV, Gavrish IA, Lebedev SV, Korotkova AM, Miroshnikova EP, Serdaeva VA, Bykov AV, Davydova NO. Effect of probiotics on the basis of *Bacillus subtilis* and *Bifidobacterium longum* on the biochemical parameters of the animal organism. *Environmental Science and Pollution Research*. 2018;25(3):2175-2183. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0534-9>
19. Lebedev SV, Gavrish IA, Galaktionova LV, Korotkova AM, Sizova EA. Assessment of the toxicity of silicon nanooxide in relation to various components of the agroecosystem under the conditions of the model experiment. *Environmental Geochemistry and Health*. 2018;41(2):769-782. doi: <https://doi.org/10.1007/s10653-018-0171-3>
20. Miazzi R, Rosa CAR, Carvalho De Queiroz EC, Magnoli C, Chiacchiera SM., Palacio G, Saenz M, Kikot A, Basaldella E, Dalcero A. Efficacy of synthetic zeolite to reduce the toxicity of aflatoxin in broiler chicks. *Poult. Sci.* 2000;79(1):1-6. doi: <https://doi.org/10.1093/ps/79.1.1>
21. Miroshnikov S, Bolodurina I, Arapova O, Parfenov D. Development of an intelligent system of complex diagnostics of human bioelement status. In: Integrating Research Agendas and Devising Joint Challenges. International Multidisciplinary Symposium ICT Research in Russian Federation and Europe; 2018 Oct 15-20; Stavropol-Dombay: North-Caucasian Federal University; 2018. P. 214-221.
22. Papaioannou D, Katsoulos PD, Panousis N, Karatzias H. The role of natural and synthetic zeolites as feed additives on the prevention and/or the treatment of certain farm animal diseases: A review. *Microporous and Mesoporous Materials*. 2005;84(1-3):161-170. doi: <https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2005.05.030>
23. Wu QJ, Zhou YM, Wu YN, Wang T. Intestinal development and function of broiler chickens on diets supplemented with clinoptilolite. *Asian Australas. J. Anim. Sci.* 2013;26(7):987-994. doi: <https://doi.org/10.5713/ajas.2012.12545>

Береговая Наталья Геннадьевна, старший преподаватель, филиал Российского государственного университета нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина» в г. Оренбурге, 460047, г. Оренбург, ул. Юных ленинцев, д. 20, тел.: 8(3532)62-94-21; e-mail: oren@gubkin.pro

Герасименко Вадим Владимирович, доктор биологических наук, профессор кафедры химии, Оренбургский государственный аграрный университет, 460014, г. Оренбург, ул. Челюскинцев, 18, тел./факс: 8(3532)77-52-30; e-mail: rector@orensau.ru

Никулин Владимир Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, декан факультета биотехнологий и природопользования, Оренбургский государственный аграрный университет, 460014, г. Оренбург, ул. Челюскинцев, 18, тел./факс: 8(3532)77-52-30, e-mail: rector@orensau.ru

Бабичева Ирина Андреевна, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой химии, Оренбургский государственный аграрный университет, 460014, г. Оренбург, ул. Челюскинцев, 18, тел./факс: 8(3532)77-52-30, e-mail: rector@orensau.ru

Поступила в редакцию 14 июня 2019 г.; принята после решения редколлегии 17 июня 2019 г.; опубликована 28 июня 2019 г. / Received: 14 June 2019; Accepted: 17 June 2019; Published: 28 June 2019