

УДК 636.084.1:577.17

DOI: 10.33284/2658-3135-103-4-14

**Оценка влияния ультрадисперсных частиц  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  на метаболические процессы в организме телят, выращиваемых на белковых рационах**

*Е.В. Шейда<sup>1,2</sup>, С.В. Лебедев<sup>2</sup>, С.А. Мирошников<sup>2</sup>, В.В. Гречкина<sup>2,3</sup>, В.А. Рязанов<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Оренбургский государственный университет (г. Оренбург)*

<sup>2</sup>*Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (г. Оренбург)*

<sup>3</sup>*Оренбургский государственный аграрный университет (г. Оренбург)*

**Аннотация.** Хром в ультрадисперсной форме, обладая высокой биологической активностью, является активатором обменных процессов в организме. Однако вопросы безопасности использования ультрадисперсных частиц хрома в кормлении животных и воздействия их на метаболические процессы в живом организме до настоящего времени остаются открытыми. Поэтому цель нашего исследования – оценить влияние ультрадисперсных частиц  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  на морфологические и биохимические показатели крови телят, выращиваемых на белковых рационах. Исследования были проведены на бычках породы казахская белоголовая 9-месячного возраста, живой массой 200-220 кг. Животные контрольной группы получали стандартный рацион (СР), животным опытных групп дополнительно включали в рационы белковые компоненты: телятам I и II групп – подсолнечный жмых, а III и IV – соевый шрот.  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  в ультрадисперсной форме ( $d=91\text{nm}$ ) телятам II и IV групп при скармливании белковых рационов вводили ежедневно в дозировке 200 мг/гол./сут плюс 10 % с учётом потерь. На основании полученных в процессе работы результатов отмечено, что при введении в рационы телят ультрадисперсных частиц (УДЧ)  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  наблюдается изменение морфологических и биохимических параметров крови, что выражается в стимуляции белкового обмена в организме – повышением уровня общего белка и альбумина в сыворотке крови. УДЧ оксида хрома принимают активное участие в обмене липидов, уровень холестерина в крови достоверно снижается в опытных группах на 41,6-50,2 %.

**Ключевые слова:** крупный рогатый скот, бычки, кормление, белковый рацион, ультрадисперсные частицы, оксид хрома, кровь, морфологический анализ, биохимический анализ.

UDC 636.084.1:577.17

**Assessment of influence of ultrafine particles of  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  on metabolic processes in the body of calves raised on protein diets**

*Elena V Sheyda<sup>1,2</sup>, Svyatoslav V Lebedev<sup>2</sup>, Sergey A Miroshnikov<sup>2</sup>, Victoria V Grechkina<sup>2,3</sup>, Vitaly A Ryazanov<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Orenburg State University (Orenburg, Russia)*

<sup>2</sup>*Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences (Orenburg, Russia)*

<sup>3</sup>*Orenburg State Agrarian University (Orenburg, Russia)*

**Summary.** Chromium in ultradispersed form, possessing high biological activity, is an activator of metabolic processes in the body. However, the issues of the safety of using ultradispersed chromium particles in animal feeding and their effect on metabolic processes in a living organism are still open. Therefore, the purpose of our study is to assess the effect of ultrafine particles of  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  on the morphological and biochemical parameters of the blood of calves raised on protein diets. The studies were carried out on 9-month Kazakh white-headed bulls with a live weight of 200-220 kg. The animals of the control group received basic diet (BD), protein components were additionally included in the diets of animals of the experimental groups: calves of groups I and II - sunflower cake, and III and IV - soybean meal.  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  in ultrafine form ( $d = 91\text{nm}$ ) was administered to calves of groups II and IV when feeding protein rations daily at a dosage

of 200 mg/bird/day plus 10%, taking losses into account. Based on the results obtained in the course of work, it was noted that when ultrafine particles (UFP) of Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> are introduced into the diets of calves, a change in morphological and biochemical parameters of the blood is observed, it is reflected in the stimulation of protein metabolism in the body - an increase in the level of total protein and albumin in the blood serum. UFPs of chromium oxide take an active part in lipid metabolism, the level of cholesterol in the blood significantly decreases in the experimental groups by 41.6-50.2%.

**Key words:** cattle, bulls, feeding, protein diet, ultrafine particles, chromium oxide, blood, morphological analysis, biochemical analysis.

### **Введение.**

Ультрадисперсные частицы интенсивно используются в различных сферах деятельности человека. Благодаря своим уникальным свойствам и биологической активности они являются перспективными средствами во всех областях сельского хозяйства (Витязь П.А. и Свидуневич Н.А., 2015; Жданюк С.А. и др., 2012; Балабанов В.И., 2009; Третьяков Ю.Д., 2008).

Хром в ультрадисперсной форме является активатором обменных процессов в организме. Он участвует в регуляции деятельности щитовидной железы, способствует стабилизации уровня глюкозы в крови, вызывает расщепление избыточного жира и ускоряет липидный обмен, способствует выведению из организма органических токсинов, солей тяжёлых металлов (Besong S et al., 1996; Borgs P and Mallard BA, 1998; Curran GL, 1954; Schwartz R and Mertz W, 1959; Сыропятова Т.Е., 2003; Mooney KW and Cromwell GL, 1995; Гибалкина Н.И., 1998).

Хром усиливает действие инсулина в чувствительных к инсулину тканях (например, жировой ткани и мышцах), что приводит к повышению продуктивности сельскохозяйственных животных за счёт улучшения потребления корма, скорости роста, качества туши, репродуктивных параметров и иммунных функций (Лебедев С.В. и др., 2018; Sahin K et al., 2001; Shim M et al., 2002; Silbergeld EK et al., 2008).

Некоторыми исследователями показано, что излишнее или регулярное поступление минералов с пищей способно до определённого предела мобилизовать внутренние резервы организма для регуляции метаболических процессов, но через какое-то время неизбежно наступает нарушение их обмена (Кучинский М.П. и Цируль Г.П., 2020; Хантурина Г.Р., 2014).

Поэтому вопросы безопасности использования ультрадисперсных частиц, в частности хрома, в кормлении животных и воздействия УДЧ на метаболические процессы в живом организме до настоящего времени остаются открытыми.

### **Цель исследования.**

Оценить влияние ультрадисперсных частиц Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> на морфологические и биохимические показатели крови телят, выращиваемых на белковых рационах.

**Объект исследования.** Телята казахской белоголовой породы в возрасте 9 месяцев, со средней массой 200-220 кг.

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) и «The Guide for Care and Use of Laboratory Animals (National Academy Press Washington, D.C. 1996)». При выполнении исследований были предприняты меры, чтобы свести к минимуму страдания животных и уменьшения количества исследуемых опытных образцов.

**Схема эксперимента.** Исследования проводились на телятах (n=5) в пяти повторностях с использованием латинского квадрата 4×4 в лаборатории биологических испытаний и экспертиз Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (ФНЦ БСТ РАН).

Животные содержались в клетках ( $S=4 \text{ м}^2$ ) со свободным доступом к воде и корму. В течение экспериментального периода температура окружающей среды поддерживалась между  $+23 \text{ }^\circ\text{C}$  и  $+25 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Подготовительный период, в течение которого животные контрольной и опытных групп находились на экспериментальных рационах, составил 7 дней. Животные контрольной группы получали стандартный рацион (СР), животным I и II групп дополнительно включали в рацион подсолнечный жмых, а III и IV – соевый шрот. Телятам II и IV групп на фоне скармливания белковых рационов ежедневно вводили УДЧ  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  в дозировке 200 мг/гол./сут плюс 10 % с учётом потерь. Учётный период составил 7 суток.

УДЧ  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  ( $d=91 \text{ нм}$ , удельная поверхность –  $9 \text{ м}^2/\text{г}$ , Z-потенциал –  $93\pm 0,53 \text{ мВ}$ ), содержали 99,8 % Cr и получены методом плазмохимического синтеза (ООО «Платина», г. Москва, Россия). Перед включением в рацион наночастицы диспергировали в физиологическом растворе с помощью ультразвукового диспергатора УЗДН-2 (35 кГц, 300 Вт, 10 мкА, 30 мин).

Рационы для животных были сформированы по потребности в питательных веществах и энергии, но отличались по качеству протеина (Калашников А.П. и др., 2003).

Контрольный рацион включал: сено разнотравное (6,5 кг), смесь концентратов (2,3 кг), дикальцийфосфат (35 г), соль поваренная (35 г), дополнительно вводили белковый компонент (подсолнечный и соевый шрот) 3 % от сухого вещества рациона.

В зависимости от качества протеина (подсолнечного жмыха и соевого шрота) рацион кормления отличался на 4 % по содержанию сухого вещества и 3,4 % – клетчатки, по содержанию протеина между опытными группами отмечалась разница в 1,9 % (табл. 1).

Таблица 1. Структура рецепта и показатели качества рациона, кг  
Table 1. The structure of the recipe and indicators of the quality of the diet, kg

Показатели/ <i>Indicators</i>	Подсолнечный жмых/ <i>Sunflower cake</i>	Соевый шрот/ <i>Soybean meal</i>
Сено разнотравное/ <i>Hay</i>	5,840	6,08
Концентраты/ <i>Concentrates</i>	2,14	2,23
Соевый шрот / <i>Soybean meal</i>	-	1,01
Подсолнечный жмых/ <i>Sunflower cake</i>	1,36	-
Патока кормовая/ <i>Molasses feed</i>	0,58	0,6
Премикс ПК-60/ <i>Premix PK-60</i>	0,06	0,06
Соль лизунец/ <i>Salt lick</i>	0,02	0,02
Медь/ <i>Copper</i>	0,015	0,014
Цинк/ <i>Zinc</i>	0,175	0,114
Свинец/ <i>Lead</i>	0,0098	0,009
Кадмий/ <i>Cadmium</i>	0,001	0,001
Кобальт/ <i>Cobalt</i>	0,002	0,002
Железо/ <i>Iron</i>	0,06	0,07
Марганец/ <i>Manganese</i>	0,051	0,052
ОЭ МДж/ <i>OE MJ</i>	42,11	42,15
Сахара/протеиновое отношение/ <i>Sugar/protein ratio</i>	0,55	0,76
Сахар, г/ <i>Sugar, g</i>	300,2	395,1

Забор крови у животных для оценки морфологических и биохимических показателей осуществлялся утром, натощак, на 7 сутки учётного периода из яремной вены в вакуумные пробирки с добавлением антикоагулянта для морфологических исследований, для биохимических показателей – в вакуумные пробирки с активатором свёртывания (тромбин).

Морфологический анализ осуществляли на автоматическом гематологическом анализаторе URIT-2900 VetPlus. Биохимический анализ сыворотки крови – на автоматическом анализаторе CS-T240 с использованием коммерческих наборов для ветеринарии.

Для оценки влияния УДЧ оксида хрома на метаболические процессы в организме телят были просчитаны некоторые коэффициенты и индексы: коэффициент де Ритиса (отношение АСТ/АЛТ), билирубиновый индекс Мейленграхта: отношение прямого/непрямого билирубина в сыворотке крови (Медицинская энциклопедия, 1991-1996).

**Оборудование и технические средства.** Морфологические и биохимические исследования крови проводили на оборудовании лаборатории «Нанотехнологии в сельском хозяйстве» и Испытательного центра ЦКП ФНЦ БСТ РАН (аттестат аккредитации RA.RU.21ПФ59 от 02.12.15). Автоматический гематологический анализатор URIT-2900 VetPlus («URIT Medical Electronic Group Co., Ltd», Китай); автоматический анализатор CS-T240 («DIRUI Industrial Co., Ltd», Китай), коммерческие наборы для ветеринарии (ЗАО «ДИАКОН-ДС», Россия), ультразвуковой диспергатор УЗДН-2 («НПП Академприбор», Россия).

**Статистическая обработка.** Статистический анализ выполняли с помощью офисного программного комплекса «Microsoft Office» с применением программы «Excel» («Microsoft», США) с обработкой данных в «Statistica 10.0» («Stat Soft Inc.», США) с использованием методик ANOVA. Статистическая обработка включала расчёт среднего значения (M) и стандартные ошибки среднего ( $\pm$ SEM). Достоверность различий сравниваемых показателей определяли по t-критерию Стьюдента. Уровень значимой разницы был установлен на  $P \leq 0,05$ .

#### Результаты исследований.

Изменение контрольного рациона на белковые и включение в них УДЧ  $Cr_2O_3$  привело к достоверному повышению уровня лимфоцитов в крови: в I и IV группах – на 29,3 %, во II – на 35,6 % относительно контроля ( $P \leq 0,05$ ) (табл. 2). Процент содержания лимфоцитов в крови животных опытных групп также был выше, чем в контроле.

Таблица 2. Анализ морфологических показателей крови при введении УДЧ  $Cr_2O_3$  в белковые рационы телят ( $n=5$ ,  $M \pm m$ )

Table 2. Analysis of morphological parameters of blood with the introduction of  $Cr_2O_3$  UFPs into protein diets of calves ( $n=5$ ,  $M \pm m$ )

Показатели/ Indicators	Группы/ Groups				
	контроль/ Control	I	II	III	IV
WBC, $10^9/\text{л}$	7,5 $\pm$ 1,3	9,4 $\pm$ 3,3	6,8 $\pm$ 2,2	4,7 $\pm$ 1,8	8,1 $\pm$ 1,6
LYM, %	56,9 $\pm$ 8,9	43,2 $\pm$ 18,1*	66,7 $\pm$ 9,2	49,9 $\pm$ 16,1*	61 $\pm$ 7,8*
MID, %	16,9 $\pm$ 3,1	17,4 $\pm$ 8,9*	17,1 $\pm$ 5,2	24 $\pm$ 8,1*	19,2 $\pm$ 4,3
GRAN, %	39,4 $\pm$ 8,9	39,4 $\pm$ 8,3	16,2 $\pm$ 4,1	26,1 $\pm$ 6,6*	19,8 $\pm$ 5,4
LYM, $10^9/\text{л}$	2,9 $\pm$ 0,8	4,1 $\pm$ 0,8*	4,5 $\pm$ 1,1*	2,3 $\pm$ 1,1*	4,1 $\pm$ 0,9*
MID, $10^9/\text{л}$	1,3 $\pm$ 0,3	1,6 $\pm$ 0,3	1,2 $\pm$ 0,2	1,1 $\pm$ 0,6*	1,6 $\pm$ 0,5
GRAN, $10^9/\text{л}$	1,9 $\pm$ 0,6	3,7 $\pm$ 0,7*	1,1 $\pm$ 0,5	1,3 $\pm$ 0,8*	2,4 $\pm$ 0,4
RBC, $10^{12}/\text{л}$	5,08 $\pm$ 2,9	7,44 $\pm$ 0,3	4,49 $\pm$ 1,2	6,22 $\pm$ 2,9	4,71 $\pm$ 1,1
HGB, г/л	93 $\pm$ 21,1	92,1 $\pm$ 31,3	91 $\pm$ 18,6	74 $\pm$ 31,2	92 $\pm$ 16,8
HCT, %	20,1 $\pm$ 4,3	22,8 $\pm$ 9,3	20,9 $\pm$ 3,1	19,4 $\pm$ 5,2	21,7 $\pm$ 4,9
MCV, fl	41,6 $\pm$ 14,3	29,7 $\pm$ 15,1	44,6 $\pm$ 12,1	31,2 $\pm$ 15,1	46,2 $\pm$ 12,8
MCH, пг	18,3 $\pm$ 5,2	12,3 $\pm$ 5,1	20,2 $\pm$ 4,8	11,8 $\pm$ 4,9	19,5 $\pm$ 3,9
MCHC, г/л	349 $\pm$ 86,9	403 $\pm$ 81,1	435 $\pm$ 69,2	381 $\pm$ 109,1	423 $\pm$ 88,8
RDW_CV, %	19,3 $\pm$ 4,9	21,8 $\pm$ 6,2	19,7 $\pm$ 3,8	21,5 $\pm$ 1,6	18,7 $\pm$ 2,7
RDW_SD, fl	27,3 $\pm$ 6,2	21,4 $\pm$ 7,9	31,2 $\pm$ 3,4	22,4 $\pm$ 7,1	29,9 $\pm$ 5,5
PLT, $10^9/\text{л}$	201 $\pm$ 59,8	1018 $\pm$ 98,1*	272 $\pm$ 63,3*	640 $\pm$ 89,2*	227 $\pm$ 62,4
MPV, fl	9,7 $\pm$ 1,8	11,1 $\pm$ 5,8*	9,2 $\pm$ 2,8	12,1 $\pm$ 5,9*	9,6 $\pm$ 2,2

Примечание: \* –  $P \leq 0,05$  при сравнении контрольной группой

Note: \* –  $P \leq 0.05$  when compared with the control group

Включение в рацион телят белковых компонентов – подсолнечного жмыха и соевого шрота способствовало повышению концентрации эритроцитов в I группе на 31,7 % ( $P \leq 0,05$ ), в III – на 18,3 %, дополнительное введение УДЧ  $Cr_2O_3$  снижало данный показатель на 11,6 % во II группе и на 7,3 % – в IV группе относительно контрольных значений.

Уровень гемоглобина во всех опытных группах, за исключением III группы, относительно данного показателя в контрольной группе практически не изменялся и имел стабильное значение 91-93 г/л.

Введение УДЧ оксида хрома способствовало увеличению среднего объема эритроцитов, среднего содержания и средней концентрации гемоглобина в эритроците.

Замена контрольного рациона на белковые приводило к повышению уровня тромбоцитов и среднего объема тромбоцитов: в I группе – на 80,3 % ( $P \leq 0,05$ ) и 12,6 %, в III – на 68,6 % ( $P \leq 0,05$ ) и 19,8 % соответственно относительно контроля. УДЧ  $Cr_2O_3$  снижали данные параметры крови во II и IV группах, однако относительно контроля уровень тромбоцитов был выше во II группе на 26,1 % ( $P \leq 0,05$ ) и в IV – на 11,5 %.

Анализируя биохимические показатели, интерес вызывает влияние хрома на интенсивность белкового обмена, уровень которого должен обеспечить усиление метаболизма протеинов (табл. 3). В нашем исследовании отмечено повышение уровня общего белка в I группе на 11,3 %, во II – на 54,3 % ( $P \leq 0,05$ ), в III – на 16,2 %, в IV – на 50,1 % ( $P \leq 0,05$ ). Тенденция к увеличению в опытных группах была отмечена и в отношении альбумина.

Таблица 3. Динамика биохимических показателей крови при введении УДЧ  $Cr_2O_3$  в белковые рационы телят ( $n=5$ ,  $M \pm m$ )

Table 3. Dynamics of blood biochemical parameters with the introduction of  $Cr_2O_3$  UFPs into protein diets of calves ( $n=5$ ,  $M \pm m$ )

Показатели/ Indicators	Контроль/ Control	I	II	III	IV
Общий белок, г/л / Total protein, g/l	72,05±3,98	81,2±7,1	157,7±6,1*	86,0±5,9	144,4±8,4*
Альбумин, г/л / Albumin, g/l	29±6,1	30±5,9	38±5,2	33±6,1	35±3,1
Глюкоза, ммоль/л / Glucose, mmol/l	3,41±0,87	4,52±1,3*	4,41±1,3*	5,33±1,6*	5,68±1,4*
Триглицериды, ммоль/л / Triglycerides, mmol/l	0,29±0,07	0,16±0,01*	0,12±0,01*	0,21±0,04	0,15±0,01*
Холестерин, моль/л / Cholesterol, mmol/l	2,67±0,19	1,76±0,2*	1,33±0,21*	2,34±0,93	1,56±0,12*
АЛТ, Ед/л / ALT, U/l	23,8±4,3	33,9±3,9*	27,9±2,7	31,2±3,3*	25,1±2,8
АСТ, Ед/л / AST, U/l	44,2±5,9	59,2±5,4*	112,3±6,4*	68,8±5,8*	95,4±5,7*
Коэффициент де Ритиса (отношение АСТ:АЛТ) / De Ritis coefficient (AST:ALT ratio)	1,85	1,74	4,03*	2,20*	3,8*
Билирубин общий, мкмоль/л / Total bilirubin, $\mu$ mol/l	2,43±0,07*	1,1±0,07*	3,5±0,1*	1,68±0,09	4,2±0,09*
Билирубин прямой, мкмоль/л / Bilirubin Direct, $\mu$ mol/l	1,11±0,13	1,05±0,12	4,28±0,16*	0,94±0,05	1,26±0,09
Билирубиновый индекс / Bilirubin index	0,45	0,95*	1,22*	0,55	0,3*
ЛДГ, Ед/л / LDH, U/l	3049±56,5	2924±54,6	4756±72,6*	2886±70,2	4194±68,2*
$\alpha$ -Амилаза, Ед/л / $\alpha$ -Amylase, U/l	415±23,1	70±3,1*	3027±122,2*	140±63,1	4454±134*
Липаза, Ед/л / Lipase, U/l	17,3±3,4	10,8±3,2*	8±1,2*	2,3±0,1	9,5±0,9*
Мочевина, ммоль/л / Urea, mmol/l	3,2±0,7	2,7±0,75	8,3±1,1*	0,9±0,03*	7,1±1,2*
Креатинин, мкмоль/л / Creatinine, $\mu$ mol/l	74,5±6,3	69,3±6,3	97,2±4,8*	77±5,9	113,1±6,1*
ГГТ, Ед/л / GGT, U/l	18,3±2,6	9±2,3	23±1,8	13±3,6	23±2,1
Мочевая кислота, мкмоль/л / Uric acid, $\mu$ mol/l	15,5±3,2	9,4±2,1*	8±1,1*	19,1±5,2*	15,2±3,4

Примечание: \* –  $P \leq 0,05$  при сравнении контрольной группой

Note: \* –  $P \leq 0.05$  when compared with the control group

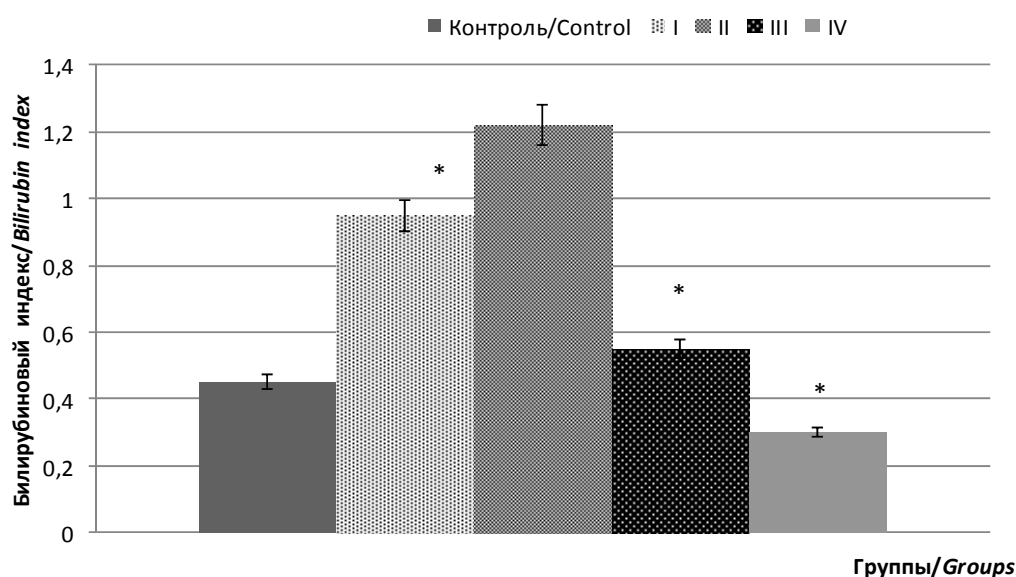
Влияние УДЧ  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  на организм проявляется в установленном гипергликемическом эффекте, выражающемся в повышении уровня глюкозы в I группе на 24,6 %, во II – на 22,7 %, в III – на 36 % и в IV – на 40 % относительно контроля ( $P \leq 0,05$ ).

Введение УДЧ  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  способствовало снижению уровня триглицеридов и холестерина. В сыворотке крови телят опытных групп уровень холестерина снизился на 34 % ( $P \leq 0,05$ ), 50,2 % ( $P \leq 0,05$ ), 12,4 %, 41,6 % ( $P \leq 0,05$ ) соответственно в I, II, III и IV группах относительно контроля. Уровень триглицеридов также достоверно снижался в большей степени в группах, получавших УДЧ, во II группе – на 58 % и в IV – на 48,3 % ( $P \leq 0,05$ ).

УДЧ  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  способствуют достоверному увеличению уровня ЛДГ относительно контроля: во II группе – на 35,9 %, в IV – на 27,3 % ( $P \leq 0,05$ ).

Анализ реакции аминотрансфераз как индикатора токсического воздействия хрома установил увеличение уровня активности ферментов АЛТ и АСТ, а соответственно, и достоверное повышение коэффициента де Ритиса (отношение АСТ/АЛТ) как показателя типа метаболизма у подопытных телят во II, III и IV группах в 2,2 раза, 1,2 раза и 2,1 раза соответственно относительно контроля ( $P \leq 0,05$ ).

Для изучения возможного токсического влияния УДЧ  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  на организм крупного рогатого скота был рассчитан билирубиновый индекс (БИ) крови, который характеризовал выделительную функцию печени и показывал уровень токсичности хрома (рис. 1).



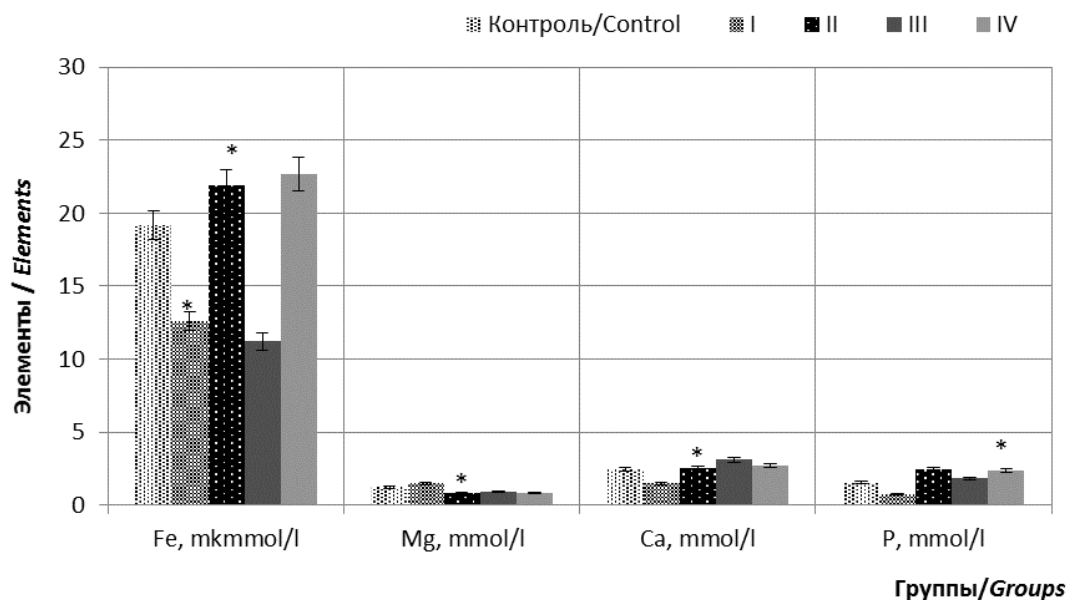
**Рис. 1 – Билирубиновый индекс в сыворотке крови телят при введении УДЧ  $\text{Cr}_2\text{O}_3$**   
**Figure 1 – Bilirubin index in the blood serum of calves with the introduction of  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  UFPs**

Примечание: \* –  $P \leq 0,05$  при сравнении контрольной группой  
 Note: \* –  $P \leq 0,05$  when compared with the control group

Отмечено, в группах, получавших подсолнечный жмых, данный показатель достоверно повышался на 52,6 % в I группе и на 63,1 % – во II группе ( $P \leq 0,05$ ) относительно контроля. В IV группе БИ относительно контроля снижался на 33,3 %.

Своеобразно изменялась картина элементного обмена в сыворотке крови (рис. 2). Так, в I группе, получавшей в качестве белкового компонента подсолнечный жмых, отмечалось снижение уровня железа, кальция и фосфора относительно контроля. При дополнительном включении в данный ра-

цион УДЧ оксида хрома, напротив, уровень Fe, Ca и P повышался. Уровень Mg в I группе оказался выше на 17,6 %, а во II – на 30,3 % ( $P \leq 0,05$ ) ниже, чем в контрольной группе.



**Рис. 2 – Уровень химических элементов в сыворотке крови при введении УДЧ  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  в белковые рационы телят**

**Figure 2 – The level of chemical elements in blood serum with the introduction of  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  UFPs into protein diets of calves**

Примечание: \* –  $P \leq 0,05$  при сравнении контрольной группой

Note: \* –  $P \leq 0.05$  when compared with the control group

В III опытной группе уровень Fe и Mg достоверно снижался на 41,7 % и 27 % ( $P \leq 0,05$ ), а Ca и P повышался на 22 % ( $P \leq 0,05$ ) и 14,9 % относительно контроля.

При включении УДЧ  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  в рацион животных, получавших соевый шрот, зафиксировано увеличение относительно контрольных значений Fe, Ca и P на 15,4 %, 10,3 % и 35,3 % ( $P \leq 0,05$ ) соответственно.

Установлено, что хром оказывает значительное влияние на активность пищеварительных ферментов и регуляцию обменных процессов в желудочно-кишечном тракте в целом. При дополнительном включении УДЧ  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  в белковые рационы телят уровень  $\alpha$ -амилазы в сыворотке крови резко повышается относительно данного показателя в контрольной группе, во II группе – в 7,3 раз, в IV – в 10,7 раз ( $P \leq 0,05$ ). Обратная тенденция отмечена в отношении фермента липазы: во всех опытных группах его уровень был ниже контрольных значений.

#### Обсуждение полученных результатов.

Хром является одним из незаменимых элементов в живом организме, его позитивное воздействие было доказано различными исследованиями, проведёнными в животноводстве (Sands JS and Smith MO, 2002; Sahin K et al., 2003). Являясь модулятором обменных процессов в организме сельскохозяйственных животных, он улучшает биодоступность питательных компонентов корма, способствует росту и развитию молодняка и повышению продуктивности. Хром при добавлении в рационы животных и птицы, благодаря своей сильной антиоксидантной активности, предотвращает перекисное окисление липидов (Anderson RA, 1994; Bagchi D et al., 2002). Он улучшает действие инсулина и метаболизм питательных веществ (липидов, белков, нуклеиновых кислот и углеводов)

за счёт активации специфических ферментов. Результаты исследований по добавлению Cr в рационы с концентрацией 0,05 мг/кг массы тела приводили к повышению эффективности потребления кормов телятами, однако имели более высокие концентрации глюкозы в сыворотке крови и более высокие соотношения инсулина к глюкозе. Добавление в рацион свиней хрома (200 мг/гол.) увеличивало количество нейтрофилов в крови примерно на 37 %. (Bin-Jumah M et al., 2019). Нами установлено, что включение в рационы телят УДЧ Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в дозе 200 мг/гол./сут привело к достоверному повышению уровня лимфоцитов в крови: в I и IV группах – на 29,3 %, во II – на 35,6 % относительно контроля ( $P \leq 0,05$ ) на фоне снижения концентрации эритроцитов на 7,3-11,6 %.

Установлено влияние УДЧ оксида хрома на интенсивность белкового обмена, выражающееся в повышении уровня общего белка и альбумина в сыворотке крови. В нашем исследовании отмечено повышение уровня общего белка на 50,1 % и 54,3 %. Тенденция к повышению отмечена и в отношении альбумина на 17-24 %.

Хром принимает участие в метаболизме глюкозы. Хромодулин – это природный олигопептид, состоящий из глицина, цистеина, аспартата и глутамата (Yamamoto et al., 1987). Хромодулин связывает хромовые ионы в ответ на инсулин опосредованный поток хромовых ионов, и металлонасыщенный олигопептид может связываться с инсулин стимулированным рецептором инсулина, активируя тирозинкиназу рецептора. Таким образом, хромодулин, по-видимому, играет роль в механизме аутоиммунного усиления инсулиновой сигнализации (Vincent JB, 2000). Было отмечено, что добавление хрома повышает клиренс глюкозы из крови растущих голштинских телят (Bunting LD et al., 1994). Установлен гипергликемический эффект влияния УДЧ Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в дозе 1,4 мг/гол./сут, выраженный в увеличении глюкозы на 0,6-10,6 % (Лебедев С.В. и др., 2020). Введение УДЧ Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в дозе 200 мг/гол./сут способствует повышению уровня глюкозы на 24,6 %, 22,7 %, 36 % и 40 % относительно контроля.

Dhiman с коллегами (2007) наблюдали, что добавление пропионата хрома снижает концентрацию холестерина в плазме крови у 6-месячных бычков буйволов. Добавление хрома увеличивало живую массу и приросты, а также снижало уровень холестерина в крови у молодняка коз (Mondal SS et al., 2007). Установлено, что хром увеличивает синтез жира в жировой ткани. Предполагается, что это происходит за счёт связывания хромодулина с рецептором инсулина и увеличения потока глюкозы в адипоцит. Установлено также, что хром влияет на метаболизм холестерина и триглицеридов, хотя механизм его действия не установлен. Дополнительное включение в рационы телят УДЧ Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> способствовало снижению уровня триглицеридов и холестерина. В сыворотке крови телят опытных групп уровень холестерина снизился на 34 %, 50,2 %, 12,4 %, 41,6 % соответственно в I, II, III и IV группах относительно контроля. Уровень триглицеридов также достоверно снижался на 48,3 % и 58 % относительно контроля.

Анализ реакции аминотрансфераз как индикатора токсического воздействия хрома установил увеличение уровня активности ферментов АЛТ и АСТ, а соответственно, и достоверное повышение коэффициента де Ритиса (отношение АСТ/АЛТ) в опытных группах в 2,1-2,2 раза относительно контроля.

### **Вывод.**

Введение в рационы крупного рогатого скота белковых компонентов оказывает влияние на течение обменных процессов в организме, что, несомненно, изменяет морфологические и биохимические показатели крови. Дополнительное включение УДЧ Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> регулирует метаболические процессы в организме, что отражает изученная картина крови. При дополнительном включении в белковые рационы УДЧ Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> установлена стимуляция белкового обмена в организме, что сопровождается повышением уровня общего белка и альбумина в сыворотке крови. Участвуя в метаболизме липидов, УДЧ хрома активизируют расщепление липидов и способствуют снижению уровня холестерина в крови на 41,6-50,2 %, что служит показателем повышения энергетических затрат в организме и тем самым свидетельствует об усилении метаболических процессов в организме.



**Исследования выполнены при поддержке РФФ. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (№ 20-16-00088)**

Литература

1. Балабанов В.И. Нанотехнологии. Наука будущего. М.: Эксмо, 2009. 247 с. [Balabanov VI. Nanotekhnologii. Nauka budushchego. Moscow: Eksmo; 2009:247 p. (*In Russ*)].
2. Витязь П.А., Свидунович Н.А., Куис Д.В. Наноматериаловедение: учеб. пособие. Минск: Вышэйшая школа, 2015. 511 с. [Vityaz' PA, Svidunovich NA, Kuis DV. Nanomaterialovedenie: ucheb. posobie. Minsk: Vysheishaya shkola; 2015:511 p. (*In Russ*)].
3. Влияние наночастиц хрома на активность пищеварительных ферментов и морфологические и биохимические параметры крови телёнка / С.В. Лебедев, О.В. Кван, И.З. Губайдуллина, И.А. Гавриш, В.В. Гречкина, Б. Момчилович, Н.И. Рябов // Животноводство и кормопроизводство. 2018. Т. 101. № 4. С. 136-142. [Lebedev SV, Kvan OV, Gubaidullina IZ, Gavrish IA, Grechkina VV, Momchilovich B, Ryabov NI. Effect of chromium nanoparticles on digestive enzymes activity and morphological and biochemical parameters of calf blood. Animal Husbandry and Fodder Production. 2018;101(4):136-142. (*In Russ*)].
4. Гибалкина Н.И. Потребность бычков в хrome при сенажном типе кормления: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Саранск, 1998. 25 с. [Gibalkina NI. Potrebnost' bychkov v khrome pri senazhnom tipe kormleniya: avtoref. dis. ... kand. s.-kh. nauk. Saransk; 1998:25 p. (*In Russ*)].
5. Жданюк С.А., Ильина З.М., Толочко Н.К. Нанотехнологии в агропромышленном комплексе: монография / под ред. Н.К. Толочко. Минск: БГАТУ, 2012. 172 с. [Zhdanyuk SA, I'ina ZM, Tolochko NK. Nanotekhnologii v agropromyshlennom komplekse: monografiya. pod red. Tolochko NK; Minsk: BGATU; 2012:172 p. (*In Russ*)].
6. Кучинский М.П., Цируль Г.П. Определение острой токсичности препарата «Хромарцин» // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. 2020. № 23-2. С. 207-214. [Kuchinskii MP, Tsirul' GP. Opredelenie ostroi toksichnosti preparata «Khromartsin». Aktual'nye problemy intensivnogo razvitiya zhiivotnovodstva. 2020;23-2:207-214. (*In Russ*)].
7. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: справ. пособие / А.П. Калашников и др. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 2003. 456 с. [Kalashnikov AP et al. Normy i ratsiony kormleniya sel'skokhozyaistvennykh zhiivotnykh: sprav. posobie. 3-e izd., pererab. i dop. Moscow: Agropromizdat; 2003:456 p. (*In Russ*)].
8. Способ приготовления кормовой добавки для молодняка крупного рогатого скота: пат. 2711259 Рос. Федерация / С.В. Лебедев, Е.В. Шейда, И.З. Губайдуллина, И.А. Гавриш, О.В. Кван, И.С. Мирошников, В.А. Рязанов, А.В. Быков, Б.Г. Рогачёв. Заявл. 29.03.19; опубл. 15.01.2020, Бюл. № 2. [Lebedev SV, Sheida EV, Gubaidullina IZ, Gavrish IA, Kvan OV, Miroshnikov IS, Ryazanov VA, Bykov AV, Rogachev BG. Способ приготовления кормовой добавки для молодняка крупного рогатого скота: pat. 2711259 Ros. Federatsiya. Zayavl. 29.03.19; opubl. 15.01.20, Byul. № 2. (*In Russ*)].
9. Сыропятова Т.Е. Оптимизация уровня хрома в рационах молодняка крупного рогатого скота до 6-месячного возраста : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Саранск, 2003. 18 с. [Syropyatova TE. Optimizatsiya urovnya khroma v ratsionakh molodnyaka krupnogo rogatogo skota do 6-mesyachnogo vozrasta: avtoref. dis. ... kand. s.-kh. nauk. Saransk; 2003:18 p. (*In Russ*)].
10. Третьяков Ю.Д. Нанотехнологии. Азбука для всех. М.: Физматлит, 2008. 368 с. [Tret'yakov YuD. Nanotekhnologii. Azbuka dlya vseh. Moscow: Fizmatlit; 2008:368 p. (*In Russ*)].
11. Хантурина Г.Р. Накопление солей хрома в органах крыс при остром отравлении // Успехи современного естествознания. 2014. № 9. С. 64-67. [Khanturina GR. Accumulation of chromium salt in the organs of rats at the acute poisoning. Advances in Current Natural Sciences. 2014;9:64-67. (*In Russ*)].
12. Anderson RA. Stress effects on chromium nutrition of humans and farm animals. In: Lyons P, Jacques KA, editors. Proceedings of Alltech's 10th Annual Symposium, Biotechnology in the Feed Industry. Nottingham University Press, UK, 1994:267-274.

13. Bagchi D, Stohs SJ, Downs BW, Bagchi M, Preuss HG. Cytotoxicity and oxidative mechanisms of different forms of chromium. *Toxicology*. 2002;180(1): 5-22. doi: [https://doi.org/10.1016/S0300-483X\(02\)00378-5](https://doi.org/10.1016/S0300-483X(02)00378-5)
14. Besong S, Jackson JA, Trammel S, Amaral-Phillips D. Effect of supplemental chromium picolinate on liver triglycerides, blood metabolites, milk yield and milk composition in early lactation cows. *J Dairy Sci*. 1996;79(Suppl. 1):197.
15. Bin-Jumah M, El-Hack MEAbd, Abdelnour SA, Hendy YA, Ghanem HA, Alsafy SA, Khafaga AF, Noreldin AE, Shaheen H, Samak D, Momenah MA, Allam AA, AlKahtane AA, Alkahtani S, Abdel-Daim MM, Aleya L. Potential use of chromium to combat thermal stress in animals: A review. *Sci Total Environ*. 2020;707:135996. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.135996
16. Borgs P, Mallard BA. Immune-endocrine interactions in agricultural species: chromium and its effect on health and performance. *Domestic Animal Endocrinol*. 1998;15(5):431-438. doi: [https://doi.org/10.1016/S0739-7240\(98\)00018-6](https://doi.org/10.1016/S0739-7240(98)00018-6)
17. Bunting LD, Fernandez JM, Thompson JrDL, Southern LL. Influence of chromium picolinate on glucose usage and metabolic criteria in growing Holstein calves. *J Anim Sci*. 1994;72(6):1591-1599. doi: <https://doi.org/10.2527/1994.7261591x>
18. Curran GL. Effect of certain transition group elements on hepatic synthesis of cholesterol in the rat. *J Biol Chem*. 1954;210(2):765-770.
19. Dhiman Ashok, Srikant Kulkarni, Rajesh Jindal, Sangha SPS. Proceedings. International tropical animal nutrition conference. 2007. Abstract MV 21:314-315.
20. Mondal SS, Samanta S Haldar, Gosh TK. Proceedings. International tropical animal nutrition conference. 2007. Abstract MV 21: 303.
21. Mooney KW. Effects of dietary chromium picolinate supplementation on growth, carcass characteristics and accretion rates of carcass tissues in growing-finishing swine. *J of Anim Sc*. 1995;73(11):3351-3357. doi: <https://doi.org/10.2527/1995.73113351x>
22. Schwartz K, Mertz W. Chromium (III) and the glucose tolerance factor. *Arch Biochem Biophys*. 1959;85(1):292-295. doi: [https://doi.org/10.1016/0003-9861\(59\)90479-5](https://doi.org/10.1016/0003-9861(59)90479-5)
23. Sahin K, Kucuk O, Sahin N. Effects of dietary chromium picolinate supplementation on performance and plasma concentrations of insulin and corticosterone in laying hens under low ambient temperature. *J Anim Physio. Anim Nutr*. 2001; 85(5-6):142-147. doi: <https://doi.org/10.1046/j.1439-0396.2001.00314.x>
24. Sahin K, Sahin N, Kucuka O. Effects of chromium, and ascorbic acid supplementation on growth, carcass traits, serum metabolites, and antioxidant status of broiler chickens reared at a high ambient temperature (32C°). *Nutr Res*. 2003;23(2):225-238. doi: [https://doi.org/10.1016/S0271-5317\(02\)00513-4](https://doi.org/10.1016/S0271-5317(02)00513-4)
25. Sands JS, Smith MO. Effects of dietary manganese proteinate or chromium picolinate supplementation on plasma insulin, glucagon, glucose and serum lipids in broiler chickens reared under thermoneutral or heat stress conditions. *Int J Poultry Sci*. 2002;1(5):145-149. doi: 10.3923/ijps.2002.145.149
26. Shim M, Kam NWS, Chen RJ, Li Y, Dai H. Functionalization of carbon nanotubes for biocompatibility and biomolecular recognition. *Nano Lett*. 2002; 2(4):285-8. doi: <https://doi.org/10.1021/nl015692j>
27. Silbergeld EK, Graham J, Price LB. Industrial food animal production, antimicrobial resistance, and human health. *Annu Rev Public Health*. 2008;2:151-69. doi: 10.1146/annurev.publhealth.29.020907.090904
28. Vincent JB. The biochemistry of chromium. *J Nutrition*. 2000;130(4):715-718. doi: 10.1093/jn/130.4.715
29. Yamamoto A, Wada O, Ono T. Isolation of a biologically active low-molecular-mass chromium compound from rabbit liver. *Eur J Biochem*. 1987;165(3):627-631. doi: 10.1111/j.1432-1033.1987.tb11486.x

#### References

1. Balabanov VI. Nanotekhnologies. Future Science. Moscow: Eksmo; 2009:247 p.
2. Vityaz PA, Svidunovich NA, Kuis DV. Nanomaterials science: textbook. allowance; Minsk: Higher school; 2015:511 p.

3. Lebedev SV, Kvan OV, Gubaidullina IZ, Gavrish IA, Grechkina VV, Momchilovich B, Ryabov NI. Effect of chromium nanoparticles on digestive enzymes activity and morphological and biochemical parameters of calf blood. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2018;101(4):136-142.
4. Gibalkina NI. The need of bulls for chrome in the haylage type of feeding: author. dis. ... Cand. Agr. sciences. Saransk; 1998:25 p.
- 5. Zhdanyuk SA, Ilyina ZM, Tolochko NK. Nanotechnology in the agro-industrial complex: monograph. under. ed. N.K. Tolochko. Minsk: BGATU;2012:172 p.
6. Kuchinsky MP, Tsirul GP. Determination of acute toxicity of the drug "Chromarcin". *Actual Problems of Intensive Development of Animal Husbandry*. 2020;23-2:207-214.
7. Kalashnikov AP, et al. Standards and diets of farm animals: Ref. book. 3rd ed., rework. and add. Moscow: Agropromizdat; 2003:456 p.
8. Lebedev SV, Sheida EV, Gubaidullina IZ, Gavrish IA, Kvan OV, Miroshnikov IS, Ryazanov VA, Bykov AV, Rogachev BG. Method for preparation of fodder additive for young cattle: pat. 2711259 Russian Federation. *Applied*. 29.03.19; publ. 15.01.2020, *Byul. № 2*.
9. Syropyatova TE. Optimization of chromium levels in the diets of young cattle up to 6 months of age: author. dis. ... Cand. Agr. Sciences. Saransk; 2003:18 p.
10. Tretyakov YuD. Nanotechnology. ABC for everyone. Moscow: Fizmatlit; 2008:368 p.
11. Khanturina GR. Accumulation of chromium salt in the organs of rats at the acute poisoning. *Advances in current natural sciences*. 2014;9:64-67.
12. Anderson RA. Stress effects on chromium nutrition of humans and farm animals. In: Lyons P, Jacques KA, editors. *Proceedings of Alltech's 10th Annual Symposium, Biotechnology in the Feed Industry*. Nottingham University Press, UK, 1994:267-274.
13. Bagchi D, Stohs SJ, Downs BW, Bagchi M, Preuss HG. Cytotoxicity and oxidative mechanisms of different forms of chromium. *Toxicology*. 2002;180(1): 5-22. doi: [https://doi.org/10.1016/S0300-483X\(02\)00378-5](https://doi.org/10.1016/S0300-483X(02)00378-5)
14. Besong S, Jackson JA, Trammel S, Amaral-Phillips D. Effect of supplemental chromium picolinate on liver triglycerides, blood metabolites, milk yield and milk composition in early lactation cows. *J Dairy Sci*. 1996;79(Suppl. 1):197.
15. Bin-Jumah M, El-Hack MEAbd, Abdelnour SA, Hendy YA, Ghanem HA, Alsafy SA, Khafaga AF, Noreldin AE, Shaheen H, Samak D, Momenah MA, Allam AA, AlKahtane AA, Alkahtani S, Abdel-Daim MM, Aleya L. Potential use of chromium to combat thermal stress in animals: A review. *Sci Total Environ*. 2020;707:135996. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.135996
16. Borgs P, Mallard BA. Immune-endocrine interactions in agricultural species: chromium and its effect on health and performance. *Domestic Animal Endocrinol*. 1998;15(5):431-438. doi: [https://doi.org/10.1016/S0739-7240\(98\)00018-6](https://doi.org/10.1016/S0739-7240(98)00018-6)
17. Bunting LD, Fernandez JM, Thompson JrDL, Southern LL. Influence of chromium picolinate on glucose usage and metabolic criteria in growing Holstein calves. *J Anim Sci*. 1994;72(6):1591-1599. doi: <https://doi.org/10.2527/1994.7261591x>
18. Curran GL. Effect of certain transition group elements on hepatic synthesis of cholesterol in the rat. *J Biol Chem*. 1954;210(2):765-770.
19. Dhiman Ashok, Srikant Kulkarni, Rajesh Jindal, Sangha SPS. *Proceedings. International tropical animal nutrition conference*. 2007. Abstract MV 21:314-315.
20. Mondal SS, Samanta S Haldar, Gosh TK. *Proceedings. International tropical animal nutrition conference*. 2007. Abstract MV 21: 303.
21. Mooney KW. Effects of dietary chromium picolinate supplementation on growth, carcass characteristics and accretion rates of carcass tissues in growing-finishing swine. *J of Anim Sc*. 1995;73(11):3351-3357. doi: <https://doi.org/10.2527/1995.73113351x>
22. Schwartz K, Mertz W. Chromium (III) and the glucose tolerance factor. *Arch Biochem Biophys*. 1959;85(1):292-295. doi: [https://doi.org/10.1016/0003-9861\(59\)90479-5](https://doi.org/10.1016/0003-9861(59)90479-5)

23. Sahin K, Kucuk O, Sahin N. Effects of dietary chromium picolinate supplementation on performance and plasma concentrations of insulin and corticosterone in laying hens under low ambient temperature. *J Anim Physiol. Anim Nutr.* 2001; 85(5-6):142-147. doi: <https://doi.org/10.1046/j.1439-0396.2001.00314.x>
24. Sahin K, Sahin N, Kucuka O. Effects of chromium, and ascorbic acid supplementation on growth, carcass traits, serum metabolites, and antioxidant status of broiler chickens reared at a high ambient temperature (32°C). *Nutr Res.* 2003;23(2):225-238. doi: [https://doi.org/10.1016/S0271-5317\(02\)00513-4](https://doi.org/10.1016/S0271-5317(02)00513-4)
25. Sands JS, Smith MO. Effects of dietary manganese proteinate or chromium picolinate supplementation on plasma insulin, glucagon, glucose and serum lipids in broiler chickens reared under thermoneutral or heat stress conditions. *Int J Poultry Sci.* 2002;1(5):145-149. doi: 10.3923/ijps.2002.145.149
26. Shim M, Kam NWS, Chen RJ, Li Y, Dai H. Functionalization of carbon nanotubes for biocompatibility and biomolecular recognition. *Nano Lett.* 2002; 2(4):285-8. doi: <https://doi.org/10.1021/nl015692j>
27. Silbergeld EK, Graham J, Price LB. Industrial food animal production, antimicrobial resistance, and human health. *Annu Rev Public Health.* 2008;2:151-69. doi: 10.1146/annurev.publhealth.29.020907.090904
28. Vincent JB. The biochemistry of chromium. *J Nutrition.* 2000;130(4): 715-718. doi: 10.1093/jn/130.4.715
29. Yamamoto A, Wada O, Ono T. Isolation of a biologically active low-molecular-mass chromium compound from rabbit liver. *Eur J Biochem.* 1987;165(3):627-631. doi: 10.1111/j.1432-1033.1987.tb11486.x

**Шейда Елена Владимировна**, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории биологических испытаний и экспертиз, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29; Оренбургский государственный университет, старший научный сотрудник, экспериментально-биологическая клиника, 460018, г. Оренбург, пр-т Победы 13, тел.: 8-9228-62-64-02, e-mail: [elena-snejjda@mail.ru](mailto:elena-snejjda@mail.ru)

**Лебедев Святослав Валерьевич**, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории биологических испытаний и экспертиз, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8-912-345-87-38, e-mail: [lsv74@list.ru](mailto:lsv74@list.ru)

**Мирошников Сергей Александрович**, доктор биологических наук, член-корреспондент РАН, директор, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8(3532)30-81-70, e-mail: [fncbst@mail.ru](mailto:fncbst@mail.ru)

**Гречкина Виктория Владимировна**, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории биологических испытаний и экспертиз, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29; доцент кафедры незаразных болезней животных Оренбургский государственный аграрный университет», 460000, г. Оренбург, ул. Челюскинцев 18, тел. 8-922-877-14-97, e-mail: [Viktoria1985too@mail.ru](mailto:Viktoria1985too@mail.ru)

**Рязанов Виталий Александрович**, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник отдела кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. С.Г. Леушина, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8(3532)30-81-79, e-mail: [vita7456@yandex.ru](mailto:vita7456@yandex.ru)

Поступила в редакцию 10 ноября 2020 г.; принята после решения редколлегии 14 декабря 2020 г.; опубликована 31 декабря 2020 г. / Received: 10 November 2020; Accepted: 14 December 2020; Published: 31 December 2020