

Изучение токсикологических свойств экспериментального препарата на основе органического хрома и цинка

А. Р. Шарипов¹✉, А. Х. Волков¹, Ш. К. Шакиров², А. Л. Аминова³, Д. Д. Хайруллин¹

¹ Казанский государственный аграрный университет, Казань, Россия

² Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное структурное подразделение Федерального исследовательского центра «Казанский научный центр Российской академии наук», Казань, Россия

³ Опытная станция «Уфимская» – обособленное структурное подразделение Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, с. Чернолесовский, Республика Башкортостан, Россия

✉ E-mail: aydar.sharipov.2001@mail.ru

Аннотация. Хром и цинк являются незаменимыми микроэлементами, участвующими в регуляции обмена веществ, остеогенезе, кроветворении и функционировании иммунной системы. С недостатком потребления хрома и цинка в составе рациона связывают высокую восприимчивость к инфекционным заболеваниям, медленный рост животных, явления токсикоза. Потребность организма в хrome и цинке возрастает при стрессовых состояниях [1], и установлено, что их добавка в рацион кормления животных защищает от потери ряда микроэлементов при стрессах, повышает эффективность действия инсулина [2; 3]. Органические соединения микроэлементов повышают доступность незаменимых нутриентов [4]. **Целью** исследования было комплексное изучение токсикологических свойств экспериментального препарата на основе органических соединений хрома и цинка. Исследование включало определение острой пероральной токсичности на 30 белых мышах, разделенных на 5 групп (контрольная и 4 опытные, получавшие препарат в дозах от 0,53 до 1,93 мл/кг живой массы в течение 14 суток), а также оценку местно-раздражающего действия при аппликации на кожу и слизистую оболочку глаз кроликов. **Методы.** Результаты работы основываются на аналитическом, биометрическом, статистическом методах и собственных исследованиях авторов. **Научная новизна.** Впервые изучена оценка безопасности экспериментального препарата на основе органического хрома и цинка отечественного производства. **Результаты.** Установлено, что препарат не оказывает токсического действия, не вызывает падежа и значимых патологических изменений. По динамике живой массы и гематологическим показателям все группы соответствовали физиологической норме. Препарат отнесен к 4-му классу токсичности (малоопасные вещества). При местном применении выявлены слабое раздражающее действие на кожу (суммарный балл 0,8), полностью регрессировавшее в течение 24 часов, и отсутствие раздражающего действия на слизистую оболочку глаз.

Ключевые слова: острая пероральная токсичность, белые мыши, кролики, органический хром, органический цинк

Для цитирования: Шарипов А. Р., Волков А. Х., Шакиров Ш. К., Аминова А. Л., Хайруллин Д. Д. Изучение токсикологических свойств экспериментального препарата на основе органического хрома и цинка // Аграрный вестник Урала. 2026. Т. 26, № 06. С. 1121–1131. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2026-26-06-1121-1131>.

Дата поступления статьи: 14.11.2025, **дата рецензирования:** 31.03.2026, **дата принятия:** 15.04.2026.

Study of the toxicological properties of an experimental preparation based on organic chromium and zinc

A. R. Sharipov¹✉, A. Kh. Volkov¹, Sh. K. Shakirov², A. L. Aminova³, D. D. Khayrullin¹

¹Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

²Tatar Research Institute of Agriculture – separate structural subdivision of the Federal Research Center “Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences”, Kazan, Russia

³Experimental station “Ufimskaya” – subdivision of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Chernolesovskiy village, Republic of Bashkortostan, Russia

✉E-mail: aydar.sharipov.2001@mail.ru

Abstract. Chromium and zinc are essential trace elements involved in the regulation of metabolism, osteogenesis, hematopoiesis, and immune system function. Insufficient dietary intake of chromium and zinc is associated with increased susceptibility to infectious diseases, slow animal growth, and toxicosis manifestations. The body's demand for chromium and zinc increases during stress conditions [1], and it has been established that their supplementation in animal diets protects against the loss of a number of trace elements during stress and enhances the efficacy of insulin [2; 3]. Organic compounds of trace elements improve the availability of essential nutrients [4]. **The purpose** of this study was a comprehensive investigation of the toxicological properties of an experimental preparation based on organic compounds of chromium and zinc. The study included the determination of acute oral toxicity in 30 white mice divided into 5 groups (control and 4 experimental groups receiving the preparation at doses ranging from 0.53 to 1.93 ml/kg of body weight for 14 days), as well as an assessment of the local irritant effect upon application to the skin and ocular mucous membrane of rabbits. **Methods.** The results are based on analytical, biometric, and statistical methods, as well as the authors' own research. **Scientific novelty** lies in the first-ever safety assessment of a domestically produced experimental preparation based on organic chromium and zinc. **Results.** Our studies established that the preparation has no toxic effects, causing no mortality or significant pathological changes. Based on the dynamics of live weight and hematological parameters, all groups remained within the physiological norm. The preparation was classified as toxicity class 4 (low-hazard substances). Upon topical application, a weak irritant effect on the skin was revealed (total score 0.8), which completely regressed within 24 hours, and no irritant effect on the ocular mucous membrane was observed.

Keywords: acute oral toxicity, white mice, rabbits, organic chromium, organic zinc

For citation: Sharipov A. R., Volkov A. Kh., Shakirov Sh. K., Aminova A. L., Khayrullin D. D. Study of the toxicological properties of an experimental preparation based on organic chromium and zinc. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2026; 26 (06): 1121–1131. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2026-26-06-1121-1131>. (In Russ.)

Date of paper submission: 14.11.2025, **date of review:** 31.03.2026, **date of acceptance:** 15.04.2026.

Постановка проблемы (Introduction)

Одной из главных задач современного агропромышленного комплекса является получение качественной продукции животного происхождения [5; 6]. Это связано с растущими требованиями потребителей к безопасности и питательной ценности продуктов, а также с необходимостью минимизации негативного воздействия на окружающую среду [7; 8]. В условиях интенсивного животноводства достижение этих целей невозможно без применения современных технологий, включая использование биологически активных добавок, способных улучшить метаболические процессы, повысить продуктивность животных и снизить риск заболеваний [9; 10].

Важным аспектом в обеспечении качества продукции животного происхождения является кор-

рекция минерального питания [11]. Эффективность использования питательных веществ рациона и, как следствие, продуктивное здоровье животных в значительной степени определяются обеспеченностью их организма микроэлементами [9; 12]. Хром и цинк являются важными микроэлементами, играющими ключевую роль в метаболических процессах живых организмов [12]. Хром участвует в регуляции углеводного и липидного обмена, а цинк необходим для функционирования иммунной системы, синтеза белков и ДНК [13]. При этом традиционно используемые в кормлении неорганические соединения этих металлов (сульфаты, оксиды) характеризуются относительно низкой биодоступностью, что связано с образованием нерастворимых комплексов в желудочно-кишечном тракте и антагонизмом с другими компонентами корма [14; 15]. В последние

годы внимание исследователей привлекают органические соединения этих металлов, которые обладают повышенной биодоступностью и меньшей токсичностью по сравнению с их неорганическими аналогами [14–16].

Разработка новых отечественных кормовых добавок на основе органических соединений микроэлементов отвечает задаче импортозамещения и является перспективным направлением для повышения конкурентоспособности агропромышленного комплекса [17]. Однако, как и для любого нового вещества, обязательным этапом перед внедрением в практику является комплексная оценка его безопасности [5; 26]. Исследования хронической токсичности и кумулятивного эффекта являются ресурсоемкими и оправданы только после установления безопасности препарата при однократном применении. В связи с этим определение параметров острой токсичности и местнораздражающего действия представляет собой критически важный первый этап доклинических исследований, который позволяет отнести препарат к определенному классу опасности и установить вектор дальнейших, более углубленных изысканий [26].

Хром в форме органических соединений, таких как хелаты с аминокислотами, играет важную роль в регуляции углеводного и липидного обмена. Он усиливает действие инсулина, способствуя улучшению утилизации глюкозы клетками и снижению уровня сахара в крови [17; 18]. Это особенно важно для животных, находящихся на высокоэнергетических рационах, поскольку помогает предотвратить развитие метаболических нарушений, таких как кетоз и ожирение печени [19; 20]. Кроме того, хром участвует в синтезе жирных кислот и холестерина, что положительно влияет на энергетический обмен и продуктивность животных [21; 22].

Цинк, в свою очередь, является кофактором более 300 ферментов, участвующих в процессах синтеза белков, нуклеиновых кислот и клеточного деления [23]. Органические формы цинка, такие как цинк-метионин или цинк-глицинат, обладают высокой биодоступностью и способствуют улучшению иммунного статуса, репродуктивной функции и роста животных [24]. Цинк также играет важную роль в антиоксидантной защите, снижая уровень окислительного стресса, который часто возникает при интенсивном выращивании животных [25].

Цель работы – изучение острой оральной токсичности экспериментального препарата на основе органического хрома и цинка для установления его класса опасности для белых мышей, а также оценка потенциального местнораздражающего действия при нанесении на кожу и слизистые оболочки глаз кроликов.

Методология и методы исследования (Methods)

Экспериментальная часть научной работы проведена в виварии лаборатории ветеринарно-санитарной экспертизы и организации ветеринарного дела Казанского ГАУ.

Для исследования влияния различных доз препарата на метаболизм белых мышей были сформированы группы животных, подобранные по принципу аналогов с учетом пола, породы, возраста и живой массы. Животные выбирались случайным образом, маркировались индивидуальными идентификаторами и содержались в клетках в течение 5 дней до начала введения препарата, чтобы дать им возможность адаптироваться в лабораторных условиях. Экспериментальный препарат на основе органического хрома и цинка был разработан в рамках творческого сотрудничества с опытной станцией «Уфимская» УФИЦ РАН на базе ООО НПП «Урал-ТехПром». На протяжении всего эксперимента для всех групп, включая контрольную, обеспечивались идентичные условия содержания и кормления, что позволило минимизировать влияние внешних факторов на результаты исследования. Для измерения температуры и влажности использовалась метеостанция Mijia Temperature and Humidity Sensor 2. Температура в комнатах подопытных животных была 22 ± 3 °C. Относительная влажность воздуха была как минимум 30 % и не превышала 70 % [26]. Освещение было искусственным с последовательностью: 12 часов – свет, 12 часов – темнота. Исследуемый экспериментальный препарат вводили однократно в различных дозах внутривентриально с помощью металлического питательного зонда марки Flatworld. После введения препарата за животными вели ежедневные наблюдения: изучали поведенческие реакции, регистрировали изменения в живой массе тела на весах «МАССА-К ВК-300», фиксировали клиническую картину, устанавливали время восстановления физиологических функций организма.

Научное исследование проводили согласно ГОСТ 32644-2014 «Методы испытания по воздействию химической продукции на организм человека. Острая пероральная токсичность – метод определения класса острой токсичности». Опыт проводился на молодняке белых мышей в возрасте 2 месяцев, живая масса 19,45–20,24 г. С этой целью было сформировано 5 групп мышей-аналогов по 6 голов в каждой. Первая группа – контрольная – получала основной рацион (ОР), в составе: концентрированные корма (зерносмесь) – 6 г, трава – 4 г, корнеплоды – 3 г, кукуруза – 3 г, хлеб – 3 г, мясокостная мука – 0,8 г, соль – 0,2 г. Вторая опытная группа получала ОР + препарат на основе органического хрома и цинка в объеме 0,53 мл. Третьей опытной группе задавались ОР + 1,00 мл испытуемого препарата. Четвертая опытная группа получала ОР +

1,47 мл препарата. Пятая опытная группа получала ОР + 1,93 мл препарата на живую массу мышат. Испытуемый препарат вводили в течение 14 суток. Животные имели свободный доступ к воде и корму.

Также проводились опыты по оценке раздражающего действия на кожу и слизистые оболочки глаз в соответствии с Методическими указаниями № 2196-80, утвержденными 11 августа 1980 года [29]. Для каждого из опытов были сформированы опытные группы здоровых половозрелых кроликов породы советская шиншилла по 8 особей в каждой.

Оценку раздражающего действия на кожу проводили в соответствии с разделом 1 Методических указаний. За 1–2 дня до эксперимента на симметричных участках спины по обе стороны от позвоночника (правый бок – для аппликации, левый – для контроля) тщательно выбривали шерсть, оставляя полосу шириной 2 см. Площадь участка аппликации составляла 7×8 см (56 см^2). На подготовленный участок неповрежденной кожи наносили испытуемый препарат из расчета 20 мг/см^2 . Для предотвращения слизывания препарата животных фиксировали с помощью специальных воротников. Время экспозиции составляло 4 часа. После окончания экспозиции остатки продукта удаляли теплой водой с мылом. Кожные реакции оценивали по окончании экспозиции, через 1 и 16 часов после аппликации, а также в течение 14 суток наблюдения. Выраженность эритемы оценивали визуально по 5-балльной шкале, величину отека определяли путем измерения толщины кожной складки с помощью толщиномера. Суммарную оценку раздражающего эффекта вычисляли для каждого животного, после чего определяли среднюю оценку для группы.

Оценку раздражающего действия на слизистую оболочку глаз проводили в соответствии с разделом 2 Методических указаний. Испытуемый препарат в количестве 1 капли вносили в конъюнктивальный мешок одного глаза кролика. В конъюнктивальный мешок контрлатерального глаза в качестве контроля вносили 1 каплю дистиллированной воды. После внесения веществ на 1 минуту прижимали слезно-носовой канал у внутреннего угла глаза. Наблюдения за состоянием конъюнктивы, роговицы и радужной оболочки проводили ежедневно в течение 14 суток. Регистрировали появление и выраженность гиперемии, отека слизистой оболочки, инъекцию сосудов склеры и роговицы, а также наличие выделений. Оценку повреждающего действия проводили по балльной системе, предложенной А. Majda и К. Chruscielska (Приложение № 2 Методических указаний), суммируя баллы за гиперемию, отек век и количество выделений. Развитие изъязвлений слизистой оболочки, помутнения роговицы или рубцовых изменений век расценивали как признак резко выраженного раздражающего эффекта.

Статистическую обработку полученных в опыте цифровых данных проводили методом вариационной статистики с помощью программного обеспечения Microsoft Excel для Windows 10. Достоверность разницы полученных результатов определяли по критерию достоверности Стьюдента. Полученные различия в цифровых данных считали статистически значимыми при $p \leq 0,05$.

Результаты (Results)

При проведении испытаний на острую пероральную токсичность в первые 6 часов после введения экспериментального препарата опытным животным отмечались общее угнетение, одышка, состояние возбуждения, связанное со стрессом, вызванным введением зонда и объемом раствора внутрь. Особенно подобное отмечалось у животных контрольной и пятой опытной групп. Клинические признаки интоксикации исчезали через 2–2,5 часа. Также у животных контрольной, II и V опытной группы отмечались отсутствие блеска и взъерошенность шерстного покрова. Через 2 дня исследования шерстный покров мышей данных групп улучшился. Треморы, конвульсии, повышенное слюноотделение у опытных групп замечены не были.

В течение всего эксперимента проводился учет количества потребляемой воды животными. На 15-е сутки контрольная группа израсходовала 140 мл воды, в то время как вторая опытная – на 35 % больше, четвертая опытная группа – на 71 % больше, пятая опытная группа – на 14 % больше. Однако тот же показатель мышей третьей опытной группы был на 29 % ниже.

Увеличение потребления количества воды может способствовать улучшению метаболических процессов, усвоению питательных веществ и улучшению общего состояния здоровья [27; 28].

В ходе опыта была изучена динамика изменения живой массы тела опытных групп животных на 8-е и 15-е сутки после введения препарата (таблица 1, 2).

Данные, представленные в таблице 2, свидетельствуют о том, что прирост живой массы мышей во всех опытных группах на протяжении всего эксперимента, а также на его завершающем этапе превышал аналогичные показатели у мышей контрольной группы. Наиболее высокие показатели прироста живой массы были зафиксированы в четвертой и пятой опытных группах, где прирост составил 2,28 г и 2,42 г соответственно. Это превышает показатели контрольной группы на 109,2 % и 122 %. В то же время молодой II опытной группы продемонстрировал более низкий прирост живой массы, который составил 1,3 г, что лишь на 19 % выше, чем в контрольной группе.

Таким образом, наибольший прирост живой массы за весь период эксперимента, а также в сравнении с контрольной группой был отмечен у мы-

шей пятой опытной группы, получавших экспериментальный препарат в объеме 1,93 мл на единицу живой массы. На 15-е сутки эксперимента в соответствии с принципами гуманного обращения с животными было отобрано по три особи из каждой

группы, которые были подвергнуты умерщвлению для проведения морфологического исследования. При вскрытии животных как опытных, так и контрольных групп видимых патологических изменений выявлено не было.

Таблица 1
Динамика роста живой массы мышей за периоды, г

Группа (n = 6)	Показатели		
	Живая масса, г	Абсолютный прирост живой массы, г	Среднесуточный прирост, г
На 1-й день исследования			
I (контрольная)	19,65 ±0,42	—	—
II опытная	19,60 ±0,28*	—	—
III опытная	19,82 ±0,56**	—	—
IV опытная	19,83 ±0,55**	—	—
V опытная	19,41 ±0,30***	—	—
На 8-й день исследования			
I (контрольная)	20,17 ±0,52	0,53	0,08
II опытная	20,22 ±0,52*	0,62	0,08
III опытная	20,69 ±0,26***	0,87	0,12
IV опытная	21,07 ±0,27*	1,23	0,18
V опытная	20,83 ±0,26***	1,43	0,20
На 15-й день исследования			
I (контрольная)	20,73 ±0,32	0,56	0,08
II опытная	20,90 ±0,23***	0,68	0,10
III опытная	21,52 ±0,20***	0,83	0,12
IV опытная	22,12 ±0,83***	1,05	0,15
V опытная	21,82 ±0,20***	0,99	0,14

Примечание. * $P \leq 0,5$; ** $P \leq 0,05$; *** $P \leq 0,001$.

Table 1
Dynamics of growth of live weight of mice for periods, g

Group (n = 6)	Indicators		
	Body weight, g	Absolute gain in body weight, g	Average daily gain, g
On the 1st day of the study			
I (control)	19.65 ±0.42	—	—
II experimental	19.60 ±0.28*	—	—
III experimental	19.82 ±0.56**	—	—
IV experimental	19.83 ±0.55**	—	—
V experimental	19.41 ±0.30***	—	—
On the 8th day of the study			
I (control)	20.17 ±0.52	0.53	0.08
II experimental	20.22 ±0.52*	0.62	0.08
III experimental	20.69 ±0.26***	0.87	0.12
IV experimental	21.07 ±0.27*	1.23	0.18
V experimental	20.83 ±0.26***	1.43	0.20
On the 15th day of the study			
I (control)	20.73 ±0.32	0.56	0.08
II experimental	20.90 ±0.23***	0.68	0.10
III experimental	21.52 ±0.20***	0.83	0.12
IV experimental	22.12 ±0.83***	1.05	0.15
V experimental	21.82 ±0.20***	0.99	0.14

Note. * $P \leq 0,5$; ** $P \leq 0,05$; *** $P \leq 0,001$.

Таблица 2
Динамика роста живой массы мышей за весь опытный период, г

Группа (n = 6)	Абсолютный прирост живой массы, г	Среднесуточный прирост	
		г	в % к контролю
I (контрольная)	1,09	0,07	100,0
II опытная	1,30	0,08	119,3
III опытная	1,70	0,11	156,0
IV опытная	2,28	0,15	209,2
V опытная	2,42	0,16	222,0

Table 2
Dynamics of growth of live weight of mice for the entire experimental period, g

Group (n = 6)	Absolute gain in body weight, g	Average daily gain	
		g	in percent of the control
I (control)	1.09	0.07	100.0
II experimental	1.30	0.08	119.3
III experimental	1.70	0.11	156.0
IV experimental	2.28	0.15	209.2
V experimental	2.42	0.16	222.0

Таблица 3
Динамика кожных реакций у кроликов после аппликации препарата

Показатель	1 час после аппликации	16 часов после аппликации	24 часа после аппликации	48 часов после аппликации
Эритема (баллы)	0,80 ±0,20	0,40 ±0,10	0,00	0,00
Отек (баллы)	0,00	0,00	0,00	0,00
Суммарный балл	0,80	0,40	0,00	0,00

Table 3
Dynamics of skin reactions in rabbits after application of preparation

Indicators	1 hour after application	16 hours after application	24 hours after application	48 hours after application
Erythema (points)	0.80 ±0.20	0.40 ±0.10	0.00	0.00
Edema (points)	0.00	0.00	0.00	0.00
Total score	0.80	0.40	0.00	0.00

Таблица 4
Динамика изменений слизистой оболочки глаз у кроликов после аппликации препарата

Показатель	1 час после аппликации	24 часа после аппликации	48 часов после аппликации
Гиперемия конъюнктивы (баллы)	0,30 ±0,10	0,10 ±0,10	0,00
Отек век (баллы)	0,00	0,00	0,00
Выделения (баллы)	0,00	0,00	0,00
Суммарный балл	0,30	0,10	0,00

Table 4
Dynamics of changes in the ocular mucous membrane of rabbits after application of preparation

Indicators	1 hour after application	24 hours after application	48 hours after application
Conjunctival hyperemia (points)	0.30 ±0.10	0.10 ±0.10	0.00
Eyelid edema (points)	0.00	0.00	0.00
Discharge (points)	0.00	0.00	0.00
Total score	0.30	0.10	0.00

Также в момент проведения эвтаназии у животных был осуществлен забор крови с использованием вакуумных систем (вакутейнеров) марки Lumi Med, содержащих антикоагулянт, для последующего гематологического анализа. Полученные образцы крови были исследованы на основные показатели, такие как количество эритроцитов, лейкоцитов, уровень гемоглобина, гематокрит, а также лейкоцитарная формула. Результаты анализа показали, что значимых отклонений от физиологической нормы у животных всех групп, включая контрольную, выявлено не было. Все показатели находились в пределах референсных значений, что свидетельствует об отсутствии негативного влияния экспериментального препарата на систему кроветворения и общее состояние организма животных.

При оценке местного раздражающего действия препарата на кожу кроликов в соответствии с Методическими указаниями № 2196-80 было установлено, что через 1 час после удаления препарата наблюдалась слабая эритема (розовый фон) у 5 из 8 животных. Средний балл эритемы составил 0,8. Отек кожи отсутствовал у всех животных (0 баллов). Через 16 часов слабая эритема сохранялась у трех животных со средним баллом 0,4, отек по-прежнему отсутствовал. К 24 часам кожные реакции полностью регрессировали у всех животных. В последующие дни наблюдения (2–14-е сутки) патологических изменений кожи не отмечалось.

Согласно классификации, приведенной в Методических указаниях № 2196-80, при суммарном балле раздражения 0,2–2,0 вещество относится к I классу – «слабораздражающее действие». Максимальный суммарный балл в нашем исследовании составил 0,8, что позволяет классифицировать препарат на основе органического хрома и цинка как вещество со слабым раздражающим действием на кожу. Все наблюдаемые эффекты были полностью обратимы в течение 24 часов.

При исследовании действия препарата на слизистую оболочку глаз кроликов в течение 14 суток было отмечено, что через 1 час после аппликации у 2 из 8 животных наблюдалась слабая гиперемия конъюнктивы (1 балл по шкале А. Majda и К. Chruscielska). Средний балл гиперемии составил 0,3. Через 24 часа слабая гиперемия сохранялась у 1 животного (средний балл – 0,1). К 48 часам все изменения полностью регрессировали. Отека век, помутнения роговицы, изъязвлений и других патологических изменений не наблюдалось ни в один из сроков наблюдения. В контрольной группе (глаза, обработанные дистиллированной водой) изменения отсутствовали на всех этапах исследования.

Максимальный суммарный балл составил 0,3, что значительно ниже порога, свидетельствующего о раздражающем действии. Согласно Методическим указаниям № 2196-80, препарат на основе органического хрома и цинка не оказывает раздражающего действия на слизистую оболочку глаз. Отсутствие помутнения роговицы, изъязвлений и рубцовых изменений в течение всего периода наблюдения подтверждает безопасность препарата при случайном попадании на слизистую оболочку глаз.

Таким образом, комплексные исследования на кроликах показали, что препарат на основе органического хрома и цинка обладает слабым раздражающим действием на кожу и не оказывает раздражающего действия на слизистую оболочку глаз. Все наблюдаемые реакции были полностью обратимы в короткие сроки, что свидетельствует о хорошей переносимости и безопасности препарата при наружном применении.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

На основании проведенных исследований и в соответствии с требованиями ГОСТ 32644-2014 можно заключить, что экспериментальный препарат на основе органического хрома и цинка не оказывает токсического воздействия на организм испытуемых животных и демонстрирует высокий профиль безопасности. Отсутствие патологических изменений при морфологическом исследовании, а также показатели гематологического анализа подтверждают безопасность его применения. Таким образом, препарат может быть классифицирован как вещество IV класса токсичности, что соответствует категории малоопасных соединений, что определяет потенциал для возможности дальнейшего изучения с целью применения в качестве биологически активной добавки в животноводстве [26].

Результаты исследований на кроликах демонстрируют, что препарат обладает слабым раздражающим действием на кожу и не оказывает раздражающего действия на слизистую оболочку глаз. Все наблюдаемые реакции были полностью обратимы в течение 24–48 часов, что соответствует требованиям безопасности для средств, применяемых в животноводстве. Полученные данные позволяют рекомендовать препарат на основе органического хрома и цинка для дальнейшего изучения в качестве перспективной кормовой добавки в рационах сельскохозяйственных животных, что открывает возможности для его широкого практического применения [29].

Библиографический список

1. Шакиров Ш. К., Сафина Н. Ю., Аминова А. Л., Мустафин И. Г., Шириев В. М. Последствия влияния теплового стресса в кормопроизводстве и животноводстве и пути их решения // Животноводство и кормопроизводство. 2025. Т. 108, №1. С. 96–114. DOI: 10.33284/2658-3135-108-1-96.

2. Карпач О. Е. Тепловой стресс у коров: причины и профилактика // Наше сельское хозяйство. 2023. № 14 (310). С. 4–12.
3. Карпач О. Е. Причины и профилактика теплового стресса у коров // Наше сельское хозяйство. 2024. № 10 (330). С. 54–58.
4. Куделич В. Тепловой стресс и воспроизводство молочного скота: стратегия смягчения // Белорусское сельское хозяйство. 2024. № 5 (265). С. 32–35.
5. Ячина Е. С., Гирфанов А. И. Исследование острой пероральной токсичности препарата «ЦПВ-Ялвет» // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2024. Т. 257, № 1. С. 293–296. DOI: 10.31588/2413_4201_1883_1_257_293.
6. Кузьминова Е. В., Семененко М. П., Абрамов А. А., Рудь Н. А., Рудь Е. Н. Проблема теплового стресса в молочном животноводстве // Ветеринария Кубани. 2020. № 3. С. 10–11. DOI: 10.33861/2071-8020-2020-3-10-11.
7. Кузьминова Е. В., Рудь Е. Н., Семененко М. П., Черных О. Ю., Осепчук Д. В., Абрамов А. А., Семененко К. А. Фармакоррекция теплового стресса у молочного скота. Краснодар: Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии, 2022. 47 с. DOI: 10.48612/monograph-2022-4.
8. Guzmán-Luna P., Mauricio-Iglesias M., Flysjö A., Hospido A. Analysing the interaction between the dairy sector and climate change from a life cycle perspective: a review // Trends in Food Science & Technology. 2021. Vol. 126. DOI: 10.1016/j.tifs.2021.09.001.
9. Suttle N. F. Mineral Nutrition of Livestock. Wallingford, Oxfordshire: CAB International, 2022. 609 p.
10. Хайруллин Д. Д., Шакиров Ш. К., Папуниди Э. К., Крупин Е. О. Научно-практические аспекты коррекции витаминно-минерального питания жвачных животных. Казань: Казанская государственная академия ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана, 2020. 172 с.
11. Дежаткина С., Шаронина Н., Зялалов Ш. Диатомит – источник легкодоступного кремния // Животноводство России. 2021. № 2. С. 41–42. DOI: 10.25701/ZZR.2020.33.23.019.
12. Нуржанов Б. С., Логачев К. Г., Дускаев Г. К. Эффективность комбикормов с скорректированной минеральной питательностью по различным нормативам NRC и NASEM на молочную продуктивность коров // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 4. С. 169–176. DOI: 10.33284/2658-3135-107-4-169.
13. Vincent J. B. Chromium: is it essential, pharmacologically relevant, or toxic? // Interrelations between essential metal ions and human diseases. 2013. Pp. 171–198. DOI: 10.1007/978-94-007-7500-8_6.
14. Фабер В., Акмалиев Т., Гусева О. Минеральное питание жвачных // Животноводство России. 2020. № 5. С. 30–33.
15. Фабер В., Акмалиев Т., Гусева О. Хром для крупного рогатого скота // Молочное и мясное скотоводство. 2020. № 4. С. 42–45.
16. Wong A., Tian X., Yang Y., Gehring Ch. Identification of potential nitric oxide-sensing proteins using the H-NOX motif // Molecular Plant. 2021. Vol. 14, No. 2. Pp. 195–197. DOI: 10.1016/j.molp.2020.11.015.
17. Харламов А. В., Фролов А. Н., Ильин В. В. Влияние кормовых добавок, содержащих Zn и Se органической формы, на продуктивные и гематологические показатели бычков черно-пестрой породы при заключительном откорме // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 3. С. 79–88. DOI: 10.33284/2658-3135-107-3-79.
18. Vincent J. B. The biochemistry of chromium // The Journal of Nutrition. 2000. Vol. 130, No. 4. Pp. 715–718.
19. Ku M. J., Mamuad L., Nam K. Ch., et al. The effects of total mixed ration feeding with high roughage content on growth performance, carcass characteristics, and meat quality of Hanwoo steers // Food Science of Animal Resources. 2021. Vol. 41, No. 1. Pp. 45–58. DOI: 10.5851/kosfa.2020.e73.
20. Шошина О. В. Оценка элементного и биохимического состава сыворотки крови при включении в рацион бычков казахской белоголовой породы пиколината хрома // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 1. С. 31–41. DOI: 10.33284/2658-3135-107-1-31.
21. Моисейкина Т. Г., Бутов С. А., Попов А. Е. Кормовые добавки для сельскохозяйственных животных: важность, виды и расчет потребности // Молодежный вектор развития аграрной науки: материалы 76-й национальной научно-практической конференции студентов и магистрантов. Воронеж, 2025. С. 213–215.
22. Cintari L., Sukraniti D. P. Implementation of transtheoretical model nutrition education and chromium picolinate supplementation on improved dietary adherence behavior, chromium consumption pattern and blood glucose level diabetes mellitus patients // Jurnal Nutrisia. 2022. Vol. 24, No. 1. Pp. 29–39. DOI: 10.29238/jnutri.v24i1.252.
23. Roy A., Sarkar B., Celik C., et al. Can concomitant use of zinc and curcumin with other immunity-boosting nutraceuticals be the arsenal against COVID-19? // Phytotherapy Research. 2020. Vol. 34, No. 10. Pp. 2425–2428. DOI: 10.1002/ptr.6766.

24. Vasil' M. Comparison of the effectiveness of selenium and vitamin E supplementation on the health of the mammary gland of sheep // *Acta Fytotechnica et Zootechnica*. 2021. Vol. 24. Monothematic issue. Pp. 75–79. DOI: 10.15414/afz.2021.24.mi-prap.75-79.

25. Zhang H., Guan W., Li L., et al. Dietary carbon loaded with nano-ZnO alters the gut microbiota community to mediate bile acid metabolism and potentiate intestinal immune function in fattening beef cattle // *BMC Veterinary Research*. 2022. Vol. 18, No. 1. DOI: 10.1186/s12917-022-03483-2.

26. ГОСТ 32644-2014. Методы испытания по воздействию химической продукции на организм человека. Острая пероральная токсичность - метод определения класса острой токсичности. Введ. 2015-01-01. Москва: Стандартинформ, 2014. 12 с.

27. Effect of crude glycerol supplementation via drinking water on lambs performance, SOME blood haematology, and biochemical metabolites // *Zanco Journal of Pure and Applied Sciences*. 2022. Vol. 34, No. 1. DOI: 10.21271/zjpas.34.1.11.

28. Горшенина К. А. Влияние кормовой добавки «Мультиомицин 1 %» на росто-весовые показатели и на качество мяса бычков // *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана*. 2024. Т. 259, № 3. С. 25–29.

29. Методические указания к постановке исследований по изучению раздражающих свойств и обособлению предельно допустимых концентраций избирательно действующих раздражающих веществ в воздухе рабочей зоны (утв. заместителем Главного государственного санитарного врача СССР 11 августа 1980 г. № 2196-80). Москва: Министерство здравоохранения СССР, 1980. 44 с.

Об авторах:

Айдар Радифович Шарипов, аспирант, Казанский государственный аграрный университет, Казань, Россия, ORCID 0009-0006-5022-4004, AuthorID 1262327. *E-mail: aydar.sharipov.2001@mail.ru*

Али Харисович Волков, доктор ветеринарных наук, профессор, Казанский государственный аграрный университет, Казань, Россия, ORCID 0000-0002-2366-8957, AuthorID 289948. *E-mail: ali.volkov.52@mail.ru*

Шамиль Касымович Шакиров, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник, Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное структурное подразделение Федерального исследовательского центра «Казанский научный центр Российской академии наук», Казань, Россия, ORCID 0000-0002-3362-0463, AuthorID 476775. *E-mail: intechkorm@mail.ru*

Альбина Ленаровна Аминова, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, Опытная станция «Уфимская» – обособленное структурное подразделение Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, с. Чернолесовский, Республика Башкортостан, Россия, ORCID 0000-0003-2738-4692, AuthorID 829970. *E-mail: albina_ufa@list.ru*

Дамир Даниялович Хайруллин, доктор ветеринарных наук, доцент, Казанский государственный аграрный университет, Казань, Россия, ORCID 0000-0003-1426-7454, AuthorID 768959. *E-mail: ddhairullin@yandex.ru*

References

1. Shakirov Sh. K., Safina N. Yu., Aminova A. L., Mustafin I. G., Shiriev V. M. Consequences of the heat stress in forage production and animal husbandry and ways to solve them. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2025; 108 (1): 96–114. DOI: 10.33284/2658-3135-108-1-96.

2. Karpach O. E. Heat stress in cows: causes and prevention. *Nashe Sel'skoe Khozyaystvo*. 2023; 14 (310): 4–12. (In Russ.)

3. Karpach O. E. Causes and prevention of heat stress in cows. *Nashe Sel'skoe Khozyaystvo*. 2024; 10 (330): 54–58. (In Russ.)

4. Kudelich V. Heat stress and dairy cattle reproduction: mitigation strategy. *Belorusskoe Sel'skoe Khozyaystvo*. 2024; 5 (265): 32–35. (In Russ.)

5. Yachina E. S., Girfanov A. I. Investigation of acute oral toxicity of the drug “CPV-Yalvet”. *Scientific Notes of the Kazan Academy of Veterinary Medicine named after N. E. Bauman*. 2024; 257 (1): 293–296. DOI: 10.3158/8/2413_4201_1883_1_257_293. (In Russ.)

6. Kuz'minova E. V., Semenenko M. P., Abramov A. A., Rud' N. A., Rud' E.N. Heat stress problem in dairy farming. *Veterinaria Kubani*. 2020; 3: 10–11. DOI: 10.33861/2071-8020-2020-3-10-11. (In Russ.)

7. Kuz'minova E. V., Rud' E. N., Semenenko M. P., Chernykh O. Yu., Osepchuk D. V., Abramov A. A., Semenenko K. A. *Pharmacocorrection of heat stress in dairy cattle*. Krasnodar: Krasnodarskii Nauchnyi Tsentr po Zootekhnii i Veterinariii, 2022. 47 p. DOI: 10.48612/monograph-2022-4. (In Russ.)

8. Guzmán-Luna P., Mauricio-Iglesias M., Flysjö A., Hospido A. Analysing the interaction between the dairy sector and climate change from a life cycle perspective: a review. *Trends in Food Science & Technology*. 2021; 126. DOI: 10.1016/j.tifs.2021.09.001.
9. Suttle N. F. *Mineral nutrition of livestock*. Wallingford, Oxfordshire: CAB International, 2022. 609 p.
10. Khayrullin D. D., Shakirov Sh. K., Papunidi E. K., Krupin E. O. *Scientific and practical aspects of correction of vitamin and mineral nutrition of ruminants*. Kazan: Kazanskaya Gosudarstvennaya Akademiya Veterinarnoi Meditsiny im. N. E. Bauman, 2020. 172 p. (In Russ.)
11. Dezhatkina S., Sharonina N., Zyalalov Sh. Diatomite – a source of readily available silicon. *Animal Husbandry of Russia*. 2021; 2: 41–42. DOI: 10.25701/ZZR.2020.33.23.019. (In Russ.)
12. Nurzhanov B. S., Logachev K. G., Duskaev G. K. Efficiency of using compound feeds with adjusted mineral nutrition according to various NRC and NASEM standards on milk productivity of cows. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2024; 107 (4): 169–176. DOI: 10.33284/2658-3135-107-4-169. (In Russ.)
13. Vincent J. B. Chromium: is it essential, pharmacologically relevant, or toxic? In: *Interrelations between essential metal ions and human diseases*. 2013. Pp. 171–198. DOI: 10.1007/978-94-007-7500-8_6.
14. Faber V., Akmaliev T., Guseva O. Mineral nutrition of ruminants. *Animal Husbandry of Russia*. 2020; 5: 30–33. (In Russ.)
15. Faber V., Akmaliev T., Guseva O. Chromium for cattle. *Dairy and Beef Cattle Farming* 2020; 4: 42–45. (In Russ.)
16. Wong A., Tian X., Yang Y., Gehring Ch. Identification of potential nitric oxide-sensing proteins using the H-NOX motif. *Molecular Plant*. 2021; 14 (2): 195–197. DOI: 10.1016/j.molp.2020.11.015.
17. Kharlamov A. V., Frolov A. N., Il'in V. V. The influence of feed additives containing organic Zn and Se on productive and hematological parameters of Black Spotted bulls on final fattening. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2024; 107 (3): 79–88. DOI: 10.33284/2658-3135-107-3-79. (In Russ.)
18. Vincent J. B. The biochemistry of chromium. *The Journal of Nutrition*. 2000; 130 (4): 715–718.
19. Ku M. J., Mamuad L., Nam K. Ch., Lee S. S., Cho S. B., Kim S. H., Kim E. T., Jeong C. D., Lee S. S. The effects of total mixed ration feeding with high roughage content on growth performance, carcass characteristics, and meat quality of Hanwoo steers. *Food Science of Animal Resources*. 2021; 41 (1): 45–58. DOI: 10.5851/kosfa.2020.e73.
20. Shoshina O. V. Assessment of the elemental and biochemical composition of blood serum after inclusion of chromium picolinate in Kazakh White-Headed bulls' diet. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2024; 107 (1): 31–41. DOI: 10.33284/2658-3135-107-1-31. (In Russ.)
21. Moiseykina T. G., Butov S. A., Popov A. E. Feed additives for farm animals: importance, types and calculation of demand. *Youth vector of agrarian science development: materials of the 76th national (all-Russian) scientific and practical conference of students and undergraduates*. Voronezh, 2025. Pp. 213–215. (In Russ.)
22. Cintari L., Sukraniti D. P. Implementation of transtheoretical model nutrition education and chromium picolinate supplementation on improved dietary adherence behavior, chromium consumption pattern and blood glucose level diabetes mellitus patients. *Jurnal Nutrisia*. 2022; 24 (1): 29–39. DOI: 10.29238/jnutri.v24i1.252.
23. Roy A., Sarkar B., Celik C., Jaisankar P., Singh P.P., Zhang Y., Goh B. H., Bishayee A., Kunnumakara A. B. Can concomitant use of zinc and curcumin with other immunity-boosting nutraceuticals be the arsenal against COVID-19? *Phytotherapy Research*. 2020; 34 (10): 2425–2428. DOI: 10.1002/ptr.6766.
24. Vasil' M. Comparison of the effectiveness of selenium and vitamin E supplementation on the health of the mammary gland of sheep. *Acta Fytotechnica et Zootechnica*. 2021; 24: 75–79. DOI: 10.15414/afz.2021.24.mi-prap.75-79.
25. Zhang H., Guan W., Li L., Yang L., Wang D., Zhao F., Chen Y., Zhang Y. Dietary carbon loaded with nano-ZnO alters the gut microbiota community to mediate bile acid metabolism and potentiate intestinal immune function in fattening beef cattle. *BMC Veterinary Research*. 2022; 18 (1). DOI: 10.1186/s12917-022-03483-2.
26. GOST 32644-2014. *Methods of testing the impact of chemical products on the human body. Acute oral toxicity – method for determining the acute toxicity class. Introduced 2015-01-01*. Moscow: Standartinform, 2014. 12 p. (In Russ.)
27. Qoja A., Hussein A. A. Effect of crude glycerol supplementation via drinking water on lambs performance, SOME blood haematology, and biochemical metabolites. *Zanco Journal of Pure and Applied Sciences*. 2022; 34 (1). DOI: 10.21271/zjpas.34.1.11.
28. Gorshenina K. A. The effect of the feed additive “MULTIOMYCIN 1 %” on height and weight indicators and on the quality of bull meat. *Scientific Notes of the Kazan Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman*. 2024; 259 (3): 25–29. (In Russ.)
29. *Methodical instructions for conducting research on the study of irritating properties and justification of maximum permissible concentrations of selectively acting irritating substances in the air of the working area (ap-*

proved by the Deputy Chief State Sanitary Doctor of the USSR on August 11, 1980 No. 2196-80). Moscow, 1980. 44 p. (In Russ.)

Authors' information:

Aydar R. Sharipov, postgraduate, Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia;
ORCID 0009-0006-5022-4004, AuthorID 1262327. *E-mail: aydar.sharipov.2001@mail.ru*

Ali Kh. Volkov, doctor of veterinary sciences, professor, Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia;
ORCID 0000-0002-2366-8957, AuthorID 289948. *E-mail: ali.volkov.52@mail.ru*

Shamil K. Shakirov, doctor of agricultural sciences, professor, chief researcher, Tatar Research Institute of Agriculture – separate structural subdivision of the Federal Research Center “Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences”, Kazan, Russia; ORCID 0000-0002-3362-0463, AuthorID 476775.

E-mail: intechkorm@mail.ru

Albina L. Aminova, doctor of biological sciences, chief researcher, Experimental station “Ufinskaya” – subdivision of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Chernolesovskiy village, Republic of Bashkortostan, Russia; ORCID 0000-0003-2738-4692, AuthorID 829970. *E-mail: albina_ufa@list.ru*

Damir D. Khayrullin, doctor of veterinary sciences, associate professor, Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N. E. Bauman, Kazan, Russia; ORCID 0000-0003-1426-7454, AuthorID 768959.

E-mail: ddhairullin@yandex.ru