

О. Н. Арутюнян, С. Ю. Зайцев, О. А. Воронина

## Основные показатели крови баранов при введении в рацион комплекса хрома с глутаминовой кислотой

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста»

### Рекомендации для цитирования:

Арутюнян О. Н. Основные показатели крови баранов при введении в рацион комплекса хрома с глутаминовой кислотой / О. Н. Арутюнян, С. Ю. Зайцев, О. А. Воронина // Генетика и разведение животных. – 2025. – № 2. – С. 61–66. <https://doi.org/10.31043/2410-2733-2025-2-61-66>

### For citation:

Arutyunyan O., Zaitsev S., Voronina O. The main blood parameters of sheep when a chromium-glutamic acid complex is introduced into the diet. 2025;(2):61–66. (In Russ.) <https://doi.org/10.31043/2410-2733-2025-2-61-66>

Поступила в редакцию: 05.05.2025;  
Received: 05.05.2025.

© Arutyunyan O., Zaitsev S., Voronina O., 2025

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



### Конфликт интересов:

авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Conflict of interest:

the authors declare that they have no conflict of interest.

### Аннотация.

*Кровь животных является одной из важнейших систем для оценки как состояния организма в целом, так и конкретно определенных органов и тканей. Среди всех сельскохозяйственных видов именно бараны являются наиболее часто используемыми для модельных физиолого-биохимических исследований, особенно для фистульных экспериментов.*

*Цель:* оценка показателей крови и физиолого-биохимического статуса баранов романовской породы (как модельных животных) до и после применения органического комплекса хрома (III) с глутаминовой кислотой в качестве кормовой добавки.

*Материалы и методы.* Балансовый опыт проводили на баранах романовской породы (n=3). В корм 1-ой и 2-ой опытных групп добавляли комплекс хрома с глутаминовой кислотой в двух дозах (0,33 и 3,30 мг в пересчете на чистый хром). Продолжительность каждого опыта – 28 дней. До и после опыта брали кровь из яремной вены для гематологического и биохимического анализа.

*Результаты.* Анализ крови показал, что гомеостаз её метаболитов и форменных элементов поддерживается на уровне нормы, соответствующей клинически здоровым животным. Зафиксированы изменения в содержании мочевины в крови: в первой и второй опытных группах произошло повышение (на 3,8 % и 2,5%, соответственно) относительно контрольной группы. Достоверных различий не обнаружено, но тем не менее наблюдали тенденцию повышения гемоглобина и гематокрита (во второй опытной повысилось на 16,9 % и 7,6%, соответственно, по сравнению с контролем), что, наряду с проявлением хорошей стабильности в пределах нормы для всех других физиолого-биохимических показателей крови от фистульных баранов романовской породы, свидетельствует о поддержании хорошего физиолого-биохимического статуса животных после применения органического комплекса хрома (III) с глутаминовой кислотой.

*Ключевые слова:* кровь; добавка в рацион; комплекс хрома с глутаминовой кислотой; биохимический анализ; клинический анализ крови.

**Введение.** Среди всех сельскохозяйственных животных именно бараны являются наиболее часто используемыми в качестве модельных животных для физиолого-биохимических исследований. Это обусловлено наличием у данного вида многокамерного желудка, что позволяет проводить различные фистульные эксперименты [1, 2]. Особенно это актуально для изучения кормовых добавок на основе макро- и/или микроэлементов, способных эффективно регулировать метаболизм животных. Одним из таких важнейших элементов с доказанными положительными эффектами в плане метаболизма и продуктивных показателей является хром (Cr).

Биологическое влияние Cr на организм сельскохозяйственных животных в первую очередь обусловлено химической формой соединения и продолжительностью применения. Соединения Cr имеют валентность 6+, 4+, 3+ и могут существовать в неорганической или органических формах. Из них в кормлении животных используется чаще трехвалентный хром (Cr<sup>3+</sup>), который не оказывает токсичного воздействия. У органических источников Cr выше биодоступность, чем у неорганических, и усваиваются они лучше до 25 % против 0,5–3 % за счёт более лёгкой адсорбции в кишечнике и отсутствию взаимодействия с другими компонентами корма. Среди

наиболее часто применяемых кормовых добавок встречаются: ультрадисперсные или наночастицы оксида трехвалентного хрома, пиколонат, ацетат или пропионат хрома, а также комплексные соединения с аминокислотами [3, 4].

Значимость Cr для животных складывается из широкого диапазона влияния на разных обменных уровнях [4]. Наиболее изучен механизм регуляции углеводного обмена — на клеточном уровне  $Cr^{3+}$  пролонгирует действие инсулина через регуляцию активности его рецепторов, благодаря которому повышается эффективность утилизации глюкозы.

В научной литературе широко освещается влияние различных форм Cr на метаболизм различных видов сельскохозяйственных животных. Так в работе Карпеня М. М. (2024) проводился опыт на племенных быках с применением добавки «Наноплант Хром (К)» в дозе 0,2 мг на 1 кг сухого вещества. Автор получил следующий метаболический эффект: у животных повысился гемоглобин на 4,8 %, эритроциты на 4,4 %, содержание общего белка — на 8,1 и альбуминов на 9,1 %, соответственно [5].

У других авторов отмечено, что при применении хрома наблюдалось снижение в крови взрослых овец концентрации триглицеридов [6], а также снижение глюкозы в крови ягнят [7]. При проведении опытов на свиньях также зафиксировано снижение уровня глюкозы в сыворотке крови, что может быть результатом повышенного поглощения углеводов чувствительными тканями к инсулину, приводящее к снижению глюконеогенеза [8]. В другой работе отмечено, что при применении различных концентраций Cr в крови свиней происходит незначительное увеличение общего белка, мочевины, глюкозы при колебании концентрации трансаминаз (аспартатаминотрансферазы и аланинаминотрансферазы) в пределах физиологических норм здоровых животных [3].

**Цель исследования** — оценка показателей крови и физиолого-биохимического статуса фистульных баранов романовской породы до и

после применения органического комплекса хрома (III) с глутаминовой кислотой в качестве кормовой добавки.

**Материалы и методы.** Эксперименты проводили в ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л. К. Эрнста (Московская область, поселок Дубровицы) осенью 2024 года. Балансовый опыт проводили на физиологическом дворе института по методу групп-периодов [9] на фистульных баранах романовской породы со средней массой 47 кг в возрасте 3 года. В отделе физиологии и биохимии сельскохозяйственных животных проводили синтез комплекса хрома (III-валентного) с глутаминовой кислотой [10] и анализ крови. Изучаемые животные были разделены на три группы (контроль и две опытные) по три головы в каждой. Основной рацион для всех трех групп состоял из сена (1500 г) и концентратов (400 г) ежедневно на одну голову. Помимо этого животные 1-ой группы получали 0,33 мг чистого хрома и 10 мг глутаминовой кислоты. Во 2-ой опытной группе — 3,3 мг чистого хрома и 10 мг глутаминовой кислоты. Продолжительность кормления комплексом составило 28 дней, из которых 21 день — предварительный и 7 дней — учетный.

Кровь взята из яремной вены после кормления в 11 часов дня в пробирки с активатором свертывания для биохимического анализа и с ЭДТА (этилендиаминтетрауксусной кислотой) для гематологического исследования. Биохимический анализ проводили на приборе Erba Mannheim automaticXL-640 (Чехия) с определением: аланинаминотрансферазы (АЛТ), аспартатаминотрансферазы (АСТ), щелочной фосфатазы, альбумина, креатинина, мочевины, холестерина, триглицеридов, общего билирубина и глюкозы. Для гематологического исследования использовали анализатор MindrayAnimalCare BC 5000 Vet (КНР) с определением концентрации эритроцитов, лейкоцитов, гемоглобина и гематокрита.

**Результаты и обсуждение.** Полученные данные биохимического анализа крови баранов всех рассматриваемых групп находились в пределах референсных значений (табл. 1).

**Таблица 1. Содержание белков и продуктов их метаболизма в сыворотке крови баранов**

**Table 1. The content of proteins and their metabolic products in the blood serum of rams**

| Показатель       | Группы            |                 |                  |                             |
|------------------|-------------------|-----------------|------------------|-----------------------------|
|                  | Контрольная (n=3) | I опытная (n=3) | II опытная (n=3) | Референсные показатели [11] |
| Общий белок, г/л | 65,67±1,50        | 65,78±1,47      | 64,40±1,51       | 59,00–78,00                 |
| Альбумин, г/л    | 29,50±0,26        | 29,83±0,76      | 29,30±1,23       | 27,00–37,00                 |
| Глобулин, г/л    | 36,17±1,75        | 35,95±1,63      | 35,10±0,30       | 32,00–50,00                 |
| Соотношение А/Г  | 0,82±0,05         | 0,83±0,05       | 0,83±0,03        | —                           |
| Креатинин, мкм/л | 95,07±0,98        | 95,3±0,48       | 95,17±0,81       | 76,00–174,00                |
| Мочевина, мм/л   | 3,95±0,76         | 4,1±0,74        | 4,05±0,71        | 3,70–9,30                   |

**Таблица 2. Показатели углеводного и липидного обмена в сыворотке крови баранов**  
**Table 2. Carbohydrate and lipid metabolism indicators in the blood serum of rams**

| Показатель         | Группы            |                 |                  |                             |
|--------------------|-------------------|-----------------|------------------|-----------------------------|
|                    | Контрольная (n=3) | I опытная (n=3) | II опытная (n=3) | Референсные показатели [11] |
| Холестерин, мМ/л   | 2,25±0,18         | 2,17±0,16       | 2,21±0,09        | 1,10–2,30                   |
| Триглицериды, мМ/л | 0,34±0,11         | 0,31±0,08       | 0,27±0,05        | —                           |
| Глюкоза, мМ/л      | 3,65±0,07         | 3,62±0,05       | 3,53±0,10        | 2,40–4,50                   |

Анализируя белковый обмен, можно отметить, что общий белок в первой опытной группе повысился незначительно (на 0,3 %), а во второй опытной группе понизился только на 2 % относительно контрольной группы. Эта же тенденция сохранилась и в случае альбуминов: в 1-ой опытной группе их значения повысились, а во 2-ой опытной группе — незначительно понизились (менее, чем на 1,4 % в обоих случаях относительно контрольной группы).

Зафиксировано снижение содержания глобулинов в крови в обеих опытных группах. Причем, если в 1-ой опытной группе их значения снизились незначительно (менее, чем на 0,6 %), то во 2-ой опытной группе понизились более, чем на 2,8 % относительно контрольной группы.

Содержание креатинина в крови животных опытных групп повысилось незначительно (менее, чем на 0,3 %) относительно контрольной группы. Общий билирубин в 1-ой опытной группе относительно контроля повысился почти на 14 %, тогда как во 2-ой опытной группе его значения были на уровне контроля.

Существенны изменения в содержании мочевины в крови: в первой опытной группе концентрация данного показателя повысилась более значительно (на 3,8 %), чем во 2-ой (на 2,5 %) — относительно контрольной группы. Это связано с повышенным метаболизмом белков и других азотсодержащих веществ крови, поскольку мочевина является конечным метаболитом белкового обмена у баранов. Это в целом является положительным эффектом и безусловно связано с включением добавки в рацион животных комплекса хрома с глутаминовой кислотой. Отме-

тим, что все полученные данные лежат в пределах норм для клинически здоровых животных.

Липидный обмен изучался по двум показателям: содержанию холестерина и триглицеридов в крови. Холестерин во всех 3-х группах находился практически на верхней границе нормы. Затем в опытных группах произошло снижение на 3,6 % и 1,8 %, соответственно. Триглицериды в свою очередь также понизились по сравнению с контролем в первой группе на 8,8 % и на 17,6 % во 2-ой (табл. 2).

Рассматривая концентрацию в сыворотке крови глюкозы — основного соединения углеводного обмена, можно отметить снижение концентрации данного метаболита как в первой (на 0,8 %), так и во второй (на 3,3 %) опытных группах. Это может говорить о тенденции усиления углеводного обмена (табл. 2).

При анализе ферментативной активности крови в первую очередь обращают на себя аминотрансферазы (АЛТ и АСТ) — ключевые ферменты, участвующие в обмене аминокислот в организме животных — в обеих опытных группах находились на нижней границе нормы и практически не имели межгрупповых различий. Значение щелочной фосфатазы в 1-ой опытной группе незначительно снизилось относительно контроля (менее, чем на 0,3 %). Во 2-ой группе зафиксировано незначительное повышение — на 0,4 % относительно контроля. В совокупности все данные по ферментативной активности сыворотки крови свидетельствуют о том, что клетки мышц и печени практически не отреагировали на новую добавку.

Показатели форменных элементов в сыворотке крови фистульных баранов представлены в

**Таблица 3. Показатели ферментативной активности в сыворотке крови баранов**  
**Table 3. Enzymatic activity indices in the blood serum of rams**

| Показатель                | Группы            |                 |                  |                             |
|---------------------------|-------------------|-----------------|------------------|-----------------------------|
|                           | Контрольная (n=3) | I опытная (n=3) | II опытная (n=3) | Референсные показатели [11] |
| АЛТ, ед./л                | 15,75±0,15        | 15,91±0,39      | 15,60±0,3        | 15,0–44,0                   |
| АСТ, ед./л                | 59,53±1,46        | 59,88±1,62      | 59,89±1,01       | 49,0–123,0                  |
| Соотношение АСТ/АЛТ       | 3,78±0,06         | 3,77±0,12       | 3,84±0,02        | —                           |
| Щелочная фосфатаза, ед./л | 121,67±2,08       | 121,33±2,31     | 122,17±2,47      | 27,0–156,0                  |

таблице 4. Различие в содержании лейкоцитов между опытными группами и контрольной составило около 3 %, что находится в пределах нормы. В обеих опытных группах показатель содержания эритроцитов практически не меняется по сравнению с контролем. Однако количество гемоглобина в первой опытной группе незначительно понизилось (на 2,5 %), а во второй, напротив, повысилось на 16,9 % по сравнению с контролем. Подобная тенденция сохранилась и с показателем гематокрита — в первой опытной группе зафиксировано понижение на 0,8 %, а во второй — повышение на 7,6 %.

**Заключение.** При применении органического комплекса хрома (III) с глутаминовой кислотой анализ крови у баранов романовской породы показал, что гомеостаз её метаболитов и форменных элементов поддерживается на уровне нормы, соответствующей клинически здоровым животным. Зафиксированы изменения в содержании мочевины в крови: в первой и второй опытных

группах произошло повышение (на 3,8 % и 2,5%, соответственно) относительно контрольной группы, что связано с повышенным метаболизмом белков и других азотсодержащих веществ крови, поскольку мочевина является конечным метаболитом белкового обмена у баранов. Это в целом является положительным эффектом и безусловно связано с включением добавки в рацион животных комплекса хрома с глутаминовой кислотой. Достоверных различий не обнаружено, но тем не менее наблюдали тенденцию повышения гемоглобина и гематокрита (во второй опытной повысилось на 16,9 % и 7,6%, соответственно, по сравнению с контролем), что, наряду с проявлением хорошей стабильности в пределах нормы для всех других физиолого-биохимических показателей крови от фистульных баранов романовской породы, свидетельствует о поддержании хорошего физиолого-биохимического статуса животных после применения органического комплекса хрома (III) с глутаминовой кислотой.

Таблица 4. Клинический анализ крови баранов

Table 4. Clinical blood test of rams

| Показатель                            | Контрольная (n=3) |                   |                   |                             |
|---------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------|
|                                       | Контрольная (n=3) | I опытная (n=3)   | II опытная (n=3)  | Референсные показатели [11] |
| Лейкоциты, $\times 10^9/\text{л}$     | 7,30 $\pm$ 0,39   | 7,51 $\pm$ 0,45   | 7,53 $\pm$ 0,26   | 4,00–12,00                  |
| Эритроциты, $\times 10^{12}/\text{л}$ | 10,37 $\pm$ 1,17  | 10,33 $\pm$ 1,04  | 10,46 $\pm$ 1,09  | 9,00–15,00                  |
| Гемоглобин, г/л                       | 118,00 $\pm$ 2,00 | 115,00 $\pm$ 3,00 | 138,00 $\pm$ 4,00 | 90,00–150,00                |
| Гематокрит, %                         | 35,60 $\pm$ 1,30  | 35,90 $\pm$ 1,40  | 38,30 $\pm$ 1,20  | 27,00–45,00                 |

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках выполнения государственного задания (регистрационный номер ЕГИСУ темы НИР ГЗ 2024-2026: 124020200032-4).

## Литература

1. Романов В. Н. Эффективный комплекс биологически активных веществ для роста продуктивности жвачных животных / В. Н. Романов, Н. В. Боголюбова, В. А. Девяткин // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. — 2017. — № 4 (36). — С. 60–65.
2. Романов В. Н. Исследование физиологического действия биологически активной добавки на основе пробиотика и шунгита у овец и растущих бычков / В. Н. Романов, Н. В. Боголюбова, А. В. Мишуров, Р. А. Рыков // Проблемы биологии продуктивных животных. — 2019. — № 2. — С. 54–63. doi: 10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2019.2.54-63.
3. Зайцев С. Ю. Оценка эффективности соединений хрома в качестве добавок при кормлении свиней / С. Ю. Зайцев, О. Н. Сивкина, О. А. Воронина // Свиноводство. — 2024. — № 6. — С. 59–64. doi: 10.37925/0039-713X-2024-6-59-64.
4. Воронина О. А. Биологическая роль хрома обоснование, опыт и перспективы его применения крупному рогатому скоту / О. А. Воронина, О. Н. Сивкина, С. Ю. Зайцев // Международный вестник ветеринарии. — 2024. — № 2. — С. 212–228. doi: 10.52419/issn2072-2419.2024.2.212.
5. Карпеня М. М. Влияние кормовой добавки "Наноплант хром (К)" на морфологические и биохимические показатели крови племенных быков / М. М. Карпеня, Т. Н. Ногина, М. В. Горовенко, Т. В. Медведская // Роль ветеринарной науки и образования в современном обществе: к 100-летию Витебской ордена "Знак Почета" гос. академии вет. медицины : материалы Международной науч.-практ. конференции (г. Витебск, 4–5 ноября

- 2024 г.) / Витебская государственная академия ветеринарной медицины. — Витебск : ВГАВМ, 2024. — С. 200–203.
6. Uyanik F. The effects of dietary chromium supplementation on some blood parameters in sheep / F. Uyanik // Biological Trace Element Research. — 2001. — Vol. 84. — P. 93–101. doi: 10.1385/BTER:84:1-3:093.
  7. Dominguez–Vara I. A. Effects of feeding selenium–yeast and chromium–yeast to finishing lambs on growth, carcass characteristics, and blood hormones and metabolites / I. A. Dominguez–Vara, S. S. Gonzalez–Mucoz, J. M. Pinos–Rodriguez, J. L. Borquez–Gastelum, R. Barcena–Gama, G. Mendoza–Martinez, L. L. Landois–Palencia // Animal Feed Science and Technology. — 2009. — Vol. 152. — № 1–2. — P. 42–49. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2009.03.008.
  8. Ward T. L. Interactive effects of dietary chromium tripicolinate and crude protein level in growing-finishing pigs provided inadequate and adequate pen space / T. L. Ward, L. L. Southern, T. D. Bidner // Journal of animal science. — 1997. — Vol. 75. — № 4. — P. 1001–1008. doi: 10.2527/1997.7541001x.
  9. Овсянников А. И. Основы опытного дела в животноводстве. — Колос, 1976.
  10. Сивкина О. Н. Разработка методики получения комплекса хрома с глутаминовой кислотой как кормовой добавки для животных / О. Н. Сивкина, А. А. Вихров, С. Ю. Зайцев // Проблемы и перспективы химии товаров и народной медицины Материалы XI Международной научно-практической конференции (Андижан, 2024, 11–12 сентября).
  11. Биохимические показатели сыворотки крови различных видов животных. <https://www.ld.ru/reviews/ilist-4422.html> (дата посещения 02.05.2025).

Arutyunyan O., Zaitsev S., Voronina O.

## The main blood parameters of sheep when a chromium-glutamic acid complex is introduced into the diet

Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L. K. Ernst

### Abstract.

*Animal blood is one of the most important systems for assessing both the state of the organism as a whole and specific organs and tissues. Among all farm animals, rams are the most frequently used for model physiological and biochemical studies, especially for fistula experiments.*

**Objective:** to assess blood parameters and physiological and biochemical status of Romanov rams (as model animals) before and after the use of an organic complex of chromium (III) with glutamic acid as a feed additive.

**Material and methods.** The balance experiment was conducted on Romanov rams ( $N = 3$ ). The chromium complex with glutamic acid was added to the feed of the 1st and 2nd experimental groups in two doses (0.33 and 3.30 mg in terms of pure chromium). The duration of each experiment was 28 days. Before and after the experiment, blood was taken from the jugular vein for hematological and biochemical analysis.

**Results.** When using this complex, blood analysis of rams showed that homeostasis of its metabolites and formed elements is maintained at the normal level corresponding to clinically healthy animals. Significant changes in the content of urea in the blood: in the first experimental group - it increased more significantly (by 3.8%) than in the 2nd experimental group (by 2.5%) - relative to the control group, which is associated with increased metabolism of proteins and other nitrogen-containing substances in the blood, since urea is the final metabolite of protein metabolism in rams. This is generally a positive effect and is certainly associated with the inclusion of a chromium complex with glutamic acid in the diet of animals. Reliable differences were found for such indicators as the amount of hemoglobin and hematocrit (in the second experimental group it increased by 16.9% and 7.6%, respectively, compared to the control).

**Keywords:** sheep blood; dietary supplement; chromium-glutamic acid complex; biochemical analysis; clinical blood test.

### References

1. Romanov V. N. An effective complex of biologically active substances for increasing the productivity of ruminants / V. N. Romanov, N. V. Bogolyubova, V. A. Devyatkin // Vestnik of the Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev. — 2017. — № 4 (36). — P. 60–65.
2. Romanov V. N. A study of the physiological effect of a biologically active supplement based on a probiotic and shungite in sheep and growing bulls / V. N. Romanov, N. V. Bogolyubova, A. V.

- Mishurov, R. A. Rykov // Problems of Biology of Productive Animals. — 2019. — № 2. — P. 54–63. doi: 10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2019.2.54-63.
3. Zaitsev S. Yu. Evaluation of the efficiency of chromium compounds as additives in pig feeding / S. Yu. Zaitsev, O. N. Sivkina, O. A. Voronina // Pig breeding. — 2024. — № 6. — P. 59–64. doi: 10.37925/0039-713X-2024-6-59-64.
4. Voronina O. A. Biological role of chromium: rationale, experience and prospects for its use in cattle / O. A. Voronina, O. N. Sivkina, S. Yu. Zaitsev // International Bulletin of Veterinary Medicine. — 2024. — № 2. — P. 212–228. doi: 10.52419/issn2072-2419.2024.2.212.
5. Karpenya M. M. Effect of the feed additive "Nanoplant chrome (K)" on the morphological and biochemical parameters of the blood of breeding bulls / M. M. Karpenya, T. N. Nogina [et al] // The role of veterinary science and education in modern society: to the 100th anniversary of the Vitebsk Order of the Badge of Honor State Academy of Veterinary Medicine: materials of the International scientific and practical conference (Vitebsk, November 4–5, 2024) / Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine. — Vitebsk: VGAVM, 2024. — P. 200–203.
6. Uyanik F. The effects of dietary chromium supplementation on some blood parameters in sheep / F. Uyanik // Biological Trace Element Research. — 2001. — Vol. 84. — P. 93–101. doi: 10.1385/BTER:84:1-3:093.
7. Dominguez–Vara I. A. Effects of feeding selenium–yeast and chromium–yeast to finishing lambs on growth, carcass characteristics, and blood hormones and metabolites / I. A. Dominguez–Vara, S. S. Gonzalez–Mucoz, J. M. Pinos–Rodriguez, J. L. Borquez–Gastelum, R. Barcena–Gama, G. Mendoza–Martinez, L. L. Landois–Palencia // Animal Feed Science and Technology. — 2009. — Vol. 152. — № 1–2. — P. 42–49. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2009.03.008.
8. Ward T. L. Interactive effects of dietary chromium tripicolinate and crude protein level in growing-finishing pigs provided inadequate and adequate pen space / T. L. Ward, L. L. Southern, T. D. Bidner // Journal of animal science. — 1997. — Vol. 75. — № 4. — P. 1001–1008. doi: 10.2527/1997.7541001x.
9. Ovsyannikov A. I. Basics of Experimental Animal Husbandry. — Kolos, 1976.
10. Sivkina O. N. Development of a Method for Obtaining a Chromium Complex with Glutamic Acid as a Feed Additive for Animals / O. N. Sivkina, A. A. Vikhrov, S. Yu. Zaitsev // Problems and Prospects of Commodity Chemistry and Traditional Medicine. Proceedings of the XI International Scientific and Practical Conference (Andijan, 2024, September 11–12).
11. Biochemical Parameters of Blood Serum of Various Animal Species. <https://www.ld.ru/reviews/ilist-4422.html> (accessed May 2, 2025).

#### Сведения об авторах:

**Арутюнян Ольга Николаевна** – аспирант; ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста»; 142132, Россия, Московская область, Городской округ Подольск, поселок Дубровицы, д. 60; e-mail: solga8039@gmail.com; ORCID 0009-0009-3831-4412.

**Зайцев Сергей Юрьевич** – доктор биологических наук, доктор химических наук; ведущий научный сотрудник, руководитель группы аналитической биохимии; ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста»; 142132, Россия, Московская область, Городской округ Подольск, поселок Дубровицы, д. 60; e-mail: s.y.zaitsev@mail.ru; ORCID 0000-0003-1533-8680.

**Воронина Оксана Александровна** – кандидат биологических наук; старший научный сотрудник группы аналитической биохимии; ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста»; 142132, Россия, Московская область, Городской округ Подольск, поселок Дубровицы, дом 60; e-mail: voroninaok-senia@inbox.ru; ORCID 0000-0002-6774-4288.

#### Authors:

**Arutyunyan Olga Nikolaevna** – postgraduate student; Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L. K. Ernst; 142132, Russia, Moscow Region, Podolsk Urban Okrug, Dubrovitsy settlement, house 60; e-mail: solga8039@gmail.com; ORCID 0009-0009-3831-4412.

**Zaitsev Sergey Yuryevich** – Dr Habil. (Biol. Sci.), Dr Habil. (Chem. Sci.); Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L. K. Ernst; 142132, Russia, Moscow Region, Podolsk Urban Okrug, Dubrovitsy settlement, house 60; e-mail: s.y.zaitsev@mail.ru; ORCID 0000-0003-1533-8680.

**Voronina Oksana Aleksandrovna** – PhD (Biol. Sci.); Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L. K. Ernst; 142132, Russia, Moscow Region, Podolsk Urban Okrug, Dubrovitsy settlement, house 60; e-mail: voroninaok-senia@inbox.ru; ORCID 0000-0002-6774-4288.