

Физиология человека и животных / Human and Animal Physiology

Научная статья

Original article

DOI: 10.12731/2658-6649-2026-18-1-1743

EDN: GDMBJM

УДК 636.939:591.169.1



Морфо-функциональные изменения крови кур-несушек при экспериментальном трихинеллезе, вызванного *T. pseudospiralis*

О.Б. Жданова^{1,2}, А.К. Мартусевич¹, О.В. Часовских¹¹Вятский ГАТУ, Киров, Российская Федерация²ВНИИП – филиал ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, Москва, Российская Федерация

Аннотация

Обоснование. Несмотря на то, что экспериментальный трихинеллез на модели инвазии у птиц неоднократно воспроизводился при заражении личинками *Trichinella pseudospiralis* отечественными и зарубежными исследователями имеются весьма противоречивые данные о реакции красной и белой крови на инвазию.

Цель исследования – изучить состояние окислительного метаболизма методом Fe-индуцированной биохимилуминесценции и изменения морфологических показателей периферической крови и мазков-отпечатков селезенки у кур-несушек при экспериментальном заражении *T. pseudospiralis*.

Материалы и методы. Птиц опытной группы (6 голов) взвешивали и внутрь зоба вводили изолят личинок *T. pseudospiralis* в дозе 2 лич./г массы тела. Личинки *T. pseudospiralis*, используемые для экспериментального заражения птицы, первоначально выделены из мышечной ткани птицы, и поддерживались на лабораторных животных. Взятие крови осуществляли в динамике, готовили мазки, которые фиксировали, окрашивали и исследовали под увеличением $\times 800$, с морфометрией на световом микроскопе VisionBio (Epi) с автоматическим выходом на экран. Через 3,5–4 мес. после заражения птиц подвергли эвтаназии, отбирали мышечную массу для исследования методами КТ и пептолиза. Определяли количество эритроцитов, лейкоцитов и гемоглобина, в плазме крови и эритроцитах кур оценивали состояние окислительного метаболизма методом Fe-индуцированной биохимилуминесценции на аппарате БХЛ-06 (Н. Новгород, Россия).

Полученные данные обрабатывали с использованием стандартных пакетов программ MS Excel и Statgraphics. При оценке однородности групп и достоверности различий средних между группами использовали непараметрический U-тест Манна-Уитни (Sokal, Rohlf, 1981). Уровень статистической значимости полученных различий между сравниваемыми выборками принимали при $p < 0.05$.

Результаты исследований. Все птицы опытных групп хорошо перенесли инвазию, клинические признаки в виде незначительного угнетения и диареи регистрировали только на первой неделе после заражения, несмотря на достаточно высокую ИИ (средняя ИИ составила 2940 ± 490 личинок/г мышц при искусственном переваривании мышц в ИЖС). Содержание эритроцитов и гемоглобина у инвазированных кур-несушек уменьшалось в миграционную и раннюю мышечную стадию. Количество лейкоцитов у инвазированных кур было повышенным в миграционную и раннюю мышечную стадию $42,5 \pm 5,3 \times 10^9/\text{л}$ $40,5 \pm 7,3 \times 10^9/\text{л}$, в позднюю мышечную стадию оно резко уменьшалось, и практически не отличалось от контроля ($33,3 \pm 4,3 \times 10^9/\text{л}$, $29,5 \pm 3,3 \times 10^9/\text{л}$, соответственно). При биохемилюминесцентном анализе изменений окислительного метаболизма эритроцитов и плазмы крови у инвазированных птиц также наиболее высокий уровень показателей наблюдали в миграционной стадии гельминтоза.

Заключение. Экспериментальная инвазия кур-несушек личинками *Trichinella pseudospiralis* оказывает выраженное влияние на гематологические и метаболические параметры крови, вызывая выраженную их перестройку, зависящую от стадии гельминтоза. Установлено, что наиболее серьезные сдвиги основных гематологических показателей (в частности, количества эритроцитов и уровня гемоглобина), а также свободнорадикальных процессов в плазме крови и эритроцитах наблюдаются в миграционной стадии паразитоза и частично сглаживаются при миграции трихинелл в мышцы. Представляет интерес тот факт, что плазма крови птиц реагирует на смену стадии экспериментальной инвазии более активно, чем клеточный пул крови.

Ключевые слова: *Gallus gallus*; трихинелла; *T. pseudospiralis*; гематология; биохемилюминесценция; эритроциты; лейкоциты; гетерофилы

Для цитирования. Жданова, О. Б., Мартусевич, А. К., & Часовских, О. В. (2026). Морфо-функциональные изменения крови кур-несушек при экспериментальном трихинеллезе, вызванного *T. pseudospiralis*. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 18(1), 40–59. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2026-18-1-1743>

Morpho-functional changes in the blood of laying hens in experimental trichinosis caused by *T. pseudospiralis*

O.B. Zhdanova^{1,2}, A.K. Martusevich¹, O.V. Chasovskikh¹

¹Vyatka State Agrotechnological University, Kirov, Russian Federation

²All-Russian Research Institute of Fundamental and Applied Parasitology of Animals and Plants, Moscow, Russian Federation

Abstract

Background. Experimental trichinosis based on a model of invasion in birds has been repeatedly reproduced by domestic and foreign researchers when infected with

Trichinella pseudospiralis larvae, however, there are very contradictory data on the reaction of red and white blood to invasion.

The **purpose** of the study was to study the state of oxidative metabolism using Fe-induced biochemiluminescence and changes in the morphological parameters of peripheral blood and spleen smears of laying hens during experimental infection with *T.pseudospiralis*.

Materials and methods. Birds of the experimental group (6 heads) were weighed and *T. pseudospiralis* larval isolate was injected into the goiter at a dose of 2 larvae per g of body weight. *T. pseudospiralis* larvae used for experimental infection of poultry were initially isolated from poultry muscle tissue and kept on laboratory animals. Blood sampling was carried out dynamically, smears were prepared, which were fixed, stained and examined at 800-fold magnification with morphometry on a VisionBio (Epi) light microscope with automatic display on the screen. 3.5-4 months after infection, the birds were euthanized, and muscle mass was collected for computed tomography and peptolysis studies. The number of erythrocytes, leukocytes and hemoglobin was determined, the state of oxidative metabolism in blood plasma and erythrocytes of chickens was assessed by Fe-induced biochemiluminescence on a BHL-06 apparatus (Nizhny Novgorod, Russia). The data obtained was processed using standard MS Excel and Statgraphics software packages. The nonparametric Mann-Whitney U-test (Sokal and Rohlf, 1981) was used to assess the homogeneity of groups and the significance of differences in averages between groups. The level of statistical significance of the differences obtained between the compared samples was assumed to be $p < 0.05$.

Results. All birds of the experimental groups tolerated the invasion well, despite the high intensity of invasion (2940 ± 490 larvae/g of muscle mass during artificial digestion of muscle mass). The content of erythrocytes and hemoglobin in infected laying hens decreased during migration and in the early stages of muscle mass development. The number of leukocytes in infected chickens was increased at the migration and early muscle stages ($42.5 \pm 5.3 \times 10^9/l$, $40.5 \pm 7.3 \times 10^9/l$), at the late muscle stage it decreased sharply and practically did not differ from the control ($33.3 \pm 4.3 \times 10^9/l$, $29.5 \pm 3.3 \times 10^9/l$ respectively). Biochemiluminescent analysis of changes in the oxidative metabolism of erythrocytes and blood plasma in invaded birds also showed the highest levels of indicators at the migratory stage of helminthiasis.

Conclusion. Thus, the experimental invasion of laying hens by *Trichinella pseudospiralis* larvae has a pronounced effect on hematological and metabolic parameters of blood, causing their pronounced restructuring depending on the stage of helminthiasis. It has been established that the most serious shifts in the main hematological parameters (in particular, the number of red blood cells and the level of hemoglobin), as well as free radical processes in blood plasma and red blood cells are observed at the migrating stage

of parasitosis and partially smoothed out during the migration of parasites. Interestingly, the blood plasma of birds reacts more actively to changes at the stage of experimental invasion than the cellular blood pool.

Keywords: Gallus gallus; trichinella; *T. pseudospiralis*; hematology; biochemiluminescence; erythrocytes; leukocytes; heterophiles

For citation. Zhdanova, O. B., Martusevich, A. K., & Chasovskikh, O. V. (2026). Morpho-functional changes in the blood of laying hens in experimental trichinosis caused by *T. pseudospiralis*. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 18(1), 40–59. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2026-18-1-1743>

Введение

Экспериментальный трихинеллез на модели инвазии у птиц (кур-несушек) неоднократно воспроизводился при заражении личинками *Trichinella pseudospiralis* отечественными и зарубежными исследователями после открытия Б.Л. Гаркави данного возбудителя. Компрессорная трихинеллоскопия (КТ) и метод пептолиза (метода переваривания в искусственном желудочном соке), лежат в основе постмортальной диагностики, а также при помощи данных методов и в настоящее время проводится изучение распространения данного гельминтоза и определение заселяемости отдельных мышц личинками *Trichinella pseudospiralis* [3; 4; 5-8; 11; 15-19]. Ряд исследований также был посвящен изучению патогенеза трихинеллеза, вызванного бескапсульными возбудителями, достаточно внимания уделялось и изменениям в системе крови птиц в динамике трихинеллезной инвазии. Однако, в доступной литературе имеются лишь фрагментарные сведения о реакции иммунной системы птиц на данную инвазию, а также недостаточно описаны изменения лейкоцитов (в частности, имеются противоречивые сведения о морфо-функциональных изменениях гетерофилов) в различные периоды трихинеллезной инвазии. Учитывая вышесказанное, мы предприняли попытку изучения реакции вторичных органов иммунной системы и клеток крови на трихинеллезную инвазию у кур-несушек. К периферическим (вторичным) лимфоидным органам птицы относятся: селезенка, лимфоидные узлы слепых отростков, гардерова железа, скопления лимфоидных элементов глотки, гортани, бронхов и кишечника и небольшие скопления лимфоидных клеток в других органах и тканях (Конопатов Ю. В., Макеева Е. Е., 2000). Однако известно, что у кур-несушек, отсутствует сформированная лимфатическая система аналогичная млекопитающим, в частности отсутствуют лимфатические узлы, что компенсируется лимфоидной тканью, ассоциированной со сли-

зистыми оболочками, а также лимфоидной тканью в селезенки (Payne F., 1971). По данным B.G.Bang et al. (1968), кроме того, обнаружены лимфоидные образования в гардеровой железе (плазматические клетки) [1; 7-10]. Значительные отличия имеются также среди клеток крови (эритроцитов, тромбоцитов и лейкоцитов). Так, например, у птиц все эритроциты в норме содержат ядро, они овальные, и намного крупнее эритроцитов млекопитающих. Данные особенности морфологии красной крови, а также наличие отличных от млекопитающих видов лейкоцитов (гетерофилы) значительно затрудняют проведение исследований общепринятыми методиками подсчета форменных элементов. Лейкоциты также как и у млекопитающих представлены 2-мя большими группами (гранулоциты и агранулоциты). Гранулоциты (лимфоциты и моноциты) в меньшей степени отличаются от таковых млекопитающих, так, например, лимфоциты также как и у животных содержат очень крупное темное ядро, и тонкую, голубую полосу цитоплазмы. Хорошо дифференцируются большие и средние лимфоциты (6–9 мкм в диаметре) и малые диаметром 5 мкм и менее. Также выявляются плазмобласты и плазмоциты, более светлые клетки, имеют перинуклеарное просветление, яркую базофильную цитоплазму, с хорошо визуализирующимися пузырьками (везикулами). Также как и у млекопитающих, помимо лимфоцитов, к агранулоцитам относятся моноциты (самые крупные клетки крови), которые имеют крупное, бобовидное, фиолетово-розовое ядро и широкую полосу голубоватой цитоплазмы. Гранулоциты представлены 3-мя группами клеток (базофилами, эозинофилами и гетерофилами). Базофилы птиц похожи на базофилы млекопитающих, они также имеют крупное овальное ядро реже сегментированное, хорошо выраженную цитоплазму, в которой содержатся крупные ярко-фиолетовые гранулы. У эозинофилов ядро полиморфно, чаще сегментированное (может иметь 2-3 сегмента), реже встречаются палочкоядерные эозинофилы, ядро этих клеток фиолетовое, голубоватая цитоплазма хорошо выражена, имеет ярко розовые гранулы [1; 8; 12; 27-29]. Однако, у птиц также имеется группа гранулоцитов, которая значительно отличается от большинства млекопитающих – гетерофилы (псевдоэозинофилы), эти клетки похожи на эозинофилы, но более они крупнее, имеют более светлую цитоплазму с сегментированным ядром, более светлого, чем у эозинофилов цвета, а также характерную розовую зернистость, в отличие от эозинофилов зерна вытянуты и имеют форму веретена. По своим функциям они близки к нейтрофилам млекопитающих. Тромбоциты птиц также отличаются от тромбоцитов млекопитающих, это мелкие клетки, округлой, иногда овальной

формы с ядром, округлой формы. В мазках тромбоциты располагаются группами.

Материалы и методы

Куры-несушки были заражены личинками *Trichinella pseudospiralis* (Garkavi, 1972), выделенными от амурского kota (*Prionailurus bengalensis euptilurus*). Вид гельминта был подтвержден генетическими исследованиями эталонного штамма, работу осуществляли в соответствии с правилами по работе патогенным материалом биологического происхождения (СанПиН 3.3686-21 «Безопасность работы с микроорганизмами III-IV групп патогенности (опасности) и возбудителями паразитарных болезней») [1; 2; 8-10]. Необходимой количество личинок данного гельминта получали за счёт ряда пассажей на лабораторных грызунах (мыши и крысы), после чего инвазировались куры-несушки (9 голов), per os вводили личинок *T. pseudospiralis* в дозе 2 лич./г массы тела. Птицы содержались в стандартных условиях в течение 6 месяцев и получали стандартные рационы кормления, на основе комбинированных кормов. Взятие крови осуществляли в динамике из гребня в вакуумные пробирки с ЭДТА для определения основных гематологических показателей и для получения плазмы крови, для подсчета лейкограммы наносили каплю крови на стекло, и готовили мазки, которые фиксировали и окрашивали по Романовскому-Гимза. Мазки исследовали под увеличением $\times 800$, с морфометрией на световом микроскопе VisionBio (Epi) с автоматическим выходом на экран. Количество эритроцитов и лейкоцитов определяли при помощи камеры Горяева, а гемоглобина – по Сали.

Птиц из эксперимента выводили в соответствии с «Правилами проведения работ с использованием экспериментальных животных» после эвтаназии, отбирали мышечную массу для исследования методами КТ и пептолиза. Вследствие наличия ядер в эритроцитах, мазки крови у кур-несушек должны быть значительно тоньше, чем мазки крови других животных, так как необходимо, чтобы клетки крови располагались в один слой. При исследовании морфо-функциональных особенностей клеточного состава селезенки готовили мазки-отпечатки, которые также фиксировали и окрашивали по Романовскому-Гимза и исследовали при увеличении микроскопа $\times 400$, $\times 800$.

В плазме крови и эритроцитах кур оценивали состояние окислительного метаболизма методом Fe-индуцированной биохемилюминесценции на аппарате БХЛ-06 (Нижний Новгород, Россия). В плазме крови изучали

как интенсивность свободнорадикальных процессов (по величине максимальной фотовспышки хемилюминесценции), так и суммарную активность антиоксидантных систем (как показатель, обратный светосумме хемилюминесценции, регистрируемой за первые 30 с.). В мембранах эритроцитов определяли перекисную резистентность аналогично методике оценки интенсивности свободнорадикального окисления в плазме крови кур. При оценке однородности групп и достоверности различий средних между группами использовали непараметрический U-тест Манна-Уитни (Sokal, Rohlf, 1981). Уровень статистической значимости полученных различий между сравниваемыми выборками принимали при $p < 0.05$.

Результаты исследований

Все птицы опытных групп хорошо перенесли инвазию, клинические признаки в виде незначительного угнетения и диареи регистрировали только на первой неделе после заражения, несмотря на достаточно высокую ИИ (средняя ИИ составила 2940 ± 490 личинок/г мышц при искусственном переваривании мышц в ИЖС). Содержание эритроцитов и гемоглобина у кур-несушек, инвазированных *T. pseudospiralis* уменьшалось в миграционную и раннюю мышечную стадию (таблица 1), в позднюю мышечную стадию показатели изменялись незначительно по сравнению с контролем.

Размеры эритроцитов составили в среднем $11,2 \pm 1,3$ мкм по длинной оси и $7,1 \pm 1,2$ мкм по короткой, значительных отличий в группе инвазированных кур не отмечено, за исключением зернистости, которую в эритроцитах здоровых птиц не наблюдали.

Таблица 1.

Содержание эритроцитов и гемоглобина у кур-несушек, инвазированных *Trichinella pseudospiralis*

Table 1. Red Blood Cell and Hemoglobin Levels in Laying Hens Infected with *Trichinella pseudospiralis*

Показатель	Миграционная стадия инвазии	Ранняя мышечная стадия	Поздняя мышечная стадия	Контроль
Эритроциты	$3,35 \pm 0,34 \times 10^{12}/л$	$3,42 \pm 0,32 \times 10^{12}/л$	$3,55 \pm 0,64 \times 10^{12}/л$	$3,92 \pm 0,64 \times 10^{12}/л$
Концентрация гемоглобина	$77,1 \pm 1,5$ г/л	$78,4 \pm 1,3$ г/л	$88,7 \pm 2,1$ г/л	$91,3 \pm 1,4$ г/л

Количество лейкоцитов у инвазированных кур было повышенным в миграционную и раннюю мышечную стадию $42,5 \pm 5,3 \times 10^9/л$ $40,5 \pm 7,3 \times$

$10^9/\text{л}$, в позднюю мышечную стадию оно резко уменьшалось, и практически не отличалось от контроля ($33,3 \pm 4,3 \times 10^9/\text{л}$, $29,5 \pm 3,3 \times 10^9/\text{л}$, соответственно). Общепринятая классификация лейкоцитов для птиц включает: базофилы, эозинофилы, гетерофилы (псевдоэозинофилы, уст.), лимфоциты и моноциты. Гетерофилы по своим структурно-функциональным характеристикам соответствуют нейтрофилам животных, основная их функция - защита организма птиц от инфекций и инвазий, их количество лейкоцитов увеличивается при повреждении тканей, что соответствует мышечной фазе инвазии ($42,1 \pm 3,3$ % наблюдали в раннюю мышечную стадию, и $35,5 \pm 3,3$ % в позднюю мышечную стадию). Количество моноцитов у кур составило $8 \pm 1,2$ % в миграционную стадию, $10,5 \pm 3,1$ % в раннюю мышечную, $10,5 \pm 1,1$ % в позднюю мышечную и $3,4 \pm 1,2$ % у птиц контрольной группы. Количество базофилов соответствовало референтным значениям во всех группах (1-3 %), а эозинофилов у инвазированных птиц было равномерно повышено на всех стадиях инвазии 6-10 %, у птиц контрольной группы количество эозинофилов было низким 3%. Лимфоциты в крови у птиц отличаются по степени насыщенности окраски и величины, их диаметр варьируется от 9 до 17 мкм, ядро крупное, округлой или овальной формы, причем на мышечных стадиях трихинеллезной инвазии преобладали более крупные (большие лимфоциты), их количество также увеличивалось от $30,5 \pm 2,3$ % до $51,5 \pm 1,2$ %, в контрольной группе их количество также варьировалось от $41 \pm 2,2$ % до $52 \pm 1,1$ % на протяжении эксперимента. Аналогичные изменения обнаруживали в мазках-отпечатках из селезенки, однако, помимо популяций больших и малых лимфоцитов, также обнаруживали плазмобласты, крупные клетки с эксцентрично расположенным ядром и наличием везикул в цитоплазме, их среднее количество (при подсчете в 11 полях зрения в % от всей лимфоцитарной популяции) составило $8,5 \pm 1,8$ % в миграционную стадию, $15,5 \pm 2,1$ % в раннюю мышечную, $19,5 \pm 1,5$ % в позднюю мышечную и $6,4 \pm 2,2$ % у птиц контрольной группы. Таким образом, на протяжении всего эксперимента установлены значительные изменения красной и белой крови, что подтверждается результатами исследований ряда отечественных и зарубежных авторов [3-5; 18-22].

Анализ окислительного метаболизма крови кур в динамике экспериментального заражения позволил выявить его трансформации, зависящие от стадии гельминтоза. Так, по данным биохемилюминесцентной оценки интенсивности свободнорадикальных процессов в плазме крови птиц, наличие трихинеллеза способствует существенному нарастанию со-

ответствующего параметра, причем наиболее выражена эта тенденция в миграционной стадии (рис. 1). Установлено, что нахождение гельминта в биологической жидкости обеспечивает стимуляцию липопероксидации на 38,1% относительно здоровых кур, тогда как локализация трихинелл в мышцах несколько снижает выраженность этих сдвигов. В частности, в ранней мышечной стадии параметр оказался выше контрольных значений на 21,2%, а в поздней – на 17,9% ($p < 0,05$ для обоих случаев).

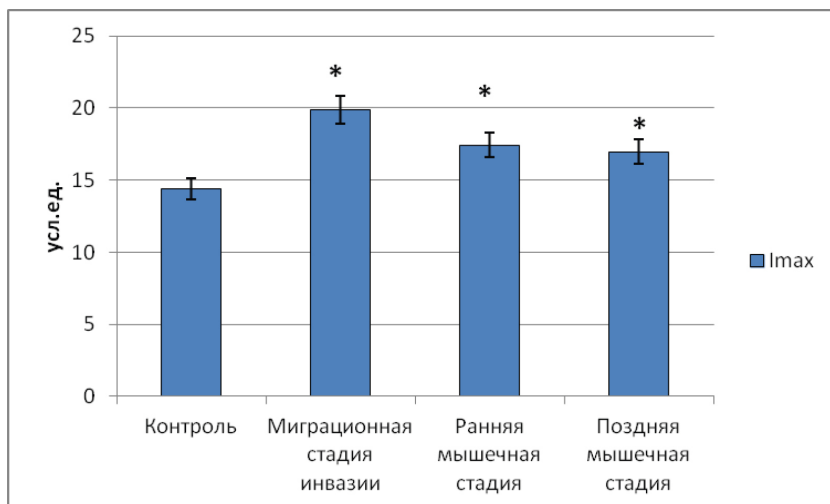


Рис. 1. Интенсивность свободнорадикального окисления в плазме крови кур-несушек в различные стадии экспериментальной инвазии («*» - статистическая значимость различий относительно контрольной группы $p < 0,05$)

Fig. 1. Free-radical oxidation activity in the blood plasma of laying hens at various stages of experimental infection (“*” indicates statistically significant differences from the control group, $p < 0.05$)

Сопряженные изменения были зарегистрированы в отношении общей антиоксидантной активности плазмы крови птиц (рис. 2). Обнаружено, что максимальное снижение уровня показателя также выявлено в миграционной стадии трихинеллезной инвазии (в 2,17 раза; $p < 0,01$), что, в совокупности с выраженным нарастанием интенсивности свободнорадикальных процессов, свидетельствует о формировании окислительного стресса, индуцированного экспериментальным трихинеллезом. Эта тенденция частично компенсируется при миграции гельминтов в мышцы, что

потенциально может происходить за счет активации эндогенных антиоксидантных систем.

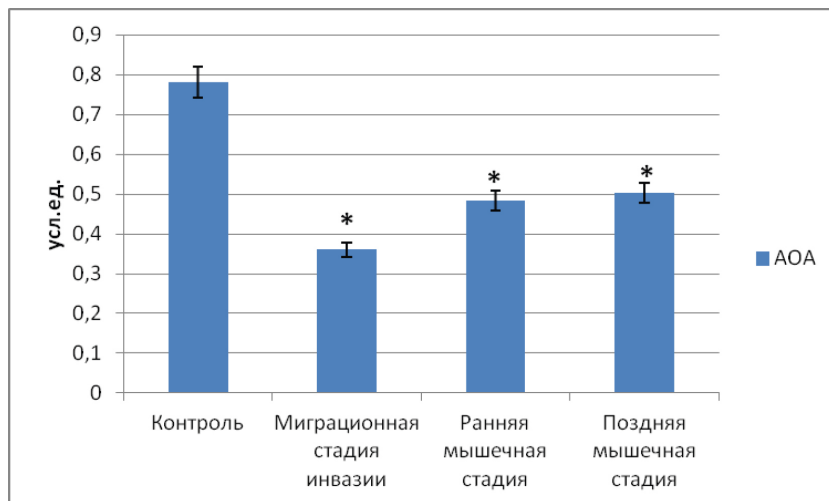


Рис. 2. Общая антиоксидантная активность плазмы крови кур-несушек в различные стадии экспериментальной инвазии («*» - статистическая значимость различий относительно контрольной группы $p < 0,05$)

Fig. 2. Total antioxidant activity of blood plasma from laying hens at various stages of experimental infection («*» indicates statistically significant differences from the control group, $p < 0.05$)

На это указывает повышение значения показателя на 13,9 и 17,2% в ранней и поздней стадии трихинеллеза по сравнению со здоровыми курами ($p < 0,05$ для обеих стадий), однако антиокислительный потенциал биосреды оставался существенно ниже контрольных значений ($p < 0,05$). Данный факт характеризует сохранение признаков окислительного стресса в мышечной стадии рассматриваемого гельминтоза [14; 23-29; 32-35].

Третьим компонентом анализа служила оценка динамики интенсивности перекисного окисления липидов в мембранах эритроцитов птиц (рис. 3). Выявлено, что на всем протяжении инвазии (как в миграционной, так и в мышечных стадиях) уровень перекисной резистентности эритроцитов, указывающий на состояние свободнорадикального окисления в них, оказался статистически значимо выше обнаруженного у кур контрольной группы ($p < 0,05$). Следует отметить, что общий характер зарегистрированных у птиц изменений окислительного метаболизма эритроцитов со-

ответствовал таковому в плазме крови, о чем свидетельствует наиболее высокий уровень показателя в миграционной стадии гельминтоза (+46,7% относительно контроля; $p < 0,05$), однако особенностью реакции клеточного пула крови на инвазию можно считать сохранение и более медленное купирование этих сдвигов при локализации трихинелл в мышцах [13, 19-23, 29-31]. Это характеризует достаточно высокий уровень параметра в ранней мышечной стадии (+39,6% по сравнению со здоровыми курами; $p < 0,05$), несколько снижающийся только в поздней стадии (+26,9% соответственно; $p < 0,05$).

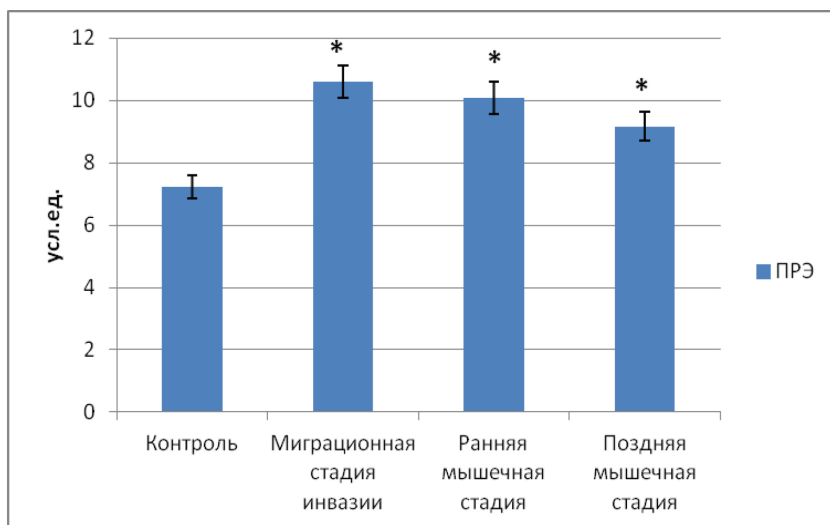


Рис. 3. Перекисная резистентность эритроцитов кур-несушек в различные стадии экспериментальной инвазии («*» - статистическая значимость различий относительно контрольной группы $p < 0,05$)

Fig. 3. Peroxide resistance of red blood cells from laying hens at various stages of experimental infection («*» indicates statistically significant differences from the control group, $p < 0.05$)

Обсуждение

Ранее Б.Л. Гаркави (1994, 1996) указывал, что неспособность вызывать образование капсулы в мышечном волокне свидетельствуют о древности происхождения вида *T. pseudospiralis*. По-видимому, он является наиболее примитивным в роде *Trichinella*. Многие исследователи отмечали (Сапунов, А.Я., Пшеничный А.А., Боляхина С.А., Ефремова Е.А., 2002-2023), что трихинеллезная инвазия у куриных, вызванная *T.pseudospiralis* (кишечная и мы-

шечная форма), обуславливает определенные изменения морфологических и биохимических показателей крови у птицы. При анализе динамики изменения соотношения эозинофилов к общему числу лейкоцитов указывается, что их количество в лейкограмме повышено на протяжении инвазии. Однако, Боляхина С.А., с соавт. (2022) указывали, что на 9 день была зарегистрирована эозинопения. Наши предыдущие исследования, несмотря на наличие некоторых сдвигов в гемограмме также подтверждали, что все гематологические показатели незначительно отличаются от физиологической нормы и не могут быть маркерами инвазионного процесса. Настоящее исследование позволило уточнить ряд особенностей в морфологии и биохимии крови в зависимости от стадии развития трихинеллезного процесса. Установлено, что экспериментальный трихинеллез у кур-несушек приводит к увеличению количества лейкоцитов (гранулоцитов и агранулоцитов), в крови появляются большие (активированные) лимфоциты и плазмобласты, количество которых увеличивается на протяжении инвазии. Вышесказанное обусловлено тем, что длительный контакт с метаболитами сопровождается более выраженными изменениями в картине крови, по сравнению с млекопитающими [1-3; 6; 13]. Также впервые проведенный анализ окислительного метаболизма крови кур в динамике экспериментального заражения подтвердил, что его изменения зависят от стадии гельминтоза. Так, по данным биохимическим люминесцентной оценки интенсивности свободнорадикальных процессов в плазме крови птиц, наличие трихинеллеза способствует существенному нарастанию соответствующего параметра, так как нахождение гельминта в организме птиц обеспечивает стимуляцию липопероксидации.

Заключение

Инвазия *Trichinella pseudospiralis* у кур-несушек приводит к значительным сдвигам гематологических и метаболических параметров гомеостаза, вызывая выраженную перестройку в системе крови, зависящую от стадии гельминтоза. Установлено, что наиболее серьезные сдвиги основных гематологических показателей (в частности, количества эритроцитов и уровня гемоглобина), а также свободнорадикальных процессов в плазме крови и эритроцитах наблюдаются в миграционной стадии паразитоза и частично сглаживаются при инокуляции трихинелл в мышцах. Также, необходимо отметить, что плазма крови птиц реагирует на смену стадии экспериментальной инвазии более активно, чем клеточный пул крови.

Информация о конфликте интересов. Конфликт интересов отсутствует.

Информация о спонсорстве. Источник финансирования исследования и публикации статьи – грант РНФ № 24-26-00043.

Список литературы

1. Автандилов, Г. Г. (1990). *Медицинская морфометрия: руководство*. Медицина. 384 с.
2. Асатрян, А. М., & Мовсесян, С. О. (1985). Биологические и морфологические особенности *T. pseudospiralis* у различного вида хозяев. В *Материалы докладов 4-й Всесоюзной конференции по проблеме трихинеллеза человека и животных* (с. 30–35). Ереван.
3. Боляхина, С. А., & Ефремова, Е. А. (2023). Сравнение морфологических изменений в крови кур при экспериментальном заражении *T. spiralis* и *T. pseudospiralis*. *Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями*, (24), 95–99. <https://doi.org/10.31016/978-5-60485555-6-0.2023.24.95-99>. EDN: <https://elibrary.ru/YGEMYD>
4. Бритов, В. А. (1982). *Возбудители трихинеллеза*. Наука. 272 с.
5. Гаркави, Б. Л. (2007). Трихинеллез, вызываемый *Trichinella pseudospiralis* (морфология и биология возбудителя, эпизоотология и эпидемиология, диагностика, меры борьбы и профилактика). *Российский паразитологический журнал*, (2), 35–116. EDN: <https://elibrary.ru/KDRQIF>
6. Гаркави, Б. Л. (1994). *Гельминтозоозы: меры борьбы и профилактика*. 50 с.
7. Жданова, О. Б., Ашихмин, С. П., Окулова, И. И., & Бельтюкова, З. Н. (2017). Распространённость *T. spiralis* и некоторые особенности профилактики трихинеллеза в Кировской области. *Здоровье населения и среда обитания — ЗНСО*, (1), 46–49. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2017-286-1-46-49>. EDN: <https://elibrary.ru/XXRFKL>
8. Жданова, О. Б., Часовских, О. В., Руднева, О. В., & Успенский, А. В. (2023). К вопросу об изменении морфологии селезенки при нематодозах у мышей при иммуностимуляции. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 15(3), 11–25. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2023-15-3-11-25>. EDN: <https://elibrary.ru/BWEZCJ>
9. Жданова, О. Б., & Часовских, О. В. (2024). Изучение распределения личинок в мышцах и некоторые показатели периферической крови *Gallus gallus* при экспериментальном заражении *Trichinella pseudospiralis*. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 16(4), 63–81. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2024-16-4-1236>. EDN: <https://elibrary.ru/HIIPLL>
10. Мезенцев, С. В. (2012). Эпизоотологические аспекты распространения трихинеллеза в Алтайском крае и защиты человека и животных от этой инвазии. *Вестник НГАУ*, (2), 89–94.

11. Мезенцев, С. В. (2005). Безопасность мяса птицы отряда куриных в личных подсобных хозяйствах. *Практик*, (7–8), 23–27.
12. Мартусевич, А. К., & Жданова, О. Б. (2006). Информативность исследования свободного кристаллообразования при зоонозах на модели лабораторных животных. *Известия высших учебных заведений. Поволжский регион*, (1), 30–39. EDN: <https://elibrary.ru/HVDMUV>
13. Мартусевич, А. К., & Жданова, О. Б. (2013). Исследование зависимости кристаллогенной активности биосреды от интенсивности экспериментальной инвазии *Trichinella spiralis*. *Российский паразитологический журнал*, (2), 64–71. EDN: <https://elibrary.ru/REPHNN>
14. Мартусевич, А. К., Жданова, О. Б., & Зверева, Т. А. (2006). О кристаллогенезе биосубстратов животных. *Вятский медицинский вестник*, (3–4), 33–38. EDN: <https://elibrary.ru/PBPOBD>
15. Одоевская, И. М., & Букина, Л. А. (2014). Брюхоногие моллюски и их роль в передаче трихинеллезной инвазии. *Медицинская паразитология и паразитарные болезни*, (3), 20–22. EDN: <https://elibrary.ru/TSFTAD>
16. Одоевская, И. М. (2011). Значение птиц в диссеминации личинок *Trichinella spp.* в прибрежных и водных биоценозах. *Медицинская паразитология и паразитарные болезни*, (1), 12–16. EDN: <https://elibrary.ru/UNDOGN>
17. Одоевская, И. М. (2007). Диагностическая эффективность экскреторно-секреторных антигенов трихинелл в иммуноферментной реакции. *Медицинская паразитология и паразитарные болезни*, (4), 19–24. EDN: <https://elibrary.ru/PIZREN>
18. Пшеничный, А. А. (2003). *Эпизоотологические и клиничко-патогенетические аспекты трихинеллеза птиц* [Диссертация на соискание ученой степени кандидата ветеринарных наук]. Краснодар. 187 с.
19. Пшеничный, А. А. (2004). *Эпизоотологические и клиничко-патогенетические аспекты трихинеллеза птиц* [Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата ветеринарных наук]. Ставропольский государственный аграрный университет. Ставрополь. 30 с. EDN: <https://elibrary.ru/NHMRWX>
20. Сапунов, А., Пшеничный, А., & Иващенко, А. (2006). Трихинеллез птиц: распространение, биология. *Птицеводство*, (1), 15. EDN: <https://elibrary.ru/NYJMFV>
21. Шайкенов, Б. Ш., & Соколова, Л. А. (1981). О распространении *Trichinella pseudospiralis* в природе. В *Материалы докладов 3-й Всесоюзной конференции по проблеме трихинеллеза человека и животных* (с. 71–73). Вильнюс.
22. Barido, F. H., & Son, K. L. (2021). Changes in the activity of proteolytic enzymes, signs associated with tenderness, and quality properties of chicken breast under the

- influence of adenosine 5'-monophosphate when stored in the refrigerator. *Poultry Science*. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101056>
23. Boulou, L. M., Samara, L. A., & Hagaz, H. J. A. (1995). B *8th International Conference of Trichinellosis: Abstract Book* (p. 29). Rome.
24. Bruschi, F., Pozio, E., Watanabe, N., et al. (1999). *International Archives of Allergy and Immunology*, 119(4), 291–296.
25. Cabaj, W. (1987). *Acta Parasitologica Polonica*, 32(4), 361–367.
26. Napisanova, L. A., Zhdanova, O. B., Okulova, I. I., & Uspensky, A. V. (2018). Features of the distribution of trichinella larvae in muscles in a raccoon dog. *Theory and Practice of Controlling Parasitic Diseases*, (19), 324. EDN: <https://elibrary.ru/YTEGYT>
27. Jongwutiwes, S., Chantachum, N., Kraivichian, P., Siriyaasatien, P., Putaporntip, C., Tamburrini, A., La Rosa, G. F., Sreesunpasirikul, C., Yingyoud, P., & Pozio, E. (1998). First outbreak of human trichinellosis caused by *Trichinella pseudospiralis*. *Clinical Infectious Diseases*, 26(1), 111–115. <https://doi.org/10.1086/516278>
28. Pozio, E., La Rosa, G., Rossi, P., & Murrell, K. D. (1992). *Journal of Parasitology*, 78(4), 647–653.
29. Pozio, E., Christensson, D., Steen, M., & Marucci, G. (2004). *Trichinella pseudospiralis* foci in Sweden. *Veterinary Parasitology*, 125, 335–342. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2004.07.020>. EDN: <https://elibrary.ru/LZRARJ>
30. Ranque, S., Faugère, B., Pozio, E., La Rosa, G., Tamburrini, A., Pellisier, J. F., & Brouqui, P. (2000). *Trichinella pseudospiralis* outbreak in France. *Emerging Infectious Diseases*, 6(5), 543–547. <https://doi.org/10.3201/eid0605.000517>
31. Rudneva, O. V., Napisanova, L. A., Zhdanova, O. B., & Berezhko, V. K. (2018). Evaluation of the protective activity of different immunostimulatory drugs at the experimental trichinosis on white mice. *International Journal of High Dilution Research*, 17(2), 17–18. EDN: <https://elibrary.ru/SCXENM>
32. Penkova, P. A. (1976). B *Fourth International Conference on Trichinellosis* (pp. 31–32). Poznan, Poland.
33. Seryodkin, I. V., Odoyevskaya, I. M., Konyaev, S. V., & Spiridonov, S. E. (2020). *Trichinella* infection of wild carnivores in Primorsky Krai, Russian Far East. *Nature Conservation Research*, 5(S2), 31–40. <https://doi.org/10.24189/ncr.2020.040>. EDN: <https://elibrary.ru/SBNVRV>
34. Zhdanova, O., Haidarova, A. A., Napisanova, L. A., Rossohin, D., & Lozhenicina, O. (2015). The possibility of using *Trichinella spiralis* as an experimental model in the field of high dilutions. *International Journal of High Dilution Research*, 14(2), 60–61. <https://doi.org/10.51910/ijhdr.v14i2.796>. EDN: <https://elibrary.ru/VAKWGZ>
35. Zhdanova, O. B., Rudneva, O. V., Akulinina, Yu. K., & Napisanova, L. A. (2019). Evaluation of the effectiveness of different immunostimulatory medicine at the ex-

perimental trichinosis and leishmaniosis on white mice. *International Journal of High Dilution Research*, 18(2), 12. <https://doi.org/10.51910/ijhdr.v18i02.998>. EDN: <https://elibrary.ru/XMWVFZ>

References

1. Avtandilov, G. G. (1990). *Medical morphometry: A guide*. Meditsina. 384 pp.
2. Asatryan, A. M., & Movsesyan, S. O. (1985). Biological and morphological features of *T. pseudospiralis* in various host species. In *Proceedings of the 4th All-Union Conference on the Problem of Trichinellosis in Humans and Animals* (pp. 30–35). Yerevan.
3. Bolyakhina, S. A., & Efremova, E. A. (2023). Comparison of morphological changes in the blood of chickens during experimental infection with *T. spiralis* and *T. pseudospiralis*. *Teoriya i praktika bor'by s parazitarnymi boleznyami*, (24), 95–99. <https://doi.org/10.31016/978-5-6048555-6-0.2023.24.95-99>. EDN: <https://elibrary.ru/YGEMYD>
4. Britov, V. A. (1982). *Trichinellosis pathogens*. Nauka. 272 pp.
5. Garkavi, B. L. (2007). Trichinellosis caused by *Trichinella pseudospiralis* (morphology and biology of the pathogen, epizootiology and epidemiology, diagnosis, control and prevention measures). *Rossiyskiy parazitologicheskii zhurnal*, (2), 35–116. EDN: <https://elibrary.ru/KDRQIF>
6. Garkavi, B. L. (1994). *Helminth zoonoses: Control and prevention measures*. 50 pp.
7. Zhdanova, O. B., Ashikhmin, S. P., Okulova, I. I., & Beltyukova, Z. N. (2017). Prevalence of *T. spiralis* and some features of trichinellosis prevention in the Kirov Region. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya — ZNiSO*, (1), 46–49. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2017-286-1-46-49>. EDN: <https://elibrary.ru/XXRFLK>
8. Zhdanova, O. B., Chasovskikh, O. V., Rudneva, O. V., & Uspensky, A. V. (2023). On the issue of spleen morphology changes in mice with nematodiasis under immunostimulation. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 15(3), 11–25. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2023-15-3-11-25>. EDN: <https://elibrary.ru/BWEZCJ>
9. Zhdanova, O. B., & Chasovskikh, O. V. (2024). Study of larval distribution in muscles and some peripheral blood parameters of *Gallus gallus* during experimental infection with *Trichinella pseudospiralis*. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 16(4), 63–81. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2024-16-4-1236>. EDN: <https://elibrary.ru/HIIPLL>
10. Mezentsev, S. V. (2012). Epizootiological aspects of trichinellosis spread in the Altai Territory and protection of humans and animals from this invasion. *Vestnik NGAU*, (2), 89–94.
11. Mezentsev, S. V. (2005). Safety of poultry meat (order Galliformes) in private subsidiary farms. *Praktik*, (7–8), 23–27.

12. Martusevich, A. K., & Zhdanova, O. B. (2006). Informativeness of free crystal formation studies in zoonoses using a laboratory animal model. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region*, (1), 30–39. EDN: <https://elibrary.ru/HVD-MUV>
13. Martusevich, A. K., & Zhdanova, O. B. (2013). Study of the dependence of the crystallogenic activity of a biological medium on the intensity of experimental *Trichinella spiralis* invasion. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal*, (2), 64–71. EDN: <https://elibrary.ru/REPHNN>
14. Martusevich, A. K., Zhdanova, O. B., & Zvereva, T. A. (2006). On the crystallogenesis of animal biosubstrates. *Vyatskiy meditsinskiy vestnik*, (3–4), 33–38. EDN: <https://elibrary.ru/PBPOBD>
15. Odoevskaya, I. M., & Bukina, L. A. (2014). Gastropods and their role in the transmission of trichinellosis invasion. *Meditsinskaya parazitologiya i parazitarnye bolezni*, (3), 20–22. EDN: <https://elibrary.ru/TSFTAD>
16. Odoevskaya, I. M. (2011). The significance of birds in the dissemination of *Trichinella spp.* larvae in coastal and aquatic biocenoses. *Meditsinskaya parazitologiya i parazitarnye bolezni*, (1), 12–16. EDN: <https://elibrary.ru/UNDOGN>
17. Odoevskaya, I. M. (2007). Diagnostic efficacy of excretory-secretory antigens of trichinella in the enzyme immunoassay. *Meditsinskaya parazitologiya i parazitarnye bolezni*, (4), 19–24. EDN: <https://elibrary.ru/IIZREH>
18. Pshenichnyy, A. A. (2003). *Epizootiological and clinicopathological aspects of avian trichinellosis* [Doctoral dissertation, Candidate of Veterinary Sciences]. Krasnodar. 187 pp.
19. Pshenichnyy, A. A. (2004). *Epizootiological and clinicopathological aspects of avian trichinellosis* [Abstract of doctoral dissertation, Candidate of Veterinary Sciences]. Stavropol State Agrarian University. Stavropol. 30 pp. EDN: <https://elibrary.ru/NHMRWX>
20. Sapunov, A., Pshenichnyy, A., & Ivashchenko, A. (2006). Avian trichinellosis: Distribution, biology. *Ptitsevodstvo*, (1), 15. EDN: <https://elibrary.ru/NYJMFV>
21. Shaikenov, B. Sh., & Sokolova, L. A. (1981). On the spread of *Trichinella pseudospiralis* in nature. In *Proceedings of the 3rd All-Union Conference on the Problem of Trichinellosis in Humans and Animals* (pp. 71–73). Vilnius.
22. Barido, F. H., & Son, K. L. (2021). Changes in the activity of proteolytic enzymes, signs associated with tenderness, and quality properties of chicken breast under the influence of adenosine 5'-monophosphate when stored in the refrigerator. *Poultry Science*. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101056>
23. Boulos, L. M., Samara, L. A., & Hagaz, H. J. A. (1995). In *8th International Conference of Trichinellosis: Abstract Book* (p. 29). Rome.

24. Bruschi, F., Pozio, E., Watanabe, N., et al. (1999). *International Archives of Allergy and Immunology*, 119(4), 291–296.
25. Cabaj, W. (1987). *Acta Parasitologica Polonica*, 32(4), 361–367.
26. Napisanova, L. A., Zhdanova, O. B., Okulova, I. I., & Uspensky, A. V. (2018). Features of the distribution of trichinella larvae in muscles in a raccoon dog. *Theory and Practice of Controlling Parasitic Diseases*, (19), 324. EDN: <https://elibrary.ru/YTEGYT>
27. Jongwutiwes, S., Chantachum, N., Kraivichian, P., Siriyasatien, P., Putaporntip, C., Tamburrini, A., La Rosa, G. F., Sreesunpasirikul, C., Yingyoud, P., & Pozio, E. (1998). First outbreak of human trichinellosis caused by *Trichinella pseudospiralis*. *Clinical Infectious Diseases*, 26(1), 111–115. <https://doi.org/10.1086/516278>
28. Pozio, E., La Rosa, G., Rossi, P., & Murrell, K. D. (1992). *Journal of Parasitology*, 78(4), 647–653.
29. Pozio, E., Christensson, D., Steen, M., & Marucci, G. (2004). *Trichinella pseudospiralis* foci in Sweden. *Veterinary Parasitology*, 125, 335–342. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2004.07.020>. EDN: <https://elibrary.ru/LZRARJ>
30. Ranque, S., Faugère, B., Pozio, E., La Rosa, G., Tamburrini, A., Pellisier, J. F., & Brouqui, P. (2000). *Trichinella pseudospiralis* outbreak in France. *Emerging Infectious Diseases*, 6(5), 543–547. <https://doi.org/10.3201/eid0605.000517>
31. Rudneva, O. V., Napisanova, L. A., Zhdanova, O. B., & Berezhko, V. K. (2018). Evaluation of the protective activity of different immunostimulatory drugs at the experimental trichinosis on white mice. *International Journal of High Dilution Research*, 17(2), 17–18. EDN: <https://elibrary.ru/SCXENM>
32. Penkova, R. A. (1976). In *Fourth International Conference on Trichinellosis* (pp. 31–32). Poznan, Poland.
33. Seryodkin, I. V., Odoysvskaya, I. M., Konyaev, S. V., & Spiridonov, S. E. (2020). Trichinella infection of wild carnivores in Primorsky Krai, Russian Far East. *Nature Conservation Research*, 5(S2), 31–40. <https://doi.org/10.24189/ncr.2020.040>. EDN: <https://elibrary.ru/SBNVRV>
34. Zhdanova, O., Haidarova, A. A., Napisanova, L. A., Rossohin, D., & Lozhenicina, O. (2015). The possibility of using *Trichinella spiralis* as an experimental model in the field of high dilutions. *International Journal of High Dilution Research*, 14(2), 60–61. <https://doi.org/10.51910/ijhdr.v14i2.796>. EDN: <https://elibrary.ru/VAKWGZ>
35. Zhdanova, O. B., Rudneva, O. V., Akulinina, Yu. K., & Napisanova, L. A. (2019). Evaluation of the effectiveness of different immunostimulatory medicine at the experimental trichinosis and leishmaniosis on white mice. *International Journal of High Dilution Research*, 18(2), 12. <https://doi.org/10.51910/ijhdr.v18i02.998>. EDN: <https://elibrary.ru/XMWVZF>

ВКЛАД АВТОРОВ

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку статьи для публикации.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

The authors contributed equally to this article.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Жданова Ольга Борисовна, доктор биологических наук, профессор кафедры морфологии, микробиологии, химии и фармакологии; с.н.с. лаборатории паразитарных зоонозов

Вятский ГАТУ; ВНИИП – филиал ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН

Октябрьский проспект, 133, г. Киров, 610017, Российская Федерация; ул.

Большая Черемушкинская, 28, г. Москва, 117218, Российская Федерация
oliabio@yandex.ru

Мартусевич Андрей Кимович, доктор биологических наук, профессор, в.н.с. лаборатории инновационных технологий пищевых производств

Вятский ГАТУ

Октябрьский проспект, 133, г. Киров, 610017, Российская Федерация

cryst-mart@yandex.ru

Часовских Ольга Владимировна, кандидат ветеринарных наук, зав. кафедрой морфологии, микробиологии, химии и фармакологии

Вятский ГАТУ

Октябрьский проспект, 133, г. Киров, 610017, Российская Федерация

beoli@mail.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

Olga B. Zhdanova, Ph.D. in Biological Sciences, Professor, Department of Morphology, Microbiology, Chemistry, and Pharmacology; Senior Research Scientist, Laboratory of Parasitic Zoonoses

Vyatka State Agrotechnological University; All-Russian Research Institute of Fundamental and Applied Parasitology of Animals and Plants

133, Oktyabrsky Prospekt, Kirov, 610017, Russian Federation; 28, Bolshaya

Cheremushkinskaya Str., Moscow, 117218, Russian Federation

oliabio@yandex.ru

Andrey K. Martusevich, Ph.D. in Biological Sciences, Professor, Senior Researcher at the Laboratory of Innovative Food Production Technologies

Vyatka State Agrotechnological University
133, Oktyabrsky Prospekt, Kirov, 610017, Russian Federation
cryst-mart@yandex.ru

Olga V. Chasovskikh, Candidate of Veterinary Sciences, Head of the Department of Morphology, Microbiology, Chemistry, and Pharmacology
Vyatka State Agrotechnological University
133, Oktyabrsky Prospekt, Kirov, 610017, Russian Federation
beoli@mail.ru

Поступила 10.05.2025

После рецензирования 11.07.2025

Принята 30.07.2025

Received 10.05.2025

Revised 11.07.2025

Accepted 30.07.2025