

Научная статья

УДК 619:576.895.42:636.52/.58

doi: 10.31016/1998-8435-2021-15-4-61-75

## Физиолого-биохимические механизмы восстановления организма кур после дерманиссиоза на фоне деакаризации

Евгения Николаевна Индюхова<sup>1</sup>, Михаил Владимирович Арисов<sup>2</sup>,  
Владимир Ильич Максимов<sup>3</sup>, Татьяна Олеговна Азарнова<sup>4</sup>

<sup>1,2</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт фундаментальной и прикладной паразитологии животных и растений – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии имени К. И. Скрябина и Я. Р. Коваленко Российской академии наук», Москва, Россия

<sup>3,4</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина», Москва, Россия

<sup>1</sup>indyuhova@vniigis.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3294-6119>

<sup>2</sup>director@vniigis.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2103-8468>

<sup>3</sup>dr.maximov@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8934-0778>

<sup>4</sup>azarena@list.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6342-9355>

### Аннотация

**Цель исследований:** установить эффективность инсектоакарицидного препарата «5% эмульсия Д-цифенотрина» при заражении птиц *Dermanyssus gallinae* (дерманиссиозе) после деакаризации птичника и охарактеризовать физиолого-биохимические механизмы восстановления организма кур после освобождения от паразитов.

**Материалы и методы.** Паразитологическое обследование птицеводческого хозяйства показало наличие в одном из птичников *D. gallinae*. Учитывая высокую эффективность препарата против красного куриного клеща, проанализированы морфофизиологические и физиолого-биохимические показатели крови кур до и через 10 и 20 сут после обработок. Регистрировали изменения этологического статуса у птиц. Для обработки птицеводческого помещения использовали 0,005%-ную рабочую эмульсию «5% эмульсии Д-цифенотрина». Для приготовления 0,005%-ной рабочей эмульсии по действующему веществу препарат разводили с водой в соотношении 1 : 1000 непосредственно перед применением.

**Результаты и обсуждение.** После двукратной обработки препаратом «5% эмульсия Д-цифенотрина» цеха с птицей из опытной группы отмечено отсутствие живых красных куриных клещей. В течение 20 сут после купирования болезни у представителей этой группы выявлены высокие концентрации кортизола, которые в 2,3–2,4 раза ( $p < 0,001$ ) превышали показатели здоровых кур. Это свидетельствует о том, что стрессовое состояние кур еще остается после паразитирования *D. gallinae*. Кроме того, процесс восстановления протекает длительно и с большим напряжением для всех систем их организма. Указанное также подтверждено высоким уровнем липопероксидации. При этом у обсуждаемых особей зафиксирована высокая интенсивность глюконеогенеза и, как следствие, истощение липидного и белкового обменов. Положительные результаты свидетельствуют о возрастающей потребности в дополнительных энергетических затратах, первоначально необходимых для эффективной и своевременной реализации механизмов адаптации. Здесь следует отметить, что значения всех выше названных показателей имеют тенденцию к нормализации к концу исследуемого срока. Отмеченные изменения в крови у птиц указывают на восстановление ряда систем организма. Красный куриный клещ как чрезвычайный фактор влияет на морфофизиологию крови, в частности на уровень лейкоцитов, который восстанавливается к 10 суткам после деакаризации, что обуславливает запуск регенераторно-репаративных процессов. Также отмечено изменение количества клеток иммунной системы, повышение концентрации гемоглобина до контрольных значений, оптимизация поведения у представителей опытной группы – во многом сопряжены с нормализацией физиологической активности щитовидной железы после



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.  
The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

дезакаризации птичника. Установлено частичное восстановление систем организма кур после деакаризации птичника препаратом «5% эмульсия Д-цифенотрина», которое обусловлено длительным паразитированием *D. gallinae* – стрессора экстремальной силы.

**Ключевые слова:** деакаризация, *Dermanyssus gallinae*, кортизол, трийодтиронин, морфофизиология крови, поведение, истощение

**Прозрачность финансовой деятельности:** никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

**Конфликт интересов отсутствует**

**Для цитирования:** Индюхова Е. Н., Арисов М. В., Максимов В. И., Азарнова Т. О. Физиолого-биохимические механизмы восстановления организма кур после дерманиссиоза на фоне деакаризации // Российский паразитологический журнал. 2021. Т. 15. № 4. С. 61–75.

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2021-15-4-61-75>

© Индюхова Е. Н., Арисов М. В., Максимов В. И., Азарнова Т. О., 2021

Original article

## Physiological and biochemical mechanisms of the hen's body recovery from dermanysiosis associated with deacarization

Evgenia N. Indyuhova<sup>1</sup>, Mikhail V. Arisov<sup>2</sup>, Vladimir I. Maximov<sup>3</sup>, Tatiana O. Azarnova<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> All-Russian Scientific Research Institute for Fundamental and Applied Parasitology of Animals and Plant – a branch of the Federal State Budget Scientific Institution "Federal Scientific Centre VIEV", Moscow, Russia

<sup>3,4</sup> Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K.I. Skryabin, Moscow, Russia

<sup>1</sup> [indyuhova@vniigis.ru](mailto:indyuhova@vniigis.ru), <https://orcid.org/0000-0003-3294-6119>

<sup>2</sup> [director@vniigis.ru](mailto:director@vniigis.ru), <https://orcid.org/0000-0002-2103-8468>

<sup>3</sup> [dr.maximov@gmail.com](mailto:dr.maximov@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-8934-0778>

<sup>4</sup> [azarena@list.ru](mailto:azarena@list.ru), <https://orcid.org/0000-0001-6342-9355>

### Abstract

**The purpose of the research** is to study the efficacy of the insectoacaricide "5% D-cyphenotrine emulsion" against infestation of birds with *Dermanyssus gallinae* (dermanysiosis) after the deacarization of the poultry building and to characterize physiological and biochemical mechanisms of the recovery of Hy-Line hens after removed parasites.

**Materials and methods.** A parasitological examination of the poultry farm found *D. gallinae* in one of the poultry buildings. Given positive results of the drug efficacy against the poultry red mite, we analyzed the morpho-physiological and physiological and biochemical parameters of the hen's blood before and 10 and 20 days after the treatments. Changes in the ethological status of birds were recorded. We used 0.005% aqueous emulsion of "5% D-cyphenothrin emulsion" for treatment. To obtain it, the drug was diluted with water at a ratio of 1:1000 immediately before use.

**Results and discussion.** After double treatment with "5% D-cyphenotrine emulsion" of the shop with hens from the test group, no live poultry red mite was found. Within 20 days after the disease reduction, representatives of this group showed high concentrations of cortisol which were 2.3–2.4 times ( $p < 0.001$ ) higher than those of healthy hens. This indicates that the stress state of hens still remains after the parasitizing of *D. gallinae*. In addition, the recovery process takes a long time and with great stress for all systems of their body. This is also confirmed by a high level of lipid peroxidation. At the same time, high intensity of gluconeogenesis and, as a result, deterioration of lipid and protein metabolism were recorded in the hens in question. The positive results indicate an increasing need for additional energy expenditures which are paramount for the effective and well-timed implementation of adaptation mechanisms. It should be noted here that the values of all the above-mentioned indicators tend to normalize by the end of the study period. The changes noted in the blood of birds indicate the restoration of a number of body systems. The poultry red mite as an emergency factor affects the morphophysiology of the blood, in particular, the level of white blood

cells, which is restored by the 10<sup>th</sup> day after deacarization, which triggers regenerative and reparative processes. There were also changes in the number of cells of the immune system, an increase in hemoglobin concentration to control values and optimization of behavior in representatives of the test group which are largely related to the normalized physiological activity of the thyroid gland after the poultry building deacarization. We found a partial recovery of the hen's body systems after the poultry building deacarization with the drug "5% D-cyphenotrine emulsion", which is due to the long-term parasitizing of *D. gallinae*, a stressor of extreme strength.

**Keywords:** deacarization, *Dermanyssus gallinae*, cortisol, triiodothyronine, blood morphophysiology, behaviour, exhaustion

**Financial Disclosure:** none of the authors has financial interest in the submitted materials or methods.

**There is no conflict of interests**

**For citation:** Indyuhova E. N., Arisov M. V., Maximov V. I., Azarnova T. O. Physiological and biochemical mechanisms of the hen's body recovery from dermanysiosis associated with deacarization. *Rossiyskiy parazitologicheskii zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2021; 15 (4): 61–75. (In Russ.).

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2021-15-4-61-75>

© Indyuhova E. N., Arisov M. V., Maximov V. I., Azarnova T. O., 2021

## Введение

В живом организме основной индикатор, отражающий комплекс изменений при патологиях различного генеза – кровь. Анализ особенностей физиолого-биохимического статуса животных при изменении комфортных условий их жизнедеятельности является ключевым вектором в разработке лечебно-профилактических мероприятий в условиях промышленного сектора.

Сельскохозяйственную птицу сопровождает множество различных стресс-факторов, большую часть которых составляют биологические стрессоры, в частности – эктопаразиты. Красный куриный клещ – агрессивный паразитарный агент, который вызывает у кур дерманиссиоз, при котором у птиц отмечают угнетение, анемию, потерю пера, зуд, истощение.

Несмотря на широкий комплекс разработанных мероприятий по лечению и профилактике дерманиссиоза, заболеваемость птиц данным эктопаразитозом продолжает оставаться на высоком уровне, нанося значительный экономический ущерб птицеводству [2, 25, 30].

Определенный научный интерес представляет изучение возможности применения нового препарата на основе Д-цифенотрина без нарушения технологического режима в присутствии птицы при эктопаразитозах, а также детальный анализ механизмов и сроков восстановления организма кур после его использования, как инсектоакарицидного препарата, и ликвидации красного куриного клеща.

Действующее вещество препарата – Д-цифенотрин входит в группу синтетических пиретроидов, которые обладают высокой эффективностью против членистоногих и низкой токсичностью для животных. Последнее обусловлено их высоким клиренсом – через 24 ч после воздействия более 90% пиретроидов в виде метаболитов выводится из организма млекопитающих и птиц [28]. Пиретроиды – это нейротоксины, действие которых обусловлено блокированием проведения нервного импульса у паразита за счет изменения проницаемости мембран для ионов натрия, что приводит к парализующему эффекту. Кроме того, цифенотрин влияет на хлорные и кальциевые каналы нервных волокон, нарушая работу ГАМК-рецепторов у паразитов [29].

В связи с вышеизложенным, целью работы стало установление эффективности инсектоакарицидного препарата «5% эмульсия Д-цифенотрина» при заражении птиц *Dermanyssus gallinae* (дерманиссиозе) после деакаризации птичника и характеристика физиолого-биохимических механизмов восстановления организма кур кросса Хай-Лайн после освобождения от паразитов.

## Материалы и методы

В течение 2019 г. на базе птицефабрики Нижегородской области проведены исследования по выявлению эффективности инсектоакарицидного препарата в птичнике, содержащем кур кросса яичного направления Хай-Лайн.

Климат в регионе умеренно-континентальный; в течение года средняя температура воздуха составляет 5,9 °С; среднегодовое атмосферное давление – 748 мм рт. ст., относительная влажность воздуха – 74 %. Средняя скорость ветра – 1,7 м/с. Общее среднее количество осадков за год 386,95 мм.

Птицеводческие цеха рассчитаны на 45 000 голов кур-несушек; клеточные батареи четырехъярусные, вентиляция приточно-вытяжная, освещение естественное и искусственное, пометоудаление ленточное, подача воды и корма автоматическая. Корма собственного производства. Компоненты комбикорма: пшеница, шрот подсолнечный, известняк, мука мясокостная, масло подсолнечное, монохлоргидрат лизина, DL-метионин и витаминно-минеральный премикс. Показатели качества данного комбикорма соответствуют рекомендациям по кормлению сельскохозяйственной птицы [8]. Параметры микроклимата в птичниках соответствовали зоотехническим требованиям.

Комплексное паразитологическое обследование птицефабрики показало наличие в одном из птичников *D. gallinae*. Степень закле-

щеванности птичника определяли по методике В. М. Сперанской, П. А. Мухамедшиной [24]: слабая степень заклещеванности – на один погонный метр не больше 10 клещей, средняя – не больше 100, сильная – не больше 500 и очень сильная – больше 500 клещей. Под элементами клеточных батарей помещали белый картон, ударяли по клеткам палочкой, вынимали лист бумаги и собирали материал в контейнер с одного погонного метра. Далее проводили подсчет паразитов в условиях ВНИИП – филиала ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН. При оценке соскобов использовали световой микроскоп Zeiss с камерой AxioCam HRc, а также методические приемы из работы Н. Г. Брежетовой [4].

По результатам комплексного паразитологического исследования выявлен птичник, неблагополучный по дерманиссиозу с курами-несушками в возрасте 8 мес. (опытная группа), в котором установлена сильная степень заклещеванности – с одного погонного метра было собрано до 500 живых красных куриных клещей (рис. 1). Также отобрана контрольная группа кур, которая была свободна от клещей. У кур-несушек из двух птичников не обнаружено гельминтов и ооцист эймерий.

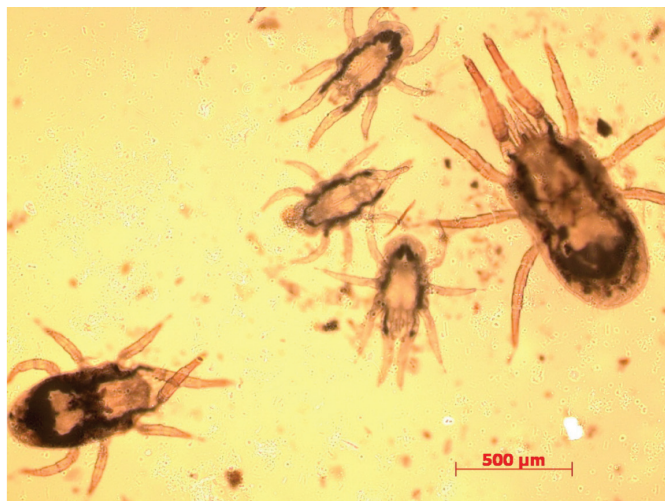


Рис. 1. Микроскопия соскобов с клеточного оборудования: Красные куриные клещи *Dermanyssus gallinae* (De Geer, 1778)

[Fig. 1. Microscopy of scrapings from the cage equipment: Poultry red mites *Dermanyssus gallinae* (De Geer, 1778)]

До и после деакаризации помещение подвергали механической очистке. Обработку помещения проводили препаратом «5% эмульсия Д-цифенотрина», который в качестве действующего вещества содержит

Д-цифенотрин – 5%. Организация-разработчик препарата – ВНИИП – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН. Деакаризацию птичника проводили согласно проекту инструкции по применению лекарственного средства для

ветеринарного применения. Для обработки птицеводческого помещения использовали 0,005%-ную рабочую эмульсию «5% эмульсии Д-цифенотрина» [2]. Для приготовления 0,005%-ной рабочей эмульсии по действующему веществу препарат разводили с водой в соотношении 1 : 1000 непосредственно перед применением. Обработку осуществляли, используя ранцевые распылители в присутствии птицы с нормой расхода 25–50 мл/м<sup>2</sup>. Опрыскиванию подвергали 2/3 суммарной площади помещения при открытых дверях, двукратно с интервалом 7 сут, используя средства индивидуальной защиты. Эффективность препарата учитывали через 24 ч и 7 сут после повторной деакаризации птичника.

Взятие крови кур для исследований совершали до и после двукратной обработки препаратом через 10 и 20 сут до утреннего кормления. Кровь брали индивидуально из подкрыльцовой вены от 10 случайно отобранных птиц из опытной и контрольной групп в стерильные пробирки. Предварительно пух и перья выщипывали, место взятия крови дезинфицировали 70%-ным этиловым спиртом.

Морфофизиологические и физиолого-биохимические показатели крови определяли согласно общепринятым методикам [20]. В работе использовали гомеостатические границы по показателям крови у яичных кур согласно данным И. П. Кондрахина [20] и И. В. Насонова и др. [19].

Методы определения этологических особенностей у кур включали наблюдение с регистрацией проявления их двигательной активности и оценку реакций кур на различные стимулы [17].

Все манипуляции с животными проведены в соответствии с регламентирующими международными требованиями [6, 7].

Цифровой материал подвергали статистической обработке с помощью критерия Стьюдента с использованием программы Microsoft Excel. Результаты считали достоверными при  $p \leq 0,05$  (\* –  $p < 0,05$ ; \*\* –  $p < 0,01$ ; \*\*\* –  $p < 0,001$ ).

### Результаты и обсуждение

Установлено выраженное негативное действие *D. gallinae* на организм кур, которое проявилось глубокими изменениями гормонального статуса, углеводно-энергетического, белкового, липидного обменов, наличием признаков напряженности в морфологиче-

ском составе крови, иммуносупрессии у больной птицы [10].

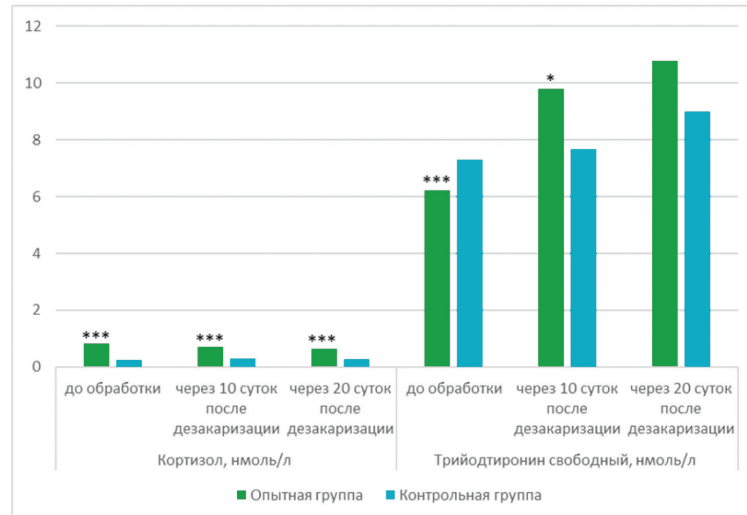
В работах F. Mougeot и др. [26] и H. Samadieh [27] отмечено, что в основе патогенеза паразитозов лежит стресс-реакция. Наши исследования показали, что состояние организма кур-несушек при дерманиссиозе соответствует третьей стадии стресс-реакции – стадии истощения [10].

Так, с одного погонного метра до обработки птичника, неблагополучного по дерманиссиозу, обнаружено не более 500 экз. клещей. После двукратной обработки птицеводческого помещения во всех пробах отмечено отсутствие живых особей гамазовых клещей, что подтверждает высокую терапевтическую эффективность данного препарата в отношении *D. gallinae* при клеточно-батарейном содержании кур яичного кросса. Птицы из контрольного цеха оставались свободными от клещей.

Постоянный контакт организма с неблагоприятными факторами окружающей среды ведет к изменениям в его внутренней среде [16]. При нарушении гомеостаза организм теряет возможность поддерживать жизненные функции и контролировать физиолого-биохимические процессы. Гомеостаз является самоподдерживающим процессом [13] и поэтому необходимо уделить особое внимание сравнению физиолого-биохимического, а также этологического статусов кур яичного кросса до и после устранения хронического раздражителя экстремальной силы.

Изменения физиолого-биохимического статуса кур яичного кросса до и после обработок приведены в таблице 1 и на рисунках 2–8. Стартовый уровень кортизола в крови у зараженных кур в наших исследованиях превышал контрольные значения в 3,6 раза ( $p < 0,001$ ) (рис. 2). Содержание кортизола у кур опытной группы через 10 и 20 сут после деакаризации птичника также был на высоком уровне, который в 2,3–2,4 раза ( $p < 0,001$ ) превышал показатели здоровых кур, что свидетельствует о состоянии хронического стресса у кур из опытной группы и необходимости его нивелирования [11].

Исследование тиреоидпродуцирующей функции щитовидной железы у кур показало стимуляцию работы данного органа после устранения стресс-фактора (рис. 2). До обработок у кур отмечали снижение активности ее фолликулярных клеток. Так, уровень «Т<sub>3</sub> сво-



Примечание: здесь и далее \*–  $p < 0,05$ ; \*\*–  $p < 0,01$ ; \*\*\*–  $p < 0,001$

[Note: here and after \*–  $p < 0.05$ ; \*\*–  $p < 0.01$ ; \*\*\*–  $p < 0.001$ ]

**Рис. 2.** Концентрация кортизола, трийодтиронина свободного в крови кур-несушек до и после деакаризации

[Fig. 2. Concentration of cortisol, free triiodothyronine in the blood of hens before and after deacarization]

бодный» был достоверно меньше в опытной группе – на 14,5 % ( $p < 0,001$ ) по отношению к контролю. После двукратной обработки у кур установлено достоверное повышение этого гормона на 10 и 20-е сутки после обработки в 1,3 раза ( $p < 0,05$ ) и на 20,2% соответственно по сравнению с контрольными цифрами.

Эндокринная и иммунная системы тесно взаимосвязаны между собой. Одно из ведущих мест в контроле иммунитета принадлежит йод-содержащим гормонам. Последние обладают модулирующим действием на клетки иммунной системы, а также участвуют в созревании иммунокомпетентных клеток [22]. У кур при дерманиссиозе отмечали снижение количества лейкоцитов в 1,5 раза ( $p < 0,01$ ). После деакаризации птичника данный показатель приближался к значениям здоровых животных. Через 20 сут после обработки количество лейкоцитов у кур из опытной группы составляло  $27,69 \pm 0,91 \times 10^9/\text{л}$  против  $30,68 \pm 1,25 \times 10^9/\text{л}$  в контроле.

До обработки у кур опытной группы в лейкограмме отмечен лимфоцитоз ( $70,8 \pm 2,02\%$  против  $61,8 \pm 1,69\%$  в контроле) (табл. 1) и выраженное снижение процента эозинофилов в крови ( $0,7 \pm 0,26\%$  против  $5,2 \pm 0,29\%$  в контроле) и моноцитов ( $2,4 \pm 0,45\%$  против  $4,0 \pm 0,54\%$  в контроле).

Сравнительный анализ лейкограммы у кур опытной и контрольной групп до и после дез-

акаризации птичника свидетельствует об активации системы иммунитета у кур опытной группы. Кроме того, повышение процента моноцитов в крови у кур после деакаризации, а также количества лейкоцитов до контрольных величин позволяет выдвинуть предположение об иницировании в организме процессов репарации и стимуляции кроветворения, что особенно важно для организма на стадии восстановления [15].

Ранее у кур кросса Хай-Лайн, зараженных *D. gallinae*, отмечали низкий уровень эритроцитов и гемоглобина [10]. После деакаризации у птиц не происходило восстановления количества эритроцитов до соответствующих значений кур контрольной группы. Динамика числа эритроцитов у кур опытной группы колебалась от  $2,08 \pm 0,08$  до  $2,52 \pm 0,04 \times 10^{12}/\text{л}$ . Подобные изменения связаны, вероятно, с недостатком энергетических и пластических ресурсов для эритропоэза в результате действия хронического стресс-фактора – *D. gallinae* [18]. Следует отметить тенденцию роста количества эритроцитов по сравнению с первоначальным уровнем у кур-несушек опытной группы. Концентрация гемоглобина у кур опытной группы после деакаризации постепенно нарастала и через 20 сут после обработки составила  $127,8 \pm 2,09$  г/л против  $129,1 \pm 2,33$  г/л в контроле.

Нормализация концентрации гемоглобина в крови кур опытной группы, очевидно, свя-

Таблица 1 [Table 1]

Изменения в лейкоцитарной формуле кур-несушек кросса Хай-Лайн до и после обработок (n = 10)  
[Changes in leukocyte formula of Hy-Line laying hens before and after treatments (n = 10)]

Показатель [Indicator]	Срок исследований [Study Date]	Значение показателя для кур групп [The value of the indicator for chickens groups]	
		опытной [experimental]	контрольной [control]
Эозинофилы, % [Eosinophiles, %]	До обработки [Before treatment]	0,7±0,26**	5,2±0,29
	Через 10 сут после дезакаризации [10 days after deacarization]	4,90±0,62	5,7±0,40
	Через 20 сут после дезакаризации [20 days after deacarization]	6,10±0,23	5,8±0,29
Моноциты, % [Monocytes, %]	До обработки [Before treatment]	2,4±0,45*	4,0±0,54
	Через 10 сут после дезакаризации [10 days after deacarization]	5,0±0,49	6,4±0,50
	Через 20 сут после дезакаризации [20 days after deacarization]	5,9±0,53	5,6±0,54
Базофилы, % [Basophiles, %]	До обработки [Before treatment]	0,7±0,26	0,8±0,29
	Через 10 сут после дезакаризации [10 days after deacarization]	1,0±0,26	0,80±0,33
	Через 20 сут после дезакаризации [20 days after deacarization]	1,3±0,40	1,3±0,40
Лимфоциты, % [Lymphocytes, %]	До обработки [Before treatment]	70,8±2,02**	61,8±1,69
	Через 10 сут после дезакаризации [10 days after deacarization]	58,4±0,62	56,9±0,31
	Через 20 сут после дезакаризации [20 days after deacarization]	56,7±0,78	57,0±0,77
Псевдоэозинофилы, % [Pseudoeosinophiles, %]	До обработки [Before treatment]	25,4±1,95	28,2±1,14
	Через 10 сут после дезакаризации [10 days after deacarization]	30,7±0,68	30,2±0,77
	Через 20 сут после дезакаризации [20 days after deacarization]	30,0±0,70	30,3±0,63

зана с устранением длительного паразитирования эктопаразита-гематофага, а также по данным Т. А. Некрасовой и др. [21], отчасти с восстановлением физиологической активности щитовидной железы.

Следует отметить, что йод-содержащие гормоны обладают антиоксидантным действием [9]. После дезакаризации птичника зафиксировано постепенное снижение продуктов перекисного окисления липидов до контрольных величин (рис. 3), что возможно обусловлено достижением физиологически необходимого уровня трийодтиронина у птиц опытной группы. До обработки у этих птиц установлено достоверное увеличение уровня липидов, содержащих изолированные двойные связи, и диеновых конъюгатов в 1,5 раза ( $p < 0,05$ ), триеновых конъюгатов – на 8,2% и оксодиеновых конъюгатов – в 1,9 раз ( $p < 0,01$ ), оснований Шиффа – в 1,5 раза по сравнению с контролем [10]. После двукратной обработки инсектоакарицидом через 20 сут у кур установлено снижение концентраций липидов, содержащих изолированные двойные связи, диеновых, триеновых соединений и оснований Шиффа до контрольных величин. В крови кур опытной группы достоверные значения сохранились только при определении концентрации оксодиеновых конъюгатов через 20 сут после обработки ( $1,06±0,11$  отн. ед. против  $0,74±0,07$  отн. ед. в контроле;  $p < 0,05$ ). Тенденция к снижению интенсивности перекисного окисления липидов также связана со снижением свободнорадикальных процессов у кур после устранения стресс-фактора – паразитирования *D. gallinae*.

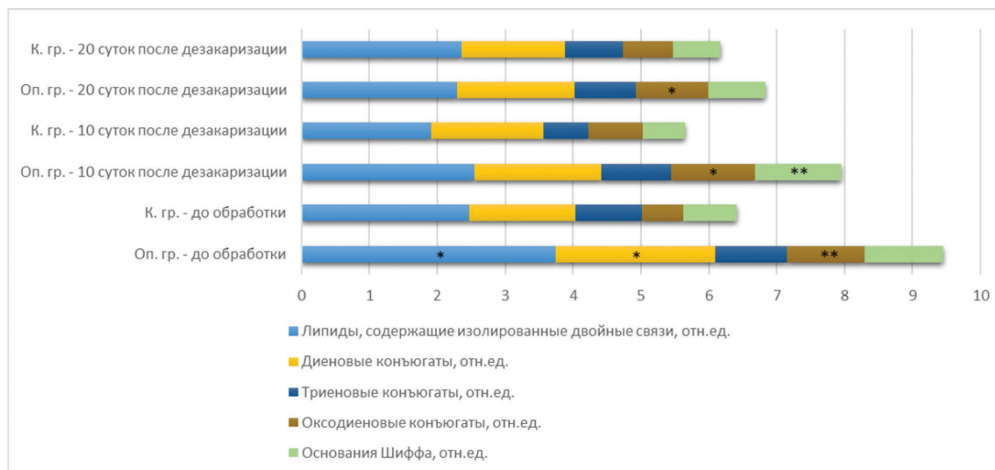


Рис. 3. Показатели перекисного окисления липидов в крови кур-несушек до и после деакаризации: К. гр. – контрольная группа; Оп. гр. – опытная группа

[Fig. 3. Indicators of lipid peroxidation in the blood of laying hens before and after deacarization]

Необходимо отметить, что у кур через 20 сут после обработки уровень антиоксидантной активности сыворотки крови не изменился. До деакаризации отмечали низкие значения данного параметра [10]. Через 20 сут после обработки он составил  $46,7 \pm 1,52\%$  против  $56,70 \pm 1,40\%$  в контроле ( $p < 0,01$ ), что продиктовано выраженной нагрузкой на организм птиц после паразитарного заболевания, как следствие, истощением антиоксидантных систем. Последнее определило реализацию антиоксидантных свойств йодсодержащими гормонами щитовидной железы [12].

Учёными доказана прямая зависимость этологического статуса животных от состояния функционирования желез внутренней секреции [17]. При дерманиссиозе у птиц регистрировали чрезмерную чувствительность к различным раздражителям окружающей среды, беспокойство, чрезмерную вокализацию, агрессивное поведение по сравнению с поведением кур-несушек контрольной группы. Через 20 сут после обработки птичника зафиксировано изменение этологического статуса у птиц. Поведение кур опытной группы не отличалось от такового контрольных.

При длительном контакте организма с раздражителем экстремальной силы формируются не только определенные поведенческие особенности, но и существенные изменения обмена веществ. Установлены изменения в белковом обмене у кур до и после деакаризации (рис. 4). До обработки у кур опытной группы зафиксировано снижение общего белка на 13,6%

( $p < 0,01$ ) по отношению к контролю [10]. Возможно, это обусловлено высокими концентрациями глюкокортикоида, который активирует ряд ферментов глюконеогенеза. После деакаризации у кур не происходило восстановления уровня: общего белка, альбуминов, а также глобулинов. Через 20 сут после обработки количество общего белка составило  $49,04 \pm 1,35$  г/л против  $61,91 \pm 1,20$  г/л ( $p < 0,001$ ) у здоровых кур-несушек. Уровень альбуминов через 10 и 20 сут у птиц после деакаризации составил  $26,87 \pm 0,51$  и  $26,36 \pm 0,57$  г/л соответственно данные значения считали достоверными ( $p < 0,001$ ) по сравнению с контролем. Полученные результаты свидетельствуют об истощении резервных возможностей организма, что подтверждает исследование В. В. Куклина и др. [14].

Известно, что при повышении уровня глюкокортикоидов в мышечной ткани запускается механизм их разрушения [11]. Креатинин – неспецифический показатель дистрофии мышц; при дерманиссиозе у кур отмечают достоверно высокие его значения [10]. Через 20 сут после обработки у кур отмечали также достоверное повышение креатинина в 1,3 раза ( $p < 0,001$ ) по сравнению с контрольной группой (рис. 5). Выявлено достоверное повышение активности креатинфосфокиназы у кур после деакаризации через 20 сут на 10,2% ( $p < 0,05$ ) по сравнению с контрольными величинами. Повышение уровня креатинина и креатинфосфокиназы в опыте свидетельствует о развитии дистрофических процессов в мышечной ткани кур-несушек [3].



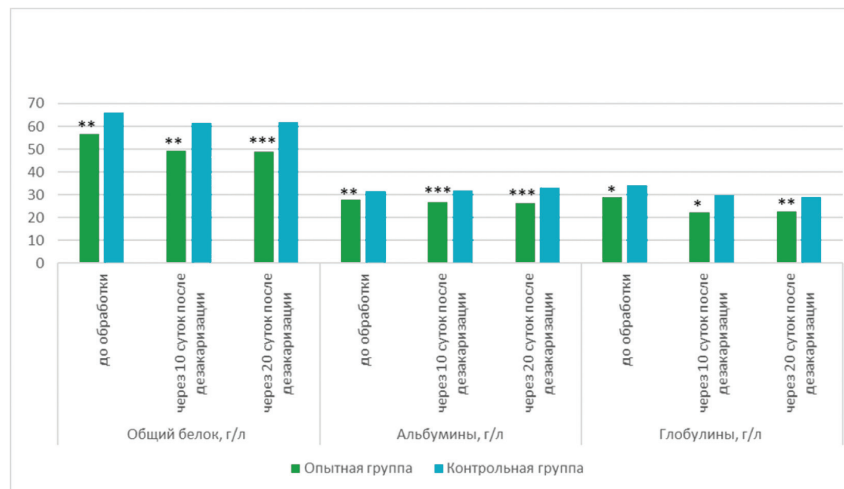


Рис. 4. Некоторые показатели белкового обмена в крови кур-несушек до и после деакаризации

[Fig. 4. Some indicators of protein metabolism in the blood of laying hens before and after deacarization]

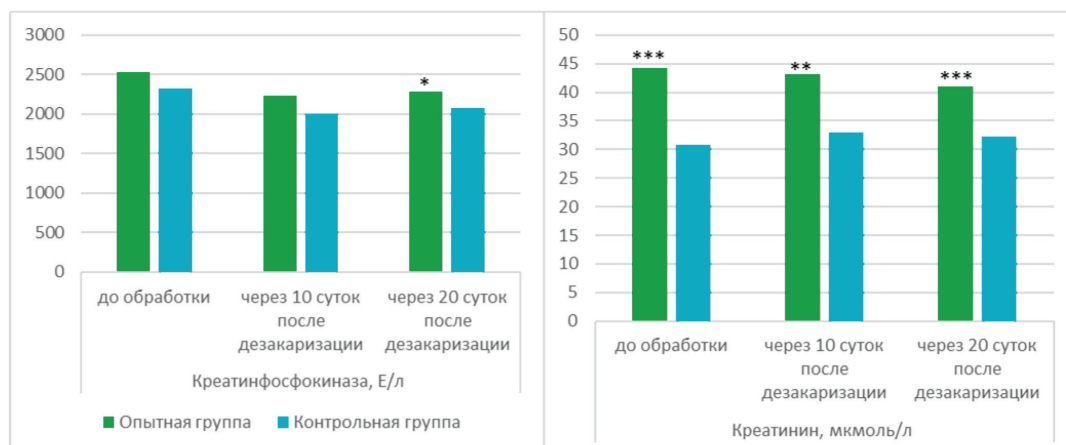


Рис. 5. Активность креатинфосфокиназы и концентрация креатинина в крови кур-несушек до и после деакаризации

[Fig. 5. Creatine phosphokinase activity and creatinine concentration in the blood of laying hens before and after deacarization]

Длительно высокие концентрации кортизола у кур-несушек до обработки и после (рис. 2) обуславливают некоторое истощение липидных депо. После деакаризации сохранено достоверно низкое содержание триглицеридов ( $5,14 \pm 0,11$  против  $6,16 \pm 0,15$  в контроле;  $p < 0,001$ ), а также холестерина, концентрация которого ниже в 1,7 раза ( $p < 0,001$ ) по сравнению с контролем (рис. 6). Низкий уровень холестерина, возможно, связан с длительно высоким интенсивным синтезом стероидного гормона – кортизола.

В свою очередь, углеводно-энергетический обмен имел тенденцию к стабилизации (рис. 7).

По сравнению с исходным уровнем, концентрация глюкозы и активность  $\alpha$ -амилазы у кур опытной группы стала приближаться к контрольным значениям. Изменение описанных показателей может быть рассмотрено как компенсаторно-приспособительная реакция после хронического стресса, в частности за счет усиления глюконеогенеза в печени.

Основной путь утилизации глюкозы – гликолиз. Прогрессирующее развитие гипоксических состояний при дерманиссиозе у кур привело к преобладанию анаэробного пути расщепления глюкозы, что подтверждается высокой активностью лактатдегидрогеназы.

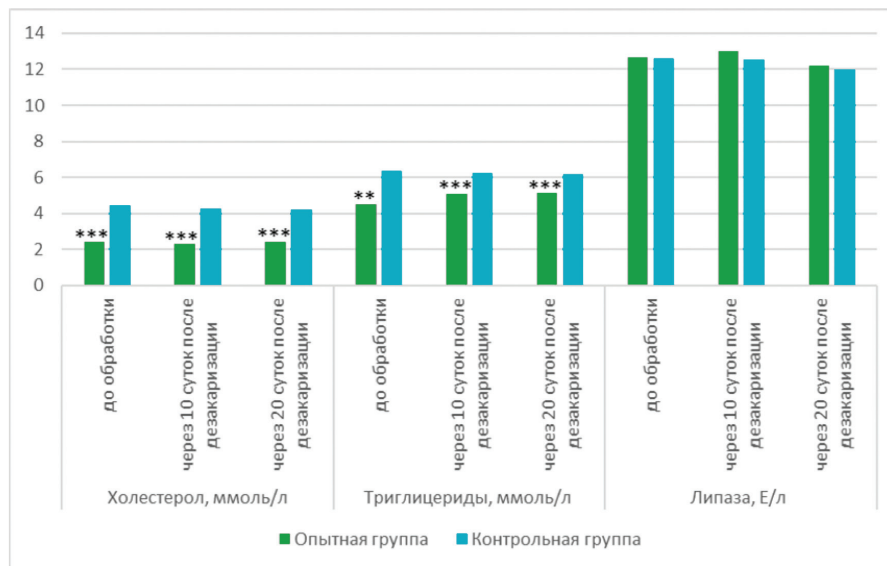


Рис. 6. Некоторые показатели липидного обмена в крови кур-несушек до и после деакаризации

[Fig. 6. Some traits of lipid metabolism in the blood of laying hens before and after deacarization]

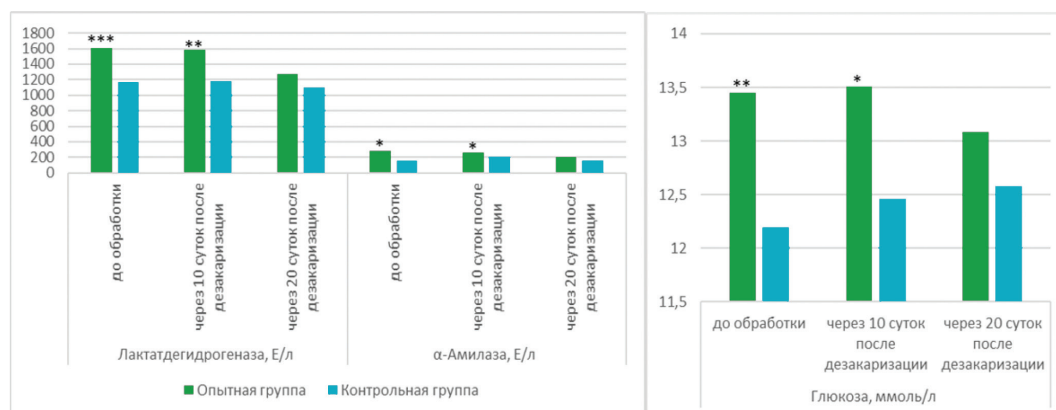


Рис. 7. Некоторые показатели углеводного обмена в крови кур-несушек до и после деакаризации

[Fig. 7. Some traits of carbohydrate metabolism in the blood of laying hens before and after deacarization]

До обработки у кур опытной группы отмечено достоверное повышение активности этого фермента (рис. 7). После деакаризации описываемый показатель имел тенденцию к дальнейшему снижению и стабилизации относительно контрольных величин. Активность лактатдегидрогеназы у кур опытной группы через 20 сут составила  $1274,70 \pm 81,62$  Е/л против  $1102,52 \pm 57,07$  Е/л в контроле. Можно предположить, что это обусловлено поддержанием кислородно-транспортной функции крови за счет повышения концентрации гемоглобина в крови кур после деакаризации.

Активность ферментативных систем играет важную роль в обеспечении интенсивности обмена веществ, от которой зависит скорость восстановления гомеостаза при стрессовых воздействиях [23]. Значения активности аламинотрансферазы у кур подопытных групп сопоставимы с нижней гомеостатической границей для изучаемого кросса (рис. 8). Низкий уровень активности данного фермента у кур опытной группы до обработки указывает на снижение взаимосвязи, прежде всего, аминокислотного и углеводного обменов, а вместе с тем возможности осуществления

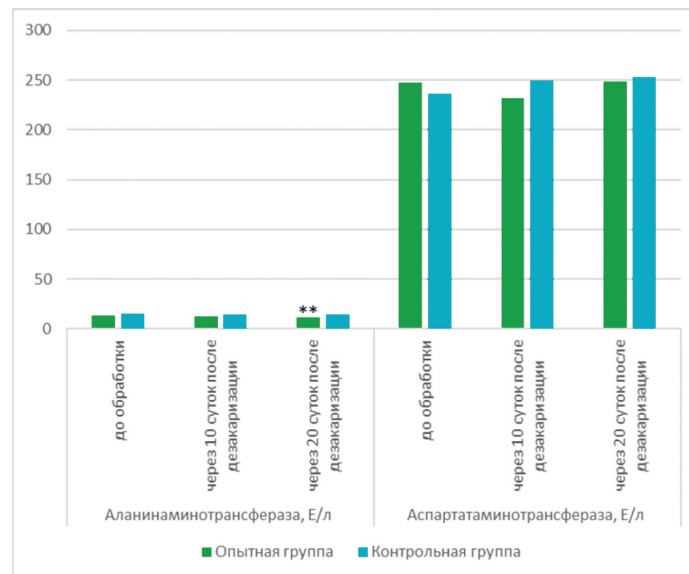


Рис. 8. Активность аланинаминотрансферазы и аспартатаминотрансферазы в крови кур-несушек до и после деакаризации

[Fig. 8. Activity of alanine aminotransferase and aspartate aminotransferase in the blood of laying hens before and after deacarization]

аланинового цикла, который играет важную роль в энергообмене мышечной ткани. Через 20 сут после обработки отмечено достоверное снижение данного фермента на 23,5% ( $p < 0,01$ ) по сравнению с контролем, что свидетельствует об уменьшении взаимосвязей углеводного и белкового обменов, снижении вероятности формирования эффективных метаболических взаимодействий и компенсаторных функций для нивелирования третьей стадии стресс-реакции – стадии истощения [12].

Таким образом, выявлено частичное восстановление параметров гомеостаза у кур кросса Хай-Лайн после деакаризации птичника препаратом «5% эмульсия Д-цифенотрина». Известно, что от силы раздражителя зависит скорость регенераторно-репаративных процессов [5]; в нашем исследовании стресс-фактор является экстремальным. Это, очевидно, осложнило и затянуло процесс восстановления организма после болезни.

Высокие концентрации кортизола в крови у кур-несушек до и после деакаризации обуславливают превалирование катаболических процессов над анаболическими. Заявленное необходимо для повышения энергообеспечения организма, а вместе с тем эффективной и своевременной реализации механизмов адаптации для нивелирования последствий третьей стадии стресса – стадии истощения.

Можно предположить, что данный тип метаболизма сформировался в результате реализации комплекса компенсаторно-приспособительных реакций в организме кур кур опыта. Неоднородность восстановления после стресса у животных, возможно, связана с разной чувствительностью и повреждаемостью различных органов, в частности, щитовидной железы, а также тканей, которые могут находиться под влиянием разных местных адаптационных реакций, отличных от общих [5].

Все вышеуказанное свидетельствует о том, что выраженные нарушения метаболизма у кур при дерманиссиозе требуют комплексного подхода для полноценной оптимизации их физиологического статуса и, соответственно, дополнительных исследований в данном направлении [1].

### Заключение

Установлен положительный результат при деакаризации птичника против красных куриных клещей рабочей эмульсией препарата «5% эмульсия Д-цифенотрина».

После проведенных обработок в течение 20 сут птичник был свободен от эктопаразитов. У яичных кур не наблюдали каких-либо побочных действий и осложнений после деакаризации птичника инсектоакарицидом «5% эмульсия Д-цифенотрина» в их присутствии.

Физиолого-биохимический статус особей до и после воздействия препаратом при дезакаризации помещения изменяется в течение всего периода исследования, т. е. 20 сут. Зарегистрирована положительная динамика стабилизации гомеостаза у кур после освобождения от красного куриного клеща. У кур опытной группы отмечен катаболический сдвиг метаболизма, который обеспечивает организм энергией, необходимой для поддержания восстановительных процессов после болезни. При этом, у кур отмечена стабилизация концентрации гемоглобина, количества лейкоцитов до контрольных значений, повышение инкреторной активности щитовидной железы у кур после дезакаризации, а также выраженное снижение интенсивности перекисного окисления липидов.

После освобождения от красного куриного клеща этологический статус кур восстанавливается – угнетение, агрессивное поведение, потеря пера, зуд исчезают. Через 20 сут после обработки их поведение не отличалось от здоровой птицы.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Арисов М. В., Кожина А. В., Индюхова Е. Н. Моделирование рецептуры комбинированного препарата при паразитозах птиц с оптимизацией их обмена веществ и неспецифической резистентности // Материалы XII научно-практической конференции памяти профессора В. А. Ромашова «Современные проблемы общей и прикладной паразитологии». Воронеж, 2018. С. 92-97.
2. Арисов М. В., Максимов В. И., Индюхова Е. Н. Оценка эффективности препарата «5% эмульсия d-цифенотрина» против красного куриного клеща и зоофильных мух // Сборник тезисов III Международного паразитологического симпозиума «Современные проблемы общей и частной паразитологии». СПб, 2019. С. 41-43.
3. Большаков Д. С., Никешина Т. Б. Биохимические показатели сыворотки крови сельскохозяйственных животных // Ветеринария сегодня. 2015. № 4. С. 49-56.
4. Брежетова Н. Г. Гамазовые клещи (Gamasoidea). Краткий определитель. М.; Л.: Изд. АН СССР, 1956. 247 с.
5. Гаркави Л. Х., Квакина Е. Б., Уколова М. В. Адаптационные реакции и резистентность организма. Ростов-на-Дону: Рос. Университет, 1979. С. 78-81.
6. Директива 2010/63/EU Европейского парламента и совета Европейского Союза от 22 сентября 2010 г. по охране животных, используемых в научных целях.
7. Европейская конвенция о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях (г. Страсбург, 18.03.1986).
8. Егоров И. Современные подходы к кормлению кур-несушек // Комбикорма. 2017. № 2. С. 69-72.
9. Индюхова Е. Н., Азарнова Т. О., Максимов В. И. Детализация особенностей реализации антистрессовых свойств биологически активного йода у эмбрионов кур // Российская сельскохозяйственная наука. 2019. № 3. С. 58-63.
10. Индюхова Е. Н., Арисов М. В., Максимов В. И., Азарнова Т. О. Физиолого-биохимический ответ организма яичных кур на *Dermanyssus gallinae* // Сборник научных статей по материалам международной научной конференции «Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями». 2021. Вып. 22. С. 215-222. DOI: 10.31016/978-5-6046256-1-3.2021.22.215-222
11. Козлов А. И., Козлова М. А. Кортизол как маркер стресса // Физиология человека. 2014. Т. 40. № 2. С. 123-126.
12. Кочиш И. И., Азарнова Т. О., Найденский М. С. Профилактика свободнорадикальных аномалий у кур в раннем онтогенезе: Монография. М.: Сельскохозяйственные технологии. 2019. 358 с.
13. Крыжановский Г. Н. Некоторые общепатологические и биологические категории: здоровье, болезнь, гомеостаз, саногенез, адаптация, иммунитет. Новые подходы и представления // Патогенез. 2003. Т. 1. № 1. С. 11-14.
14. Куклин В. В., Куклина М. М., Усягина И. С., Матишов Д. Г. Особенности физиолого-биохимического ответа рыбадных птиц на паразитарное заражение и загрязнение местобитаний в Восточном Приазовье // Наука Юга России. 2016. № 1 (12). С. 51-60.
15. Луговская С. А., Почтарь М. Е. Гематологический атлас. Москва-Тверь: Триада, 2011. 368 с.
16. Максимов В. И., Арисов М. В., Индюхова Е. Н., Лялина Е. Е. Коррекция нарушений гомеостаза у домашних животных, зараженных эктопаразитами, при применении препарата Инспектор спрей // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2016. Т. 227. № 3. С. 43-47.
17. Максимов В. И., Лысов В. Ф. Некоторые аспекты этологии животных // Вестник российской академии сельскохозяйственных наук. 2006. № 2. С. 21-22.
18. Мамылина Н. В., Павлова В. И. Влияние эмоционально-болевого стресса на показатели цент-

- рального и периферического отделов эритрона // Вестник Южно-Уральского государственного университета. 2011. № 20. С. 46-48.
19. Методические рекомендации по гематологическим и биохимическим исследованиям у кур современных кроссов / И. В. Насонов, Н. В. Буйко, Р. П. Лизун, В. Е. Волыхина, Н. В. Захарик, С. М. Якубовский. Минск, 2014. 32 с.
  20. Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики: Справочник / И. П. Кондрахин. М.: КолосС, 2004. 520 с.
  21. Некрасова Т. А., Строгин Л. Г., Леденцова О. В. Гематологические нарушения при субклиническом гипотиреозе и их динамика в процессе заместительной терапии // Клиническая медицина. 2013. № 9. С. 29-33.
  22. Савочкина Д. И. Влияние тиреоидных гормонов на клетки иммунной системы // Современные научные исследования и разработки. 2017. № 4 (12). С. 256-260.
  23. Севостьянова Е. В. Особенности липидного и углеводного метаболизма человека на Севере (литературный обзор) // Бюллетень сибирской медицины. 2013. Т. 12. № 1. С. 93-100.
  24. Сперанская В. М., Мухамедшина П. А. Эктопаразиты кур и средства борьбы с ними в условиях Северо-Западной зоны РСФСР и Восточной Грузии // Доклады Всесоюзной конференции по природной очаговости болезней и общим вопросам паразитологии животных. Ташкент, 1969. С. 64-70.
  25. Baran A. I., Jahanghiri F., Hajipour N., Sparagano O. A. E., Norouzi R., Moharramnejad S. In vitro acaricidal activity of essential oil and alcoholic extract of *Trachyspermum ammi* against *Dermanyssus gallinae*. *Veterinary Parasitology*. 2020; 278. 109030. DOI:10.1016/j.vetpar.2020.109030
  26. Mougeot F., Martinez-Padilla J., Blount J. D., Perez-Rodriguez L., Webster L. M. I., Piertney S. B. Oxidative stress and the effect of parasites on a carotenoid-based ornament. *Journal of Experimental Biology*. 2010; 213 (3): 400–407. DOI:10.1242/jeb.037101
  27. Samadieh H., Mohammadi G. R., Maleki M., Borji H., Azzizaden M., Heidarpour M. Relationships between oxidative stress, liver, and erythrocyte injury, trace elements and parasite burden in sheep naturally infected with *Dicrocoelium dendriticum*. *Iran J. Parasitol*. 2017; № 1 (12): 46-55.
  28. Schleier III J. J., Peterson R. K. D. Pyrethrins and pyrethroid insecticides. London: Royal Society of Chemistry, 2011; 11. 94-131.
  29. Soderlund D. M., Bloomquist J. R. Neurotoxic Actions of Pyrethroid Insecticides. *Annual Review of Entomology*. 1989. 34 (1): 77–96. DOI: 10.1146/annurev.en.34.010189.000453
  30. Sparagano O. A. E., George D. R., Finn R. D. et al. *Dermanyssus gallinae* and chicken egg production: impact, management, and a predicted compatibility matrix for integrated approaches. *Exp. Appl. Acarol*. 2020; 82. 441–453. DOI:10.1007/s10493-020-00558-3

Статья поступила в редакцию 18.09.2021; принята к публикации 15.10.2021

Об авторах:

**Индюхова Евгения Николаевна**, ВНИИП – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН (117218, Москва, ул. Б. Черемушкинская, 28), Москва, Россия, кандидат биологических наук, **ORCID ID:** 0000-0003-3294-6119, **indyuhova@vniigis.ru**

**Арисов Михаил Владимирович**, ВНИИП – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН (117218, Москва, ул. Б. Черемушкинская, 28), Москва, Россия, доктор ветеринарных наук, профессор РАН, **ORCID ID:** 0000-0002-2103-8468, **director@vniigis.ru**

**Максимов Владимир Ильич**, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина (109472, Москва, ул. Академика Скрябина, д. 23), Москва, Россия, доктор биологических наук, профессор, **ORCID ID:** 0000-0002-8934-0778, **dr.maximov@gmail.com**

**Азарнова Татьяна Олеговна**, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина (109472, Москва, ул. Академика Скрябина, д. 23), Москва, Россия, доктор биологических наук, профессор, **ORCID ID:** 0000-0001-6342-9355, **azarena@list.ru**

Вклад соавторов:

**Индюхова Е. Н.** – создание дизайна исследования, проведение научно-исследовательской работы, сбор и анализ данных.

**Арисов М. В.** – разработка дизайна исследования, анализ полученных результатов исследования.

**Максимов В. И.** – анализ полученных данных, подготовка статьи.

**Азарнова Т. О.** – анализ и интерпретация полученных данных.

*Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*

## References

1. Arisov M. V., Kozhina A. V., Indyuhova E. N. Modeling the formulation of a combined drug against parasitosis of birds with optimization of their metabolism and nonspecific resistance. *Materialy XII nauchno-prakticheskoy konferentsii pamyati professora V. A. Romashova «Sovremennyye problemy obshchey i prikladnoy parazitologii» = Proceedings of the XII scientific and practical conference in memory of prof. V. A. Romashov "Current issues of general and applied parasitology"*. Voronezh, 2018; 92-97. (In Russ.)
2. Arisov M. V., Maximov V. I., Indyuhova E. N. Evaluation of the efficacy of the drug "5% d-cyphenotrine emulsion" against the poultry red mite and zoophilous flies. *Sbornik tezisov III Mezhdunarodnogo parazitologicheskogo simpoziuma «Sovremennyye problemy obshchey i chastnoy parazitologii» = Proceedings of the III International Parasitological Symposium "Current issues of general and private parasitology"*. St. Petersburg, 2019; 41-43. (In Russ.)
3. Bolshakov D. S., Nikeshina T. B. Biochemical parameters of blood serum of farm animals. *Veterinary medicine today*. 2015; 4: 49-56. (In Russ.)
4. Bregetova N. G. Gamasid mites (Gamasoidea): A short identification guide. Moscow; Leningrad: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1956; 247. (In Russ.)
5. Garkavi L. H., Kvakina E. B., Ukolova M. V. Adaptive response and resistance of the body. Rostov-on-Don: Rus. University, 1979; 78-81. (In Russ.)
6. Directive 2010/63/EU of the European Parliament and of the Council of the European Union of 22 September 2010 on the protection of animals used for scientific purposes.
7. The European Convention for the Protection of Vertebrate Animals Used for Experiments or for Other Scientific Purposes (concluded in Strasbourg on 18.03.1986).
8. Yegorov I. Modern approaches to feeding laying hens. *Feed concentrate*. 2017; 2: 69-72. (In Russ.)
9. Indyuhova E. N., Azarnova T. O., Maximov V. I. Detailing the features of the implementation of anti-stress properties of biologically active iodine in chicken embryos. *Rossiyskaya sel'skokhozyaystvennaya nauka = Russian Agricultural Science*. 2019; 3: 58-63. (In Russ.)
10. Indyuhova E. N., Arisov M. V., Maximov V. I., Azarnova T. O. Physiological and biochemical response of laying hens to *Dermanyssus gallinae*. *Sbornik nauchnykh statey po materialam mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii «Teoriya i praktika bor'by s parazitarnymi boleznyami» = Proceedings of the International Scientific Conference "Theory and Practice of Control of Parasitic Diseases"*. Moscow, 2021. 22: 215-222. DOI: 10.31016/978-5-6046256-1-3.2021.22.215-222 (In Russ.)
11. Kozlov A. I., Kozlova M. A. Cortisol as a marker of stress. *Fiziologiya cheloveka = Human Physiology*. 2014; 40 (2): 123-126. (In Russ.)
12. Kochish I. I., Azarnova T. O., Naidensky M. S. Prevention of free-radical anomalies in chickens in early ontogenesis: Monograph. Moscow: Agricultural Technologies Publishing House, 2019; 358. (In Russ.)
13. Kryzhanovskii G. N. Some general pathological and biological categories: health, disease, homeostasis, sanogenesis, adaptation, immunity. New approaches and ideas. *Patogenez = Pathogenesis*. 2003; 1 (1): 11-14. (In Russ.)
14. Kuklin V. V., Kuklina M. M., Usiagina I. S., Matishov D. G. Peculiarities of physiological and biochemical response of fish-eating birds to parasitic infestation and habitat pollution in the Eastern Azov Sea region. *Nauka Yuga Rossii = Science of the South of Russia*. 2016; 1 (12): 51-60. (In Russ.)
15. Lugovskaia S. A., Pochtar M. E. Hematological Atlas. 3rd edition, supplemented. Moscow-Tver: Triad Publishing House LLC, 2011; 368. (In Russ.)
16. Maximov V. I., Arisov M. V., Indyuhova E. N., Lialina E. E. Correction of homeostasis disorders in domestic animals infected with ectoparasites, when using the drug Inspector spray. *Uchenyye zapiski Kazanskoy gosudarstvennoy akademii veterinarnoy meditsiny im. N. E. Baumana = Scientific Notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N. E. Bauman*. 2016; 227 (3): 43-47. (In Russ.)
17. Maximov V. I., Lysov V. F. Some aspects of animal ethology. *Vestnik rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk = Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences*. 2006; 2: 21-22. (In Russ.)
18. Mamylnina N. V., Pavlova V. I. The influence of emotional and pain stress on the indicators of the central and peripheral parts of the erythron. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta = Bulletin of the South Ural State University*. 2011; 20: 46-48. (In Russ.)
19. Methodological recommendations on hematological and biochemical studies in chickens of modern crosses / I. V. Nasonov, N. V. Buiko, R.

- P. Lizun, V. E. Volykhina, N. V. Zacharik, S. M. Yakubovskii. Minsk, 2014; 32. (In Russ.)
20. Methods of veterinary clinical laboratory diagnostics: Reference book / I. P. Kondrakhin. M.: ColosS, 2004; 520. (In Russ.)
  21. Nekrasova T. A., Strogina L. G., Ledentsova O. V. Hematological disorders in subclinical hypothyroidism and their dynamics in the process of substitution therapy. *Klinicheskaya meditsina = Clinical medicine*. 2013; 9: 29-33. (In Russ.)
  22. Savochkina D. I. The effect of thyroid hormones on the cells of the immune system. *Sovremennyye nauchnyye issledovaniya i razrabotki = Modern scientific research and development*. 2017; 4 (12): 256-260. (In Russ.)
  23. Sevostianova E. V. Peculiarities of lipid and carbohydrate metabolism in humans in the North (literature review). *Byulleten' sibirskoy meditsiny = Bulletin of Siberian Medicine*. 2013; 12 (1): 93-100. (In Russ.)
  24. Speranskaia V. M., Mukhamedshina P. A. Ectoparasites of chickens and means of their control in conditions of North-West zone of RSFSR and East Georgia. *Reports of All-Union Conference on natural focalities of diseases and general issues of animal parasitology*. Tashkent, 1969; 64-70. (In Russ.)
  25. Baran A. I., Jahanghiri F., Hajipour N., Sparagano O. A. E., Norouzi R., Moharramnejad S. In vitro acaricidal activity of essential oil and alcoholic extract of *Trachyspermum ammi* against *Dermanyssus gallinae*. *Veterinary Parasitology*. 2020; 278. 109030. DOI:10.1016/j.vetpar.2020.109030
  26. Mougeot F., Martinez-Padilla J., Blount J. D., Perez-Rodriguez L., Webster L. M. I., Piertney S. B. Oxidative stress and the effect of parasites on a carotenoid-based ornament. *Journal of Experimental Biology*. 2010; 213 (3): 400-407. DOI:10.1242/jeb.037101
  27. Samadieh H., Mohammadi G. R., Maleki M., Borji H., Azzizaden M., Heidarpour M. Relationships between oxidative stress, liver, and erythrocyte injury, trace elements and parasite burden in sheep naturally infected with *Dicrocoelium dendriticum*. *Iran J. Parasitol*. 2017; № 1 (12): 46-55.
  28. Schleier III J. J., Peterson R. K. D. Pyrethrins and pyrethroid insecticides. London: Royal Society of Chemistry, 2011; 11. 94-131.
  29. Soderlund D. M., Bloomquist J. R. Neurotoxic Actions of Pyrethroid Insecticides. *Annual Review of Entomology*. 1989. 34 (1): 77-96. DOI: 10.1146/annurev.en.34.010189.000453
  30. Sparagano O. A. E., George D. R., Finn R. D. et al. *Dermanyssus gallinae* and chicken egg production: impact, management, and a predicted compatibility matrix for integrated approaches. *Exp. Appl. Acarol*. 2020; 82. 441-453. DOI:10.1007/s10493-020-00558-3

The article was submitted 18.09.2021; accepted for publication 15.10.2021

#### About the authors:

**Indyuhova Evgenia N.**, All-Russian Scientific Research Institute for Fundamental and Applied Parasitology of Animals and Plant – a branch of the Federal State Budget Scientific Institution “Federal Scientific Centre VIEV”, (117218, Moscow, B. Cheremushkinskaya st., 28), Moscow, Russia, Candidate of Biological Sciences, **ORCID ID:** 0000-0003-3294-6119, **indyuhova@vniigis.ru**

**Arisov Mikhail V.**, All-Russian Scientific Research Institute for Fundamental and Applied Parasitology of Animals and Plant – a branch of the Federal State Budget Scientific Institution “Federal Scientific Centre VIEV”, (117218, Moscow, B. Cheremushkinskaya st., 28), Moscow, Russia, Doctor of Veterinary Sciences, Professor of the Russian Academy of Sciences, **ORCID ID:** 0000-0002-2103-8468, **director@vniigis.ru**

**Maksimov Vladimir I.**, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MBA named after K. I. Skryabin (109472, Moscow, Akademika Skryabina st., 23), Moscow, Russia, Doctor of Biological Sciences, Professor, **ORCID ID:** 0000-0002-8934-0778, **dr.maximov@gmail.com**

**Azarnova Tatyana O.**, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MBA named after K. I. Skryabin (109472, Moscow, Akademika Skryabina st., 23), Moscow, Russia, Doctor of Biological Sciences, Professor, **ORCID ID:** 0000-0001-6342-9355, **azarena@list.ru**

#### Contribution of co-authors:

**Indyuhova Evgenia N.** – creation of research design, research work, data collection and analysis.

**Arisov Mikhail V.** – research design development, analysis of the research results.

**Maksimov Vladimir I.** – analysis of the data obtained, preparation of the article.

**Azarnova Tatyana O.** – analysis and interpretation of the data obtained.

*All authors have read and approved the final manuscript.*