



Оценка гормонального и антиоксидантного статуса организма овец разных возрастных групп

© 2024. Н. В. Боголюбова ✉

ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста», Дубровицы, Российская Федерация

Цель данного исследования – изучение некоторых показателей антиоксидантного и гормонального статуса в организме овцематок и молодняка овец романовской породы, а также выявление корреляций между изученными индикаторами. Эксперимент проведен в условиях физиологического двора ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л. К. Эрнста в 2022 году в весенний период при стойловом содержании, на 2 группах овцематок (через 30 дней, $n = 15$ и 90 дней после окота, $n = 14$) и 3 группах молодняка романовской породы (в возрасте 1 месяца, $n = 15$; 3 месяцев, $n = 14$; 4 месяцев, $n = 13$). В крови определены показатели антиоксидантного и гормонального статуса. Математическую и статистическую обработку результатов проводили с использованием методов описательной статистики, однофакторного дисперсионного, корреляционного анализа. Высокий уровень общего антиоксидантного статуса в крови овцематок через 3 месяца после окота (2,38 мм/л) указывает на успешную адаптацию к окислительному стрессу и накоплению ПОЛ путем использования антиоксидантов ферментативного и неферментативного звена. В крови ягнят при отъеме наблюдается максимальное накопление ТБК-АП по сравнению с животными в месячном возрасте (3,49 против 3,21 мкМ/л при $p \leq 0,05$), что компенсируется организмом за счет повышения уровня церулоплазмينا и каталазного числа. В более старшем возрасте организм проявляет адекватную адаптацию к послеотъемному стрессу, что проявляется в снижении уровня ТБК-АП на 24,93 % ($p \leq 0,05$), повышении концентрации церулоплазмينا, снижении активности пероксидазы (на 28,47 % при $p \leq 0,001$ и 8,13 % по сравнению с возрастом 1 и 3 месяца соответственно), повышении соотношения ТБК-АП/ЦП. Полученные знания о возрастных и физиологических изменениях показателей ПОЛ, АОЗ и гормонального статуса будут полезны при оценке состояния здоровья и помогут оказанию своевременных профилактических мероприятий, повышающих адаптивные возможности организма овец и наиболее полной реализации генетического потенциала продуктивности.

Ключевые слова: овцематки, молодняк овец, кортизол, T4, антиоксидантный статус

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста» (регистрационный номер ЕГИСУ темы НИР ГЗ 124020200032-4).

Автор благодарит рецензентов за их вклад экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: автор заявил об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Боголюбова Н. В. Оценка гормонального и антиоксидантного статуса организма овец разных возрастных групп. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока.* 2024;25(4):691–699.

DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.4.691-699>

Поступила: 06.02.2024

Принята к публикации: 12.07.2024

Опубликована онлайн: 28.08.2024

Assessment of the hormonal and antioxidant status of the sheep of different age groups

© 2024. Nadezhda V. Bogolyubova ✉

Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L. K. Ernst, Dubrovitsy, Russian Federation

The purpose of the research was to study some indicators of antioxidant and hormonal status in the body of ewes and young sheep of the Romanov breed, as well as to identify correlations between the studied indicators. The experiment was carried out in the physiological yard of the L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry in spring of 2022 with stall housing, on 2 groups of ewes (30 days, $n = 15$ and 90 days after lambing, $n = 14$) and 3 groups of young Romanov breed (aged 1, $n = 15$, 3, $n = 14$ and 4 months, $n = 13$). Indicators of antioxidant and hormonal status were determined in the blood. Mathematical and statistical processing of the results was carried out using methods of descriptive statistics, one-way analysis of variance, and correlation analysis. The high level of total antioxidant status in the blood of ewes 3 months after lambing (2.38 mmol/l) indicates successful adaptation to oxidative stress and LPO accumulation through the use of enzymatic and non-enzymatic antioxidants. In the blood of lambs upon weaning, the maximum accumulation of TBA-AP is observed compared to animals at one month of age (3.49 versus 3.21 $\mu\text{M/l}$ at $p \leq 0.05$), which is compensated by the body by increasing the level of ceruloplasmin and catalase number. At an older age, the body shows adequate adaptation to post-weaning stress, which is manifested in a decrease in the level of TBA-AP by 24.93 % ($p \leq 0.05$), an increase in the concentration of ceruloplasmin, a decrease in peroxidase activity (by 28.47 % at $p \leq 0.001$ and 8.13 %, compared with the age of 1 and 3 months, respectively), increasing the TBA-AP/CP ratio. The acquired knowledge about age-related and physiological changes in LPO, AOD and hormonal status will be useful in assessing the health status and will help to provide timely preventive measures that increase the adaptive capabilities of the sheep's body and the fullest realization of the genetic potential of productivity.

Keywords: ewes, young sheep, cortisol, T4, antioxidant status

Acknowledgments: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L. K. Ernst (registration number of the EGISU research theme 124020200032-4).

The author thanks the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Conflict of interest: the author stated no conflict of interest.

For citations: Bogolyubova N. V. Assessment of the hormonal and antioxidant status of the sheep of different age groups. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2024;25(4):691–699. (In Russ.). <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.4.691-699>

Received: 06.02.2024

Accepted for publication: 12.07.2024

Published online: 28.08.2024

Быстрый рост населения в мире увеличивает спрос на производство животноводческой продукции высокого качества, в получении которой главную роль играет здоровье животных. Высокий генетический потенциал продуктивности, обуславливающий интенсивность обменных процессов, меняющиеся условия питания, содержания и экологическая обстановка вынуждает уделять особое внимание вопросам обеспечения адаптации сельскохозяйственных животных, которые на протяжении всей своей жизни подвергаются стрессу [1]. Особую актуальность на сегодняшний день приобретает поиск, изучение биомаркеров, характеризующих состояние здоровья животных.

Известно, что антиоксидантная защита организма определяет реакцию организма на окислительный стресс, являющийся следствием воздействия стресса любой этиологии на организм [2]. Поэтому изучение антиоксидантного статуса организма животных, особенно в периоды воздействия стрессов, является очень важным.

Антиоксидантный статус организма тесно связан с гормональным. Поскольку гормоны контролируют метаболическую активность, которая требует расхода кислорода, неполное восстановление которого является источником активных форм кислорода (АФК), то любое изменение в гормональной среде аэробных клеток может существенно повлиять на выработку АФК в живых системах и таким образом может влиять на окислительно-восстановительный статус [3]. В отличие от антиоксидантных свойств таких гормонов, как мелатонин, инсулин, эстроген и прогестерон, гормоны щитовидной железы, кортикостероиды и катехоламины могут увеличивать выработку свободных радикалов и окислительный стресс из-за дисбаланса окислительно-восстановительного статуса [3, 4]. Изучению влияния антиоксидантной защиты (АОЗ) в организме овец посвящено множество работ. Влияние на состояние АОЗ организма животных различных

климатических условий описано в работах [5, 6], сезона года [7], физиологического состояния животных [8], алиментарных факторов [9]. Рассмотрена взаимосвязь между состоянием АОЗ и репродуктивной функцией [10].

Тем не менее, несмотря на большое биологическое значение процессов свободнорадикального окисления липидов и состояния системы антиоксидантной защиты организма мало данных, указывающих на влияние возраста и физиологического состояния овец романовской породы на показатели АОЗ и гормональный статус, а также исследований, касающихся связи между этими индикаторами здоровья. Полученные данные будут способствовать правильному управлению этими процессами для сохранения статуса здоровья, получения крепкого потомства и качественной продукции овцеводства. Оценка возрастных изменений изучаемых процессов в организме молодняка будет полезна при анализе состояния здоровья в адаптационный период с целью предотвращения возможных негативных последствий.

Цель исследований – изучение некоторых показателей антиоксидантного и гормонального статуса в организме овцематок и молодняка овец романовской породы, а также выявление корреляций между изученными индикаторами.

Научная новизна – впервые в сравнительном аспекте изучены показатели антиоксидантного и гормонального статуса в организме различных половозрастных групп овец романовской породы и выявлены корреляции между определенными показателями.

Материал и методы. Эксперимент проведен в условиях физиологического двора ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л. К. Эрнста в 2022 году в весенний период при стойловом содержании на 2 группах овцематок (через 30 дней и 90 дней после окота) и 3 группах молодняка романовской породы (в возрасте 1,3 и 4 месяцев). Схема опыта представлена в таблице 1.

*Таблица 1 – Схема исследований /
Table 1 – Research design*

<i>Группа животных / Group of animals</i>	<i>Количество голов / Number of heads</i>
Овцематки, месяц после окота / Ewes, a month after lambing	15
Овцематки 3 месяца после окота, после отъема / Ewes, 3 months after lambing, after weaning	14
Молодняк на подсосе, возраст 1 месяц / Young animals on suction, age 1 month	15
Молодняк при отъеме, возраст 3 месяца / Young animals at weaning, age 3 months	14
Молодняк через месяц после отъема, возраст 4 месяца / Young animals a month after weaning, age 4 months	13

Овцематки потребляли основной общехозяйственный рацион для лактирующих жвачных животных, соответствующий стойловому содержанию, состоящий из сена и концентрированных кормов (до 40–50 % энергетической питательности рациона) согласно нормам кормления¹.

Ягнят с рождения до 3-месячного возраста содержали на подсосе с овцематками, рацион был сбалансирован по нормам для данной половозрастной группы и состоял из комбикорма 150–200 г на голову в сутки² и сена разнотравного в свободном доступе. В 3-месячном возрасте ягнят отбили от маток, они получали сбалансированный рацион из сена и 300 г концентратов.

У животных кровь отбирали с использованием одноразовых вакуумных пробирок Vacuette (GreinerBio-One, Австрия). Для получения сыворотки кровь центрифугировали при 5000 оборотах в течение 5 минут.

В процессе проведения исследований определены показатели антиоксидантного статуса (АОС): суммарное содержание водорастворимых антиоксидантов (СКВА) – методом амперометрического детектирования на приборе ЦветЯуза-01-АА («Химавтоматика», Россия), концентрация ТБК-активных продуктов (ТБК-АП) с помощью наборов «ТБК-Агат» («Агат-Мед», Россия), церулоплазмин – по методу Ревина, общий антиоксидантный статус (ОАС) с использованием коммерческих наборов Elabscience (КНР), каталазное число – методом А. Н. Баха и С. Р. Зубковой, активность пероксидазы – по И. П. Кондрахину (КФ 1.11.1.7), соотношение ТБК-АП/ЦП – расчетным методом; гормонального статуса –

концентрацию в сыворотке крови кортизола и тиреоидного гормона Т4 с использованием наборов «ИФА-ТТ4» (ЗАО «НВО Иммунотех», Россия) методом иммуноферментного анализа на приборе Фотометр Immunochem-2100.

Математическую и статистическую обработку результатов проводили с применением программных пакетов Microsoft Office Excel 2003, STATISTICA 10 (Statistica 13RU, StatSoft, США) с использованием методов описательной статистики, однофакторного дисперсионного анализа (MANOVA), корреляционного анализа. Данные были проверены на нормальность распределения по критериям Колмогорова-Смирнова и Шапиро-Уилка. Рассчитывались средние значения (M), стандартные ошибки средних (\pm SEM), t-критерий Стьюдента, коэффициенты корреляции по Пирсону. Отличия являлись статистически достоверными при $p \leq 0,05$, высокодостоверными – при $p \leq 0,01$; $p \leq 0,001$.

Результаты и их обсуждение. В работе изучены некоторые показатели АОЗ в организме овцематок через месяц после окота и при отъеме ягнят (табл. 2).

Сравнение показателей, полученных при анализе изучаемых групп овцематок, показало, что с течением лактации наблюдается убывание продуктов перекисного окисления липидов (ПОЛ), что выражается в снижении концентрации ТБК-АП (1,68 мкМ/л через 3 месяца после окота против 2,31 мкМ/л через месяц после окота при $p \leq 0,05$). При этом уровень церулоплазмينا с продолжением лактации снижается, что возможно компенсирует воздействие продуктов ПОЛ. Аналогичная тенденция в снижении наблюдается и в отношении

¹Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. Справочное пособие. 3-е издание перераб. и доп. Под ред. А. П. Калашникова, В. И. Фисинина, В. В. Щеглова, Н. И. Клейменова. М., 2003: 456.

URL: <https://studylib.ru/doc/6511032/normy-i-raciony-kormleniya-kalashnikova>

²Там же.

уровня пероксидазы с течением лактации (на 27,64 % через 3 месяца после окота при $p \leq 0,05$), и уровня СКВА. Каталазное число, напротив, при отъеме ягнят повышается на 2,06 единицы по сравнению с уровнем в крови через месяц после окота ($p \leq 0,05$). Таким образом, организм овцематок с течением лактации

успешно адаптируется к окислительному стрессу и накоплению ПОЛ путем использования антиоксидантов ферментативного и неферментативного звена, что подтверждается более высоким уровнем общего антиоксидантного статуса в крови через 3 месяца после окота.

Таблица 2 – Некоторые показатели антиоксидантного статуса в организме овцематок романовской породы /

Table 2 – Some indicators of antioxidant status in the body of ewes of the Romanov breed

Показатель/ Index	Месяц после окота/ Month after lambing	
	1 (n = 15)	3 (n = 14)
ТБК АП, мкМ/л / ТВК AP, μM/l	2,31±0,22	1,68±0,10*
Церулоплазмин, мг/л / Ceruloplasmin, mg/l	221,13±8,45	194,79±18,42
СКВА, мг/л / TCWSA, mg/l	11,21±0,55	10,54±0,42
Общий антиоксидантный статус, мМ/л / Total antioxidant status, mM/l	2,10±0,15	2,38±0,12
Каталазное число, ед. / Catalase number, units.	7,32±0,11	9,38±1,02*
Пероксидаза, ед.опт.пл./л*с / Peroxidase, units of opt.pl./l*s	42,36±5,41	30,65±7,0*
ТБК-АП/ЦП / ТВК-AP/CP	0,01	0,009

* Достоверно при $\leq 0,05$ / * It is reliable when $p \leq 0.05$

Наши результаты исследований совпадают с полученными А. П. Курденко и др. (2019), которые установили, что в динамике лактации коров самым критическим является второй месяц. В этот период в сыворотке крови установлена более высокая концентрация продуктов свободнорадикального окисления и низкий функциональный уровень ферментативного и неферментативного звеньев АОЗ. На 3–5-ом месяце лактации у коров процессы восстановления преобладают над процессами окисления, что является результатом активизации системы АОЗ [11]. На уровень АОЗ животных влияют условия их содержания. Стрессы различной этиологии, например технологический, который в исследованиях авторов проявлялся в скученности новотельных коров, способствовал возникновению окислительного стресса (ОС) в организме, что приводило к большей проницаемости молочной железы [12].

ОС и функциональная недостаточность АОЗ вызывают также нарушения в воспроизводительной функции животных [13, 14, 15]. М. И. Рецкий и соавторы (2011) считают, что это может быть связано со снижением утилизации и накоплением избыточных количеств токсических продуктов ПОЛ, ведущих к дисфункции биологических мембран эндотелиальных клеток капилляров и развитию воспа-

лительного процесса [16]. Исследования некоторых ученых показывают, что образование АФК в организме лактирующих животных увеличивается не только в начале лактации, но и при переходе с ранней лактации на среднюю, когда происходит большое количество метаболических и физиологических адаптаций, приводящих к дисфункции и воспалению организма хозяина [17].

Показатели АОЗ в организме молодняка овец различного возраста даны в таблице 3.

Развитие стрессового состояния в организме животных в раннем постнатальном онтогенезе, сопряженное с осуществлением специфических адаптивных реакций, приводит к существенному изменению в течении свободнорадикальных реакций. Влияние на организм молодняка экзогенных и эндогенных факторов, являющихся стрессорами, усугубляет процессы активной адаптации к новым условиям среды обитания. В наших исследованиях в 3-месячном возрасте в крови ягнят происходит повышение накопления ТБК-АП по сравнению с животными в месячном возрасте (3,49 против 3,21 мкМ/л при $p \leq 0,05$), к 4-месячному возрасту этот показатель снижается (2,62 мкМ/л при $p \leq 0,05$ по сравнению с ягнятами месячного возраста). Уровень церулоплазмينا линейно увеличивается с возрастом ягнят. Так, в месячном возрасте этот показа-

тель составил 287,20, в 3-месячном – 348,64, в 4-месячном – 387,50 мг/л. Данные тенденции мы наблюдали при изучении возрастных изменений показателей АОЗ в организме крупного рогатого скота [18]. Уровень СКВА с возраст-

том овец в наших исследованиях практически не изменяется. В организме КРС с возрастом этот показатель претерпевал значительные изменения, как было показано в наших исследованиях прошлых лет.

Таблица 3 – Некоторые показатели антиоксидантного статуса в организме молодняка овец романовской породы /

Table 3 – Some indicators of antioxidant status in the body of young sheep of the Romanov breed

Показатель / Index	Молодняк в возрасте, мес./ Young animals aged, months		
	1 (n = 15)	3 (n = 14)	4 (n = 13)
ТБК-АП, мкМ/л / ТВК AP, μM/l	3,21±0,23	3,49±0,25*	2,62±0,10***
Церулоплазмин, мг/л / Ceruloplasmin, mg/l	287,20±11,49	348,64±18,64	387,50±17,58
СКВА, мг/л / TCWSA, mg/l	16,82±1,04	16,10±0,41	15,21±0,57
Общий антиоксидантный статус, мМ/л / Total antioxidant status, mM/l	2,02±0,08	2,10±0,32	2,15±0,21
Каталазное число, ед. / Catalase number, units.	9,65±0,21	10,98±1,32	8,25±0,95
Пероксидаза, ед.опт.пл./л*с / Peroxidase, units of opt.pl./l*s	39,65±3,28	30,87±5,32*	28,36±3,64**
ТБК-АП/ЦП / ТВК-AP/CP	0,01	0,01	0,007

*Различия статистически достоверны по сравнению с животными в возрасте 1 месяц при $p \leq 0,05$;
** при $p \leq 0,01$; *** по сравнению с животными в возрасте 3 месяцев при $p \leq 0,05$ /

*The differences in comparison are statistically significant with animals aged 1 month at $p \leq 0.05$; ** at $p \leq 0.01$;
*** compared with animals of 3 months at $p \leq 0.05$

В экспериментах на козах зааненской породы разных возрастов установлено, что у животных с возрастом развивается ОС, который до 4-летнего возраста характеризуется параллельным повышением показателей ПОЛ и АОЗ, а у 5-летних животных – активность антиоксидантных ферментов снижается на фоне увеличения продуктов ПОЛ [19]. В наших исследованиях у овец в 3-месячном возрасте ОС характеризуется компенсацией со стороны АОЗ организма, что проявляется в повышении концентрации ТБК-АП при одновременном повышении уровня церулоплазмина и каталазного числа. При достижении молодняком возраста 4 месяцев организм еще больше компенсирует ОС, что проявляется в снижении уровня ТБК-АП на 24,93 % ($p \leq 0,05$), при повышении концентрации церулоплазмина и снижении активности пероксидазы (на 28,47 % при $p \leq 0,001$ и 8,13 % по сравнению с возрастом 1 и 3 месяца соответственно). Соотношение ТБК-АП/ЦП у 4-месячных ягнят ниже, чем у их аналогов 1- и 3-месячного возраста, что указывает на адекватную адаптацию организма к послеотъемному стрессу (отъем от маток осуществляли в 3-месячном возрасте).

Методом однофакторного дисперсионного анализа рассчитано влияние факторов «день после окота» и «возраст» на некоторые

показатели АОЗ в организме овцематок и молодняка овец (табл. 4). Из данных таблицы 4 видно, что фактор «возраст» с высокой степенью достоверности влияет на уровень церулоплазмина ($p = 0,0007$) в крови и достоверно – на содержание ТБК-АП ($p = 0,03$). Фактор «день после окота» оказал достоверное влияние только на содержание ТБК-АП ($p = 0,015$).

Результаты исследований сыворотки крови овцематок и молодняка овец на содержание Т4 и кортизола даны в таблице 5. Зафиксировано, что с возрастом животных в крови отмечены повышенные концентрации кортизола, что связано с возрастающим влиянием различных стресс-факторов на организм животных. Так, уровень кортизола в крови молодняка в 3-месячном возрасте (при отъеме от маток) был выше в 2 раза ($p \leq 0,05$), чем в месячном, что может свидетельствовать о подверженности организма молодняка воздействию отъемного стресса. Кортизол – гормон коры надпочечников является гормоном стресса и защищает организм от любых резких изменений физиологического равновесия, воздействуя на метаболизм белков, углеводов, липидов и электролитный баланс. Под его влиянием усиливается протеолиз (глюконеогенез) с последующим образованием из продуктов распада углеводов.

Таблица 4 – Влияние факторов «день после окота» и «возраст» на некоторые показатели АОЗ в организме овцематок и молодняка овец / Table 4 – Influence of the factor “day after lambing” and «age» on some indicators of AOD in the ewes and young sheep

Показатель / Index	P-value	R ²
<i>«День после окота», овцематки / "The day after the lambing", ewes</i>		
ТБК-АП, мкМоль/л / ТВК-АР, μМ/л	0,015	0,17
Церулоплазмин, мг/л / Ceruloplasmin, mg/l	0,19	0,03
СКВА, мг/л / TCWSA, mg/l	0,35	0,003
<i>«Возраст», молодняк овец / "Age", young sheep</i>		
ТБК-АП, мкМоль/л / ТВК-АР, μМ/л	0,03	0,12
Церулоплазмин, мг/л / Ceruloplasmin, mg/l	0,0007	0,29
СКВА, мг/л / TCWSA, mg/l	0,34	0,005

Таблица 5 – Некоторые индикаторы гормонального статуса у овцематок и молодняка овец романовской породы / Table 5 – Some indicators of hormonal status in ewes and young sheep of the Romanov breed

Показатель / Index	Овцематки после окота / Ewes after lambing		Молодняк в возрасте, мес. / Young animals aged, months		
	1 месяц / 1 month (n = 15)	3 месяца / 3 months (n = 14)	1 (n = 15)	3 (n = 14)	4 (n = 13)
Кортизол, нМ/л / Cortisol, nM/l	95,89±8,87	139,03±15,78*	113,71±12,10	290,36±81,06*	198,88±44,56
T4, нМ/л / T4, nM/l	59,20±3,86	56,12±4,37	72,65±3,87	49,66±7,36*	33,98±8,20**

Различия статистически достоверны: *по сравнению с овцематками через месяц после окота при $p \leq 0,05$; ** с животными 1 месяца при $p \leq 0,05$ /

Differences in comparison are statistically significant: *with ewes a month after lambing at $p \leq 0.05$;

**differences in comparison are statistically significant with animals of 1 month at $p \leq 0.05$;

Суягность, окот и лактация в течение продуктивной жизни овцы вызывают метаболические, эндокринологические, поведенческие и физиологические изменения в организме. Кортизол является распространенным индикатором для изучения физиологических изменений и стрессовых ситуаций у беременных и кормящих животных. При этом обнаружена линейная зависимость между концентрацией кортизола в крови и фекалиях овцематок [20]. В наших исследованиях концентрация кортизола в крови овцематок при отъеме ягнят составила 139,03 нМ/л, что на 45 % выше, чем через месяц после окота ($p \leq 0,05$). В других исследованиях, проведенных на овцематках 3- и 7-летнего возраста, не выявлено достоверного влияния фактора «возраст» на уровень кортизола в крови [21].

Тироксин, являясь гормоном щитовидной железы, участвует в регуляции интенсивности дыхания клеток, поглощения кислорода митохондриями, способствует усилению окислительных реакций и основного обмена в орга-

низме. Тиреоидные гормоны оказывают значительное воздействие на активность ферментов, рост и дифференцировку тканей организма, регулируют обмен белков путем поддержания равновесия между анаболическими и катаболическими процессами. Работа тиреоидных гормонов проявляется на клеточном уровне в регуляции процессов окисления жирных кислот (ЖК) в митохондриях. Также одной из функций этих гормонов является регуляция процесса всасывания глюкозы в ЖКТ, содержания сахара в крови и синтеза гликогена в печени, синтеза липидов. Они принимают участие в метаболизме большого числа минеральных элементов и воды путем воздействия на кору надпочечников и инкрецию минералокортикостероидов. Уровни этого гормона в крови овцематок разных групп находятся примерно на одном уровне (59,20 и 56,12 нМ/л), что согласуется с ранее полученными результатами М. З. Исмаил с соавт. (M. Z. Ismail et. al.) (2023) [22].

В крови ягнят концентрация Т4 снижается в 3-месячном возрасте на 31,64 % ($p \leq 0,05$), в 4-месячном – на 53,23 % ($p \leq 0,01$) по сравнению с месячными ягнятами. Наши данные согласуются с результатами, полученными Е. Вальви с соавт. (E. Valavi et al) (2022), которые установили снижение уровня тиреоидных гормонов в крови козлят в возрасте от 1- до 3-месяцев [23]. Получив аналогичные результаты на телятах П. Медика с соавт. (P. Medica et al.) (2020), был сделан вывод о том, что самые высокие концентрации Т3 и Т4

связаны с ранним процессом роста (10 дней), с тенденцией к увеличению к 210-му дню, предполагая вероятный метаболический эффект функции щитовидной железы в анаболическом и/или катаболическом направлении в процессе развития организма телят [24].

Для определения взаимосвязей некоторых индикаторов гормонального и антиоксидантного статуса в организме овцематок и ягнят были рассчитаны коэффициенты корреляции по Пирсону (табл. 6).

Таблица 6 – Корреляции между индикаторами гормонального и антиоксидантного статуса у овцематок и молодняка овец романовской породы / Table 6 – Correlations between indicators of hormonal and antioxidant status in ewes and young sheep of the Romanov breed

Показатель / Index	СКВА / TCWSA	Церулоплазмин / Ceruloplasmin	ТБК-АП / TBA-AP
Овцематки (n=29) / Ewes (n=29)			
Тироксин / Thyroxine	0,006	-0,09	-0,23
Кортизол / Cortisol	-0,06	0,02	-0,27
Молодняк (n=42) / Young animals (n=42)			
Тироксин / Thyroxine	0,11	-0,39*	0,35*
Кортизол / Cortisol	-0,12	0,06	0,07

Примечания: СКВА – суммарное количество водорастворимых антиоксидантов, ТБК-АП – продукты, реагирующие с тиобарбитуровой кислотой, * $p < 0,05$ /

Notes: TCWSA – is the total amount of water-soluble antioxidants, ТБК-АП – are products that react with thiobarbituric acid, * $p < 0.05$

Не обнаружено достоверных корреляций между уровнем тироксина и кортизола, некоторыми показателями ПОЛ и АОЗ в организме овцематок. В организме молодняка овец романовской породы обнаружена достоверная отрицательная корреляция между уровнем тироксина и церулоплазмину ($r = 0,39$ при $p \leq 0,05$) и положительная – между тироксином и концентрацией ТБК-АП ($r = 0,35$ при $p \leq 0,05$). Наши результаты согласуются с полученными другими авторами, которые установили, что гормоны щитовидной железы могут регулировать активность супероксиддисмутазы (СОД), каталазы и глутатионпероксидазы (ГП) [25]. Эти ученые изучали взаимосвязь между содержанием гормонов щитовидной железы, антиоксидантных ферментов, эритроцитов и микроэлементов в крови иранских коз. Наблюдались значительные корреляции между содержанием трийодтиронина (Т3) и глутатионпероксидазы ($P < 0,05$; $r = 0,203$), тироксина (Т4) и глутатионпероксидазы ($P < 0,05$; $r = 0,312$), что обусловлено важной ролью гормонов щито-

видной железы в липидном обмене и антиоксидантной активности глутатионпероксидазы в перекисном окислении липидов. В другом эксперименте на крысах Т3 также заметно влиял на состояние ПОЛ и активность антиоксидантных ферментов [26]. В исследованиях авторов [27] было также продемонстрировано, что статус щитовидной железы контролирует систему антиоксидантной защиты митохондрий, регулируя деятельность СОД, каталазы и ГП.

Заключение. Полученные результаты указывают на изменения антиоксидантного и гормонального статуса в организме овцематок в зависимости от физиологического состояния и молодняка овец романовской породы с возрастом. Организм овцематок с течением лактации успешно адаптируется к окислительному стрессу и накоплению ПОЛ путем использования антиоксидантов ферментативного и неферментативного звена, что подтверждается более высоким уровнем общего антиоксидантного статуса в крови через 3 месяца после окота. В 3-месячном возрасте в крови ягнят

наблюдается максимальное накопление ТБК-АП по сравнению с животными в месячном возрасте. При этом ОС характеризуется компенсацией со стороны АОЗ организма, что проявляется в одновременном повышении уровня церулоплазмينا и каталазного числа. В более старшем возрасте организм показывает адекватную адаптацию к послеотъемному стрессу, что выражается в снижении уровня ТБК-АП, повышении концентрации церулоплазмينا, понижении активности пероксидазы, соотно-

шения ТБК-АП/ЦП. Отмеченные корреляции между показателями гормонального и антиоксидантного статуса в организме овец требуют дальнейшего изучения. Выявленные закономерности изменений изучаемых показателей послужат теоретическим обоснованием для разработки практических приемов регуляции уровня свободно-радикальных реакций в организме овцематок и молодняка овец романовской породы, что имеет большое практическое значение.

References

1. Tüfekci H., Sejian V. Stress factors and their effects on productivity in sheep. *Animals*. 2023;13(17):2769. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani13172769>
2. Slimen I. B., Chniter M., Najar T., Ghram A. Meta-analysis of some physiologic, metabolic and oxidative responses of sheep exposed to environmental heat stress. *Livestock Science*. 2019;229:179–187. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.09.026>
3. Sahoo D. K., Chainy G. B. Hormone-linked redox status and its modulation by antioxidants. *Vitamins and hormones*. 2023;121:197–246. DOI: <https://doi.org/10.1016/bs.vh.2022.10.007>
4. Chainy G. B., Sahoo D. K. Hormones and oxidative stress: an overview. *Free Radical Research*. 2020;54(1):1–26. DOI: <https://doi.org/10.1080/10715762.2019.1702656>
5. Guo H., Zhou G., Tian G., Liu Y., Dong N., Li L., Zhang S., Chai H., Chen Y., Yang Y. Changes in rumen microbiota affect metabolites, immune responses and antioxidant enzyme activities of sheep under cold stimulation. *Animals*. 2021;11(3):712. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani11030712>
6. Yaqub L. S., Ayo J. O., Habibu B., Lawal M., Kawu M. U., Rekwot P. I. Thermoregulatory, oxidative stress and lipid responses in prepartum ewes administered with l-carnosine during the hot-dry season. *Tropical Animal Health and Production*. 2021;53:388. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11250-021-02832-x>
7. Rathwa S. D., Vasava A. A., Pathan M. M., Madhira S. P., Patel Y. G., Pande A. M. Effect of season on physiological, biochemical, hormonal, and oxidative stress parameters of indigenous sheep. *Veterinary world*. 2017;10(6):650–654. DOI: <https://doi.org/10.14202/vetworld.2017.650-654>
8. Nawito M. F., Abd El Hameed A. R., Sosa A. S. A., Mahmoud K. G. M. Impact of pregnancy and nutrition on oxidant/antioxidant balance in sheep and goats reared in South Sinai, Egypt. *Veterinary World*. 2016;9(8):801–805. DOI: <https://doi.org/10.14202/vetworld.2016.801-805>
9. Shedeed H. A., Farrag B., Elwakeel E. A., Abd El-Hamid I. S., El-Rayes M. A. H. Propolis supplementation improved productivity, oxidative status, and immune response of Barki ewes and lambs. *Veterinary world*. 2019;12(6):834–843. DOI: <https://doi.org/10.14202/vetworld.2019.834-843>
10. Sa'ayinzat F. E., Bawa E. K., Ogwu D., Ayo J. O. Oxidative stress and its effects on reproductive performance in the thermally-stressed ewes. *International Journal of Veterinary Sciences and Animal Husbandry*. 2021;15(16):17. DOI: <https://doi.org/10.22271/veterinary.2021.v6.i4a.361>
11. Курдеко А. П., Сологуб Е. А. Перекисное окисление липидов и антиоксидантная защита у коров в динамике лактации. Ученые записки учреждения образования «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины». 2019;55(3):38–41.
Kurdeko A. P., Sologub E. A. Lipid peroxidation and antioxidant protection in cows in lactation dynamics. *Uchenye zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya «Vitebskaya ordena «Znak Pocheta» gosudarstvennaya akademiya veterinarnoy meditsiny»*. 2019;55(3):38–41. (In Belarus).
12. Lin S., Liu J., Wang K., Wang D. M. Effects of stocking density on oxidative stress status and mammary gland permeability in early lactating dairy cows. *Animal Science Journal*. 2019;90(7):894–902. DOI: <https://doi.org/10.1111/asj.13206>
13. Alahmar A. T. Role of oxidative stress in male infertility: An updated review. *Journal of Human Reproductive Sciences*. 2019;12(1):4–18. DOI: https://doi.org/10.4103/jhrs.JHRS_150_18
14. Bhardwaj J. K., Panchal H., Saraf P. Ameliorating effects of natural antioxidant compounds on female infertility: a review. *Reproductive Sciences*. 2020;28(5):1227–1256. DOI: <https://doi.org/10.1007/s43032-020-00312-5>
15. Talukder S., Kerrisk K. L., Gabai G., Celi P. Role of oxidant-antioxidant balance in reproduction of domestic animals. *Animal Production Science*. 2017;57(8):1588–1597. DOI: <https://doi.org/10.1071/AN15619>
16. Рецкий М. И., Близнецова Г. Н., Нежданов А. Г., Сафонов В. А., Венцова И. Ю. Влияние дисбаланса активных форм кислорода и азота на развитие послеродовых осложнений у коров. Ученые записки учреждения образования «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины». 2011;47(2):102–104.

Retskiy M. I., Bliznetsova G. N., Nezhdanov A. G., Safonov V. A., Ventsova I. Yu. The effect of an imbalance of reactive oxygen species and nitrogen on the development of postpartum complications in cows. *Uchenye zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya «Vitebskaya ordena «Znak Pocheta» gosudarstvennaya akademiya veterinarnoy meditsiny»*. 2011;47(2):102–104. (In Belarus).

17. Zhao W., Chen X., Xiao J., Chen X. H., Zhang X. F., Wang T., Zhen Y. G., Qin G. X. Prepartum body condition score affects milk yield, lipid metabolism, and oxidation status of Holstein cows. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2019;32(12):1889–1896. DOI: <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0817>

18. Боголюбова Н. В. Некоторые аспекты антиоксидантной защиты в организме молодняка крупного рогатого скота. *Аграрная наука*. 2023;(5):38–41. DOI: <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-370-5-38-41> EDN: YCJQMA

Bogolyubova N. V. Some aspects of antioxidant protection in the body of young cattle. *Agrarnaya nauka = Agrarian science*. 2023;(5):38–41. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-370-5-38-41>

19. Бахта А. А., Карпенко Л. Ю. Биологическая оценка нарушений антиоксидантного статуса продуктивных животных при различных физиологических состояниях с целью разработки методов профилактики окислительного стресса для повышения продуктивности животных. Молекулярно-генетические технологии анализа экспрессии генов продуктивности и устойчивости к заболеваниям животных: мат-лы 3-й Международ. научн.-практ. конф. М.: изд-во Сельскохозяйственные технологии, 2021. С. 179–185. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46668843> EDN: MUHSAJ

Bakhta A. A., Karpenko L. Yu. Biological assessment of violations of the antioxidant status of productive animals under various physiological conditions in order to develop methods for the prevention of oxidative stress to increase the productivity of animals. *Molecular and genetic technologies for the analysis of gene expression of productivity and resistance to animal diseases: Proceedings of the 3rd International Scientific and Practical Conference*. Moscow: *izd-vo Sel'skokhozyaystvennye tekhnologii*, 2021. pp. 179–185. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46668843>

20. Farahmandian F., Chalmeh A., Pourjafar M., Amirian A. Linear regression between fecal cortisol metabolites and circulating cortisol levels of peri-partum ewes: Suggesting a non-invasive alternative sampling method. *Small Ruminant Research*. 2023;227:107071. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2023.107071>

21. Greguła-Kania M., Kosior-Korzecka U., Hahaj-Siembida A., Kania K., Szysiak N., Junkuszew A. Age-Related Changes in Acute Phase Reaction, Cortisol, and Haematological Parameters in Ewes in the Periparturient Period. *Animals*. 2021;11(12):3459. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani11123459>

22. Ismail M. Z. Changes in thyroid hormones serum profiles during late pregnancy and post lambing in the awassi sheep. *Indian Journal of Public Health Research & Development*. 2023;14(1):391–396. DOI: <https://doi.org/10.37506/ijphrd.v14i1.18877>

23. Valavi E., Zaeemi M., Mohri M. Age-related changes in thyroid hormones, some serum oxidative biomarkers and trace elements and their relationships in healthy Saanen goat kids during the first three month of age. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 2022;106(3):494–505. DOI: <https://doi.org/10.1111/jpn.13634>

24. Medica P., Cravana C., Ferlazzo A. M., Fazio E. Age-related functional changes of total thyroid hormones and glycosaminoglycans in growing calves. *Veterinary World*. 2020;13(4):681–686. DOI: <https://doi.org/10.14202/vetworld.2020.681-686>

25. Nazifi S., Shahriari A., Nazemian N. Relationships between thyroid hormones, serum trace elements and erythrocyte antioxidant enzymes in goats. *Pakistan Veterinary Journal*. 2010;30(3):135–138. URL: http://www.pvj.com.pk/pdf-files/30_3/135-138.pdf

26. Varghese S., Lakshmy P. S., Oommen O. V. Changes in lipid peroxidation and antioxidant enzyme activities by triiodothyronine (T3) and polyunsaturated fatty acids (PUFA) in rat liver. *Endocrine Research*. 2001;27:409–416. DOI: <https://doi.org/10.1081/erc-100107865>

27. Das K., Chainy G. B. Modulation of rat liver mitochondrial antioxidant defense system by thyroid hormone. *Biochimica et Biophysica Acta*. 2001;1537(1):1–13. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0925-4439\(01\)00048-5](https://doi.org/10.1016/s0925-4439(01)00048-5)

Сведения об авторе

✉ **Боголюбова Надежда Владимировна**, доктор биол. наук, ведущий научный сотрудник, заведующий отдела физиологии и биохимии сельскохозяйственных животных, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста», д. 60, пос. Дубровицы, г. о. Подольск, Московская область, Российская Федерация, 142132, e-mail: vijinfo@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0520-7022>, e-mail: bogolubova@vij.ru

Information about the author

✉ **Nadezhda V. Bogolyubova**, DSc in Biological Science, leading researcher, Head of the Department of Physiology and Biochemistry of Agricultural Animals, Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L. K. Ernst, Dubrovitsy, 60, Podolsk Municipal District, Moscow Region, Russian Federation, 142132, e-mail: vijinfo@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0520-7022>, e-mail: bogolubova@vij.ru

✉ – Для контактов / Corresponding author