

## ДЕТАЛИЗАЦИЯ ОСОБЕННОСТЕЙ РЕАЛИЗАЦИИ АНТИСТРЕССОВЫХ СВОЙСТВ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОГО ЙОДА У ЭМБРИОНОВ КУР

Е.Н. Индюхова,<sup>1</sup> кандидат биологических наук, Т.О. Азарнова,<sup>2</sup>  
В.И. Максимов,<sup>2</sup> доктора биологических наук

<sup>1</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт фундаментальной и прикладной паразитологии животных и растений – филиал Федерального научного центра Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии имени К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко РАН, 117218, Москва, ул. Большая Черемушкинская, 28

<sup>2</sup>Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина, 109472, Москва, ул. Академика Скрябина, 23  
E-mail: zxcv33980@yandex.ru

Обусловлены физиолого-биохимические эффекты трансвариальной обработки биологически активным йодом на фоне и без действия экстремального раздражителя на эмбрионы кур и цыплят, являющиеся одними из наиболее популярных модельных систем для исследований действия препаратов в ветеринарии и медицине. Выявлено и проанализировано повышение функциональной активности щитовидной железы у цыплят опытной группы в первые дни жизни. При действии теплового стресс-фактора у цыплят уровень йодтиронинов был выше:  $T_3$  общего – в 1,3 раза,  $T_3$  свободного – на 20,9 %,  $T_4$  общего – на 23,2 %,  $T_4$  свободного – в 1,3 раза по сравнению с контрольной группой. У суточных цыплят из опытной группы 2 на фоне оптимизации тиреоидного статуса активизировалась антиоксидантная защитная система организма, что выразилось в достоверном повышении в 1,3 раза антиоксидантной активности сывортки крови по сравнению с таковой в контрольной группе. Это определило снижение уровня липидов, содержащих изолированные двойные связи на 8,8 %, диеновых конъюгатов – в 1,4 раза, триеновых конъюгатов – на 16,3 %, оксодиеновых конъюгатов – в 1,5 раза и оснований Шиффа – в 1,4 раза. В виде схемы представлены центральные аспекты действия йодтиронинов при высокой интенсивности свободнорадикальных процессов и, как следствие, липопероксидации. Результаты работы позволят ветеринарным и медицинским работникам грамотно использовать препараты на основе заявленного элемента. Чем больше стрессоров воздействует на организм птицы, тем выше эффективность реализации антиоксидантных свойств тиреоидных гормонов.

## DETAILS OF THE RELEASE OF ANTISTRESS PROPERTIES OF A BIOLOGICALLY ACTIVE IODINE IN A CHICKEN EMBRYOS

Indyuhova E.N.<sup>1</sup>, Azarnova T.O.<sup>2</sup>, Maksimov V.I.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>All-Russian Scientific Research Institute of Fundamental and Applied Parasitology of Animals and Plants named after K.I. Skryabin – Federal Scientific Center All-Russian Scientific Research Institute of Experimental Veterinari Medicina K.I. Skryabin and Y.R. Kovalenko the Russian Academy of Sciences, 117218, Moskva, ul. Bolshaya Cheremushkinskaya, 28

<sup>2</sup>Moscow state Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA by K.I. Skryabin, 109472, Moskva, ul. Akademika Skryabina, 23  
E-mail: zxcv33980@yandex.ru

The physiological and biochemical effects of transovarial treatment by using biologically active iodine were examined with and without impact of extreme irritant on chicken and hen embryos which are the most popular model systems for investigations of the drug mechanism of action in the veterinary science and the medical science. The increasing functional activity of thyroid of chickens from an experienced team in the first days of life was investigated and analysed. The level of iodothyronines is higher in chickens under the action of heat stress factor:  $T_3$  total – 1.3 times,  $T_3$  free – of 20.9%, and  $T_4$  total – of 23.2%,  $T_4$  free – 1.3 times compared with the control. There was an activation of the antioxidant defense system of the body in day-old chickens from the 2nd experimental group against the background of optimization of thyroid status, which resulted in a significant increase in the antioxidant activity of the blood serum compared to that in the control group 1.3 times, indicated a decrease in the level of lipids, containing isolated double bonds – of 8.8%, diene conjugates – 1.4 times, triene conjugates – of 16.3%, oxodiene conjugates – 1.5 times and Schiff bases – 1.4 times. The central aspects of the iodothyronine mechanism of action at high intensity of free radical reactions and, consequently lipid peroxidation are presented in framework form. The results of the study will make possible the use of the drug products based on this chemical element for veterinarians and health workers. The more stressors affect the bird's body, the higher efficacy of the release of antioxidant properties is in thyroid hormones.

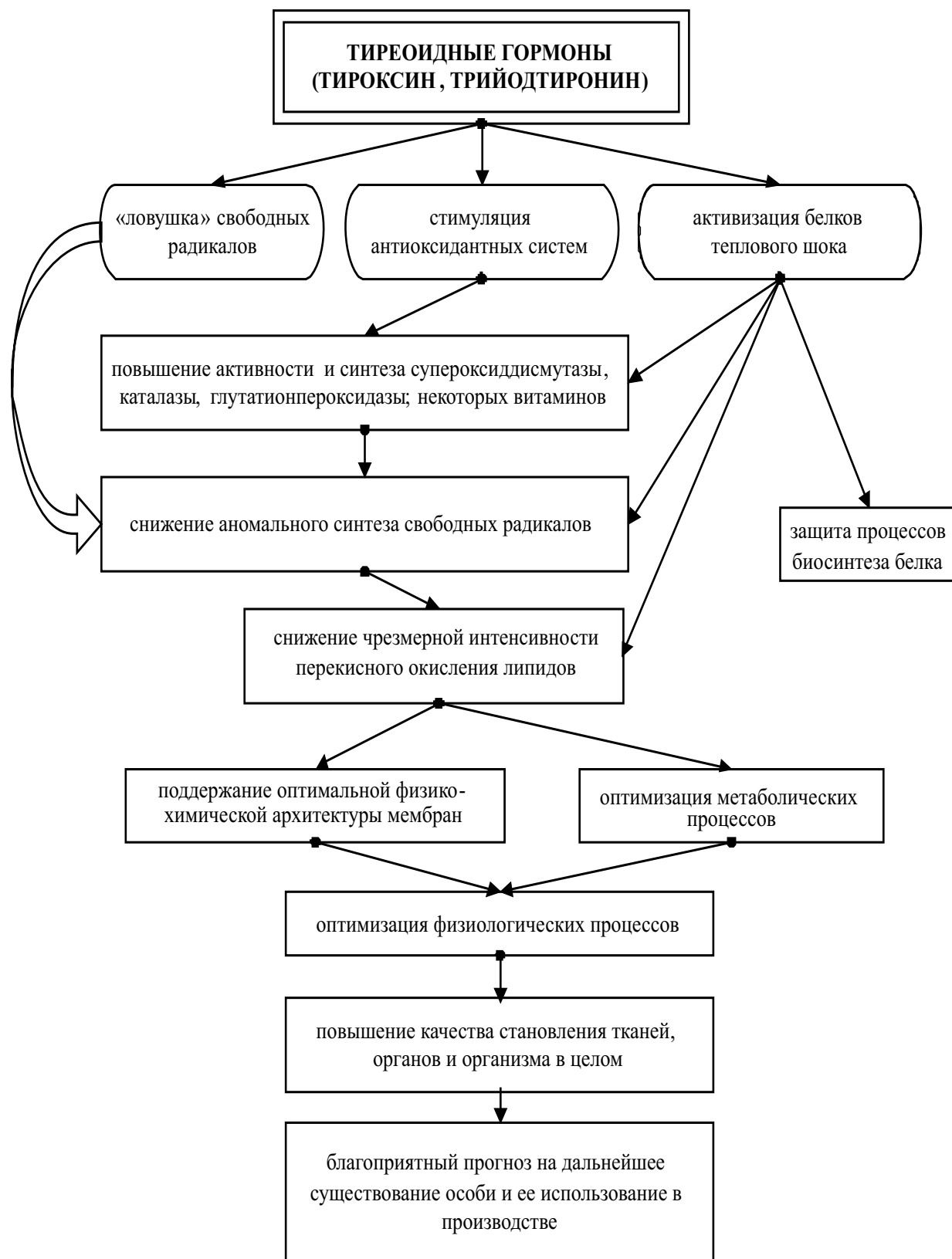
**Ключевые слова:** цыплята, эмбрионы кур, биологически активный йод, йодтиронины

**Key words:** chickens, chicken embryos, biologically active iodine, iodothyronine

Развитие эмбрионов кур протекает в основном вне организма матери, во внешней среде, под единственной защитой яйцевых оболочек. Эмбриогенез сопровождается множеством морфофункциональных и физиолого-биохимических перестроек, и зародыши поэтому на разных стадиях эмбрионального развития подвергаются воздействию различных стресс-факторов. Соответственно в организме эмбрионов кур нарушение гомеостатического соотношения процессов образования реактивных форм кислорода и активности антиоксидантных систем биохимической адаптации (ферментативной и неферментативной) приводит к агрессивному развитию оксидативного стресса [1, 2].

Снижение чрезмерного образования свободных

радикалов возможно при оптимальном уровне антиоксидантов. Большую группу данных биологически активных веществ составляют некоторые соединения фенольного типа, содержащие одну или несколько гидроксильных групп, в частности, витамины Е и К, убихиноны, тиреоидные гормоны [3]. Таким образом, тиреоидные гормоны обладают антиоксидантной активностью благодаря наличию в их молекулах фенольных групп (рис.). Исследования показывают, что тиреоидные гормоны служат важным звеном антистресс-системы организма и их антистрессовый эффект имеет универсальный характер, а его молекулярной основой является активация локальных стресс-лимитирующих систем – белков теплового шока и антиоксидантных,



*Центральные аспекты действия йодтиронинов при высокой интенсивности свободнорадикальных процессов и липопероксидации (Составители: Индюхова Е.Н., Азарнова Т.О., Максимов В.И.; по данным Клопова М.И., Максимова В.И., 2012; Городецкой И.В., 2006, Дроздовой Т.Б. и др., 1989, Gredilla R. и др., 2001).*

Табл. 1. Тиреоидный статус у цыплят суточного возраста (n=5)

Показатель	Группа			
	контрольная 1	опытная 1	контрольная 2	опытная 2
T <sub>4</sub> общий, нмоль/л	15,96±0,04	19,31±0,03**	12,22±0,04	15,06±0,05*
T <sub>3</sub> общий, нмоль/л	0,0164±0,05	0,0217±0,03*	0,0121±0,03	0,0152±0,03**
T <sub>4</sub> свободный, пмоль/л	5,79±0,02	7,34±0,02*	4,25±0,02	5,66±0,02*
T <sub>3</sub> свободный, пмоль/л	9,89±0,30	11,63±0,20*	7,42±0,10	8,97±0,11**
ТТГ, мМЕ/л	0,010±0,001	0,011±0,001	0,007±0,001	0,009±0,001

обусловленная специфическим воздействием йодтиронинов на генетический аппарат клеток [4].

Активный центр тиреоидных гормонов – йод [5], поступающий в организм с различными веществами. В наших исследованиях в качестве дополнительного источника йода был экстракт ламинарии, содержащий данный микроэлемент в органически связанной форме. Йод в органически связанной форме – это биологически активный элемент, который благодаря ковалентной связи способен проявлять многообразные физиолого-биохимические эффекты. Йод, встроенный в молекулу аминокислоты тирозина или гистидина, имеет положительную валентность. Следует отметить, что биологической активностью обладает лишь йод в положительно валентной форме [6, 7].

Исследования Н.П. Лысенко и Л.В. Рогожиной [8] показали, что неорганическая форма йода (I<sup>131</sup>) накапливается щитовидной железой крыс менее интенсивно, чем встроенный в тирозиновые остатки казеина I<sup>125</sup>. Это, очевидно, связано с затратой энергии при переносе отрицательно заряженного иона I<sup>131</sup>. Перенос же аминокислот в клетки осуществляется посредством облегченной диффузии при участии мембранных молекул-переносчиков

Специфическая уникальная роль йода в положительно одновалентной форме состоит в реализации тиреоидного гормонального эффекта [5, 7]. Следует обратить внимание на возможности биологически активного йода корректировать физиолого-биохимическое становление организма цыплят, развивающихся при различных температурах во время инкубации при использовании оптимальных концентраций биологически активного йода до инкубации и на ее 19-е сутки.

Цель работы – сопоставить особенности реализации и степень проявления антистрессовых свойств биологически активного йода у цыплят суточного возраста, развивающихся при действии одного из наиболее опасного микроклиматического стресс-фактора во время искусственной инкубации яиц и при стандартном режиме инкубации.

**Методика.** Научно-производственные эксперименты проводили в условиях племенного птицеводческого завода «Птичное». Для первого опыта отобрали две партии (контрольная и опытная) яиц яичного кросса по 544 шт. в каждой, которые инкубировали при стандартном режиме (температура – 36,7-38,1 °С; относительная влажность – 55-60 %) в машинах ИУП-Ф-45, ИУВ-Ф-15. Для проведения второго опыта отобрали две партии (контрольная и опытная) яиц по 500 шт. в каждой, которые инкубировали при следующих параметрах: температура – 40,0±0,1 оС, относительная влажность воздуха – 55-60% в инкубаторе R-com Maru-1000. Опытные партии яиц орошали до инкубации и на ее 19-е сутки оптимальными растворами биологически активного йода [9, 10]. Яйца, использованные в экс-

периментах, отобраны от одного родительского стада кросса Шейвер 2000 при соблюдении равенства массы, сроков снесения и хранения. Яйца по комплексу основных показателей соответствовали нормативам, подтверждающим их качество как инкубационного яйца.

В ходе исследований учитывали основные показатели биологического контроля: отходы инкубации (неоплодотворенные яйца, кровяные кольца, замершие, задохлики и слабые); выводимость яиц и вывод цыплят. В суточном возрасте от цыплят из контрольных и опытных групп брали пробы крови для проведения биохимических анализов по общепринятым методикам [11]. Биохимический анализ крови выполнен на анализаторе Siemens Dimension RL Max (Германия). Концентрацию тиреоидных гормонов определяли на иммуноферментном анализаторе STAT FAX 2100 (США), концентрацию продуктов перекисного окисления липидов – спектрофотометром СФ-26. Измерение ректальной температуры проводили медицинским электронным термометром (В. WELL, WT-04 STANDART).

Статистическая обработка данных осуществлена с использованием критерия Стьюдента.

**Результаты и обсуждение.** Рост и развитие организма кур яичного кросса в разные периоды его становления во многих случаях зависит от воздействия стресс-факторов, для предотвращения негативного влияния которых определенную роль играют гормоны щитовидной железы [10, 12]. Щитовидная железа, секретируя тиреоидные гормоны от самого зарождения живого организма и на протяжении жизни, выполняет многогранные функции: определяет успешное вылупление цыплят; контролирует у эмбрионов кур переход от хорионаллантоисного дыхания к легочному; реализует компенсаторно-приспособительные реакции зародышей при меняющихся условиях окружающей среды [13].

Исследование функционального состояния щитовидной железы у цыплят суточного возраста определило увеличение уровня тиреоидных гормонов у особой опытных групп в соответствии с диапазоном референтных значений (табл. 1). По результатам двух экспериментов у цыплят установлено отсутствие достоверных различий по уровню тиреотропного гормона (ТТГ), но выявлены значимые изменения по уровню гормонов щитовидной железы между контрольной и опытной группами, что свидетельствует о стимулирующем влиянии экстракта ламинарии на щитовидную железу кур. Усиление функциональной активности этой железы (в пределах референтных значений) наблюдали у цыплят опытной группы 1 при стандартных режимах инкубации по сравнению с контрольной группой 1. Так, T<sub>4</sub> общий был выше на 20,99 % (p<0,01), T<sub>3</sub> общий и T<sub>4</sub> свободный – в 1,3 раза (p<0,05), T<sub>3</sub> свободный – 17,59 % (p<0,05).

Результаты исследований гормональной активности щитовидной железы у цыплят суточного возраста

**Табл. 2. Показатели перекисного окисления липидов и антиоксидантной защитной системы у цыплят суточного возраста (n=5)**

Показатель	Группа			
	контрольная 1	опытная 1	контрольная 2	опытная 2
АОА, %	43±1,94	55±1,92*	46±1,67	58±1,08**
ИДС, ед.опт.пл./мл	5,38±0,13	4,43±0,15**	5,94±0,11	5,42±0,12*
ДК, ед.опт.пл./мл	1,61±0,04	0,94±0,04***	1,86±0,04	1,34±0,05***
ТК, ед.опт.пл./мл	1,91±0,13	1,29±0,11*	1,04±0,10	0,87±0,12
ОДК, ед.опт.пл./мл	1,32±0,13	0,89±0,10	0,90±0,06	0,62±0,04*
ОШ, ед.опт.пл./мл	0,68±0,03	0,35±0,02***	1,16±0,05	0,85±0,03**

опытной группы 2 выражаются в повышении уровня тиреоидных гормонов, в частности: Т<sub>3</sub> общего – в 1,3 раза (p<0,01), Т<sub>3</sub> свободного – на 20,9% (p<0,01), Т<sub>4</sub> общего – на 23,2% (p<0,05), Т<sub>4</sub> свободного – в 1,3 раза (p<0,05) по сравнению с контрольной группой 2.

Физиологически активная форма йодсодержащих гормонов – трийодтиронин. Достоверное повышение функциональной активности щитовидной железы отмечено у цыплят из опытной группы 2 (8,97±0,11 пмоль/л; при p<0,01), которые развивались при действии стресс-фактора во время инкубации, по отношению к опытной группе 1. Очевидно инкубация при температуре 40,0 °С послужила сильным раздражителем для организма эмбрионов кур и соответственно индуцировала у них состояние стресса. В то же время применение йода в органически связанной форме на фоне сильного стресс-фактора способствовало поддержанию основных сторон жизнедеятельности организма цыплят, что, вероятно, во многом обусловлено снижением аномальной интенсивности свободнорадикальных процессов, а вместе с тем липопероксидации за счет реализации комплекса антистрессовых свойств тиреоидных гормонов.

У цыплят суточного возраста из опытной группы 2 на фоне оптимизации тиреоидного статуса произошла активизация антиоксидантной защитной системы организма, что выразилось в повышении антиоксидантной активности сыворотки крови (АОА) по сравнению с таковой в контрольной группе 2 в 1,3 раза (p<0,01). Это определило снижение уровня липидов, содержащих изолированные двойные связи (ИДС) на 8,8% (p<0,05), диеновых конъюгатов (ДК) – в 1,4 раза (p<0,001), триеновых конъюгатов (ТК) – на 16,3%, оксодиеновых конъюгатов (ОДК) – в 1,5 раз (p<0,05) и оснований Шиффа (ОШ) – в 1,4 раза (p<0,01) (табл. 2). В свою очередь у цыплят в опытной группе 1 также достоверно уменьшились по сравнению с контрольной

группой 1 количество токсичных для клетки продуктов, в частности: ИДС – на 17,7% (p<0,01), ДК – в 1,7 раза (p<0,001), ТК – в 1,5 раза (p<0,05) и ОШ – в 1,9 (p<0,001) раза.

Снижение интенсивности перекисного окисления липидов в опытных группах в организме цыплят суточного возраста, очевидно, определило оптимизацию центральных метаболических процессов (табл. 3). Установлено, что дополнительное йодированное трансвариальное питание повлияло на уровень йода в крови цыплят. Так, у молодняка опытной группы 1 отмечено повышение его уровня в 1,3 раза (p<0,001) по сравнению с контрольной группой 1. Таким образом, выбранный нами биологически активный йод действительно проникает в яйцо и поступает к эмбриону.

Как известно, этот элемент активно задействован в синтезе тиреоидных гормонов (табл. 1), что обуславливает повышение интенсивности метаболизма [13]. Это подтвердилось в нашей работе (табл. 3). Так, уровень общего белка у цыплят опытной группы 1 был достоверно выше на 11,8% (p<0,05), альбумина – на 16,7% (p<0,05), креатинина – на 20,0% (p<0,05), чем в контрольной группе 1. Увеличение креатинина в данной временной период онтогенеза кур свидетельствует о более высокой мышечной активности суточного молодняка [14], что особенно важно для обеспечения своевременного «дружного» вывода и доказано нами ранее [12].

Повышение содержания общего белка может быть объяснено изысканиями М.И. Клопова и др. [13], которые отмечают, что главная роль тиреоидных гормонов – это влияние на экспрессию генов. В настоящее время полагают, что гормоны стимулируют транскрипцию. Это предположение позволяет объяснить увеличение скорости синтеза белка и активности многих ферментных систем после введения тироксина или йодсодержащих препаратов экспериментальным животным. В

**Табл. 3. Физиолого-биохимические показатели крови цыплят суточного возраста (n=5)**

Показатель	Группа			
	контрольная 1	опытная 1	контрольная 2	опытная 2
Общий белок, г/л	29,7±0,59	33,2±0,51*	25,2±0,86	30,6±0,52**
Альбумин, г/л	12,0±0,37	14,0±0,37*	11±1,02	13±0,51
Креатинин, мкмоль/л	25,0±1,56	30,0±0,71*	25±0,97	30,0±0,58
Триглицериды, ммоль/л	0,71±0,04	0,96±0,07*	0,59±0,06	0,97±0,08*
α-амилаза, Е/л	959,0±5,44	995,0±12,82	995±13,72	1034±19,65
Глюкоза, ммоль/л	12,1±0,13	12,7±0,07*	12,2±0,15	12,7±0,09*
Йод, мкг/л	89,87±2,47	118,37±2,41***	87,92±3,82	105,50±4,21*

Табл. 4. Результаты инкубации, %

Показатель	Партия			
	контрольная 1	опытная 1	контрольная 2	опытная 2
Неоплодотворенные яйца	7,72±1,44	5,88±1,01	6,80±1,13	5,80±1,05
Кровяные кольца	1,47±0,52	0,74±0,37	9,80±1,33	5,40±1,01**
Замершие	4,41±0,88	2,76±0,70	6,20±1,08	5,60±1,03
Задохлики	6,99±1,09	5,15±0,95	7,00±1,14	6,00±1,06
Слабые	1,47±0,52	0,55±0,32	10,20±1,35	5,00±0,97**
Выводимость яиц	84,46±1,55	90,23±1,27**	64,38±2,14	76,65±1,89***
±Δ	-----	+5,77	-----	+12,27
Вывод цыплят	77,94±1,78	84,93±1,53**	60,00±2,19	72,20±2,0***
±Δ	-----	+6,99	-----	+12,20

свою очередь при анализе углеводного обмена отмечено повышение уровня глюкозы в опытной группе 1 на 5,0 % ( $p < 0,05$ ) и активности  $\alpha$ -амилазы – на 3,8 % по отношению к контрольной.

Изучение центральных физиолого-биохимических показателей метаболизма у цыплят из опытной группы 2 показало, что изменение у них гормонального фона (табл. 1) также закономерно приводит к интенсификации центральных обменных процессов. Так, в сыворотке крови содержание общего белка возросло на 21,4 % ( $p < 0,01$ ), альбуминов – на 18,2 %. Установлена также интенсификация липидного обмена, что выразилось в увеличении уровня триглицеридов в сыворотке крови у цыплят опытной группы в 1,6 раза ( $p < 0,05$ ) по сравнению с контрольной группой 2. При анализе углеводного обмена отмечено увеличение содержания глюкозы в крови на 4,1 % ( $p < 0,05$ ), а также достоверное увеличение уровня йода в крови у цыплят опытной группы 2 на 20,0 % ( $p < 0,05$ ) по отношению к контрольной группе 2.

По данным М.И. Клопова и др. [13] активизация центральных обменных процессов у молодняка опытных групп свидетельствует о согласованности в деятельности различных систем организма: пищеварения, крови, дыхания и выделения и способствует оптимизации механизмов адаптации и поддержанию гомеостаза. Оптимизация метаболизма определила более высокую жизнеспособность эмбрионов, получивших йод в органической форме уже с начала инкубации, что и показали результаты исследования биологического контроля инкубации (табл. 4). Подобные исследования свидетельствуют о превосходстве опытных групп по количеству выведенных цыплят по отношению к контрольным. Так, вывод цыплят в опытной группе 1 был достоверно выше, чем в контрольной 1 на 6,99 ( $p < 0,01$ ), а вывод цыплят и выводимость яиц в опытной группе 2 достоверно превосходили контрольную группу 2 соответственно на 12,20 ( $p < 0,001$ ) и 12,27 % ( $p < 0,001$ ).

Высокая эмбриональная жизнеспособность была обусловлена снижением всех категорий инкубации, однако, наиболее значимые различия между опытными и контрольными группами выявлены в эксперименте с экстремальным раздражителем по показателем: «кровяные кольца» – меньше в 1,8 раза ( $p < 0,01$ ) и «слабые» – в 2 раза ( $p < 0,01$ ). Сопоставление результатов табл. 4 свидетельствует о том, что чем сильнее стрессовое воздействие, тем выше эффективность антистрессового действия тиреоидных гормонов. Это также нашло подтверждение при анализе температурного статуса цыплят суточного возраста.

Изучаемое йодсодержащее соединение опосредованно через гормоны щитовидной железы влияет на терморегулирующие системы организма. Вероятно, в данном случае такой механизм не связан с вероятностью их разобщающего действия на процессы окисления и фосфорилирования, так как по данным Е.С. Северина и др. [15], обязательным условием для этого является гиперсекреция. В нашем случае с учетом физиологического благополучия молодняка (табл. 3) и соответствия референтным значениям механизм действия скорее всего заключается в сохранении энергосинтетических процессов за счет прежде всего реализации антиоксидантных свойств. Это позволяет направить большее количество АТФ на становление организма, а также больше энергии на рассеивание в виде теплоты (необходимо для поддержания оптимальной температуры тела). Очевидно, именно данные факторы позволили получить биологически более полноценный молодняк, что выразилось в повышении температуры тела в опытной группе 1 на 1,3 % ( $38,7 \pm 0,23$  °C против  $38,2 \pm 0,25$  °C в контроле), в опытной группе 2 – на 2,4 % ( $38,9 \pm 0,17$  °C против  $38,0 \pm 0,33$  °C в контроле;  $p < 0,05$ ).

Таким образом, биологически активный йод обладает особенностями реализации антистрессовых свойств у эмбрионов кур на разных стадиях эмбрионального развития при искусственной инкубации. Так, развитие эмбрионов кур контрольной группы при воздействии стресс-фактора во время искусственной инкубации проходит с большим напряжением физиологических систем. Как следствие, у цыплят отмечено снижение инкреторной активности щитовидной железы. Применение биологически активного йода до инкубации и на ее 19-е сутки в оптимальных растворах вызывает оптимизацию гомеостаза у цыплят опытной группы и вместе с тем повышение качества и жизнеспособности молодняка. Реализация антистрессовых эффектов йода в органической связанной форме на организм цыплят и эмбрионов проявляется особенно при действии экстремального раздражителя. Таким образом, чем больше экстремальных стрессоров воздействует на организм эмбриона, тем выше эффективность действия данного элемента. Однако необходимость его использования в их отсутствии и на фоне полноценности яйца или пиятия требует дополнительных исследований.

#### Литература.

1. Кочиш И.И., Максимов В.И., Азарнова Т.О., Агуреева О.В. Органические кислоты (липоевая и янтарная) в системе защиты эмбрионов кур от оксидативного стресса // Физиология. – 2018. – № 2 (1). – С. 28-31.
2. Фисинин В.И., Сурай П.Ф., Кузнецов А.И., Мифта-

- хутдинов А.В., Терман А.А. Стрессы и стрессовая чувствительность кур в мясном птицеводстве. Диагностика и профилактика: Монография. – Троицк, 2013. – 215 с.
3. Лыгденов Д.В., Сордонова Е.В., Жамсаранова С.Д. Влияние органических форм йода и цинка на соотношение прооксидантных и антиоксидантных системе организма при йодной недостаточности // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2017. – Том 7. – № 4. – С. 36-43. DOI: 10.21285/2227-2925-2017-7-4-36-43.
  4. Гусакова Е.А., Городецкая И.В. Влияние йодсодержащих тиреоидных гормонов на периферические стресс-лимитирующие факторы // Вестник Витбеского государственного медицинского университета. – 2017. – № 16 (4). – С. 16-23.
  5. Самигуллина А.Э., Шеримбекова С.Т. Потребность организма в йоде и йододефицитные состояния (обзор литературы) // Известия вузов Кыргызстана. – 2017. – № 8. – С. 31-33.
  6. Никанова Л.А. Коррекция и профилактика нарушений обмена веществ у свиноматок с использованием кормовых добавок // «Российский журнал «Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии». – 2017. – № 2(22). – С. 108-112.
  7. Орозбаева Ж.М., Бегалиев Ш.С., Топчубаева Г. Биогенные элементы селен, йод и их роль в организме // Актуальные проблемы современности. – 2017. – № 2 (16). – С. 212-216.
  8. Лысенко Н.П., Рогожина Л.В. Особенности накопления и выведения йода при его поступлении в организм животных в виде неорганической соли и в связанном с белком форме // Российский ветеринарный журнал. Сельскохозяйственные животные. – 2009. – № 3. – С. 51-53.
  9. Индюхова Е.Н., Азарнова Т.О., Максимов В.И. и др. Мониторинг эмбриогенеза кур при йодированном питании *in ovo* в условиях гипертермии во время инкубации // Ветеринария. – 2016. – № 10. – С. 54-58.
  10. Induyhova E.N. Comparative evaluation of physiological and biochemical parameters and survival of chickens for the effects of microclimatic stress factors during incubation // Journal of Stress Physiology & Biochemistry. – 2015. – Vol. 11. – № 4. – P. 21-28.
  11. Лелевич С.В., Курстак И.А., Гриневич Т.Н., Воробьев В.В. Основы клинической биохимии. – Гродно: ГрГМУ, 2013. – 184 с.
  12. Азарнова Т.О., Максимов В.И., Индюхова Е.Н. и др. Изучение комплекса этологических, экстерьерных, интерьерных и биохимических показателей качества цыплят суточного возраста при йодированном питании *in ovo* // Ветеринария Кубани. – 2014. – № 4. – С. 16-19.
  13. Клопов М.И., Гончаров А.В., Максимов В.И. Гормоны, регуляторы роста и их использование в селекции и технологии выращивания сельскохозяйственных растений и животных. – СПб.: «Лань», 2016. – 376 с.
  14. Азарнова Т.О., Богданова Д.Л., Кочиш И.И., Найденский М.С., Зайцев С.Ю. Использование селеносодержащего препарата для оптимизации современной технологии инкубации // Птица и птицепродукты. – 2015. – № 4. – С. 38-40.
  15. Авдеева Л.В., Алейникова Т.Л., Андрианова Л.Е. Биохимия: под ред. Е.С. Северина – М.: ГЭО-ТАР-Медиа, 2016. – 768 с.

Поступила в редакцию .08.10.18  
 После доработки 02.02.19  
 Принята к публикации 10.03.19