

## ИЗМЕНЕНИЯ ЛИПИДНОГО ОБМЕНА У СУПОРΟΣНЫХ СВИНОМАТОК НА ФОНЕ ПРИМЕНЕНИЯ АСКОРБАТА ЛИТИЯ

К. С. ОСТРЕНКО, кандидат биологических наук,  
заведующий лабораторией иммунобиотехнологии и микробиологии, старший научный сотрудник,  
В. П. ГАЛОЧКИНА, доктор биологических наук,  
старший научный сотрудник лаборатории иммунобиотехнологии и микробиологии,  
В. А. ГАЛОЧКИН, доктор биологических наук, профессор,  
ведущий научный сотрудник лаборатории иммунобиотехнологии и микробиологии,  
Всероссийский научно-исследовательский институт физиологии, биохимии и питания животных –  
филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста»  
(249013, г. Боровск, ВНИИФБиП животных; тел. +7 484 384-30-26; e-mail: ostrenkoks@gmail.com)

**Ключевые слова:** супоросные свиноматки, аскорбат лития, липидно-холестероловый обмен, стресс, продуктивность.

Исследование направлено на разработку физиологического способа коррекции стрессового воздействия и регуляции липидного обмена у свиней. Цель работы – разработать новый, эффективный и физиологичный метод снижения негативного стрессового воздействия любой этиологии на процессы онтогенеза и повышения продуктивности. Эксперимент проведен на 4 группах супоросных свиноматок породы ирландский ландрас (3 опытные и 1 контрольная) по 5 голов в каждой. Через 30 дней после плодотворного осеменения свиноматки I, II, III групп ежедневно получали с кормом аскорбат лития в виде порошка в дозе 10; 5; 2 мг/кг живой массы соответственно. Взвешивание проводилось перед введением препарата. Повторные взвешивания производились через 2 и 3 месяца после оплодотворения и непосредственно перед опоросом. В плазме крови были определены триацилглицеролы, общий холестерол, общий белок, фракции липопротеинов – ЛПВП, ЛПНП, ЛПОНП. В ходе проведенных исследований было установлено, что применение с кормом аскорбата лития супоросным свиноматкам в дозировке 10, 5 и 2 мг/кг массы тела позволяет нивелировать негативное стрессовое воздействие и оптимизировать липидно-холестероловый обмен, что плодотворно сказывается на повышении продуктивности супоросных свиноматок; повысить уровень ЛПВП в опытных группах на 43,2; 34,6; 25,7 % соответственно. Одновременно в опытных группах происходило снижение концентрации ЛПОНП. Так, уровень ЛПОНП был ниже в опытных группах на 20,6; 14,7; 5,9 %. Повышение уровня ЛПВП на фоне снижения ЛПОНП свидетельствует о ярко выраженном антиатерогенном эффекте и о высокой скорости элиминации свободного холестерина из кровяного русла. Введение аскорбата лития по совокупности биохимических и физиологических показателей подтвердило справедливость выдвинутой концепции о возможности создания на его основе новых способов эффективного и физиологичного управления поведенческими реакциями и коррекции стрессового состояния.

## CHANGES IN LIPID METABOLISM IN PREGNANT SOWS DURING THE USE OF LITHIUM ASCORBATE

K. S. OSTRENKO, candidate of biological sciences,  
head of laboratory of immunobiotechnology and microbiology, senior researcher,  
V. P. GALOCHKINA, doctor of biological sciences, senior researcher,  
laboratory of immunobiotechnology and microbiology,  
V. A. GALOCHKIN, doctor of biological sciences, professor,  
leading researcher of the laboratory of immunobiotechnology and microbiology,  
Institute of Animal Physiology, Biochemistry and Nutrition – Branch of Federal Science Center for Animal  
Husbandry named after L. K. Ernst

(Institute of Animal Physiology, Biochemistry and Nutrition, 249013, Borovsk; phone: +7 484 384-30-26; e-mail: ostrenkoks@gmail.com)

**Keywords:** pregnant sows, lithium ascorbate, lipid-cholesterol metabolism, stress, productivity.

The study aims to develop a physiological method for correcting stress and regulating lipid metabolism in pigs. The aim of the work is to develop a new, effective and physiological method to reduce the negative stress impact of any etiology on the processes of ontogenesis and increase productivity. The experiment was conducted on 4 groups of pregnant sows of Irish Landrace breed (3 experimental and 1 control) with 5 heads each. 30 days after the fruitful insemination of the sow, I, II, III groups were daily fed with lithium ascorbate in the form of powder at a dose of 10; 5; 2 mg/kg live weight, respectively. Weighing was carried out before the introduction of the drug. Re-weighing was carried out 2 and 3 months after fertilization and immediately before farrowing. Triacylglycerols, total cholesterol, total protein, lipoprotein fractions – HDL, LDL, and VLDL were determined in blood plasma. In the course of the studies it was found that the use of lithium ascorbate feed to pregnant sows at a dosage of 10, 5 and 2 mg/kg body weight, allows to neutralize the negative stress effect and optimize lipid-cholesterol metabolism, which has a beneficial effect on increasing the productivity of pregnant sows. The use of lithium ascorbate in dosages of 10, 5 and 2 mg/kg of live weight allowed to increase the level of HDL in the experimental groups by 43.2; 34.6; 25.7 %, respectively. At the same time in the experimental groups there was a decrease in the concentration of VLDL. So the level of VLDL was lower in the experimental groups by 20.6; 14.7; 5.9 %. The increase in HDL level against the background of LDL reduction indicates a pronounced antiatherogenic effect and a high rate of elimination of free cholesterol from the bloodstream. Introduction, lithium ascorbate on a set of biochemical and physiological parameters confirmed the validity of the proposed concept of the possibility of creating C on its basis of new ways of effective and physiological management of behavioral reactions and correction of stress.

**Цель и методика исследований**

Работа является продолжением изучения органических солей лития в новой комбинации – лиганда нового поколения, обладающего потенцированным действием аскорбиновой кислоты и литием. Цель работы – разработать новый более эффективный и более физиологичный способ борьбы с любыми формами стресса у сельскохозяйственных животных для повышения продуктивности, улучшения качества животноводческой продукции, снижения затрат кормов, труда и финансовых средств на ее производство. Мы полагаем, что аскорбат лития – препарат адаптогенной направленности биологического действия – способен стать одним из новых эффективных и физиологичных элементов рационализации биотехнологии производства свинины.

Эффективность свиноводства тесно связана с биотехнологией воспроизведения свиней. Применение в практике современных методов повышения продуктивности и репродуктивных показателей животных, стимуляция репродуктивной функции свиноматок существенно повышает эффективность использования маточного поголовья, обеспечивая при этом стабильность производственных показателей и рентабельность технологии производства свинины [1, 4, 12, 13].

На современном этапе развития физиологической науки особое место занимает выяснение фундаментальных механизмов обеспечения жизненно важных функций живого организма и их использование в практике животноводства. Это позволит разработать новые и совершенствовать существующие адаптивные технологии воспроизведения животных, правильно организовать технологию воспроизводства стада, основанную на закономерности роста и развития свиней. В настоящее время практика животноводства часто обращается к методам регуляции функционального гомеостаза, одним из которых является применения адаптогенов нового поколения, к которым и относится аскорбат лития [11, 16, 19].

Соединив минеральную соль лития с аскорбиновой кислотой, предполагается получить органическую соль лития, которая не просто позволит достичь аддитивного эффекта лития, а обеспечит получение новых биологических свойств, желательных и отсутствующих у обоих исходных компонентов [5, 9].

Планируемые повышенные стрессоустойчивость и продуктивность должны явиться следствием изменений в липидно-холестероловом обмене, системе редукции глутатиона с сопряженными процессами снижения интенсивности свободнорадикальных процессов и липопероксидации в организме животных, достигаемых более выраженным проявлением нейророметаболических эффектов [3, 8, 16]

Исследование аскорбата лития проводилось в хозяйстве АО «Шумятино» Малоярославецкого района Калужской области. Опыт проведен на 4 группах супоросных свиноматок (породы ирландский ландрас) по второму опоросу (опытные и контрольная) по 5 голов в каждой. Опытная и контрольные группы были сформированы из пользовательских групп хозяйства. Животные опытной и контрольных групп содержались в индивидуальных станках с момента организации групп для точного дозирования корма с содержанием аскорбата лития. Рацион и технологический процесс не отличался от основной пользовательской группы. Через 30 дней после плодотворного осеменения свиноматкам опытной группы стало осуществляться ежедневное введение вместе с кормом аскорбата лития в виде порошка в дозе 10, 5, 2 мг/кг живой массы. В I группе доза аскорбата лития составила 10 мг/кг; во II группе – 5 мг/кг; в III группе – 2 мг/кг. Контрольная группа свиноматок находилась на основном рационе без добавления субстанции. Взвешивание проводилось перед введением аскорбата лития. Повторные взвешивания производились через 2 и 3 месяца после оплодотворения и непосредственно перед опоросом. Через 2 месяца после оплодотворения и перед опоросом брали кровь для биохимического анализа. В плазме крови были определены концентрация триацилглицеролов, мМ/л; концентрация холестерина липопротеинов низкой плотности, мМ/л; концентрация холестерина липопротеинов очень низкой плотности, мМ/л; концентрация холестерина липопротеинов высокой плотности. Все показатели, характеризующие липидно-холестероловый обмен, проанализированы с использованием тест-систем фирмы «ЮНИМЕД». У животных кровь помещали в вакуумные пробирки с добавлением 10-процентного раствора трилона Б.

Данные полученные в ходе экспериментальных исследований подвергались статистической обработке с оценкой достоверности эффектов с помощью *t*-критерия Стьюдента в компьютерной программе Statistica и MS Office Excel.

**Результаты исследований**

Животные опытной и контрольных групп содержались в одном помещении с основной пользовательской группой. Кормление осуществлялось по общему рациону с добавлением аскорбата лития в соответствующих дозировках по группам. Рацион опытной и контрольных свиней приведен в таблицах 1, 2.

Свиноматок в возрасте до двух лет кормят как свинью массой 180–200 кг. Во время супоросности организм свиноматки претерпевает значительные изменения: изменяются тип и интенсивность обмена веществ, усиливается эффективность использования питательных веществ корма, жировая ткань с

Таблица 1  
Рацион кормления свиной  
Table 1  
Feeding ration of sows'

Питательные вещества <i>Nutrient substances</i>	Легкопереваримый протеин (кг) <i>Easily digestible protein (kg)</i>	Кормовые единицы <i>Fodder units</i>	Кальций (г) <i>Calcium (g)</i>	Фосфор (г) <i>Phosphorus (g)</i>	Поваренная соль (г) <i>Boiled salt (g)</i>	Бета-каротин (мг) <i>Beta-carotene (mg)</i>
Количество <i>Number</i>	0,260	2,6	21	20	14	28

Таблица 2  
Витаминно-аминокислотный состав корма в I и II половине супоросных свиноматок  
Table 2  
Vitamin and amino acid composition of feed in 1 and 2 half of pregnant sows

Витамины, аминокислоты <i>Vitamins, amino acids</i>	I половина супоросности <i>I half of pregnancy</i>	II половина супоросности <i>II half of pregnancy</i>
Эргокальцеферол (D), МЕ <i>Ergocalciferol (D), IU</i>	1250	1530
Рибофлавин (B2), мг <i>Riboflavin (B2), mg</i>	11	14
Кислота пантотеновая (B3), мг <i>Pantothenic acid (B3), mg</i>	38	46
Кислота никотиновая (PP), мг <i>Nicotinic acid (PP), mg</i>	38	46
Цианокобаламин (B12), мг <i>Cyanocobalamin (B12), mg</i>	38	46
Триптофан, г <i>Tryptophan, g</i>	4,1	5,4
Лизин, г <i>Lysine, g</i>	23	31
Цистеин + метеонин, г <i>Cysteine + methionine, g</i>	17	23

высоким содержанием энергии заменяется мышечной тканью с низкой концентрацией энергии в единицы массы. Уровень кормления молодых растущих свиноматок за период супоросности должен обеспечивать получение прироста 45–55 кг [2, 10].

Основной прирост живой массы у супоросных маток происходит за счет костной и мышечной тканей, в которых в виде резерва питательных веществ накапливаются кальций, фосфор, протеин.

Живая масса свиноматок изменялась в определенной зависимости от содержания в кормах аскорбата лития. Наибольший прирост за весь период супоросности зафиксирован у свиноматок I и II опытных групп и превышает на 5,6 и 4,3 %.

В опытах на свиноматках при введении совместно с кормом аскорбата лития установлено в пределах физиологических норм показателей липогенеза при увеличении уровня общего белка в сыворотке их крови во время супоросности. В крови маток опытных групп на 110 день супоросности отмечали увеличение концентрации триглицеридов в 0,5 раза, общий холестерина – на 20 %,  $\beta$ -липопротеидов – на 34 %.

У свиноматок опытных групп на 110 сутки супоросности отмечалась достоверно повышенная концентрация фракции холестерина липопротеинов вы-

сокой плотности (на 43,2, 34,6 %  $p < 0,05$ , 5,9 %) соответственно. Это обстоятельство мы рассматриваем как весьма положительное. В настоящее время само понятие гиперлипемии практически полностью утрачивают свое значение и актуальность клинического теста [6]. Концентрация суммарных липидов и фосфолипидов – неинформативный критерий. Даже общая концентрация холестерина имеет ограниченную ценность. Важно не суммарное количество липидов различных фракций, а их соотношение. В 1970 году эксперты ВОЗ и ФАО предложили упразднить термин «гиперлипемия» и заменить его понятием «дислипемия» (Назаренко и др., 2002). Сам этот термин подчеркивает значимость для характеристики липидного обмена не общей концентрации липидов, а соотношения их различных фракций [14, 17].

Повышенное содержание хиломикрон в сбалансированной липопротеиновой системе, ЛПОНП и ЛПНП определяют риск отложения в эндотелии сосудов избыточного холестерина. В то же время вывод холестерина из эндотелия и организма ускоряет повышение концентрации ЛПВП. Ведущий путь химической трансформации липопротеинов – избыточное перекисное окисление липидов, входящих в их состав. С одной стороны, перекисно-модифицированные ЛПНП подвергаются захвату макрофа-

Таблица 3  
Динамика изменения массы тела супоросных свиной после введения аскорбата лития

Table 3

*Dynamics of changes in body weight of pregnant sows after administration of lithium ascorbate*

Группы <i>Groups</i>	1 месяц супоросности (кг) <i>1 month of pregnancy, kg</i>	2 месяц супоросности (кг) <i>2 month of pregnancy, kg</i>	3 месяц супоросности (кг) <i>3 month of pregnancy, kg</i>	4 месяц супоросности (кг) <i>4 month of pregnancy, kg</i>
I опытная <i>I experience</i>	213,40 ± 4,45*	227,35 ± 4,53*	247,40 ± 5,50*	269,20 ± 5,07*
II опытная <i>II experience</i>	215,20 ± 5,17*	228,86 ± 4,95*	243,80 ± 8,23*	266,02 ± 9,30
III опытная <i>III experience</i>	202,60 ± 6,69	215,20 ± 5,97	229,50 ± 8,23	252,60 ± 5,73
Контрольная <i>Control</i>	206,80 ± 7,76	217,85 ± 7,43	232,89 ± 7,83	255,00 ± 8,69

\*  $p < 0,05$  — *t*-критерий Стьюдента по сравнению с контролем.

\*  $p < 0,05$  — Student's *t*-criterion compared to control.

Таблица 4  
Показатели липидно-холестеролового обмена в крови

Table 4

*Indicators of lipid-cholesterol metabolism in the blood*

Группы <i>Groups</i>	2 месяца супоросности <i>2 months of pregnancy</i>					
	ТАГ <i>TAG</i>	ХО <i>HO</i>	X ЛПВП <i>X HDL</i>	X ЛПНП <i>X LDL</i>	X ЛПОНП <i>X LDL</i>	β-ЛП <i>β-LP</i>
I	0,86 ± 0,05	3,52 ± 0,03	1,60 ± 0,05	1,62 ± 0,02	0,31 ± 0,02	0,78 ± 0,14
II	0,79 ± 0,04	3,48 ± 0,05	1,55 ± 0,06	1,63 ± 0,03	0,30 ± 0,03	0,75 ± 0,16
III	0,60 ± 0,23	3,41 ± 0,06	1,43 ± 0,10	1,68 ± 0,13	0,31 ± 0,03	0,60 ± 0,14
	0,69 ± 0,13	3,38 ± 1,40	1,40 ± 0,12	1,65 ± 0,08	0,33 ± 0,03	0,64 ± 0,12
3,5 месяца супоросности <i>3,5 months of pregnancy</i>						
I	0,93 ± 0,07*	4,32 ± 0,42*	2,12 ± 0,19*	1,93 ± 0,26	0,27 ± 0,02*	0,76 ± 0,15*
II	0,81 ± 0,04*	4,02 ± 0,38	1,99 ± 0,12*	1,74 ± 0,30	0,29 ± 0,02*	0,78 ± 0,16*
III	0,53 ± 0,20	3,85 ± 0,32	1,86 ± 0,17	1,67 ± 0,16	0,32 ± 0,03	0,60 ± 0,13
К С	0,52 ± 0,17	3,58 ± 0,16	1,48 ± 0,21	1,75 ± 0,30	0,34 ± 0,03	0,58 ± 0,08

Примечание: К – контроль; ТАГ – триацилглицеролы, ммоль/л; ХО – холестерол общий, ммоль/л;

X ЛПВП – холестерол липопротеидов высокой плотности, ммоль/л; X ЛПНП – холестерол липопротеидов низкой плотности, ммоль/л;

X ЛПОНП – холестерол липопротеидов очень низкой плотности, ммоль/л; β-ЛП – β-липопротеиды, ммоль/л.

\*  $P < 0,05$  по *t*-критерию Стьюдента при сравнении с контролем.

Note: C – control; TAG – triacylglycerols, mmol/l; HO – common cholesterol, mmol/l; X HDL – high density lipoprotein cholesterol, mmol/l;

X LDL – low density lipoprotein cholesterol, mmol/l; X LDL – very low density lipoprotein cholesterol, mmol/l; β-LP – β-lipoproteins, mmol/l.

\*  $P < 0,05$  by Student's *t*-criterion compared to control.

гами и гладкомышечными клетками артериальной стенки, которые приводит к массивному накоплению в них эфиров холестерина, относимых к атерогенной фракции, что и инициирует образование атеросклеротических бляшек. Перекисная модификация ЛПНП сопровождается, с другой стороны, существенным повышением их иммуногенности. Образование аутоантител к измененным ЛПНП, захватываемым клетками артериальной стенки, является дополнительным фактором повреждения артерий (деструкция под влиянием иммунных комплексов).

Именно поэтому и было объявлено, что ЛПВП – это «хорошие», или «полезные», а ЛПНП – «плохие», или «вредные». Далее знания об их негативной роли еще более углубились [7, 14].

От перекисно-модифицированных липопротеинов низкой плотности исходят гипертрофированные антигенные стимулы, они же рассматриваются как главные факторы структурно-функциональной деструкции клеточных мембран и отдельных молекул, что и служит основной причиной возникновения различных патологических состояний, самым распространенным из которых являются холестероловые бляшки. Эти исследования мы связываем с желанием бороться с атеросклерозом сосудов мозга и сердца. В связи с качеством продуктов питания, поставляемых этими животными для человека, нас интересует состояние липидно-холестеролового обмена животных.

Концентрация холестерина липопротеинов низкой у свиноматок не претерпела статистически до-

стоверных изменений. Однако весьма четко прослеживалась тенденция более низких величин этих двух показателей относительно животных контрольной группы.

#### **Выводы. Рекомендации**

Исходя из полученных данных, возможно реализовать биологическую необходимость создания новых высокоэффективных способов физиологически адекватной фармакологической коррекции технологических и спонтанных стрессов у сельскохозяйственных животных. Выявленные изменения повышения концентрации фракции липопротеинов высокой плотности с одновременным снижением содержания фракций липопротеинов низкой и очень низкой плотности свидетельствуют о благоприятном ходе липидного и холестеролового обменов у животных опытных групп. Принимая во внимание

значимость фракций холестерина в липопротеинах различных плотностей, мы рассматриваем аскорбат лития как препарат оказывающую антиатерогенный эффект, обусловленный положительным влиянием препарата на системы ответственные за стрессоустойчивость организма супоросных свиноматок. Налицо имело место проявление (нейролептической, нормотимической, транквилизирующей, седативной функции).

Аскорбат лития в дозировке 10, 5 и 2 мг/кг при введении с кормом проявляет выраженные адаптогенные и стрессопротекторные свойства с наибольшим эффектом при введении свиноматкам. Аскорбат лития способствует повышению неспецифической резистентности, интенсивности роста супоросных свиноматок, является протектором в отношении технологических и спонтанных стрессоров.

#### **Литература**

1. Галочкин В. А., Остренко К. С., Галочкина В. П. Взаимосвязь нервной, иммунной, эндокринной систем и факторов питания в регуляции резистентности и продуктивности животных // *Сельскохозяйственная биология*. 2018. № 4. С. 673–686.
2. Иванов В. А., Иванова Л. А., Новикова Н. В. Влияние стрессочувствительности свиней на их воспроизводительные качества в условиях племязавода ЗАО «Фридом фарм бекон» // *Вестник Ульяновской ГСХА*. 2013. № 4 (24). С. 85–89.
3. Матяев В. И., Андин И. С. Потребность высокопродуктивных глубокосупоросных свиноматок в обменной энергии // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. 2015. № 3 (31). С. 89–92.
4. Остренко К. С., Галочкина В. П., Галочкин В. А. Применение аскорбата лития для повышения стрессоустойчивости и продуктивности у растущих и откармливаемых свиней // *Проблемы биологии продуктивных животных*. 2017. № 3. С. 108–118.
5. Остренко К. С., Галочкина В. П., Галочкин В. А. Влияние аскорбата лития на продуктивность свиней на откорме // *Нивы Поволжья*. 2018. № 2. С. 70–73.
6. Романенко В. Н., Бойко И. А. Влияние синтетического иммуномодулятора тимогена на липидные компоненты крови свиноматок // *Современные научно-практические достижения в ветеринарии: материалы международной конференции*. 2015. № 6. С. 42–46.
7. Романенко В. Н., Бойко И. А. Влияние синтетического тимогена на белковые показатели крови при стимуляции обменных процессов у свиноматок // *Известия Оренбургского ГАУ*. 2015. № 3 (53). С. 194–198.
8. Berchieri-Ronchi C. B., Kim S. W., Zhao Y., Correa C. R., Yeum K. J., Ferreira A. L. Oxidative stress status of highly prolific sows during gestation and lactation // *Animal*. 2011. № 5 (11). Pp. 1774–1779.
9. Buchet A., Belloc C., Leblanc-Maridor M., Merlot E. Effects of age and weaning conditions on blood indicators of oxidative status in pigs // *PLoS One*. 2017. No. 24.
10. De Melo R. L. C., Dutra Júnior W. M., Palhares L. O., de Moura Ferreira D. N., de Aquino R. S., Cordeiro Manso H. E. C. Behavioral and physiological evaluation of sows raised in outdoors systems in the Brazilian semi-arid region // *Trop Anim Health Prod*. 2019. No. 2.
11. De Rensis F., Ziecik A. J., Kirkwood R. N. Seasonal infertility in gilts and sows: Aetiology, clinical implications and treatments // *Theriogenology*. 2017. No. 1 (96). Pp. 111–117.
12. Johnson J. S., Baumgard L. H. Postnatal consequences of in utero heat stress in pigs. *Physiology Symposium* // *Journal of Animal Science*. 2019. No. 1. Pp. 962–971.
13. Lavoie J. C., Mohamed I., Nuyt A. M., Elremaly W., Rouleau T. Impact of SMOFLipid on Pulmonary Alveolar Development in Newborn Guinea Pigs // *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*. 2018.
14. Lucy M. C., Safranski T. J. Heat stress in pregnant sows: Thermal responses and subsequent performance of sows and their offspring // *Molecular Reproduction and Development*. 2017. No. 84 (9). Pp. 946–956.
15. Merlo E., Pastorelli H., Prunier A., Père M. C., Louveau I., Lefaucheur L., Perruchot M. H., Meunier-Salaün M. C., Gardan-Salmon D., Gondret F., Quesnel H. Sow environment during gestation: part I. Influence on maternal physiology and lacteal secretions in relation with neonatal survival // *Animal*. 2018. No. 23. Pp. 1–8.

16. Rault J. L., Plush K., Yawno T., Langendijk P. Allopregnanolone and social stress: regulation of the stress response in early pregnancy in pigs // *Stress*. 2015. No. 18 (5). Pp. 569–577.
17. Ross J. W., Hale B. J., Seibert J. T., Romoser M. R., Adur M. K., Keating A. F., Baumgard L. H. Physiological mechanisms through which heat stress compromises reproduction in pigs // *Molecular Reproduction and Development*. 2017. No. 84 (9). Pp. 934–945.
18. Sasaki Y., Fujie M., Nakatake S., Kawabata T. Quantitative assessment of the effects of outside temperature on farrowing rate in gilts and sows by using a multivariate logistic regression model // *Journal of Animal Science*. 2018. No. 89 (8). Pp. 1187–1193.

#### References

1. Galochkin V. A., Ostrenko K. S., Galochkina V. P. Interrelation of nervous, immune, endocrine systems and nutrition factors in regulation of resistance and productivity of animals // *Agricultural biology*. 2018. No. 4. Pp. 673–686.
2. Ivanov V. A., Ivanova L. A., Novikova N. B. Influence of stress sensitivity of pigs on their reproductive qualities in the conditions of the breeding plant JSC “Freedom Farm Bacon” // *Bulletin of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2013. No. 4 (24). Pp. 85–89.
3. Mateev V. I., Andin I. S. Need for highly productive deep pregnant sows in exchange energy // *Bulletin of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2015. No. 3 (31). Pp. 89–92.
4. Ostrenko K. S., Galochkina V. P., Galochkin V. A. Application of lithium ascorbate to increase stress tolerance and productivity of growing and fattened pigs // *Problems of biology productive animals*. 2017. No. 3. Pp. 108–118.
5. Ostrenko K. S., Galochkina V. P., Galochkin V. A. Influence of lithium ascorbate on productivity of pigs on fattening // *Fields of the Volga region*. 2018. No. 2. Pp. 70–73.
6. Romanenko V. N., Boyko I. A. Influence of synthetic immunomodulator thymogen on lipid components of sows’ blood // *Modern scientific and practical achievements in veterinary medicine: proceedings of the international conference*. 2015. No. 6. Pp. 42–46.
7. Romanenko V. N., Boyko I. A. Influence of synthetic timogen protein on blood parameters during stimulation of metabolic processes in sows // *Proceedings of the Orenburg State Agricultural University*. 2015. No. 3 (53). Pp. 194–198.
8. Berchieri-Ronchi C. B., Kim S. W., Zhao Y., Correa C. R., Yeum K. J., Ferreira A. L. Oxidative stress status of highly prolific sows during gestation and lactation // *Animal*. 2011. № 5 (11). Pp. 1774–1779.
9. Buchet A., Belloc C., Leblanc-Maridor M., Merlot E. Effects of age and weaning conditions on blood indicators of oxidative status in pigs // *PLoS One*. 2017. No. 24.
10. De Melo R. L. C., Dutra Júnior W. M., Palhares L. O., de Moura Ferreira D. N., de Aquino R. S., Cordeiro Manso H. E. C. Behavioral and physiological evaluation of sows raised in outdoors systems in the Brazilian semi-arid region // *Trop Anim Health Prod*. 2019. No. 2.
11. De Rensis F., Ziecik A. J., Kirkwood R. N. Seasonal infertility in gilts and sows: Aetiology, clinical implications and treatments // *Theriogenology*. 2017. No. 1 (96). Pp. 111–117.
12. Johnson J. S., Baumgard L. H. Postnatal consequences of in utero heat stress in pigs. *Physiology Symposium* // *Journal of Animal Science*. 2019. No. 1. Pp. 962–971.
13. Lavoie J. C., Mohamed I., Nuyt A. M., Elremaly W., Rouleau T. Impact of SMOFLipid on Pulmonary Alveolar Development in Newborn Guinea Pigs // *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*. 2018.
14. Lucy M. C., Safranski T. J. Heat stress in pregnant sows: Thermal responses and subsequent performance of sows and their offspring // *Molecular Reproduction and Development*. 2017. No. 84 (9). Pp. 946–956.
15. Merlo E., Pastorelli H., Prunier A., Père M. C., Louveau I., Lefaucheur L., Perruchot M. H., Meunier-Salaün M. C., Gardan-Salmon D., Gondret F., Quesnel H. Sow environment during gestation: part I. Influence on maternal physiology and lacteal secretions in relation with neonatal survival // *Animal*. 2018. No. 23. Pp. 1–8.
16. Rault J. L., Plush K., Yawno T., Langendijk P. Allopregnanolone and social stress: regulation of the stress response in early pregnancy in pigs // *Stress*. 2015. No. 18 (5). Pp. 569–577.
17. Ross J. W., Hale B. J., Seibert J. T., Romoser M. R., Adur M. K., Keating A. F., Baumgard L. H. Physiological mechanisms through which heat stress compromises reproduction in pigs // *Molecular Reproduction and Development*. 2017. No. 84 (9). Pp. 934–945.
18. Sasaki Y., Fujie M., Nakatake S., Kawabata T. Quantitative assessment of the effects of outside temperature on farrowing rate in gilts and sows by using a multivariate logistic regression model // *Journal of Animal Science*. 2018. No. 89 (8). Pp. 1187–1193.