

УДК 631.223.6:579.64:636.4:612.015.348  
DOI: 10.55934/2587-8824-2023-30-1-59-66

### **ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТА МИКРОЗИМ НА ПОКАЗАТЕЛИ БЕЛКОВОГО ОБМЕНА РАСТУЩИХ СВИНЕЙ НА ФОНЕ СНИЖЕНИЯ УРОВНЯ АММИАКА И СЕРОВОДОРОДА В ГАЗОВОЗДУШНОЙ СРЕДЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ**

**Е. Н. Барзанова, П. Н. Щербаков, М. А. Дерхо**

Дана оценка влияния биологического деструктора навоза Микрозим на показатели белкового метаболизма в организме растущих поросят на фоне снижения эмиссии сероводорода и аммиака из жидких экскрементов в условиях свиноводческих помещений. Доказательная база работы основана на использовании экспериментальных, хроматографических, колориметрических и статистических методов исследования. Установлено, что добавление в навозные ванны свинарников Микрозима снижает в воздухе опытного свинарника, по сравнению с контрольным, концентрацию аммиака и сероводорода на 30,17–41,79 и 13,99–50,48%. Животные из опытного свинарника превосходят своих контрольных аналогов по количеству общего белка, альбуминов и  $\beta$ -глобулинов в крови на 2,04–19,93; 29,74–30,28 и 6,71–12,57%; имеют меньший уровень  $\alpha$ -глобулинов (на 5,90–25,00%) и  $\gamma$ -глобулинов (на 17,74–26,34%), а также анаболическую направленность белкового обмена, определяемую изменчивостью в крови уровня мочевины (2,38–2,77 ммоль/л), общего белка (67,02–80,14 г/л) и активности АсАТ (0,63–1,96 ммоль/л·час). На фоне уменьшения в воздухе опытного свинарника аммиака и сероводорода нормализуется альбуминсинтезирующая, холестатическая и цитолитическая функции гепатоцитов, определяя отсутствие статистически значимых двухфакторных взаимодействий в парах признаков «Аммиак  $\times$  Белковые параметры крови», «Сероводород  $\times$  Белковые параметры крови». При этом в контрольной группе взаимосвязь в паре «Аммиак  $\times$  Белковые параметры крови» достоверна.

*Ключевые слова:* аммиак, сероводород, воздух, свиньи, белковый обмен.

Важным фактором в формировании здоровья и продуктивных качеств сельскохозяйственных животных является сохранение параметров микроклимата в производственных помещениях в пределах нормативных требований [1, 2, 3]. Особо актуальна данная проблема в свиноводстве, так как технологический процесс организован в закрытых помещениях и характеризуется большой плотностью поголовья на производственных площадях [3, 4], что создает условия для избыточного поступления токсичных газов в окружающий воздух и появления отклонений от зоны комфорта для свиней в газовоздушной среде свинарников.

Качество воздуха в свиноводческих помещениях имеет решающее значение не только

для здоровья и продуктивности животных, но и экологической безопасности получаемой продукции, что подтверждено в большом количестве исследований [3, 5, 6, 7]. Кроме этого, в зоне риска по «благополучию организма» оказывается и обслуживающий персонал [8]. Это придает особую актуальность исследованиям, в которых изучаются пути загрязнения воздуха в свиноводческих помещениях, механизмы воздействия токсичных компонентов на организм животных, разрабатываются способы повышения качества среды обитания и повышения благополучия, здоровья и продуктивности животных [9].

В настоящее время установлено, что в воздухе свиноводческих помещений содержится

около 500 различных газов и летучих органических соединений [10], среди которых наиболее токсичны и приоритетны сероводород и аммиак, так как их источником в производственных помещениях служит навоз. Концентрация данных газов наиболее часто превышает пороговые значения в воздухе. В частности, «скачок» их уровня отмечен при перемешивании или перемещении жидкого навоза, заполнении навозных ванн до «критического уровня» [5]. Поэтому загрязнение воздуха сероводородом и аммиаком является одной из приоритетных причин ухудшения условий жизни животных [6, 11].

Установлено, что уровень сероводорода и аммиака в окружающей среде животноводческих помещений относят к ключевым факторам стресса [12], так как их токсические свойства реализуются по стрессовому пути. При их поступлении в организме животных развиваются изменения как в функциях органов и тканей, вплоть до летального [8], так и в продуктивных качествах [13].

Все вышесказанное придает особую значимость исследованиям, направленным на разработку способов по снижению выбросов токсичных газов в воздушную среду закрытых свиноводческих помещений в процессе выращивания животных. Данные способы направлены не только на доведение микроклиматических характеристик свинарников до нормативных требований, но и способствуют нормализации состояния физиологических процессов в организме свиней, определяя возможность максимальной реализации продуктивных качеств, включая и качество получаемой продукции [14].

Поэтому **целью нашей работы** явилась оценка влияния биологического деструктора навоза Микрозим на показатели белкового метаболизма в организме растущих поросят на фоне снижения эмиссии сероводорода и аммиака из жидких экскрементов в условиях свиноводческих помещений.

#### **Материалы и методы исследования**

При проведении экспериментальной работы руководствовались принципами этического и гуманного отношения к животным. Эксперимент выполнен на одном из свинокомплексов Челябинской области, специализирующихся на выращивании товарного молодняка. В условиях свиноводческого комплекса была сформирована опытная ( $n = 1008$ ) и контроль-

ная ( $n = 1198$ ) группы после отъема поросят по принципу пар-аналогов с учетом возраста и живой массы свиней. Технология содержания и кормления животных определялась рекомендациями Genesis. Состав комбикорма был сбалансирован по питательным и биологически активным веществам. Микроклимат в свиноводческих помещениях поддерживался при помощи приточно-вытяжной вентиляции, температура воздуха в помещениях варьировала в зависимости от стадии выращивания молодняка на уровне 21–23 °С.

Поросята содержались в клетках, которые были оборудованы автоматическими кормушками и ниппельными поилками. Пол в клетках щелевой, что обеспечивает возможность удаления навоза гидросмывом в навозные ванны, расположенные под полом и автоматически опорожняющиеся 1 раз в две недели. В навозные ванны под клетками поросят опытной группы однократно был внесен биологический деструктор Микрозим из расчета 10 г на 1 м<sup>3</sup> жидкого навоза. Препарат состоит из смеси бактерий, которые при попадании во влажную среду активно размножаются за счет использования органических азотсодержащих соединений экскрементов животных.

Концентрацию аммиака и сероводорода в воздухе свиноводческих помещений определяли многоканальным газоанализатором «Камета-М» (Россия). Отбор проб воздуха проводился на расстоянии 5–10 см от щелевого пола, что соответствует уровню дыхания свиней в состоянии «лежа». Пробоотбор проводили один раз в три дня в соответствии с Гост Р ИСО 16000-1 2007. Результат по содержанию сероводорода и аммиака в воздухе свинарников выражали в виде средней величины за период первого и второго доращивания, а также откорма.

Для биохимических исследований использовали сыворотку крови. Ее получали из крови общепринятым методом. Кровь у поросят контрольной и опытной групп по методу случайной выборки брали утром до кормления из крапильной полой вены, используя вакуумные пробирки с красной крышкой. Образцы крови ( $n = 10$ ) получены от поросят в возрасте 60, 100 и 200 суток, что соответствует концу периодов первого и второго доращивания, откорма. В сыворотке крови колориметрическим методом определяли концентрацию общего белка,



белковых фракций, мочевины, активность ферментов переаминирования (АлАТ, АсАТ), щелочной фосфатазы (ЩФ), креатинина при помощи готовых наборов реактивов «Вектор-Бест» и «Клини-тест». Анализы выполнены в соответствии с рекомендациями производителя наборов реактивов.

Статистическая обработка результатов исследований предусматривала расчет средней величины и его стандартного отклонения, а также выполнение двухфакторного дисперсионного анализа. Результаты считались значимыми, если  $P \leq 0,05$ .

### Результаты исследований

Основным источником поступления токсичных газов в воздушное пространство свиноводческих комплексов, как следует из данных В.И. Базыкина, А.В. Трифанова (2018), является гнилостное разложение органических азотобразующих веществ (мочи, кала), выделяемых животными в окружающую среду [15]. Работы М. Liu, D. Giard, S. Barrington (2013), Н.В. Сырчина, Л.В. Пилип (2021) показывают, что при скоплении в навозных ваннах разлагающихся каловых масс животных в воздухе свинарников резко увеличивается концентрация таких токсических газов, как аммиак и сероводород [16, 17].

Результаты наших исследований показали (рис. 1), что концентрация аммиака в воздухе свиноводческих помещений, в которых выращивались поросята опытной и контрольной

групп, планомерно увеличивалась. Прирост уровня газа в свинарнике контрольной группы составил 5,18 раза ( $P \leq 0,05$ ), опытной – 4,32 раза ( $P \leq 0,05$ ). Следовательно, по мере роста и развития животных увеличивалось выделение в окружающую среду экскрементов из их организма, определяя скорость разложения навоза и выделения из него азота.

Сравнительный анализ свинарников опытной и контрольной групп по концентрации азота в воздухе показал, что добавление в навозные ванны биологического деструктора Микрозим способствовало снижению уровня газа в периоды выращивания свиней на 30,17–41,79% ( $P \leq 0,05$ ). При этом различия между группами увеличивались по мере роста и развития животных, несмотря на прирост количества выделяемых экскрементов в окружающую среду. Хотелось бы отметить, что концентрация аммиака в воздухе свиноводческих помещений в периоды дорастивания поросят, независимо от группы, была меньше ПДК в 2,92–4,60 раза (рис. 1), а в период откорма данная тенденция сохранялась только в свинарнике опытной группы.

В работе М. Liu, D. Giard, S. Barrington (2013) выражена мысль о том, что выделение аммиака из навоза представляет собой динамический процесс [16]. Скорость эмиссии газа хотя и зависит от большого количества факторов, но в стандартных условиях производственных помещений протекает с определенной интенсивностью. Это дает основание констатировать, что добавление в навозные ванны биологического

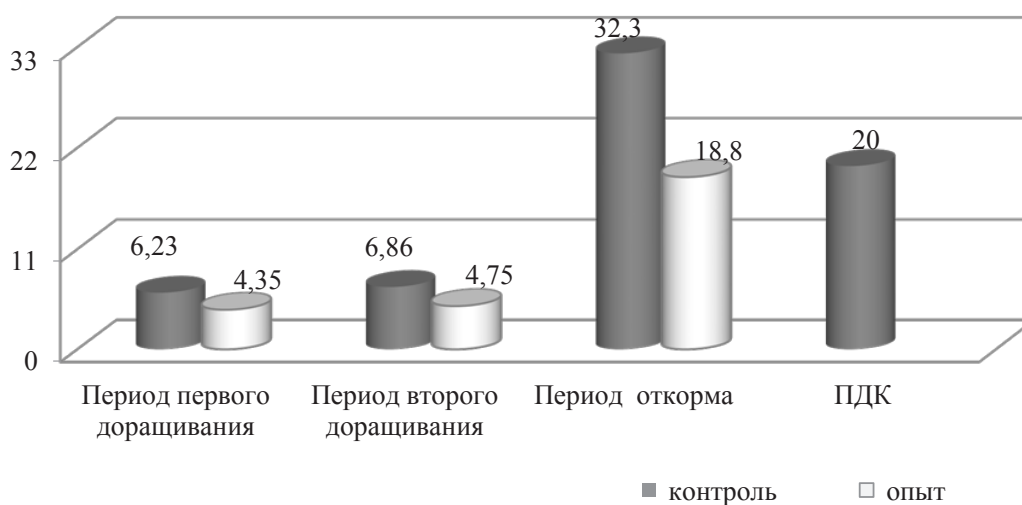


Рис. 1. Концентрация аммиака (мг/м³) в воздухе свинарников в период выращивания товарного молодняка свиней

деструктора Микрозим снижало выбросы аммиака в окружающий воздух в микроклиматических и технологических условиях опытного свиарника.

При сравнительном анализе воздуха свиарников опытной и контрольной групп в ходе выращивания молодняка свиней не было выявлено превышение ПДК по содержанию сероводорода (рис. 2). Уровень газа хотя и увеличивался в газовой среде помещений, но был меньше ПДК в 2,91–9,25 раза. Однако в условиях добавления биодефектора навоза в навозные ванны выделение сероводорода в окружающую среду снижалось на 13,99–50,48%. При этом в динамике «первый период доращивания → второй период доращивания → откорм» различия между свиарниками опытной и контрольной групп уменьшались.

Эмиссия сероводорода из свиных навозных стоков, как следует из работы Н.В. Сычина, Л.В. Филип (2021), сопряжена с активностью анаэробных бактерий рода *Megasphaera* [17]. Поэтому логично предположить, что обработка навозных ванн биологическим деструктором ингибировала процессы жизнедеятельности данных микроорганизмов, способствуя снижению их способности продуцировать сероводород.

В качестве индикатора воздействия аммиака и сероводорода на организм свиней нами был выбран белковый метаболизм, который является источником пластического материала в синтезе структурных и биологически активных молекул и субстратов в синтезе энергии, под-

держивает коллоидно-осмотическое состояние внутри- и внеклеточных жидкостей и т.д. [18, 19, 20]. Кроме этого, белковые показатели крови отражают функциональное состояние печени и почек [21], в работе X.J. Lei, S.I. Lee, I.H. Kim (2019) показана взаимосвязь их уровня со степенью усвоения белкового азота корма в организме свиней и его фекального выделения [22].

В динамике показателей белкового метаболизма свиней контрольной и опытной групп регистрировались общие изменения, которые были следствием возрастного роста и развития животных в периоды их выращивания. В крови увеличивалась концентрация общего белка и альбуминов на 19,57–40,55 и 21,23–21,74%. По данным М. Kitamura (2013), это отражает обеспеченность пластических процессов в клетках органов и тканей строительным материалом [23]. В белковом спектре крови помимо альбуминов возрастала концентрация β-глобулинов на 17,87–23,25%, отражая их востребованность в транспорте железа, гема, холестерина, фосфолипидов и формировании системы комплемента [24], а также креатинина как результат увеличения мышечной массы в организме животных (табл. 1). В то же время у поросят опытной и контрольной групп имелись признаки цитолитической реакции со стороны гепатоцитов, так как активность АлАТ превышала границы нормы в 1,09–2,36 раза, холестаза, о чем свидетельствовал повышенный уровень ЩФ, и активации иммунной системы, сопровождающейся приростом в крови количества γ-глобулинов.

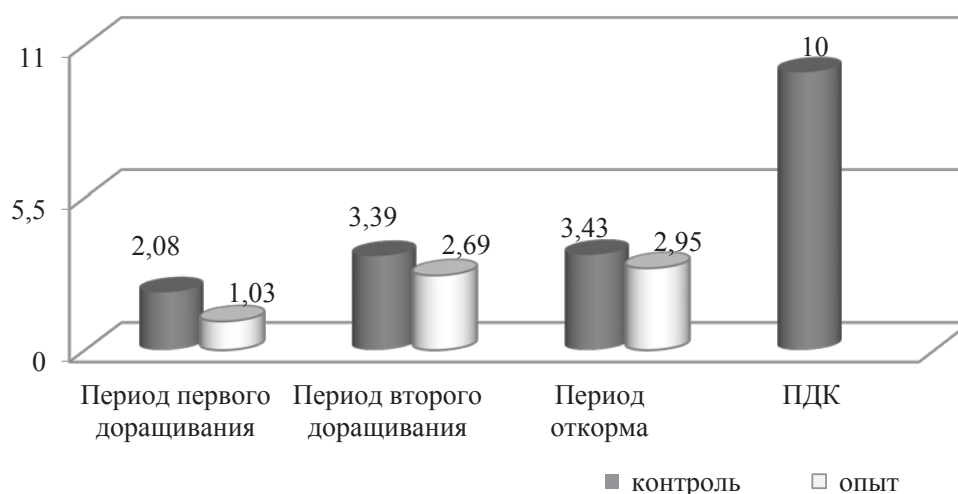


Рис. 2. Концентрация сероводорода (мг/м³) в воздухе свиарников в период выращивания товарного молодняка свиней



Сравнительный анализ биохимического состава крови поросят опытной и контрольной групп позволил выявить положительное влияние биодеструктора навоза Микрозим на белковый метаболизм в организме животных, что было результатом снижения эмиссии аммиака и сероводорода в воздух производственных помещений. К аналогичным выводам в своих исследованиях пришли Л.А. Джигола, В.В. Шакирова, О.С. Садомцева (2019) [25], А.О. Буеверов (2015) [26], изучая механизм воздействия газов на живой организм.

Молодняк свиней опытной группы превосходил своих аналогов контрольной группы по количеству общего белка и альбуминов на 2,04–19,93 и 29,74–30,28%. В протеинограмме крови опытных поросят количество  $\alpha$ -глобулинов, основную долю которых составляют белки острой фазы [24], было меньше, чем у контрольных на 5,90–25,00%, а  $\beta$ -глобулинов, как транспортных белков [24], наоборот, больше на 6,71–12,57 (табл. 1). Снижение концентрации токсичных газов в газо-

воздушной среде опытного свиарника положительно отразилось и на иммунном статусе животных, о чем свидетельствовала нормализация уровня  $\gamma$ -глобулинов в белковом спектре крови. К концу периода откорма различия между поросятами опытной и контрольной групп по данному параметру протеинограммы составили 17,74%.

Белковый метаболизм в организме животных опытной группы имел анаболическую направленность, что подтверждалось вариабельностью уровня мочевины в крови на уровне 2,38–2,77 ммоль/л и увеличением количества общего белка с 67,02±1,53 до 80,14±0,51 г/л, а также концентрацией фермента АсАТ, отражающей степень использования свободных аминокислот в «энергетическом котле» клеток. Формированию положительного азотистого баланса способствовало снижение токсической нагрузки на печень. Это подтверждалось различиями между опытом и контролем по активности АлАТ и ЩФ на уровне 15,47–17,66 и 6,97–22,23%.

Таблица 1 – Биохимические показатели крови поросят в ходе периодов выращивания ( $n = 10$ ),  $X \pm Sx$

Показатели крови	Норма	Периоды выращивания поросят					
		первое доращивание		второе доращивание		откорм	
		контрольная	опытная	контрольная	опытная	контрольная	опытная
Белок общий, г/л	55–75	55,88± 1,60	67,02± 1,53***	68,26± 0,58	73,26± 0,86***	78,54± 0,21	80,14± 0,51*
Альбумины, %	28–45	26,68± 1,74	34,76± 0,87*	29,72± 1,34	41,46± 0,91	32,48± 0,75	42,14± 0,84*
$\alpha$ -глобулины, %	14–20	16,60± 1,08	15,62± 0,59	17,58 ±0,86	14,46± 0,31*	18,24± 1,44	13,68± 0,37*
$\beta$ -глобулины, %	16–21	12,64± 0,87	13,90± 0,86	13,52± 0,29	15,22± 0,33*	14,90± 2,09	15,90± 0,13
$\gamma$ -глобулины, %	17–32	44,08± 0,47	35,72± 1,08*	39,18± 0,30	28,86± 0,64*	34,38± 0,35	28,28± 0,75*
АлАТ, ммоль/л·час	0,3–1,2	2,83± 0,20	2,33± 0,25	1,68± 0,11	1,42± 0,08	1,57± 0,10	1,31± 0,06
АсАТ, ммоль/л·час	0,6–2,1	1,74± 0,08	1,96± 0,13	1,07± 0,09	1,25± 0,06	0,37± 0,05	0,63± 0,02*
Креатинин, мкмоль/л	70–208	139,64± 9,37	131,76± 2,38	139,64± 3,63	137,48± 9,82	205,26± 5,14	201,72± 1,60
Мочевина, ммоль/л	1,9–3,0	2,76± 0,23	2,55± 0,08	4,46± 0,35	2,77± 0,20*	5,34± 0,44	2,38± 0,24*
ЩФ, Е/л	42–108	383,52± 17,86	448,18± 14,42*	239,36± 4,82	186,14± 10,61*	131,08± 15,59	121,94± 31,73

Примечание: \* –  $P \leq 0,05$  по отношению к контрольной группе.

На следующем этапе нашей работы мы попытались выяснить, какой из газов – аммиак или сероводород (главные факторы) – оказывал наиболее значимое влияние на состояние белкового метаболизма в организме свиней в период выращивания, используя модель двухфакторного дисперсионного анализа без повторений (табл. 2). В условиях опытного и контрольного свиначников главные факторы оказались статистически значимыми, так как  $F_{\text{расчетное}}$  превышало  $F_{\text{критическое}}$ . Однако при оценке двухфакторных взаимодействий у животных опытной группы не выявлено статистически значимых связей в парах признаков «Аммиак × Белковые параметры крови» и «Сероводород × Белковые параметры крови». Об этом свидетельствовало низкое значение  $F_{\text{расчетное}}$  по отношению к  $F_{\text{критическое}}$  (табл. 2).

Следовательно, концентрация аммиака и сероводорода в газовой среде свиначников как результат проявления свойств биологического деструктора навоза Микрозим в навозных ваннах не оказывала достоверного влияния на организм поросят, что позволяло белковому метаболизму иметь интенсивность, соответствующую как генетическим особенностям животных, так и технологическим условиям. В контрольной группе достоверная взаимосвязь выявлена в паре «Аммиак × Белковые параметры крови». Это позволяет констатировать, что циркулирующий уровень аммиака в воздухе свиначников был «критическим» для организма животных, что оказывало воздействие на функциональное состояние органов и тканей, сопряженных с метаболизмом белковых молекул.

### Выводы

Таким образом, введение в навозные ванны свиначников биологического деструктора навоза Микрозим способствует снижению в газовой среде помещений, по сравнению с контрольной площадкой, аммиака и сероводорода на 30,17–41,79 и 13,99–50,48 % ( $P \leq 0,05$ ) в период выращивания товарного молодняка свиней по схеме «первый период доращивания → второй период доращивания → откорм». Животные из опытного свиначника превосходят своих контрольных аналогов по количеству общего белка, альбуминов и β-глобулинов в крови на 2,04–19,93; 29,74–30,28 и 6,71–12,57%, но имеют меньший уровень α-глобулинов (на 5,90–25,00%) и γ-глобулинов (на 17,74–26,34%). Белковый обмен в организме опытных поросят имеет анаболическую направленность, о чем свидетельствует возрастная изменчивость уровня мочевины (2,38–2,77 ммоль/л), общего белка (67,02–80,14 г/л) и активности АсАТ (0,63–1,96 ммоль/л·час) в крови. В условиях снижения газов в воздухе опытного свиначника уменьшается токсическая нагрузка на печень, что отражается на ее альбуминсинтезирующей и холестатической функциях, цитолитической реакции клеток (маркер АлАТ). Поэтому в модели дисперсионного анализа двухфакторные взаимодействия в парах признаков «Аммиак × Белковые параметры крови» и «Сероводород × Белковые параметры крови» не являются статистически значимыми. При этом в контрольной группе достоверна взаимосвязь в паре «Аммиак × Белковые параметры крови».

Таблица 2 – Оценка влияния токсичных газов на белковый метаболизм в модели двухфакторного дисперсионного анализа

Источник вариации	Группа	$F_{\text{расчетное}}$	$F_{\text{критическое}}$	$P$
Главные факторы				
Концентрация аммиака в воздухе, мг/м <sup>3</sup>	контрольная	148,11	1,86	< 0,05
	опытная	41,76	1,82	< 0,05
Концентрация сероводорода в воздухе, мг/м <sup>3</sup>	контрольная	154,01	1,86	< 0,05
	опытная	42,24	1,82	< 0,05
Двухфакторные взаимодействия				
Аммиак × Белковые параметры крови	контрольная	1,71	1,51	< 0,05
	опытная	0,63	1,86	0,82
Сероводород × Белковые параметры крови	контрольная	0,40	1,51	0,92
	опытная	0,64	1,76	0,82



### Список литературы

1. Середа Т. И., Дерхо М. А. Влияние параметров микроклимата на сохранность и обмен веществ у петушков ремонтного стада // Вестник биотехнологии. 2016. № 3 (9). С. 7.
2. Закржевская К. С., Дерхо М. А., Середа Т. И. Влияние возраста на липидный обмен и яйценоскость кур-несушек в условиях экосистемы птицефабрики // АПК России. 2016. Т. 75. № 1. С. 25–29.
3. Трифанов А. В., Базыкин В. И., Ильин Р. М. Исследование параметров микроклимата в свинарнике // АгроЭкоИнженерия. 2021. № 1 (103). С. 107–118.
4. Characteristics of PM<sub>2.5</sub> and Its Correlation with Feed, Manure and NH<sub>3</sub> in a Pig-Fattening House / S. Pu [et al.] // Toxics. 2022. Vol. 10 (3). P. 145. DOI: 10.3390/toxics10030145.
5. A critical review of advancement in scientific research on food animal welfare-related air pollution / J. Q. Ni [et al.] // Mater. 2021. Vol. 408. P. 124468. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2020.124468.
6. Воздействие токсичных газов на организм телят при холодном методе выращивания / П. Н. Щербаков, Н. П. Щербаков, Т. Б. Щербакова, К. В. Степанова // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2018. № 16 (179). С. 90–101.
7. Scientific assessment of animal welfare / P. H. Hemsworth, D. J. Mellor, G. M. Cronin, A. J. Tilbrook // N. Z. Vet. J. 2015. Vol. 63 (1). P. 24–30. DOI: 10.1080/00480169.2014.966167/
8. Donham K. J. Community and occupational health concerns in pork production: a review // J. Anim. Sci. 2010. Vol. 88. P. E102–E111.
9. An overview of engineering approaches to improving agricultural animal welfare / C. Croney [et al.] // J. Agric. Environ. Ethics. 2018. Vol. 31. P. 143–159. DOI: 10.1007/s10806-018-9716-9.
10. Volatile organic compounds at swine facilities: a critical review / J. Q. Ni, W. P. Roberge, C. Xiao, A. J. Heber // Chemosphere. 2012. Vol. 89 (7). P. 769–788. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2012.04.061.
11. Метод снижения концентрации аммиака в микроклимате помещений для телят / П. Щербаков, Т. Абдыраманова, Т. Щербакова, К. Степанова // Ветеринария сельскохозяйственных животных. 2021. № 2. С. 53–57.
12. High concentrations of atmospheric ammonia induce alterations of gene expression in the breast muscle of broilers (*Gallus gallus*) based on RNA-Seq // B. Yi [et al.] // BMC Genomics. 2016. Vol. 17 (1). P. 598. DOI: 10.1186/s12864-016-2961-2.
13. Genome-wide RNA-Seq analysis of breast muscles of two broiler chicken groups differing in shear force / K. Piórkowska [et al.] // Anim Genet. 2016. Vol. 47 (1). P. 68–80. DOI: 10.1111/age.12388.
14. The effect of benzoic acid with or without a direct-fed microbial on the nutrient metabolism and gas emissions of growing pigs / D. C. Humphrey [et al.] // Anim Sci. 2022. Vol. 100 (11). P. skac296. DOI: 10.1093/jas/skac296.
15. Базыкин В. И., Трифанов А. В. Минимизация негативного воздействия свиноводческих предприятий на окружающую среду // Международный научно-исследовательский журнал. 2018. № 6 (10). Ч. 1. С. 22–25.
16. Liu M., Giard D., Barrington S. Ammonium dissociation for swine and dairy cattle manures // J. Environ. Protect. 2013. Vol. 4. P. 6–15. DOI: 10.4236/JEP.2013.45A002.
17. Сырчина Н. В., Пилип Л. В. Влияние подкисления на эмиссию сероводорода в органических отходах свинокомплексов // Проблемы региональной экологии. 2021. № 4. С. 102–106.
18. Влияние факторов внешней среды на состояние здоровья и продуктивность крупного рогатого скота / В. И. Родин [и др.] // Вестник Российского университета дружбы народов. Сер. : Агронимия и животноводство. 2012. № 2. С. 62–73.
19. Rothhammer V., Quintana F. J. The aryl hydrocarbon receptor: an environmental sensor integrating immune responses in health and disease // Nat Rev Immunol. 2019. Vol. 19 (3). P. 184–197. DOI: 10.1038/s41577-019-0125-8.
20. The effect of environmental and biological factors on STT I and normal total tear protein concentration in Japanese black calves / Y. Suyama [et al.] // J Vet Med Sci. 2019. Vol. 81 (1). P. 26–29. DOI: 10.1292/jvms.18-0481.
21. Сорокина С. А., Дерхо М. А. Особенности белкового обмена в организме растущих телочек в условиях природно-техногенной провинции // Генетика и разведение животных. 2022. № 2. С. 91–98.
22. Lei X. J., Lee S. I., Kim I. H. Effects of different levels of dietary protein with or without plant extract YGF251 on growth performance, nutrient digestibility, blood profiles, fecal microbial shedding, and fecal gas emission in growing pigs // Anim Sci J. 2019. Vol. 90 (4). P. 547–553. DOI: 10.1111/asj.13162.

23. Kitamura M. The unfolded protein response triggered by environmental factors // *Semin Immunopathol.* 2013. Vol. 35 (3). P. 259–275. DOI: 10.1007/s00281-013-0371-y.

24. Серeda Т. И., Разумовская Л. М., Дерхо М. А. Характеристика белковых фракций сыворотки крови кур кросса «Ломанн-белый» и их связь с яичной продуктивностью // *Ветеринарный врач.* 2009. № 6. С. 67–69.

25. Джигола Л. А., Шакирова В. В., Садомацева О. С. Токсическое воздействие серы и ее производных на организм человека // *Астраханский вестник экологического образования.* 2019. № 1 (49). С. 152–160.

26. Буеверов А. О. Аммиак как нейротоксин и гепатотоксин: клинический аспект // *Медицинский совет.* 2015. № 13. С. 80–85.

---

**Барзанова Елена Николаевна**, аспирант, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: lenabarzanova@mail.ru.

**Щербаков Павел Николаевич**, д-р ветеринар. наук, профессор кафедры инфекционных болезней и ветеринарно-санитарной экспертизы, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: scherbakov\_pavel@mail.ru.

**Дерхо Марина Аркадьевна**, д-р биол. наук, профессор, зав. кафедрой естественнонаучных дисциплин, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: derkho2010@yandex.ru.

\* \* \*