

П.Н. Щербаков

М.А. Дерхо ✉

С.А. Гриценко

О.А. Гуменюк

М.В. Ческидов

Южно-Уральский государственный
аграрный университет, Троицк,
Россия

✉ derkho2010@yandex.ru

Поступила в редакцию: 19.12.2025

Одобрена после рецензирования: 19.05.2026

Принята к публикации: 02.06.2026

© Щербаков П.Н., Дерхо М.А.,
Гриценко С.А., Гуменюк О.А.,
Ческидов М.В.

Pavel N. Shcherbakov

Marina A. Derkho ✉

Svetlana A. Gritsenko

Olga A. Gumenyuk

Maxim V. Cheskidov

South Ural State Agrarian University,
Troitsk, Russia

✉ derkho2010@yandex.ru

Received by the editorial office: 19.12.2025

Accepted in revised: 19.05.2026

Accepted for publication: 02.06.2026

© Shcherbakov P.N., Derkho M.A.,
Gritsenko S.A., Gumenyuk O.A.,
Cheskidov M.V.

Влияние физиологического статуса свиноматок на уровни аммиака и сероводорода в воздухе свиноводческих помещений

РЕЗЮМЕ

Актуальность. В формировании санитарного состояния воздушной среды свиноводческих помещений важную роль играют токсичные газы — NH_3 и H_2S . Их эмиссия определяется комплексом взаимосвязанных технологических и биологических факторов. При этом роль животных как потенциального источника газообразования остается недостаточно изученной.

Методы. Объект исследования — производственные помещения технологического модуля для содержания свиноматок. В воздухе цеха опороса, осеменения и ожидания в период санитарного разрыва (контрольный период) и в период содержания технологической группы животных (опытный период) определена концентрация NH_3 и H_2S методом газовой хроматографии. Изменчивость признаков оценена при помощи комплекса статистических методов.

Результаты. Концентрация газов в воздухе помещений зависит от цеха и его производственной нагрузки. В период санитарного разрыва концентрация NH_3 и H_2S в 2,27–3,21 раза меньше, чем в период содержания технологической группы свиноматок. Уровень NH_3 и H_2S возрастает в ряду «цех опороса — цех осеменения — цех ожидания»: для аммиака в 2,90–3,10 раза, для сероводорода — в 2,81–3,86 раза в контрольном и опытном периодах. Концентрация NH_3 превышает уровень H_2S в 2,47–3,86 раза. Во все периоды эксплуатации помещений содержание газов не превышает ПДК. Однофакторный дисперсионный анализ подтвердил достоверное влияние фактора «Цех» (эквивалентного физиологическому статусу свиноматок) на формирование газовой среды и характер корреляционных связей между концентрациями сероводорода и аммиака.

Ключевые слова: аммиак, сероводород, воздух, свиноводческие производственные помещения, свиноматки

Для цитирования: Щербаков П.Н., Дерхо М.А., Гриценко С.А., Гуменюк О.А., Ческидов М.В. Влияние физиологического статуса свиноматок на уровни аммиака и сероводорода в воздухе свиноводческих помещений. *Аграрная наука*. 2026; 407 (06): 56–65. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2026-407-06-56-65>

Influence of the physiological status of sows on ammonia and hydrogen sulfide levels in the air of pig housing facilities

ABSTRACT

Relevance. Toxic gases, NH_3 and H_2S , play an important role in the formation of the sanitary state of the air environment in pig breeding premises. Their emission is determined by a complex of interrelated technological and biological factors. At the same time, the role of animals as a potential source of gas production remains insufficiently studied.

Methods. The object of the study was the production facilities of the technological module for keeping sows. The concentrations of NH_3 and H_2S were determined by gas chromatography in the air of the farrowing, insemination and waiting rooms during the sanitary break (control period) and during the housing of a technological group of animals (experimental period). The variability of the parameters was assessed using a set of statistical methods.

Results. The concentration of gases in the indoor air depends on the room type and its production load. During the sanitary break, the concentration of NH_3 and H_2S is 2.27–3.21 times lower than during the housing of the technological group of sows. The levels of NH_3 and H_2S increase in the sequence “farrowing room – insemination room – waiting room” by 2.90–3.10 times for ammonia and by 2.81–3.86 times for hydrogen sulfide in both control and experimental periods. The concentration of NH_3 exceeds that of H_2S by 2.47–3.86 times. During all periods of facility operation, gas concentrations do not exceed the maximum permissible concentrations (MPC). One-way ANOVA confirmed a significant influence of the factor “room type” (equivalent to the physiological status of sows) on the formation of the gas-air environment and on the correlation between hydrogen sulfide and ammonia concentrations.

Key words: ammonia, hydrogen sulfide, air, pig production facilities, sows

For citation: Shcherbakov P.N., Derkho M.A., Gritsenko S.A., Gumenyuk O.A., Cheskidov M.V. Influence of the physiological status of sows on ammonia and hydrogen sulfide levels in the air of pig housing facilities. *Agrarian science*. 2026; 407 (06): 56–65 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2026-407-06-56-65>

Введение/Introduction

В условиях промышленного свиноводства состояние здоровья и экономическая безопасность производственной среды сопряжены с параметрами микроклимата, среди которых критическое значение имеет газовый состав воздуха. Эмиссия токсичных соединений в воздушную среду свиноводческих помещений обусловлена: 1) биогенным фактором, в роли которого выступает организм животных, являясь потенциальным источником газов. При этом интенсивность газопродукции зависит от метаболического статуса организма, физиологического состояния, массы тела, уровня и качества кормления, эффективности усвоения компонентов корма [1]; 2) технологическими факторами, среди которых приоритетно значение процессов хранения и утилизации свиного навоза, определяющих его физико-химические и микробиологические свойства, влияющие на кинетику образования и выделения газов [2, 3]. Установлено, что при деградации свиного навоза в условиях его хранения в резервуарах образуется сложная смесь газообразных веществ, в которой доминирующими являются аммиак (NH_3), сероводород (H_2S), углекислый газ (CO_2) [4, 5]. Максимальная интенсивность газовой эмиссии фиксируется в период интенсивного откорма свиней, тогда как минимальные показатели характерны для циклов воспроизводства [1, 6, 7].

Газообразные продукты, образующиеся при деградации навоза, относятся к категории «токсичные поллютанты». Они создают техногенную угрозу для обслуживающего персонала и животных [8, 9]. Ключевыми и наиболее опасными газообразными соединениями свиноводческих помещений являются аммиак и сероводород [10]. Они способны адсорбироваться на мелких частицах пыли в воздухе помещений, что потенцирует их негативное воздействие на физиологическое состояние животных [11, 12]. Экспозиция аммиака на организм свиней в концентрациях, сопоставимых с ПДК и выше, снижает потребление корма и уровень среднесуточных приростов; подавляет барьерные функции слизистых оболочек, что инициирует развитие воспалительных процессов [13, 14]. Патогенетическое воздействие сероводорода проявляется в виде ингибирования цитохромоксидазы митохондрий и блокирования

электрон-транспортной цепи, что отражается на образовании АТФ. Это ведет к асфиксии и системным повреждениям центральной нервной системы [15, 16]. Воздействие аммиака и сероводорода обуславливает развитие у свиней респираторных патологий; дистрофических изменений в нервной, сердечно-сосудистой, пищеварительной и кроветворной системах; формирование вторичных иммунодефицитных состояний и т.д. (рис. 1). Загрязнение воздуха аммиаком и сероводородом также негативно влияет на фертильность свиней [17].

Аммиак и сероводород негативно воздействуют на организм свиней и в субпороговых (низких) концентрациях. Хроническая низкодозовая экспозиция аммиака оказывает стрессовое воздействие, нарушая взаимосвязи в оси «легкие — кишечник» и снижая барьерную функцию слизистых оболочек [19, 20]. При этом аммиак связывается с гемоглобином, уменьшая его кислородтранспортную способность [17]. Низкие концентрации сероводорода (H_2S) провоцируют состояние гипометаболизма и выступают фактором риска развития гиперхолестеринемии [21, 22].

Несмотря на то, что свиньи в промышленных условиях выращивания постоянно подвергаются хроническому и низко дозовому воздействию аммиака и сероводорода, исследования, в которых проанализирована зависимость их концентрации от физиологического состояния животных, мало численны. Данные исследования могут подчеркнуть необходимость разработки эффективной технологии их мониторинга в воздухе свиноводческих помещений, а также разработки методов снижения их концентрации.

Цель данного исследования — оценка изменчивости концентраций аммиака и сероводорода в составе воздуха свиноводческих помещений в зависимости от их производственной нагрузки.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

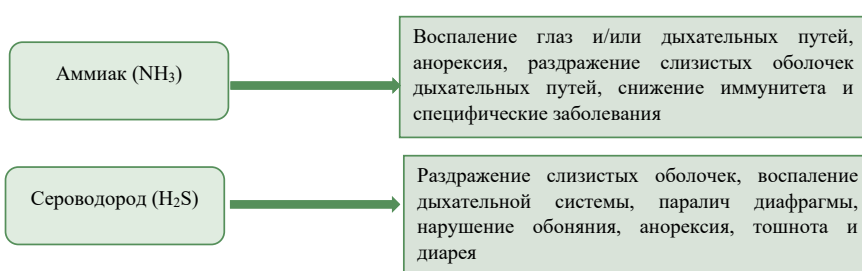
Исследовательская часть работы выполнена на одном из товарных свинокомплексов ООО «Агрофирма Ариант» (Челябинская область, Российская Федерация) в период февраль-июнь 2025 года.

Объектом исследования являлись свиноматки — помеси первого поколения F1 (помеси Йоркшир × Ландрас, осемененные спермой хряков породы Дюрок). В ходе репродуктивного цикла они перемещались по производственным помещениям технологического модуля для свиноматок:

1. Цех опороса, предназначенный для содержания свиноматок до и после

Рис. 1. Негативное влияние на здоровье животных токсичных газов, как загрязнителей воздуха [18]

Fig. 1. Negative impact on animal health of toxic gases as air pollutants [18]



опороса (в данный цех свиноматок переводили на сроке супоросности 112 дней; средний срок опороса — 116-ый день супоросности, длительность подсосного периода 21 день);

2. Цех осеменения, в условиях которого свиноматки содержались в период осеменения (средний сервис-период 12 дней) и подтверждения беременности методом УЗИ на 28–30 день после осеменения.

3. Цех ожидания, в который свиноматок переводили после подтверждения беременности и содержали до 112 дня супоросности.

Каждый производственный цех свиноводческого комплекса разделен на секторы, количество которых зависит от его функционального назначения. Секторы оборудованы индивидуальными клетками для содержания свиноматок. Площадь клетки дифференцирована в соответствии с физиологическим состоянием животных и спецификой технологического процесса: в цехе опороса — 6,66 м²; в цехе осеменения — 1,45 м²; цехе ожидания — 2,05 м². Система обеспечения животных кормами и питьевой водой реализуется в автоматическом режиме. Питательность комбикормов для свиноматок регламентирована рекомендациями Genesus¹ в зависимости от их физиологического состояния.

Технология содержания свиноматок, независимо от вида цеха, базировалась на соблюдении принципа «пусто — занято». Это предусматривало наличие санитарных разрывов, в ходе которых в освобождающихся секторах проводился комплекс мероприятий, позволяющий обеспечить необходимый уровень санитарно-гигиенического состояния воздуха перед «заселением» новой технологической группы животных. Во всех цехах использовалась приточно-вытяжная вентиляция с кратностью воздухообмена 4–6 объемов в час, контролируемой по температуре и влажности.

На свиноводческом предприятии используется технология подпольного хранения жидкого навоза. Экскременты, поступающие в подпольные навозные ванны, удаляются с поверхности щелевого пола клеток гидросмывом; хранятся от 14 до 21 суток в зависимости от объема ванн. Жидкий свиной навоз в период его хранения в подпольных навозохранилищах служит источником поступления токсичных газов в воздух свиноводческих помещений.

Для контроля концентрации аммиака и сероводорода в производственных помещениях свиноматок проводили отбор проб воздуха в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 16000-1 — 2007². Для этих целей использовали переносной многокомпонентный газоанализатор «Комета М» (ООО «ГазПриборы», Россия). Прибор оснащен фитингами, при помощи которых происходит

принудительная подача воздуха на газочувствительные сенсоры. Газоанализатор перед выполнением работы прошел поверку в условиях ФБУ «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в Челябинской области» (ФБУ «Челябинский ЦСМ»).

Забор проб воздуха в секторе осуществлялся с использованием фитинга на высоте усредненной зоны дыхания свиноматок с учетом изменения их поведения в ходе репродуктивного цикла. Высота определялась как среднее значение с учетом времени, проводимого животными в положениях «лежа» и «стоя» [23]. При этом использовали кратковременный режим отбора проб, при котором ее объем не превышал 10% газообмена. Пробы в каждом секторе брали в шахматном порядке в 5 точках по диагонали, включая точки у приточных каналов, центре секции и у вытяжных шахт утром, в середине дня и вечером. Это позволило получить среднесуточную концентрацию газа в секторе.

Для выполнения работы в цехе осеменения была сформирована технологическая группа свиноматок, размещенная в отдельном секторе и передвигающаяся далее в один из секторов цеха ожидания, а затем цеха опороса (период февраль–июнь). Движение свиноматок по помещениям технологического модуля определялось изменением их физиологического состояния. В технологической схеме использования сектора в рамках определенного цеха выделяли:

— контрольный период (КП), соответствующий периоду санитарного разрыва. Газовый состав воздуха измерялся в период подготовки сектора к размещению технологической группы (n = 5);

— опытный период (ОП) — период непосредственного содержания технологической группы свиноматок. Кратность отбора проб определялась длительностью содержания свиноматок в различных цехах с учетом их физиологического состояния. В цехе опороса свиноматки содержались 25–26 суток, проходя последовательные физиологические стадии: поздний срок супоросности → роды → лактация. Отбор проб воздуха осуществлялся с периодичностью 1 раз в трое суток, что позволило получить 8 независимых измерений на цикл содержания. В цехе осеменения длительность содержания свиноматок составляла 40–42 суток; физиологический статус изменялся в динамике «холостые → период осеменения → свиноматки с неустановленной супоросностью», определяя относительно стабильный «активный образ жизни». В цехе ожидания супоросные свиноматки содержались 82–84 суток, проявляли относительно стабильную малоподвижность. Это позволило на участке осеменения (n = 6) и ожидания (n = 11) использовать менее частый режим мониторинга (1 раз в неделю) без потери репрезентативности

¹ Genesus стратегия кормления [Электронный ресурс].

Режим доступа: <https://genesus.com/wp-content/uploads/2018/08/Nutrition-Genesus-June-21-2018-Russian.pdf> (дата обращения 17.12.2025).

² ГОСТ Р ИСО 16000-1 – 2007 Воздух замкнутых помещений. Часть 1. Отбор проб. Общие положения

данных. Средние величины по газовому составу воздуха рассчитывали с учетом количества среднесуточных определений (n) для каждой выборки.

Результаты исследований были подвергнуты статистической обработке с использованием пакета анализа Microsoft Excel (США), в котором были использованы для расчетов программы по созданию и обработке электронных таблиц. Для каждого помещения определяли средние концентрации газов (X), стандартную ошибку средней (m_x), коэффициент вариации (C_v), дисперсию (D), моду (Mo) и медиану (Me); влияние фактора «Цех» на концентрацию газов определено методом ANOVA.

Ограничения исследования:

- ✓ исследование выполнено на одном свиноводческом комплексе, поэтому результаты могут не полностью отражать ситуацию на других предприятиях с иными технологическими решениями;
- ✓ не оценивался вклад сезонных колебаний (исследование проводилось с февраля по июнь);
- ✓ отсутствует прямое измерение метаболической активности свиноматок (потребление корма, теплопродукция) для подтверждения причинно-следственных связей.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Анализ данных по газовому составу воздушной среды в помещениях технологического модуля для содержания свиноматок выполнили в двух направлениях:

1. Сравнительный анализ воздуха в производственных зонах по концентрации аммиака (NH_3) и сероводорода (H_2S) для установления различий между контрольным и опытным периодами их эксплуатации.

2. Оценка зависимости эмиссии газов в воздух свиноводческих помещений от физиологического состояния свиноматок на различных этапах репродуктивного цикла.

Данный подход позволил охарактеризовать изменчивость газового состава воздуха в сопряженности с технологическими и биологическими факторами. Этому способствовал и тот факт, что концентрацию аммиака (NH_3) и сероводорода (H_2S) определяли при последовательном перемещении одних и тех же свиноматок в секторы

цехов в соответствии с этапами репродуктивного цикла. Объем выборки среднесуточных значений был соразмерен продолжительности технологических периодов и являлся достаточным для предварительной оценки полученного цифрового материала.

Установлено, что в контрольный период (период санитарного разрыва) концентрация исследуемых газов была в 2,27–3,21 раза меньше, чем в опытный (табл. 1). Это свидетельствовало о том, что свиньи прямо или косвенно являются важнейшим источником эмиссии газов в свиноводческих помещениях [24]. При этом в контрольный период зафиксирован более высокий коэффициент вариации признаков ($C_v = 15,49–29,39\%$) на фоне более низких абсолютных концентрационных значений газов, что обусловлено эффективностью санитарных мероприятий и нестабильностью остаточного газового фона. В опытный период было выявлено снижение вариативности признаков ($C_v = 8,96–13,07\%$), что свидетельствовало о формировании стабильного характера загрязнения воздушной среды при отсутствии резких эмиссионных пиков.

Анализ распределения газов в воздушной среде свиноводческих помещений выявил прямую зависимость между математическим ожиданием и дисперсией исследуемых величин. Рост абсолютных значений дисперсии (для NH_3 и H_2S в контрольный и опытный периоды) при увеличении средних концентраций являлся статистически закономерным для концентрационных данных (табл. 1).

Сохранение стабильности коэффициентов вариации в контрольный и опытный периоды на уровне средней и низкой изменчивости подтверждало идентичность механизмов газораспределения. С ростом концентрации газов в воздухе изменялась амплитуда колебаний, отражая интенсивность их эмиссии и характер распределения: чем выше концентрация газа, тем более равномерно он распределяется по объему сектора, формируя стабильный газовый фон.

При оценке влияния физиологического состояния свиноматок на концентрацию газов в воздухе было установлено, что уровень аммиака и сероводорода закономерно возрастал в технологической последовательности «цех опороса — цех

Таблица 1. Количество токсичных газов (mg/m^3) в помещениях для свиноматок

Table 1. Amount of toxic gases (mg/m^3) in sow rooms

Показатель	Цех опороса				Цех осеменения				Цех ожидания			
	NH_3		H_2S		NH_3		H_2S		NH_3		H_2S	
	кп	оп	кп	оп	кп	оп	кп	оп	кп	оп	кп	оп
$X \pm m_x$	1,46 $\pm$ 0,16	3,62 $\pm$ 0,15*	0,37 $\pm$ 0,04	1,19 $\pm$ 0,05*	1,98 $\pm$ 0,15	5,23 $\pm$ 0,24*	0,80 $\pm$ 0,05	2,01 $\pm$ 0,07*	4,24 $\pm$ 0,31	11,21 $\pm$ 0,36*	1,43 $\pm$ 0,15	3,35 $\pm$ 0,13*
C_v , %	24,08	11,34	26,34	13,07	16,52	11,40	15,65	8,96	16,48	10,73	23,44	12,85
$D(x)$	0,13	0,17	0,01	0,02	0,21	0,33	0,02	0,03	0,49	1,45	0,11	0,18
Mo	1,33	–	–	1,20	–	–	0,77	1,90	–	12,00	1,57	3,80
Me	1,38	3,56	0,33	1,20	2,03	5,23	0,77	1,95	4,22	11,20	1,48	3,40

Примечание: * — различия между опытным и контрольным периодами статистически значимы ($p \leq 0,05$)

³ Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 29 марта 2016 г. № 114 «Об утверждении Ветеринарных правил содержания свиней в целях их воспроизводства, выращивания и реализации». Электронный ресурс. Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71337730/?ysclid=mny63fyr6w708527228> (дата обращения 14.04.2026).

осеменения — цех ожидания» (табл. 1). Минимальные значения зарегистрировали в цехе опороса ($3,62 \pm 0,15$ и $1,19 \pm 0,05$ мг/м³), максимальные — в цехе ожидания ($11,21 \pm 0,36$ и $3,35 \pm 0,13$ мг/м³). Суммарный прирост концентрации аммиака и сероводорода составил 3,09 и 2,82 раза соответственно.

Необходимо отметить, что уровень H₂S в цехах технологического модуля для свиноматок был в 2,47–3,86 раза ниже содержания NH₃. Данное соотношение отражает различия в химической природе данных газов, сорбционной способности и специфике механизмов их образования в навозных стоках.

Следует отметить, что несмотря на варьирование концентрации аммиака и сероводорода в воздухе свиноводческих помещений, уровень газов не превышал предельно-допустимых концентраций (ПДК). Согласно приказу Министерства сельского хозяйства РФ № 114 от 29 марта 2016 г.³, ПДК составляют для аммиака (NH₃) 20,00 мг/м³; сероводорода (H₂S) 10,00 мг/м³.

Результаты определения концентрации газов в контрольный период эксплуатации сектора (период санитарного разрыва) показали, что отклонение уровня аммиака от ПДК составляло от 92,70 (цех опороса) до 78,80% (цех ожидания); для сероводорода от 96,30 (цех опороса) до 85,70% (цех ожидания) (рис. 2). В опытный период (в период содержания технологической группы животных) отклонения концентрации аммиака в воздушной среде от ПДК варьировали от 81,90 (цех опороса) до 43,92% (цех ожидания); для сероводорода от 88,10 (цех опороса) до 66,50% (цех ожидания). Наименьшее отклонение от ПДК (наибольшее приближение к предельно допустимому уровню) зафиксировано в цехе ожидания в опытный период: концентрация аммиака составила 56,00% от ПДК, сероводорода 32,50% (рис. 2). Следовательно, содержание токсичных газов как в контрольный, так и опытный периоды производственного цикла не превышало установленных ПДК, то есть санитарное состояние воздушной среды соответствовало категории «не загрязненная», свидетельствуя об эффективности применяемых технологических и санитарно-гигиенических мероприятий на свиноводческом предприятии.

Для оценки вида распределения данных по концентрации аммиака и сероводорода в воздушной среде помещений технологического модуля для свиноматок было выполнено сравнение трех ключевых мер центральной тенденции: среднего арифметического значения признака, его медианы (Me) и моды (Mo) (рис. 3, 4).

Во-первых, для следующих выборок: концентрации аммиака в цехе опороса (опытный период), в цехе осеменения (контрольный и опытный периоды) и в цехе ожидания (контрольный период); концентрации сероводорода в цехе опороса (контрольный период) не выявлены модальные значения.

Рис. 2. Динамика отклонения средних показателей от ПДК (%) в контрольный и опытный периоды производственной эксплуатации сектора

Fig. 2. Dynamics of deviation of average indicators from the MPC (%) in the control and experimental periods of the production operation of the sector

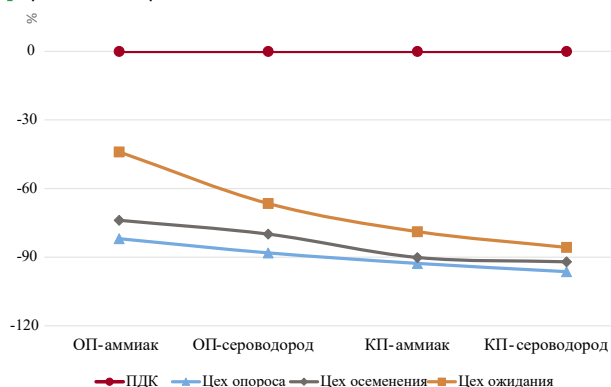


Рис. 3. Динамика средних, модальных и медианных показателей газового состава воздуха в помещении для свиноматок различных технологических групп в контрольный период

Fig. 3. Dynamics of average, modal and median parameters of the gas composition of indoor air for sows of various technological groups during the control period



Рис. 4. Динамика средних, модальных и медианных показателей газового состава воздуха в помещении для свиноматок различных технологических групп в опытный период

Fig. 4. Dynamics of average, modal and median parameters of the gas composition of indoor air for sows of various technological groups during the experimental period



Это обстоятельство не ограничивает методологическую корректность анализа.

Отсутствие моды объясняется тем, что в массиве данных нет повторяющихся значений. Это не противоречит гипотезе о возможной симметрии распределения, поскольку мода как мера центральной тенденции информативна преимущественно для дискретных данных с выраженной частотой повторения значений.

Во-вторых, для большей части выборок концентрации аммиака и сероводорода (как в

контрольном, так и опытном периодах) выявлено наличие слабой асимметрии. Количественно это подтверждается близостью значений среднего арифметического, медианы и моды (в выборках, в которых она определялась) (рис. 3, 4). Слабая асимметрия позволяет считать распределение данных приближенно нормальным, что дает возможность использовать для дальнейшего статистического анализа параметрические критерии (в частности, ANOVA).

Поскольку условия вентиляции (тип, интенсивность, режим работы вентиляционной системы) во всех исследуемых цехах технологического модуля для свиноматок были идентичными, то выявленные различия в концентрации токсичных газов между цехами в опытный период целесообразно связывать с физиологическим состоянием свиноматок (лактация, холостое состояние, период осеменения, стадии супоросности). Оно определяет уровень потребления корма, метаболическую активность клеток органов и тканей, эффективность процессов усвоения корма и т.д. в соответствии с фазой репродуктивного цикла [25, 26].

Для проверки данной гипотезы был проведен однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA) (табл. 2). Он показал, что фактор «цех» (и как следствие, фаза репродуктивного цикла свиноматок, сопряженная с физиологическим статусом организма) оказал доминирующее влияние на изменчивость концентрации аммиака и сероводорода в воздушной среде. Доля факториальной дисперсии (η^2) составила 94,58% для аммиака и 91,14% для сероводорода. Значения t -критерия (191,9 и 113,2) подтверждают статистическую значимость выявленных различий между секторами цехов при уровне значимости $p < 0,001$.

Для оценки синхронности изменений уровней NH_3 и H_2S в производственных цехах в процессе перемещения свиноматок (обусловленного изменением их физиологического состояния) были рассчитаны парные коэффициенты корреляции Пирсона между концентрациями газов (табл. 3).

Выявлена неоднородность корреляционных связей между аммиаком и сероводородом в зависимости от функционального назначения цеха. В цехе опороса связь практически отсутствовала ($r = -0,05$), указывая, как на независимые источники эмиссии газов, так и на разную динамику выделения аммиака и сероводорода в воздушную среду. В цехе осеменения наблюдалась умеренная положительная корреляция ($r = +0,49$), отражающая сложность взаимосвязей между условиями содержания и кормления животных, их поведенческой активностью, биохимическими процессами в организме свиноматок и навозной среде, и определяющая однонаправленную

Таблица 2. Доля влияния технологических групп свиноматок в зависимости от фазы репродуктивного цикла на загазованность помещений

Table 2. The proportion of the influence of technological groups of sows, depending on the phase of the reproductive cycle, on indoor gas pollution

Показатель	η^*	$\eta^2 \times$ – Доля влияния фактора, %	Ошибка	td**
Аммиак (NH_3)	0,97	94,58	0,49	191,87
Сероводород (H_2S)	0,95	91,14	0,81	113,15

Примечание: * корреляционное отношение; ** $p < 0,001$ при $td > 9,6$

Таблица 3. Коэффициенты корреляции токсичных газов в помещениях для свиноматок разных технологических групп в зависимости от фазы репродуктивного цикла

Table 3. Correlation coefficients of toxic gases in rooms for pigs of different technological groups depending on the phase of the reproductive cycle

Показатель	Газ	Аммиак (NH_3)	Характер связи
Цех опороса		$r = -0,048$ ($p > 0,05$)	Незначительная
Цех осеменения	Сероводород (H_2S)	$r = +0,488$ ($p < 0,05$)	Умеренная
Цех ожидания		$r = +0,639$ ($p < 0,01$)	Средняя (выраженная)

динамику газов в воздушной среде. В цехе ожидания зафиксирована значимая положительная корреляция ($r = +0,64$), характерная для синхронного накопления обоих загрязнителей при общих процессах разложения органики при относительно стабильном физиологическом состоянии и низкой двигательной активности супоросных свиноматок.

Таким образом, в формировании газового состава воздуха в свиноводческих помещениях технологического модуля свиноматок важную роль играло присутствие животных и изменение их физиологического состояния в ходе репродуктивного периода, а также планирование санитарных и технологических мероприятий по обслуживанию помещений.

Санитарно-гигиеническое состояние воздушной среды в свиноводческих помещениях взаимосвязано с характером производственной нагрузки и спецификой технологического цикла. Важнейшими показателями санитарной чистоты воздушной среды выступают концентрации токсичных газов (аммиака, сероводорода). Данные соединения обладают выраженной токсичностью для организма свиней и могут провоцировать развитие патологических процессов в дыхательной, пищеварительной, сердечно-сосудистой, иммунной и других системах [27, 28].

В ходе проведенных исследований установлено, что концентрация аммиака и сероводорода в воздухе цехов опороса, осеменения и ожидания в период санитарного разрыва снижалась более чем в два раза, по сравнению с периодом содержания технологической группы свиноматок. Это было обусловлено устранением ключевых источников газопродукции — животных и продуктов их жизнедеятельности, а также проведением комплекса санитарно-гигиенических мероприятий. Совокупность данных факторов способствовала существенному улучшению качества воздушной среды в свиноводческих помещениях.

При этом выявлено, что количество аммиака и сероводорода в воздухе цехов варьирует в

зависимости от этапа репродуктивного цикла свиноматок и периода его производственной эксплуатации (санитарный разрыв или содержание технологической группы). Количественные данные демонстрируют последовательное увеличение концентрации газов в направлении «цех опороса → цех осеменения → цех ожидания» для аммиака в 2,90–3,10 раза, для сероводорода в 2,81–3,86 раза. Основными факторами, определяющими качество воздуха в свиноводческих помещениях, являются технология хранения и утилизации свиного навоза (в т.ч. интервалы между очисткой подпольных навозохранилищ); эффективность системы вентиляции [29, 30]; плотность содержания животных (которая возрастает от цеха опороса к цеху ожидания) [5]; уровень протеина в рационе свиней, взаимосвязанный с их физиологическим состоянием и влияющий на эмиссию сероводорода и аммиака [31].

Концентрация H_2S в воздухе свиноводческих помещений, как в период санитарного разрыва, так и в период содержания технологической группы свиноматок была меньше концентрации аммиака в 2,47–3,86 раза. Различие обусловлено особенностями механизмов газопродукции. Хотя аммиак и сероводород образуются в результате микробного распада азот- и серосодержащих веществ жидкого свиного навоза, микроорганизмы предпочитают использовать в качестве субстрата азотистые соединения, а не серные [32–34], что влияет на трансформацию азота и интенсифицирует выбросы аммиака. Этому способствует и дополнительная аэрация подпольных навозохранилищ, снижающая активность сульфатредуцирующих бактерий и улучшающая процессы денитрификации [34]. При этом аммиак является летучим соединением, что облегчает его эмиссию в воздушную среду, а сероводород, наоборот, обладает высокой растворимостью в воде и преимущественно удерживается в толще навозной жижи [5].

Важно подчеркнуть, что концентрация аммиака и сероводорода в воздухе свиноводческих помещений в период санитарного разрыва и в период содержания технологической группы свиноматок не превышала предельно-допустимых концентраций (ПДК), что свидетельствует об удовлетворительном санитарно-гигиеническом состоянии и эффективной работе системы вентиляции.

Однако существенные различия по газовому составу воздуха в период санитарного разрыва и в период содержания технологической группы свиноматок указывают на значимую роль животных в формировании уровней аммиака и сероводорода в воздушной среде помещений. Последовательное увеличение количества газов в направлении «цех опороса → цех осеменения → цех ожидания» отражает зависимость газопродукции от физиологического статуса свиноматок. Физиологический статус влияет на метаболическую активность клеток органов и тканей, потребление и усвоение корма, выделение экскрементов,

теплопродукцию, двигательную активность и т.д. [35, 36].

Для оценки влияния фактора «Цех» (эквивалентно критерию «физиологический статус свиноматок») был выполнен однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA). Его результаты показали, что данный фактор оказывает достоверное влияние на концентрации аммиака и сероводорода в воздушной среде свиноводческих помещений. Наименьшее количество токсичных газов в воздухе цеха опороса обусловлено совокупностью физиологических свойств свиноматок (низкая двигательная активность, контролируемое потребление корма) и технологических параметров содержания (равномерное распределение воздуха, поддержание оптимального воздухообмена, преобладание количества поросят-сосунков над свиноматками) [37, 38]. Перемещение свиноматок из цеха опороса в цех осеменения и ожидания сопровождается повышением плотности размещения поголовья, изменением физической активности животных, уровня потребления корма, интенсивности метаболизма и газообразования, теплопродукции, равномерности и объема выделения экскрементов и т.д. [30]. В совокупности это служило одной из причин увеличения концентрации токсичных газов в воздухе свиноводческих помещений.

Доминирующее влияние фактора «Цех» на формирование газовой среды в технологических помещениях для свиноматок также определило и силу корреляционной связи между концентрациями сероводорода и аммиака. Указанная связь изменялась от незначительной (цех опороса) до средней (цех ожидания).

Выводы/Conclusions

Результаты исследований показывают, что концентрация аммиака и сероводорода в воздухе свиноводческих помещений зависит от цеха и его технологического назначения. В период санитарного разрыва (контрольный период) концентрация аммиака и сероводорода в 2,27–3,21 раза ниже, чем в период содержания технологической группы свиноматок (опытный период). Это подтверждает, что свиньи являются основным источником эмиссии токсичных газов в свиноводческих помещениях.

В период санитарного разрыва низким абсолютным концентрациям газов соответствует коэффициент вариации $C_v = 15,49–29,39 \%$, тогда как в период содержания технологической группы свиноматок при более высоком уровне газов коэффициент вариации составляет $C_v = 8,96–13,07\%$. Данное различие влияет на равномерность распределения газов в объеме помещений.

Концентрации аммиака и сероводорода возрастают в последовательности «цех опороса → цех осеменения → цех ожидания» в 2,90–3,10 и 2,81–3,86 раза соответственно (в контрольный и опытный периоды). Концентрация NH_3 превышает

уровень H_2S в технологических помещениях для свиноматок в 2,47–3,86 раза, что характеризует различия в механизмах их образования. При этом уровень токсичных газов не превышает предельно допустимых концентраций (ПДК) во все периоды эксплуатации помещений.

Однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA) показал, что фактор «Цех» обуславливает 94,58% изменчивости концентрации аммиака и 91,14% — сероводорода ($p < 0,001$). Характер корреляционной связи между газами изменяется от незначительной (цех опороса, $r = -0,048$) до выраженной положительной (цех ожидания, $r = +0,639$), что отражает усиление синхронности эмиссии при увеличении плотности содержания и

стабилизации физиологического состояния животных.

Следовательно, формирование газового состава воздуха в свиноводческих помещениях определяется присутствием животных, изменчивостью их физиологического состояния в ходе репродуктивного цикла, а также эффективностью санитарно-гигиенических и технологических мероприятий.

Полученные данные могут быть использованы для оптимизации условий содержания свиноматок (дифференцированный режим вентиляции по цехам) и разработки методов снижения эмиссии токсичных газов (корректировка рационов, частота удаления навоза) в свиноводческих помещениях.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследования выполнены в рамках гранта Министерства образования и науки Челябинской области в форме субсидии на создание региональной молодежной лаборатории № 184/6 от 25.12.2024 г.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Philippe F.-X., Nicks B. Review on greenhouse gas emissions from pig houses: Production of carbon dioxide, methane and nitrous oxide by animals and manure. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2015; 199: 10–25. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.08.015>
- Комякова Е.М., Антонова О.И. Состав навоза КРС и свиней, особенности использования и перспективы переработки. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2020; (6): 63–68. EDN OOSGQZ
- Hanum F., Atsuta Y., Daimon H. Methane Production Characteristics of an Anaerobic Co-Digestion of Pig Manure and Fermented Liquid Feed. *Molecules*. 2022; 27(19): 6509. <https://doi.org/10.3390/molecules27196509>
- Ciganek M., Neca J. Chemical characterization of volatile organic compounds on animal farms. *Veterinárni medicína*. 2008; 53(12): 641–651. <https://doi.org/10.17221/1969-VETMED>
- Пилип Л.В. Метод очистки воздуха от запахообразующих веществ свиноматок. *Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства*. 2019; (4): 137–146. EDN UCGZAY
- Hasan M.K. et al. Revolutionizing pig farming: Japan's technological innovations and environmental strategies for sustainability. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*. 2025; 12(2): 454–476. <https://doi.org/10.5455/javar.2025.1912>
- Pirlo G. et al. Environmental impact of heavy pig production in a sample of Italian farms. A cradle to farm-gate analysis. *Science of The Total Environment*. 2016; 565: 576–585. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.04.174>
- Wang L., Li D. Current status, challenges and prospects for pig production in Asia. *Animal Bioscience*. 2024; 37(4): 742–754. <https://doi.org/10.5713/ab.23.0303>
- Lv G. et al. Mitigation of odor emissions by replacing soybean meal with unconventional protein ingredients: Assessment via *in vitro* simulated fermentation. *Environmental Technology & Innovation*. 2026; 41: 104749. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2026.104749>
- Wu H., Liu Y., Dai C., Ye Y., Zhu H., Fang W. Life-cycle comparisons of economic and environmental consequences for pig production with four different models in China. *Environmental Science and Pollution Research*. 2024; 31(14): 21668–21686. <https://doi.org/10.1007/s11356-024-32541-5>
- Ni J.-Q., Erasmus M.A., Croney C.C., Li C., Li Y. A critical review of advancement in scientific research on food animal welfare-related air pollution. *Journal of Hazardous Materials*. 2021; 408: 124468. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124468>

All authors bear responsibility for the work and presented data. All authors made an equal contribution to the work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

FUNDING

The research was carried out within the framework of a grant from the Ministry of Education and Science of the Chelyabinsk region in the form of a subsidy for the creation of a regional youth laboratory No. 184/6 dated 12/25/2024.

REFERENCES

- Philippe F.-X., Nicks B. Review on greenhouse gas emissions from pig houses: Production of carbon dioxide, methane and nitrous oxide by animals and manure. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2015; 199: 10–25. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.08.015>
- Komyakova Ye.M., Antonova O.I. The composition of cattle and swine manure, features of use and prospects for recycling. *Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2020; (6): 63–68 (in Russian). EDN OOSGQZ
- Hanum F., Atsuta Y., Daimon H. Methane Production Characteristics of an Anaerobic Co-Digestion of Pig Manure and Fermented Liquid Feed. *Molecules*. 2022; 27(19): 6509. <https://doi.org/10.3390/molecules27196509>
- Ciganek M., Neca J. Chemical characterization of volatile organic compounds on animal farms. *Veterinárni medicína*. 2008; 53(12): 641–651. <https://doi.org/10.17221/1969-VETMED>
- Pilip L.V. Method of air cleaning from odor-forming substances originating from pig complexes. *Tekhnologii i tekhnicheskiye sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktsii rasteniyevodstva i zhivotnovodstva*. 2019; (4): 137–146 (in Russian). EDN UCGZAY
- Hasan M.K. et al. Revolutionizing pig farming: Japan's technological innovations and environmental strategies for sustainability. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*. 2025; 12(2): 454–476. <https://doi.org/10.5455/javar.2025.1912>
- Pirlo G. et al. Environmental impact of heavy pig production in a sample of Italian farms. A cradle to farm-gate analysis. *Science of The Total Environment*. 2016; 565: 576–585. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.04.174>
- Wang L., Li D. Current status, challenges and prospects for pig production in Asia. *Animal Bioscience*. 2024; 37(4): 742–754. <https://doi.org/10.5713/ab.23.0303>
- Lv G. et al. Mitigation of odor emissions by replacing soybean meal with unconventional protein ingredients: Assessment via *in vitro* simulated fermentation. *Environmental Technology & Innovation*. 2026; 41: 104749. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2026.104749>
- Wu H., Liu Y., Dai C., Ye Y., Zhu H., Fang W. Life-cycle comparisons of economic and environmental consequences for pig production with four different models in China. *Environmental Science and Pollution Research*. 2024; 31(14): 21668–21686. <https://doi.org/10.1007/s11356-024-32541-5>
- Ni J.-Q., Erasmus M.A., Croney C.C., Li C., Li Y. A critical review of advancement in scientific research on food animal welfare-related air pollution. *Journal of Hazardous Materials*. 2021; 408: 124468. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124468>

12. Andretta I. *et al.* Environmental Impacts of Pig and Poultry Production: Insights From a Systematic Review. *Frontiers in Veterinary Science*. 2021; 8: 750733. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.750733>
13. Kim K.Y. *et al.* Quantification of ammonia and hydrogen sulfide emitted from pig buildings in Korea. *Journal of Environmental Management*. 2008; 88(2): 195–202. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2007.02.003>
14. Shi Z., Xi L., Wang Y., Zhao X. Chronic Exposure to Environmental Pollutant Ammonia Causes Damage to the Olfactory System and Behavioral Abnormalities in Mice. *Environmental Science & Technology*. 2023; 57(41): 15412–15421. <https://doi.org/10.1021/acs.est.3c04875>
15. Connolly S., Krol D.J., Kelleghan D., O'Flaherty V. Hydrogen sulphide inhibition in cattle slurry by use of an oxygen based slurry amendment. *Process Safety and Environmental Protection*. 2025; 193: 125–131. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2024.11.022>
16. Hu X., Chi Q., Liu Q., Wang D., Zhang Y., Li S. Atmospheric H₂S triggers immune damage by activating the TLR-7/MyD88/NF- κ B pathway and NLRP3 inflammasome in broiler thymus. *Chemosphere*. 2019; 237: 124427. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124427>
17. Yang L.-L. *et al.* Toxic effects and possible mechanisms of hydrogen sulfide and/or ammonia on porcine oocyte maturation *in vitro*. *Toxicology Letters*. 2018; 285: 20–26. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2017.12.019>
18. Buio E., Cialini C., Costa A. Air Quality Assessment in Pig Farming: The Italian Classyfarm. *Animals*. 2023; 13(14): 2297. <https://doi.org/10.3390/ani13142297>
19. Yang J. *et al.* Translocation of probiotics via gut–lung axis enhanced pulmonary immunity of weaned piglets exposed to low concentrations of ammonia. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2024; 284: 116821. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2024.116821>
20. Wang Q. *et al.* Ammonia Exposure Induced Cilia Dysfunction of Nasal Mucosa in the Piglets. *BioMed Research International*. 2020; 2020: 1705387. <https://doi.org/10.1155/2020/1705387>
21. Stein A. *et al.* Metabolic and cardiac signaling effects of inhaled hydrogen sulfide and low oxygen in male rats. *Journal of Applied Physiology*. 2012; 112(10): 1659–1669. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01598.2011>
22. Kotseva K. Occupational exposure to low concentrations of carbon disulfide as a risk factor for hypercholesterolaemia. *International Archives of Occupational and Environmental Health*. 2000; 74(1): 38–42. <https://doi.org/10.1007/s004200000186>
23. Барзанова Е.Н., Щербakov П.Н., Дерхо М.А. Влияние препарата Микрозим на показатели белкового обмена растущих свиней на фоне снижения уровня аммиака и сероводорода в газовоздушной среде производственных помещений. *АПК России*. 2023; 30(1): 59–66. EDN RDBTES
24. Барзанова Е.Н. Влияние газовоздушной среды производственного помещения свиноводческого комплекса на естественную резистентность свиней. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2025; (1): 183–188. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2025-111-1-183-188>
25. van Riet M.M.J., Millet S., Langendries K.C.M., van Zelst B.D., Janssens G.P.J. Association between methylation potential and nutrient metabolism throughout the reproductive cycle of sows. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 2019; 103(3): 858–867. <https://doi.org/10.1111/jpn.13078>
26. Liu H. *et al.* Microbial and metabolic alterations in gut microbiota of sows during pregnancy and lactation. *The FASEB Journal*. 2019; 33(3): 4490–4501. <https://doi.org/10.1096/fj.201801221RR>
27. Волощук В.М., Герасимчук В.Н. Сезонная зависимость содержания аммиака и сероводорода в помещении для дорастивания поросят от способа подачи воздух. *Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства*. 2017; 20(2): 211–217. EDN HINVWB
28. Сыс Л.В., Сыс С.А. Основные факторы, негативно влияющие на состояние животных в условиях ряда свиноводческих хозяйств. *Животноводство и ветеринарная медицина*. 2022; (3): 26–29. EDN TJGZMZ
29. Liu Z., Powers W., Murphy J., Maghirang R. Ammonia and hydrogen sulfide emissions from swine production facilities in North America: A meta-analysis. *Journal of Animal Science*. 2014; 92(4): 1656–1665. <https://doi.org/10.2527/jas.2013-7160>
12. Andretta I. *et al.* Environmental Impacts of Pig and Poultry Production: Insights From a Systematic Review. *Frontiers in Veterinary Science*. 2021; 8: 750733. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.750733>
13. Kim K.Y. *et al.* Quantification of ammonia and hydrogen sulfide emitted from pig buildings in Korea. *Journal of Environmental Management*. 2008; 88(2): 195–202. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2007.02.003>
14. Shi Z., Xi L., Wang Y., Zhao X. Chronic Exposure to Environmental Pollutant Ammonia Causes Damage to the Olfactory System and Behavioral Abnormalities in Mice. *Environmental Science & Technology*. 2023; 57(41): 15412–15421. <https://doi.org/10.1021/acs.est.3c04875>
15. Connolly S., Krol D.J., Kelleghan D., O'Flaherty V. Hydrogen sulphide inhibition in cattle slurry by use of an oxygen based slurry amendment. *Process Safety and Environmental Protection*. 2025; 193: 125–131. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2024.11.022>
16. Hu X., Chi Q., Liu Q., Wang D., Zhang Y., Li S. Atmospheric H₂S triggers immune damage by activating the TLR-7/MyD88/NF- κ B pathway and NLRP3 inflammasome in broiler thymus. *Chemosphere*. 2019; 237: 124427. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124427>
17. Yang L.-L. *et al.* Toxic effects and possible mechanisms of hydrogen sulfide and/or ammonia on porcine oocyte maturation *in vitro*. *Toxicology Letters*. 2018; 285: 20–26. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2017.12.019>
18. Buio E., Cialini C., Costa A. Air Quality Assessment in Pig Farming: The Italian Classyfarm. *Animals*. 2023; 13(14): 2297. <https://doi.org/10.3390/ani13142297>
19. Yang J. *et al.* Translocation of probiotics via gut–lung axis enhanced pulmonary immunity of weaned piglets exposed to low concentrations of ammonia. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2024; 284: 116821. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2024.116821>
20. Wang Q. *et al.* Ammonia Exposure Induced Cilia Dysfunction of Nasal Mucosa in the Piglets. *BioMed Research International*. 2020; 2020: 1705387. <https://doi.org/10.1155/2020/1705387>
21. Stein A. *et al.* Metabolic and cardiac signaling effects of inhaled hydrogen sulfide and low oxygen in male rats. *Journal of Applied Physiology*. 2012; 112(10): 1659–1669. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01598.2011>
22. Kotseva K. Occupational exposure to low concentrations of carbon disulfide as a risk factor for hypercholesterolaemia. *International Archives of Occupational and Environmental Health*. 2000; 74(1): 38–42. <https://doi.org/10.1007/s004200000186>
23. Barzanova E.N., Shcherbakov P.N., Derkho M.A. The influence of the drug microsim on protein metabolism parameters of growing pigs against the background of a decrease in the level of ammonia and hydrogen sulfide in the gas-air environment of industrial premises. *Agro-industrial complex of Russia*. 2023; 30(1): 59–66 (in Russian). EDN RDBTES
24. Barzanova E.N. The influence of the gas-air environment of the production premises of a pig-breeding complex on the natural resistance of pigs. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2025; (1): 183–188 (in Russian). <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2025-111-1-183-188>
25. van Riet M.M.J., Millet S., Langendries K.C.M., van Zelst B.D., Janssens G.P.J. Association between methylation potential and nutrient metabolism throughout the reproductive cycle of sows. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 2019; 103(3): 858–867. <https://doi.org/10.1111/jpn.13078>
26. Liu H. *et al.* Microbial and metabolic alterations in gut microbiota of sows during pregnancy and lactation. *The FASEB Journal*. 2019; 33(3): 4490–4501. <https://doi.org/10.1096/fj.201801221RR>
27. Voloshchuk V.M., Gerasimchuk V.N. Seasonal dependence of ammonia and hydrogen sulfide content in a piglet rearing room on the air supply method. *Current problems of intensive development of animal husbandry*. 2017; 20(2): 211–217 (in Russian). EDN HINVWB
28. Sysa L.V., Sysa S.A. The main factors negatively influencing the state of animals in the conditions of a series of pig farms. *Animal agriculture and veterinary medicine*. 2022; (3): 26–29 (in Russian). EDN TJGZMZ
29. Liu Z., Powers W., Murphy J., Maghirang R. Ammonia and hydrogen sulfide emissions from swine production facilities in North America: A meta-analysis. *Journal of Animal Science*. 2014; 92(4): 1656–1665. <https://doi.org/10.2527/jas.2013-7160>

30. Raynor P.C., Engelman S., Murphy D., Ramachandran G., Bender J.B., Alexander B.H. Effects of Gestation Pens Versus Stalls and Wet Versus Dry Feed on Air Contaminants in Swine Production. *Journal of Agromedicine*. 2018; 23(1): 40–51. <https://doi.org/10.1080/1059924X.2017.1387633>
31. Hou Y., Velthof G.L., Oenema O. Mitigation of ammonia, nitrous oxide and methane emissions from manure management chains: a meta-analysis and integrated assessment. *Global Change Biology*. 2015; 21(3): 1293–1312. <https://doi.org/10.1111/gcb.12767>
32. Petersen S.O. Greenhouse gas emissions from liquid dairy manure: Prediction and mitigation. *Journal of Dairy Science*. 2018; 101(7): 6642–6654. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13301>
33. Sun Y. *et al.* Unveiling the intrinsic relationship between ammonia and hydrogen sulfide generation during composting. *Environmental Technology & Innovation*. 2025; 39: 104298. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2025.104298>
34. Zhang Z. *et al.* Effective role and mechanism of scrap iron filings in controlling hydrogen sulfide production in septic tanks. *Journal of Hazardous Materials*. 2025; 492: 138114. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2025.138114>
35. Leeb C. *et al.* Effects of three husbandry systems on health, welfare and productivity of organic pigs. *Animal*. 2019; 13(9): 2025–2033. <https://doi.org/10.1017/S1751731119000041>
36. Ludwiczak A., Skrzypczak E., Składanowska-Baryza J., Stanis M., Słószarz P., Racewicz P. How Housing Conditions Determine the Welfare of Pigs. *Animals*. 2021; 11(12): 3484. <https://doi.org/10.3390/ani11123484>
37. Einarsson S. *et al.* A 25 years experience of group-housed sows—reproduction in animal welfare-friendly systems. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 2014; 56: 37. <https://doi.org/10.1186/1751-0147-56-37>
38. Yao R., Cools A., Matthijs A., Deyn P.P.D., Maes D., Janssens G.P.J. Peculiarities in the Amino Acid Composition of Sow Colostrum and Milk, and Their Potential Relevance to Piglet Development. *Veterinary Sciences*. 2023; 10(4): 298. <https://doi.org/10.3390/vetsci10040298>
39. Wallgren P., Johansson S.-E., Kirk M., Mattsson P., Lindahl L., Zoric M. Varied residential options for gestating sows ensured welfare and productivity. *Porcine Health Management*. 2025; 11: 63. <https://doi.org/10.1186/s40813-025-00477-y>
30. Raynor P.C., Engelman S., Murphy D., Ramachandran G., Bender J.B., Alexander B.H. Effects of Gestation Pens Versus Stalls and Wet Versus Dry Feed on Air Contaminants in Swine Production. *Journal of Agromedicine*. 2018; 23(1): 40–51. <https://doi.org/10.1080/1059924X.2017.1387633>
31. Hou Y., Velthof G.L., Oenema O. Mitigation of ammonia, nitrous oxide and methane emissions from manure management chains: a meta-analysis and integrated assessment. *Global Change Biology*. 2015; 21(3): 1293–1312. <https://doi.org/10.1111/gcb.12767>
32. Petersen S.O. Greenhouse gas emissions from liquid dairy manure: Prediction and mitigation. *Journal of Dairy Science*. 2018; 101(7): 6642–6654. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13301>
33. Sun Y. *et al.* Unveiling the intrinsic relationship between ammonia and hydrogen sulfide generation during composting. *Environmental Technology & Innovation*. 2025; 39: 104298. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2025.104298>
34. Zhang Z. *et al.* Effective role and mechanism of scrap iron filings in controlling hydrogen sulfide production in septic tanks. *Journal of Hazardous Materials*. 2025; 492: 138114. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2025.138114>
35. Leeb C. *et al.* Effects of three husbandry systems on health, welfare and productivity of organic pigs. *Animal*. 2019; 13(9): 2025–2033. <https://doi.org/10.1017/S1751731119000041>
36. Ludwiczak A., Skrzypczak E., Składanowska-Baryza J., Stanis M., Słószarz P., Racewicz P. How Housing Conditions Determine the Welfare of Pigs. *Animals*. 2021; 11(12): 3484. <https://doi.org/10.3390/ani11123484>
37. Einarsson S. *et al.* A 25 years experience of group-housed sows—reproduction in animal welfare-friendly systems. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 2014; 56: 37. <https://doi.org/10.1186/1751-0147-56-37>
38. Yao R., Cools A., Matthijs A., Deyn P.P.D., Maes D., Janssens G.P.J. Peculiarities in the Amino Acid Composition of Sow Colostrum and Milk, and Their Potential Relevance to Piglet Development. *Veterinary Sciences*. 2023; 10(4): 298. <https://doi.org/10.3390/vetsci10040298>
39. Wallgren P., Johansson S.-E., Kirk M., Mattsson P., Lindahl L., Zoric M. Varied residential options for gestating sows ensured welfare and productivity. *Porcine Health Management*. 2025; 11: 63. <https://doi.org/10.1186/s40813-025-00477-y>

ОБ АВТОРАХ

Павел Николаевич Щербаков

доктор ветеринарных наук, профессор
scherbakov_pavel@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8685-4645>

Марина Аркадьевна Дерхо

доктор биологических наук, профессор,
заведующий кафедрой естественно-научных
дисциплин
derkho2010@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3818-0556>

Светлана Анатольевна Гриценко

доктор биологических наук, заведующий кафедрой
кормления, гигиены животных, технологии производства
и переработки сельскохозяйственной продукции
zf.usavm@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2334-4925>

Ольга Анатольевна Гуменюк

кандидат биологических наук, доцент
gumenyk74@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9846-5919>

Максим Владимирович Ческидов

кандидат технических наук, доцент
mister.aspirant@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5281-6226>

Южно-Уральский государственный аграрный университет,
ул. им. Гагарина, 13, Троицк, 457100, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Pavel Nikolaevich Shcherbakov

Doctor of Veterinary Sciences, Professor
scherbakov_pavel@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8685-4645>

Marina Arkadyevna Derkho

Doctor of Biological Sciences, Professor,
Head of the Department of Natural Sciences
at the Institute of Veterinary Medicine
derkho2010@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3818-0556>

Svetlana Anatolyevna Gritsenko

Doctor of Biological Sciences, Head of the Department of
Feeding, Animal Hygiene, Technology of production and
Processing of Agricultural Products
zf.usavm@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2334-4925>

Olga Anatolyevna Gumenyuk

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
gumenyk74@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9846-5919>

Maxim Vladimirovich Cheskidov

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
mister.aspirant@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5281-6226>

South Ural State Agrarian University,
13 Gagarin st., Troitsk, 457100, Russia