

Научная статья

УДК 631.223.2:628.512(571.56)

EDN ZTERHN

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2026-20-2-98-108>

**Анализ влияния вредных газов на продуктивность
крупного рогатого скота в условиях Республики Саха (Якутия)**

Анатолий Олегович Нератов¹, Варвара Петровна Друзьянова²¹ Арктический государственный агротехнологический университет

Республика Саха (Якутия), Якутск, Россия

² Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова

Республика Саха (Якутия), Якутск, Россия

¹ ao_n@list.ru, ² druzvar@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты натурных исследований микроклимата скотопомещений в условиях Республики Саха (Якутия) в зимний стойловый период 2025–2026 гг. Целью исследований явилась оценка влияния качества воздушной среды на продуктивность молодняка крупного рогатого скота. Методология включала инструментальный замер концентраций вредных газов (CO_2 , C_3H_8 , H_2CO , CO , NO_2 , SO_2). Для оценки эффективности естественной вентиляции рассчитаны значения удельного воздухообмена и введен показатель суммарного индекса превышения предельно допустимых концентраций, учитывающий видовую токсичность газов. Установлено, что воздухообмен в помещении составлял лишь 5,24 м³/час на голову (21 % от нормы для телят), что привело к многократному превышению предельных концентраций. Значительные превышения зафиксированы по пропану (в 37,5 раза в декабре) и углекислому газу (в 9,7 раза). Разработанный суммарный индекс превышения предельно допустимых концентраций позволяет раскрыть значительную обратную корреляцию с величиной среднемесячного прироста живой массы телят. В период с критическим уровнем индекса прирост массы животных практически отсутствовал. Таким образом, загрязнение воздушной среды является ключевым лимитирующим фактором продуктивности. Для решения проблемы предложен комплекс мер: замена естественной вентиляции на принудительную с подогревом приточного воздуха, устранение источников поступления пропана и внедрение системы мониторинга микроклимата.

Ключевые слова: микроклимат, молодняк крупного рогатого скота, продуктивность, вредные газы, суммарный индекс превышения предельно допустимых концентраций, вентиляция, Республика Саха (Якутия)

Для цитирования: Нератов А. О., Друзьянова В. П. Анализ влияния вредных газов на продуктивность крупного рогатого скота в условиях Республики Саха (Якутия) // Дальневосточный аграрный вестник. 2026. Том 20. № 2. С. 98–108. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2026-20-2-98-108>.

Original article

**Analysis of the effect of harmful gases
on cattle productivity in the Republic of Sakha (Yakutia)**

Anatoliy O. Neratov¹, Varvara P. Druzyanova²¹ Arctic State Agrotechnological University

Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, Russian Federation

² North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov

Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, Russian Federation

¹ ao_n@list.ru, ² druzvar@mail.ru

Abstract. The results of studies of the microclimate of cattle breeding in the Republic of Sakha (Yakutia) in the winter period of 2025–2026 are presented. The purpose of the research was to assess the impact of air quality on the productivity of young cattle. To assess the effectiveness of natural ventilation, the values of specific air exchange were calculated, and an indicator of the total index of exceeding the maximum permissible concentrations was introduced, taking into account the specific toxicity of gases. It was found that the indoor air exchange was 5.24 m³/hour per head (21% of the norm for calves), which led to a multiple excess of the maximum concentrations. Significant exceedances were recorded for propane (37.5 times in December) and carbon dioxide (9.7 times). The total index of excess of the maximum permissible concentrations demonstrated a significant inverse correlation with the value of the average monthly increase in live weight of calves. Thus, air pollution is a key limiting factor of productivity. To solve the problem, it is proposed to replace natural ventilation with forced ventilation with heated supply air; eliminate sources of propane intake and introduce a microclimate monitoring system.

Keywords: microclimate, young cattle, productivity, harmful gases, total index of excess of maximum permissible concentrations, ventilation, Republic of Sakha (Yakutia)

For citation: Neratov A. O., Druzyanova V. P. Analysis of the effect of harmful gases on cattle productivity in the Republic of Sakha (Yakutia). *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*. 2026;20;2:98–108. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2026-20-2-98-108>.

Введение. Натурные исследования проводились с октября 2025 г. по январь 2026 г. на ферме, расположенной в с. Октемцы Хангаласского улуса Республики Саха (Якутия). Объектом изучения стало состояние микроклимата в помещении для содержания молодняка крупного рогатого скота, рожденного в апреле 2025 г.

Актуальность исследования обусловлена следующими факторами. Во-первых, на 1 сентября 2025 г. по сравнению с аналогичным периодом предыдущего года в регионе поголовье крупного рогатого скота уменьшилось на 3,6 %, а производство скота и птицы на убой снизилось на 17 % (до 3 259,7 тонн). Согласно Указа Главы Республики Саха (Якутия), до 2030 г. необходимо увеличить объем выпуска мясной продукции до 8 000 тонн в год [1].

Во-вторых, в исследуемом хозяйстве наблюдается низкий прирост живой массы телят, что напрямую влияет на экономическую эффективность.

Суровые климатические условия Якутии предъявляют повышенные требования к системе содержания животных. В зимний стойловый период, когда скот длительно находится в закрытых помещениях, создание и поддержание оптимального микроклимата становится критически важным.

Целью работы явилось установление связи между качеством воздушной среды и продуктивностью животных.

Полученные данные должны составить научную основу для формирования управленческих решений по модернизации системы вентиляции, что позволит повысить рентабельность производства за счет роста выхода и качества животноводческой продукции.

Материалы и методы исследований. Замеры состояния воздушной среды осуществлялись переносным многокомпонентным газоанализатором «Сенсон-М». Данный прибор предназначен для непрерывного автоматического измерения концентрации горючих, токсичных газов и кислорода в атмосферном воздухе, воздухе рабочей зоны и технологических средах. Его главная функция – обеспечивать безопасность, предупреждая световой и звуковой сигнализацией о превышении установленных пороговых уровней концентрации газа, а также об опасном снижении содержания кислорода.

Производителем оборудования является АО «Научно-исследовательский институт информационных технологий» (АО «НИИИТ»), г. Москва. Прибор внесен в Государственный реестр средств измерений.

В работе также был использован термоанемометр «Testo 401» для измерения скорости потока воздуха в вентиляции.

Параллельно оценке качества воздуха ежемесячно проводились замеры обхвата груди телятам стандартной зоотехнической мерной лентой.

Животноводческая ферма имеет следующие размеры: длина – 30 м, ширина – 10 м, высота – 2,8 м. Она вмещает 60 голов крупного рогатого скота (6 дойных коров и 54 теленка).

Принятый способ кормления – сухое, по два рулона сена (200 кг) в день на все стадо. Водопотребление фермы составляет 12 м³ в неделю.

Продуктивность животных напрямую зависит от их физиологического состояния, которое, в свою очередь, обеспечивается несколькими ключевыми факторами: достаточным уровнем кормления и поения, а также содержанием их в установленных санитарных условиях помещений [2]. Данные факторы находят отражение в функции (1):

$$П = f(W_k; V_b; M_{\text{пом}}) \quad (1)$$

где W_k – количество и виды кормов, кг;

V_b – качество и объем воды, кг;

$M_{\text{пом}}$ – параметры микроклимата помещения.

Процессы кормления и поения – это базовые понятия, основывающиеся на зоотехнических стандартах и нормах [3], а параметры микроклимата помещения – величины, которые напрямую зависят от климатической зоны, своевременности

процесса уборки навоза ($F_{\text{нав}}$), скорости и подачи свежего потока воздуха ($F_{\text{возд}}$), освещенности ($F_{\text{осв}}$), температуры помещения ($T_{\text{пом}}$) и влажности среды ($H_{\text{ср}}$). Таким образом, функция параметров микроклимата принимает вид выражения (2):

$$M_{\text{пом}} = f(F_{\text{нав}}; F_{\text{возд}}; F_{\text{осв}}; T_{\text{пом}}; H_{\text{ср}}) \quad (2)$$

Представленные составляющие являются созависимыми. Так, несвоевременная уборка навоза ($F_{\text{нав}}$) приводит к росту влажности ($H_{\text{ср}}$) и повышению концентрации вредных газов, что требует увеличения скорости воздухообмена ($F_{\text{возд}}$) для поддержания оптимального уровня микроклимата ($M_{\text{пом}}$).

Таким образом, нами поставлена задача – исследовать параметры системы вентиляции на примере скотопомещения в с. Октемцы и обосновать корреляционную связь между условиями содержания и продуктивностью скота.

Общий вид скотопомещения представлен на рисунках 1 и 2. Телята и коровы содержатся в одном помещении, показанном на рисунке 3.

Норма потребления воды дойным коровам в сутки составляет 83 л в день. С учетом водопотребления фермы 12 м³ потребление воды телятами соответствует 22,5 л на голову, что недостаточно. Мо-



Рисунок 1 – Общий вид скотопомещения
Figure 1 – General view of cattle building



вид фермы сбоку (side view of the farm) затянутые пленкой окна (film-covered windows)

Рисунок 2 – Общее состояние наружных стен скотопомещения
Figure 2 – The general condition of the exterior walls of the cattle building



отсеки с животными и общий вид навозной ямы кормораздаточный стол
 animal compartments and a general view of the manure pit feed distribution table

Рисунок 3 – Общий вид внутреннего устройства скотопомещения
Figure 3 – General view of the internal structure of the cattle building

лодняк в возрасте от 6 до 12 мес. должен получать до 24 л воды при температуре в пределах 14–16 °C [2].

Таким образом, нами выявлены следующие нарушения нормативных требований содержания животных:

1) недостаточная площадь пола для одной головы крупного рогатого скота, составляющая 5 м² против 8 м² по норме;

2) норма потребления воды, как показано выше, также не отвечает нормативным требованиям к поению скота;

3) доза кормления составляет 6,66 кг на голову против рекомендуемых 25 кг.

Исследования систем воздухообмена и вентиляции, как и других параметров микроклимата, проанализированы нами при температуре помещения 13 °C.

Результаты исследований. Естественная вентиляция на данной ферме представлена четырьмя деревянными коробами размерами 0,12×0,2 м, обеспечивающими приток воздуха со скоростью потока 0,4 м/с, а также одной железной трубой диаметром 0,25 м со скоростью потока 1 м/с.

Существующая естественная вентиляция обеспечивает воздухообмен, соответствующий 5,24 м³/час на голову, что составляет лишь 21 % от зоотехнической нормы для телят и 3,5 % для взрослых животных (150 м³/час).

Следующим этапом исследований стало установление загазованности скотопомещения. При этом был применен газоанализатор «Сенсор-М» (рис. 4).

При первичном замере выявлено превышение предельно допустимых концентраций (ПДК) по различным газам. Уровень углекислого газа в помещении составил 0,413 % от объема, что превышает норму в 2 раза. Также был обнаружен формальдегид на уровне 0,188 мг/м³, тогда как ПДК по указанному веществу не должна превышать 0,01 мг/м³ средне-суточно и 0,05 мг/м³ разово. Уровень содержания пропана равен 3 788 мг/м³ при значении ПДК 300 мг/м³. Превышение этой концентрации однозначно создает опасную ситуацию. В совокупности все приведенные газы являются ядовитыми и оказывают негативное воздействие на физиологию животных.

Предельно допустимое содержание диоксида углерода в воздухе помещений для содержания телят до 3-месячного воз-

раста допустимо не более 0,20 % (объемных), для содержания телят от 3- до 6-месячного возраста, молодняка и взрослых животных – не более 0,25 % [3].

Для разработки методических подходов к оценке воздействия всего спектра обнаруженных газов на организм животных обратимся к исследованиям некоторых ученых.

Т. Т. Гридневой представлен размер эмиссии трех парниковых газов и аммиака по технологическим процессам для основных групп животных [4]. В этой же работе была дана оценка влияния системы кормления, удаления и хранения навоза на потери азота.

Е. А. Ястребова представила комплексный анализ микроклимата помещений для привязного и беспривязного содержания коров черно-пестрой породы. Ею установлено влияние параметров микроклимата на физиологическое состояние, морфологические и биохимические показатели крови коров, выявлено влияние микроклимата в определенных зонах и точках коровников на молочную продуктивность [5].

А. М. Башкировой и Н. Л. Лопаевой описан газовый состав и приведены методы снижения концентрации вредных газов в животноводческих помещениях. Так, для уменьшения количества сероводорода предложено применять сухую газопоглощающую подстилку из гигроскопичных материалов, исключать источники образования газа от мочи и навоза [6].

Проблеме влияния вредных газов на продуктивность сельскохозяйственных



Рисунок 4 – Показатели газоанализатора «Сенсор-М»
Figure 4 – Indicators of the Sensor-M gas analyzer

животных значительное внимание отводится в зарубежных исследованиях.

Исследование, проведенное в Канаде, охватило более 33 000 голов крупного рогатого скота в 205 стадах. Целью работы стала оценка связи между репродуктивным здоровьем и хроническим воздействием диоксида серы (SO_2), сероводорода (H_2S) и летучих органических соединений, источником которых являлись предприятия нефтегазовой отрасли. Данное исследование подтвердило принципиальную возможность использования показателя продуктивности мясного стада в качестве индикатора неблагоприятного воздействия факторов окружающей среды, включая загрязнение воздуха [7].

Прямая корреляция между качеством воздушной среды и продуктивностью животных также была установлена в работах корейских исследователей, которыми опубликованы результаты применения воздухоочистителей в свиноводческих помещениях. Доказано, что снижение концентрации твердых частиц (TSP и $\text{PM}_{2.5}$) приводит к статистически значимому увеличению прироста живой массы и улучшению конверсии корма [8].

Аргентинские ученые задокументировали случай острого респираторного дистресса у дойных коров после скармливания новой партии кукурузного силоса. Хотя точный состав газов в воздухе фермы оперативно выявить не удалось, клиническая картина (тахипноэ, ортопноэ, кашель, беспокойство) полностью совпала с симптомами отравления газами, накапливающимися в процессе силосования. Это исследование подчеркивает, что даже краткосрочные пиковые выбросы биогазов могут оказывать немедленное и выраженное негативное воздействие на физиологическое состояние и, как следствие, продуктивность скота [9].

Известен метод мониторинга загрязнения воздуха, основанный на оценке индекса загрязнения атмосферы, по которому оценивают вред разных газов на здоровье человека. Спроецировав этот метод относительно животных, содержащихся в скотопомещении, на наш взгляд, можно выявить негативное влияние газов на их физиологию и продуктивность.

Для комплексной оценки воздействия всего спектра обнаруженных газов

на организм телят существующие официальные показатели оказались неприменимы. Так, стандартный индекс (СИ), используемый в системе мониторинга атмосферного воздуха, характеризует максимальное разовое превышение ПДК лишь по одной примеси и не позволяет учесть суммарный эффект. Индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) рассчитывается для открытой атмосферы по строгой степенной формуле и требует годового периода наблюдений, что не соответствует условиям замкнутого скотопомещения и задачам нашего исследования.

В этой связи нами был введен расчетный показатель – **суммарный индекс превышения ПДК (СИП)**. Данный индекс представляет коэффициент, который позволяет объединить все вредные газы в одну величину.

Линейная форма индекса выбрана для обеспечения наглядности и прямой интерпретируемости вклада каждого компонента в общее загрязнение.

Выразим суммарный индекс превышения ПДК в виде выражения (3):

$$\text{СИП} = \sum_{i=1}^n (C_i / \text{ПДК}_i) \cdot K_i \quad (3)$$

где C_i – фактическое значение содержания вредного газа в помещении;

ПДК_i – установленный ПДК по содержанию вредного газа;

K_i – весовой коэффициент, показывающий степень опасности i -того вредного газа по сравнению с диоксидом серы.

Исходя из скорости потока воздуха (V) в системе вентиляции и площади сечения выходов (S), рассчитаны показатели удельного воздухообмена, приходящегося на одну голову животных, по формуле (4):

$$Q_{\text{уд}} = V \cdot \frac{S}{n} \quad (4)$$

Исходные данные для расчета суммарного индекса превышения ПДК представлены в таблицах 1 и 2.

Значения соответствующего индекса и показателя удельного воздухообмена приведены в таблице 3. Для интерпрета-

Таблица 1 – Значения весовых коэффициентов

Table 1 – Values of weighting coefficients

Газ	Весовой коэффициент	Класс опасности
Угарный газ (CO)	0,9	4 (малоопасные)
Диоксид азота (NO ₂)	1,0	3 (умеренно опасные)
Формальдегид (H ₂ CO)	1,3	2 (высокоопасные)
Оксид серы (SO ₂)	1,0	3 (умеренно опасные)
Пропан (C ₃ H ₈)	0,9	4 (малоопасные)
Углекислый газ (CO ₂)	0,9	4 (малоопасные)

Таблица 2 – Превышения предельно допустимых концентраций вредных газов

Table 2 – Exceeding the maximum permissible concentrations of harmful gases

В количестве раз (the number of times)

Виды газов	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь
Углекислый газ	1,65	3,00	9,68	8,80
Угарный газ	0,06	0,04	0,23	0,14
Диоксид азота	0,25	0,17	0,03	0,14
Формальдегид	3,76	0,00	3,24	4,16
Оксид серы	0,01	0,00	0,02	0,02
Пропан	12,63	9,38	37,45	14,26

Таблица 3 – Динамика суммарного индекса превышения ПДК и удельного воздухообмена

Table 3 – Dynamics of the total index of MPC excess and specific air exchange

Месяц	СИП	Объем воздуха на одну голову, м ³ /час
Октябрь	18,06	5,2333500
Ноябрь	11,35	3,7740750
Декабрь	46,87	0,5622375
Январь	26,45	1,0303125

ции полученных значений и прогнозирования их влияния на продуктивность телят нами была разработана следующая эмпирическая шкала, основанная на корреляции расчетных данных с фактическими наблюдениями за приростом живой массы в исследуемый период (табл. 4).

Приняв за основу значения величин таблицы 4, имеем следующие данные:

октябрь – 18,06 (загрязненный уровень, приводящий к снижению прироста);

ноябрь – 11,35 (допустимый уровень, обеспечивающий низкий прирост);

декабрь – 46,87 (критический уровень; отсутствие прироста);

январь – 26,45 (опасный уровень; имеем минимальный прирост).

Для оценки динамики продуктивности подопытных телят в период с октября по январь ежемесячно проводилось измерение обхвата груди за лопатками с помощью стандартной зоотехнической мерной ленты. Рассчитанный таким образом среднемесячный прирост живой массы в дальнейшем сопоставлялся с величиной суммарного индекса превышения ПДК для выявления зависимости. Соответствующие результаты графически отображены на рисунке 5.

Анализ полученных данных показал четкую обратную зависимость: минимальному удельному воздухообмену в декабре (0,56 м³/час на голову) соответствовало максимальное значение СИП (46,87), что привело к приросту лишь на 0,91 кг. В но-

Таблица 4 – Оценочная шкала уровня загрязнения воздуха по значению суммарного индекса превышения ПДК и его прогнозируемое влияние на прирост телят

Table 4 – Estimated scale of the air pollution level by the total index of exceeding the maximum permissible concentration (MPC) and its predicted impact on calf growth

Уровень СИП	Оценка воздуха	Влияние на прирост телят
0–10	отличный	нормальный рост
10–20	допустимый	небольшое снижение прироста
20–30	загрязненный	заметное угнетение роста
30–40	опасный	нулевой прирост, угроза здоровью
более 45	критический	острое отравление, потеря веса

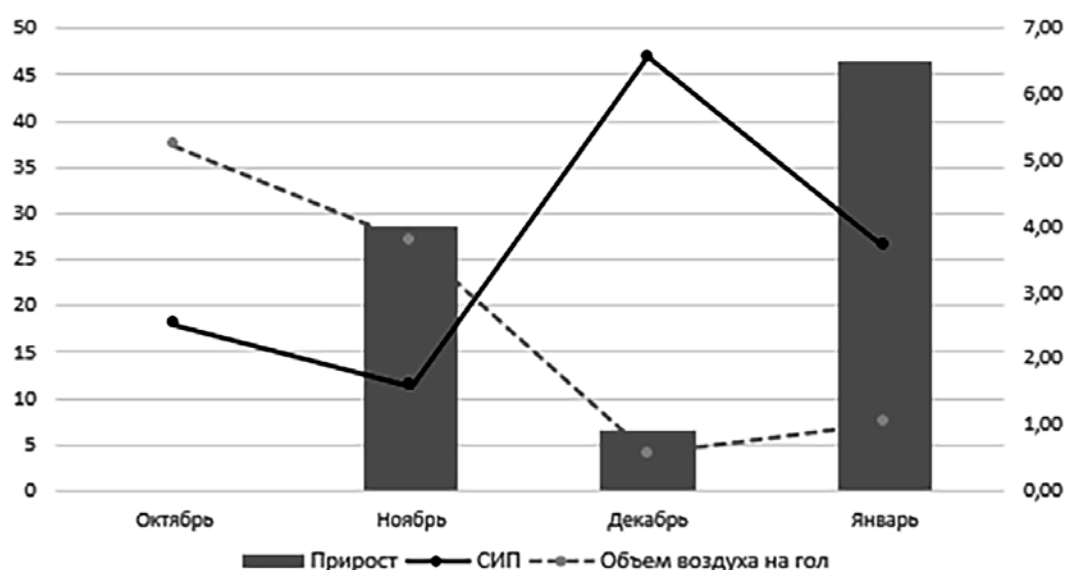


Рисунок 5 – Динамика среднесуточного прироста живой массы телят и удельного воздухообмена в зависимости от уровня загрязнения воздуха

Figure 5 – Dynamics of the average monthly increase in live weight of calves and specific air exchange depending on the level of air pollution

ябре при более высоком воздухообмене (3,77 м³/час на голову) СИП снизился до 11,35 и прирост телят составил 4 кг.

Следует отметить, что в январе уличная температура повысилась, и это напрямую способствовало улучшению параметров микроклимата. В декабре средняя температура составила минус 42,5 °С, тогда как в январе минус 35 °С.

На случай сильных холодов в помещении для скота предусмотрена дровяная печь, труба которой вмонтирована в один из вентиляционных выходов. Для исключения промерзания в декабре помещение отапливалось дровами, что также ухудшило состояние микроклимата фермы.

Таким образом, значение СИП обратно пропорционально значению удель-

ного воздухообмена в помещении и значению среднесуточного прироста.

Закключение. 1. Обнаружены критические недостатки в организации системы вентиляции. Имеющаяся естественная вентиляция обеспечивает воздухообмен в лучшем случае на уровне 5,24 м³/час на голову, что составляет около 21 % от зоотехнической нормы для телят. Это является ключевой причиной накопления вредных газов. В холодный период количество наружного воздуха, подаваемого в помещение, должно быть не менее зоогигиенического норматива – 15 м³/час на 1 ц живой массы взрослых животных и 18 м³/час на 1 ц живой массы телят. Исходя из этого, рекомендуемые скорость потока воздуха в существующих вентиляционных выходах

должна составлять 1,53 м/с для железной трубы диаметром 0,25 м и 3,12 м/с для деревянных коробов.

2. Доказана значительная и постоянная загрязненность воздушной среды: инструментальные замеры выявили устойчивое многократное превышение ПДК по ключевым вредным газам. Особенно критическая ситуация наблюдалась в декабре, когда концентрация углекислого газа превышала норму в 9,68 раза, а пропана – в 37,45 раза. Также обнаружен формальдегид в концентрациях, значительно превышающих нормативы.

3. Разработан и применен суммарный индекс превышения ПДК, который позволил количественно объединить влияние всех обнаруженных вредных газов с учетом их токсичности для крупного рогатого скота. Динамика данного индекса наглядно отразила ухудшение состояния воздушной среды в зимний период. Анализ данных показал, что в месяцы с «критическим» (декабрь, более 45) и «опасным» (январь, 26,45) значениями индекса наблюдался минимальный прирост живой массы телят. В период с «допустимым» и «загрязненным» уровнем (ноябрь, октябрь) ситуация была лучшей.

Критически сказались не только низкие температуры воздуха в декабре и январе, но и несвоевременность уборки навоза в помещении. Навоз убирается и вывозится только один раз за смену, в целях снижения попадания холодного воздуха внутрь помещения при открывании дверей. В этой связи скотопомещение

должно иметь дополнительный тамбур, огораживаемый от основного помещения закрывающимися воротами.

4. Использование дровяной печи, труба которой выведена в вентиляционный канал, не только снизило эффективность воздухообмена (из-за перекрытия сечения), но и стало дополнительным источником продуктов сгорания (углекислый газ), усугубив и без того критическую ситуацию в декабре.

5. Для постоянного мониторинга уровня загрязнения, температуры и влажности воздуха в скотопомещении рекомендуется установка газоанализатора или, как минимум, детектора углекислого газа и логгера температуры и влажности.

Таким образом, подтверждено, что низкие темпы прироста живой массы телят в исследуемом хозяйстве являются последствием неудовлетворительного микроклимата.

Ключевыми мерами для улучшения ситуации на данной ферме должны стать: реконструкция системы вентиляции в целях обеспечения нормируемого воздухообмена, а также внедрение системы постоянного мониторинга газового состава воздуха.

Реализация этих мероприятий позволит устранить выявленные факторы, что приведет к повышению сохранности поголовья, увеличению среднесуточных привесов, сокращению сроков откорма и, в конечном итоге, росту экономической эффективности животноводства в условиях Якутии.

Список источников

1. О развитии местного производства и туризма в Республике Саха (Якутия) : указ Главы Республики Саха (Якутия) от 28.03.2024 № 269 // Официальный интернет-портал правовой информации. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/1400202404020023> (дата обращения: 07.02.2026).
2. Методические рекомендации по технологическому проектированию ферм и комплексов крупного рогатого скота. М. : Росинформагротех, 2011. 109 с.
3. Методические рекомендации по технологическому проектированию ферм крупного рогатого скота крестьянских (фермерских) хозяйств. М., 2022. 129 с.
4. Гриднева Т. Т. Эмиссия вредных газов при производстве животноводческой продукции // Техника и технологии в животноводстве. 2012. № 4 (8). EDN PXHOCN.
5. Ястребова Е. А. Влияние параметров микроклимата на физиологическое состояние и молочную продуктивность коров : дисс. ... канд. с.-х. наук. Ижевск, 2013. 163 с.
6. Башкирова А. М., Лопашева Н. Л. Методы снижения вредных газов в животноводческих помещениях // Молодежь и наука. 2023. № 1. EDN CQJTVQ.

7. Waldner C. L. Western Canada study of animal health effects associated with exposure to emissions from oil and natural gas field facilities. Study design and data collection I. Herd performance records and management // Archives of Environmental & Occupational Health. 2008. Vol. 63. No. 4. P. 167–184. doi: 10.3200/AEOH.63.4.167-184.
8. Kim K. Y., Kim J. K. Association between indoor air pollutants and pig productivity index by on-site application of air cleaner // Journal of Animal Science and Technology. 2025. Vol. 67. Art. e00087. doi: 10.5187/jast.2025.e00087.
9. Sosa E., Ricci P., Di Leo C. Respiratory distress in Holstein cows fed corn silage: Case report // Revista Veterinaria. 2023. Vol. 34. No. 2. P. 126–129. doi: 10.30972/vet.3426789.

References

1. On the development of local production and tourism in the Republic of Sakha (Yakutia): Decree of the Head of the Republic of Sakha (Yakutia) No. 269 of March 28, 2024. *Publication.pravo.gov.ru* Retrieved from <http://publication.pravo.gov.ru/document/1400202404020023> (Accessed 07 February 2026) (in Russ.).
2. *Methodological recommendations for the technological design of cattle farms and complexes*, Moscow, Rosinformagrotekh, 2011, 109 p. (in Russ.).
3. *Methodological recommendations for the technological design of cattle farms for peasant (farmer) enterprises*, Moscow, 2022, 129 p. (in Russ.).
4. Gridneva T. T. Emission of harmful gases in the production of livestock products. *Tekhnika i tekhnologii v zhivotnovodstve*, 2012;4(8). EDN PXHOCN (in Russ.).
5. Yastrebova E. A. Influence of microclimate parameters on the physiological state and milk productivity of cows. *Candidate's thesis*. Izhevsk, 2013, 163 p. (in Russ.).
6. Bashkirova A. M., Lopaeva N. L. Methods for reducing harmful gases in livestock buildings. *Molodezh' i nauka*, 2023;1. EDN CQJTVQ (in Russ.).
7. Waldner C. L. Western Canada study of animal health effects associated with exposure to emissions from oil and natural gas field facilities. Study design and data collection I. Herd performance records and management. Archives of Environmental & Occupational Health, 2008; 63;4:167–184. doi: 10.3200/AEOH.63.4.167-184.
8. Kim K. Y., Kim J. K. Association between indoor air pollutants and pig productivity index by on-site application of air cleaner. *Journal of Animal Science and Technology*, 2025;67:e00087. doi: 10.5187/jast.2025.e00087.
9. Sosa E., Ricci P., Di Leo C. Respiratory distress in Holstein cows fed corn silage: Case report. *Revista Veterinaria*, 2023;34;2:126–129. doi: 10.30972/vet.3426789.

© Нератов А. О., Друзьянова В. П., 2026

Статья поступила в редакцию 11.03.2026; одобрена после рецензирования 08.05.2026; принята к публикации 18.05.2026.

The article was submitted 11.03.2026; approved after reviewing 08.05.2026; accepted for publication 18.05.2026.

Информация об авторах

Нератов Анатолий Олегович, аспирант, Арктический государственный агро-технологический университет, aon@list.ru;

Друзьянова Варвара Петровна, доктор технических наук, профессор, Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова, druzvar@mail.ru

Information about the authors

Anatoliy O. Neratov, Postgraduate Student, Arctic State Agrotechnological University, ao_n@list.ru;

Varvara P. Druzyanova, Doctor of Technical Sciences, Professor, North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov, druzvar@mail.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.