ПРАКТИЧЕСКОМУ ЗДРАВООХРАНЕНИЮ

EDN: https://elibrary.ru/pckriz
DOI: https://doi.org/10.31089/1026-9428-2026-66-6-414-422
УДК 613.6:631:614.71
© Коллектив авторов, 2026

Иброхимов К.И.[1], Искандарова Г.Т.[2], Эрматов Н.Ж.[3], Абдурахимов Б.[3], Насирдинов М.[4]

Профессиональное воздействие биоаэрозолей на работников агропромышленных предприятий и связанные с этим иммунологические изменения

[1]Бухарский государственный медицинский институт, Бухара, Узбекистан, Р200118;
[2]Кафедра эпидемиологии, Центр повышения квалификации медицинских работников, Ташкент, Узбекистан, Р100007;
[3]Ташкентский государственный медицинский университет, Ташкент, Узбекистан, РР100109;
[4]Центральноазиатский медицинский университет, г. Фергана, Узбекистан, Р150105

Работники агропромышленных предприятий в процессе производственной деятельности подвергаются воздействию факторов производственной среды: биоаэрозолей, органической пыли, химических веществ, неблагоприятного микроклимата, шума и факторов трудового процесса.

Наиболее неблагоприятные условия труда наблюдаются в животноводстве и птицеводстве, где формируется высокая микробиологическая контаминация воздуха рабочей зоны.

Длительное воздействие указанных факторов может приводить к развитию иммунологических изменений и повышению профессиональных рисков для здоровья.

В связи с этим проведение комплексной гигиенической оценки условий труда работников агропромышленных предприятий и определение их иммунологического статуса являются одной из актуальных научно-практических задач профилактической медицины.

Цель исследования — комплексная гигиеническая оценка условий труда работников агропромышленных предприятий, определение уровня микробиологической контаминации воздуха рабочей зоны и изучение изменений иммунологического статуса при воздействии высоких микробиологических факторов риска.

Проведено исследование с участием 430 работников, занятых в животноводстве (n=120), птицеводстве (n=110), коневодстве (n=90) и на предприятиях по переработке мясной продукции (n=110). Воздух рабочей зоны оценивали по показателям микробиологической контаминации (КОЕ/м^3), концентрации пыли и химических веществ. Параметры микроклимата, уровни шума и освещённости оценивали в соответствии с действующими гигиеническими нормативами, показатели трудового процесса — в соответствии с гигиеническими критериями с последующим определением класса условий труда. Гуморальное звено иммунитета оценивали по концентрациям IgA, IgM, IgG и IgE в сыворотке крови с последующим сравнительным анализом между производственными секторами.

На птицеводческих предприятиях выявлена наибольшая микробиологическая нагрузка: общее микробное число достигало 4533,99 КОЕ/м^3, что обусловлено повышенными концентрациями представителей рода *Staphylococcus* (включая *S. epidermidis, S. saprophyticus, S. aureus, S. hyicus),* а также *Enterobacteriaceae* и грибов. В животноводческих и коневодческих хозяйствах уровень микробного загрязнения превышал санитарные нормативы в 1,2–1,8 раза, тогда как на предприятиях по производству колбасных изделий был ниже нормативных значений в 1,3–1,5 раза.

Отмечено превышение относительной влажности воздуха (в 1,09–1,27 раза) и концентрации пыли (в 1,18–1,32 раза), что усиливает неблагоприятное воздействие производственных факторов.

В тёплый и холодный периоды года температура воздуха не соответствовала гигиеническим нормативам. Уровень шума в отдельных производственных зонах животноводства превышал нормативные значения до 1,1 раза.

Иммунологический анализ выявил сектор-специфические изменения: у работников птицеводства отмечалось повышение IgM и IgE, что свидетельствует об активной антигенной и аллергической стимуляции, тогда как у работников колбасного производства — повышение IgA и IgG, отражающее длительную активацию гуморального и слизистого иммунитета.

Исследование показало, что условия труда на предприятиях агропромышленного комплекса характеризуются высокой микробиологической нагрузкой и неблагоприятным воздействием вредных производственных факторов. Наиболее выраженные изменения иммунологических показателей выявлены у работников птицеводства и животноводства, где зафиксированы высокие уровни микробной контаминации воздуха. Повышение уровней IgA, IgM, IgG и IgE свидетельствует о хронической антигенной стимуляции. Комплексный гигиенический и иммунологический мониторинг имеет важное значение для раннего выявления профессиональных рисков и разработке профилактических мер.

Ограничения исследования. Исследование ограничено географическим охватом обследованных агропромышленных предприятий, численностью включённых работников и отсутствием динамического наблюдения за иммунологическими показателями в разные периоды профессионального стажа. Кроме того, оценка проводилась преимущественно по гуморальным маркерам иммунитета без углублённого анализа клеточного звена иммунной системы.

Ключевые слова: *биоаэрозоли; охрана труда; сельскохозяйственные работники; иммунологические маркеры; профилактическая медицина*

Для цитирования: Иброхимов К.И., Искандарова Г.Т., Эрматов Н.Ж., Абдурахимов Б., Насирдинов М. Профессиональное воздействие биоаэрозолей на работников агропромышленных предприятий и связанные с этим иммунологические изменения. *Мед. труда и пром. экол.* 2026; 66(6): 414–422. https://doi.org/10.31089/1026-9428-2026-66-6-414-422 https://elibrary.ru/pckriz

Для корреспонденции: *Иброхимов Камол Исроилович,* e-mail: kamol.ibrohimov.9191@mail.ru

Участие авторов:

Иброхимов К.И. — разработка концепции и дизайна исследования, формирование методологии, проведение гигиенических и микробиологических исследований, сбор и анализ данных, написание рукописи;

Искандарова Г.Т. — разработка эпидемиологического дизайна исследования, статистический анализ, систематизация данных, валидация, научное руководство;
Эрматов Н.Ж. — научное консультирование, совершенствование методологического подхода, интерпретация результатов исследования;
Абдурахимов Б. — участие в анализе данных, научная интерпретация полученных результатов;
Насирдинов М. — обработка данных, анализ научной литературы, проведение сравнительного анализа, окончательная подготовка рукописи.

Благодарности. Автор выражает искреннюю благодарность работникам агропромышленных предприятий, принявшим участие в исследовании, за оказанную помощь и сотрудничество. Также автор выражает особую признательность коллегам, оказавшим научную и организационную поддержку в процессе проведения исследования.
Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.
Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Дата поступления: 09.04.2026 / Дата принятия к печати: 13.04.2026 / Дата публикации: 27.07.2026

Kamol I. Ibrohimov[1], Gulnoza T. Iskandarova[2], Nizom Zh. Ermatov[3], Bobirjon Abdurakhimov[3], Mavlonjon Nasirdinov[4]

Occupational exposure of bioaerosols to workers of agro-industrial enterprises and related immunological changes

[1]Bukhara State Medical Institute, Bukhara City, Uzbekistan, P200118;
[2]Center for Continuing Professional Development of Medical Personnel, Tashkent City, Uzbekistan, P100007;
[3]Tashkent State Medical University, Tashkent City, Uzbekistan, P100109;
[4]Central Asian Medical University, Fergana City, Uzbekistan, P150105

Employees of agro-industrial enterprises in the course of their production activities are exposed to environmental factors: bioaerosols, organic dust, chemicals, unfavorable microclimate, noise and labor process factors.
There are the most unfavorable working conditions in animal husbandry and poultry farming, where high microbiological air pollution of the working area is formed. Prolonged exposure to these factors can lead to the development of immunological changes and increased occupational health risks.
In this regard, conducting a comprehensive hygienic assessment of the working conditions of employees of agro-industrial enterprises and determining their immunological status is one of the urgent scientific and practical tasks of preventive medicine.
The study aims to conduct a comprehensive hygienic assessment of the working conditions of employees of agro-industrial enterprises, determine the level of microbiological air pollution in the work area and study changes in the immunological status under the influence of high microbiological risk factors.
The study included 430 workers employed in livestock farming (n=120), poultry farming (n=110), horse breeding (n=90), and meat-processing enterprises (n=110). Workplace air was assessed for microbiological contamination (CFU/m^3), dust concentration, and selected chemical substances. The specialists have measured the parameters of the microclimate, noise and light levels in accordance with current hygiene standards. The humoral immune response was assessed by determining serum concentrations of IgA, IgM, IgG, and IgE, followed by comparative analysis between manufacturing sectors.
The highest microbiological load was identified in poultry enterprises: the total microbial count reached 4533.99 CFU/m^3 and was accompanied by elevated concentrations of Staphylococcus spp., members of the Enterobacteriaceae family, and fungi. Livestock and horse-breeding enterprises demonstrated moderate contamination levels, whereas meat-processing plants showed comparatively lower levels. In livestock and horse breeding farms, the level of microbial contamination exceeded sanitary standards by 1.2–1.8 times, while in sausage production enterprises it was 1.3–1.5 times lower than standard values. There was an excess of relative humidity (1.09–1.27 times) and dust concentration (1.18–1.32 times), which increases the adverse effects of production factors. During the warm and cold periods of the year, the air temperature did not meet hygienic standards. The noise level in individual livestock production areas exceeded the standard values by up to 1.1 times.
Immunological analysis revealed sector-specific changes: poultry workers showed increased IgM and IgE, indicating active antigenic and allergic stimulation, while sausage workers showed increased IgA and IgG, reflecting prolonged activation of humoral and mucosal immunity.
The study showed that the working conditions at the enterprises of the agro-industrial complex are characterized by a high microbiological load and the adverse effects of harmful production factors. The most pronounced changes in immunological parameters were detected in poultry and livestock workers, where high levels of microbial contamination of the air were recorded. Increased levels of IgA, IgM, IgG, and IgE indicate chronic antigenic stimulation. Comprehensive hygienic and immunological monitoring is essential for the early detection of occupational risks and the development of preventive measures.
Limitations. The study is limited by the geographical coverage of the surveyed agro-industrial enterprises, the number of employees included, and the lack of dynamic monitoring of immunological parameters in different periods of professional experience. In addition, the assessment was carried out mainly on humoral markers of immunity without in-depth analysis of the cellular component of the immune system.

Keywords: *bioaerosols; occupational safety; agricultural workers; immunological markers; preventive medicine*
For citation: Ibrokhimov K.I., Iskandarova G.T., Ermatov N.Zh., Abdurakhimov B., Nasirdinov M. Occupational exposure of bioaerosols to workers of agro-industrial enterprises and related immunological changes. *Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology [Med. truda i prom. ekol.].* 2026; 66(6): 414–422. https://elibrary.ru/pckriz https://doi.org/10.31089/1026-9428-2026-66-6-414-422

For correspondence: *Kamol I. Ibroimov,* e-mail: kamol.ibrohimov.9191@mail.ru

Contributions:
Ibrokhimov K.I. — development of the research concept and design, formation of methodology, conducting hygienic and microbiological research, data collection and analysis, writing a manuscript;
Iskandarova G.T. — development of epidemiological research design, statistical analysis, data systematization, validation, scientific guidance;
Ermatov N.J. — scientific consulting, improvement of methodological approach, interpretation of research results;

Abdurakhimov B. — participation in data analysis, scientific interpretation of the obtained results;
Nasirdinov M. — data processing, analysis of scientific literature, comparative analysis, final preparation of the manuscript.
Gratitude. The author expresses his sincere gratitude to the employees of agro-industrial enterprises who participated in the study for their assistance and cooperation. The author also expresses special gratitude to his colleagues who provided scientific and organizational support during the research process.
Funding. The study had no funding.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.
Received: 09.04.2026 / Accepted: 13.04.2026 / Published: 27.07.2026

Введение. Глобальный рост численности населения сопровождается увеличением спроса на продукты животного происхождения, что усиливает значимость обеспечения их безопасности и качества [1, 2]. В развивающихся странах данная проблема приобретает особую актуальность в связи с несоответствием условий производства санитарно-гигиеническим требованиям [3, 4].

Агропромышленный сектор является одним из крупнейших работодателей в мире, однако характеризуется высоким уровнем профессиональных рисков. Работники сельского хозяйства подвергаются воздействию комплекса вредных производственных факторов, включая пыль, микроорганизмы, неблагоприятные микроклиматические условия и химические вещества, а также тяжесть труда [5].

Особое значение среди данных факторов имеют биоаэрозоли, представляющие собой сложную смесь бактерий, грибов, эндотоксинов и органической пыли. Их воздействие связано с развитием заболеваний органов дыхания, аллергических реакций и нарушений иммунной системы [6, 7].

Современные исследования показывают, что в условиях животноводческих и птицеводческих предприятий формируются высокие уровни микробной контаминации воздуха, обусловленные технологическими процессами и накоплением органических загрязнителей [8–10]. Воздействие биоаэрозолей повышает риск респираторных заболеваний и профессионально обусловленных нарушений здоровья у работников [11, 12].

В Республике Узбекистан комплексная оценка гигиенических условий труда и иммунологических изменений у работников агропромышленных предприятий остаётся недостаточно изученной.

Научная новизна исследования заключается в том, что впервые в условиях агропромышленных предприятий Республики Узбекистан проведена комплексная оценка воздействия биоаэрозолей, микроклиматических и химических факторов с одновременным анализом микробной контаминации воздуха рабочей зоны и показателей гуморального иммунитета.

Цель исследования — комплексная гигиеническая оценка условий труда, анализ микробной контаминации воздуха рабочей зоны и изучение иммунологических показателей у работников агропромышленного комплекса.

Материалы и методы. ***Дизайн исследования и место проведения.*** Исследование выполнено в формате поперечного (кросс-секционного) наблюдательного исследования, направленного на оценку условий труда и факторов профессионального риска на агропромышленных предприятиях. Исследование проводилось на предприятиях животноводства, птицеводства, коневодства и колбасного производства на территории Республики Узбекистан.

Исследуемая популяция и объём выборки. В исследовании приняли участие 430 работников: животноводческих предприятий (n=120), птицеводческих хозяйств (n=110), коневодческих объектов (n=90) и колбасных производств (n=110). Контрольную группу составили работники без воздействия биологических и пылевых факторов (n=110).

Критериями включения являлись стаж работы не менее одного года и постоянная занятость. Из исследования исключались лица с острыми инфекционными заболеваниями и хроническими нарушениями иммунной системы.

Лабораторные и гигиенические методы исследования. Измерения химических, биологических и физических факторов рабочей среды проводились с использованием инструментальных и лабораторно-аналитических методов.

Отбор проб воздуха осуществлялся седиментационным методом с использованием чашек Петри [13], посевы выполнялись на питательные среды с последующей идентификацией микроорганизмов [14]. Параметры микроклимата (температура воздуха, относительная влажность и скорость движения воздуха) измерялись с использованием метеометра «ТКА-ПКМ (66)», концентрация пыли в воздухе рабочей зоны определялась аспирационным методом с применением аспиратора МОД-822. Контроль содержания вредных химических веществ осуществлялся с использованием газоанализатора Drager X-am 5600 в отобранных точках рабочих помещений (в центральной части и по периметру), при этом продолжительность отбора проб составляла 15 минут для токсических веществ и 30 минут для веществ фиброгенного действия. Измерения уровней шума на рабочих местах проводилось шумомером ВШВ-003 М3, освещённости на рабочих местах — люксметром «Аргус-01» в соответствии с требованиями государственного стандарта 2.49.40–81.

Оценка профессионального воздействия. Микробиологическая контаминация воздуха оценивалась по общему микробному числу (КОЕ/м^3) с идентификацией микроорганизмов. Параметры микроклимата, световой среды, уровни шума, содержание в воздухе рабочей зоны вредных газов, пыли оценивались в соответствии с санитарно-гигиеническими нормативами.

Иммунологическое исследование. Проводился забор венозной крови (2–3 мл) с последующим определением уровней IgA, IgM, IgG и IgE стандартными лабораторными методами.

Результаты. ***Оценка факторов производственной среды на рабочих местах агропромышленных предприятий.*** Оценка показателей микроклимата в помещениях животноводческих, птицеводческих, коневодческих и колбасоперерабатывающих предприятий проведена с учётом технологических особенностей и сезонных изменений ***(табл. 1)***.

Анализ микроклиматических показателей показал, что в тёплый период года температура воздуха на животноводческих (30,1°C), птицеводческих (31,2°C) и коневодческих (29,2°C) объектах превышала допустимые значения в 1,25; 1,30 и 1,21 раза соответственно. В колбасном производстве температурные показатели (23,1°C) находились в пределах нормативных значений.

В холодный период температура воздуха в животноводстве (10,2°C) и коневодстве (7,4°C) была ниже допу-

Таблица 1 / Table 1

Показатели микроклимата в производственных помещениях агропромышленного комплекса в тёплый и холодный периоды года

Microclimate indicators in production facilities of the agro-industrial complex during the warm and cold seasons of the year

Тип комплекса / Type of Enterprise	Период года / Season	Категория труда / Work Category	Температура Воздуха / Air Temperature (°C)		Влажность воздуха / Relative Humidity (%)		Скорость движения воздуха / Air Velocity (m/s)	
			M±m	SD	M±m	SD	M±m	SD
Животноводство / Livestock Farming	Тёплый / Warm	Средней тяжести (IIб) / Moderate physical work (IIb)	30,1±0,2	1,56	71,4±0,74	5,75	0,29±0,01	0,1
	Холодный / Cold	Средней тяжести (IIб) / Moderate physical work (IIb)	10,2±0,22	1,77	68,9±0,74	5,75	0,41±0,01	0,1
Колбасное производство/ Sausage Production	Тёплый/ Warm	Средней тяжести (IIа) / Moderate physical work (IIa)	23,1±0,11	0,91	54,6±0,67	5,26	0,24±0,008	0,06
	Холодный / Cold	Средней тяжести (IIа) / Moderate physical work (IIa)	16,7±0,1	0,85	49,9±0,62	5,26	0,19±0,006	0,05
Птицеводство/ Poultry Farming	Тёплый / Warm	Средней тяжести (IIб) / Moderate physical work (IIb)	31,2±0,21	1,6	76,5±0,59	4,59	0,21±0,01	0,08
	Холодный / Cold	Средней тяжести (IIб) / Moderate physical work (IIb)	21,1±0,18	1,45	65,8±0,65	4,59	0,15±0,005	0,04
Коневодство / Horse Breeding	Тёплый / Warm	Средней тяжести (IIб) / Moderate physical work (IIb)	29,2±0,26	2,08	67,5±0,85	6,6	0,6±0,01	0,13
	Холодный / Cold	Средней тяжести (IIб) / Moderate physical work (IIb)	7,4±0,28	2,2	59,2±0,62	6,6	0,74±0,02	0,2
СанНиП № 0324-16 (допустимые нормы)/ SanPiN No. 0324-16 (Permissible Standards)	Тёплый / Warm	Средней тяжести (IIб) / Moderate physical work (IIb)	22–24°C (допустимо: 20–29 °C) / 22–24°C (acceptable: 20–29°C)		40–60 % (до 45 % при 29 °C) // 40–60% (up to 45% at 29°C)		до 0,3 м/с (0,4–0,7 м/с) // up to 0.3 m/s (0.4–0.7 m/s)	
	Холодный / Cold	Средней тяжести (IIб) / Moderate physical work (IIb)	17–19°C (допустимо: 13–21 °C) /17–19°C (acceptable: 13–21°C)		~40 % (до 75 %) /~40% (up to 75%)		до 0,2 м/с (до 0,4 м/с) // up to 0.2 m/s (up to 0.4 m/s)	

стимых значений соответственно в 1,66 и 2,29 раза, тогда как в птицеводстве и колбасном производстве соответствовала норме.

Относительная влажность воздуха в тёплый период превышала нормативные значения в животноводстве, птицеводстве и коневодстве соответственно в 1,19; 1,27 и 1,12 раза. В холодный период наиболее значительное превышение отмечено в животноводстве и птицеводстве (в 1,64–1,72 раза).

Скорость движения воздуха в тёплый период в целом соответствовала нормативам, за исключением коневодческих объектов, где она превышала допустимые значения до 2 раз. В холодный период превышение наблюдалось в животноводстве (в 1,36 раза) и особенно в коневодстве (в 3,7 раза).

На рабочих местах агропромышленных предприятий (животноводческих, птицеводческих, коневодческих и колбасных производств) шум носит непостоянный характер, что обусловлено особенностями технологических процессов и функционированием оборудования. Эквивалентный уровень звука на рабочих местах агропромышленных предприятий превышает допустимые нормативные значения. В частности, в животноводстве уровень шума превышал норму в 1,09 раза, в птицеводстве — в 1,11 раза, в коневодстве — в 1,05 раза и в колбасном производстве — в 1,08 раза.

Производственная среда агропромышленных предприятий характеризуется наличием органической пыли и газообразных веществ, образующихся в ходе технологических процессов.

Установлено превышение концентрации органической пыли (ПДК 4 мг/м^3) на большинстве объектов: в животноводстве — 4,72 мг/м^3 (1,18 ПДК; p<0,001), в птицеводстве — 5,27 мг/м^3 (1,32 ПДК; p<0,001), в коневодстве — 4,71 мг/м^3 (1,18 ПДК; p<0,001). В колбасном производстве показатель составил 3,94 мг/м^3 (0,98 ПДК; p>0,05).

Анализ вредных веществ в воздухе рабочей зоны выявил превышение предельно допустимых концентраций (ПДК) аммиака в 1,46–1,77 раза, оксида углерода в 1,69–1,96 раза, сероводорода в 1,08–1,32 раза на всех объектах. Концентрации метилмеркаптана не превышали ПДК.

Оценка биологических факторов риска. Работники агропромышленных предприятий подвергаются воздействию биологических факторов риска, характер которых зависит от вида производства.

Основными источниками биологических факторов риска являются продукты жизнедеятельности животных, микробные аэрозоли и инфекционные агенты.

На предприятиях агропромышленного комплекса проведён комплексный анализ показателей микробиологического загрязнения воздуха рабочей зоны с оценкой их количественного уровня и особенностей распространения ***(табл. 2)***.

Установлено, что в животноводческих комплексах, колбасном производстве и коневодческих хозяйствах различия показателей были статистически значимыми (p<0,05), тогда как в птицеводческом комплексе они носили более выраженный характер (p<0,001).

Согласно данным таблицы, уровень микробиологического загрязнения воздуха существенно различался между производственными объектами. Наибольшее общее микробное число зарегистрировано на птицеводческих предприятиях, где оно превышало показатели колбасного производства в 4,3 раза, коневодческих хозяйств — в 3,8 раза и животноводческих комплексов — в 2,4 раза.

Максимальные концентрации стафилококков также выявлены в птицеводстве, где показатели превышали значения колбасного производства в 6,3 раза, коневодства — в 3 раза и животноводства — в 1,5 раза.

Концентрация энтеробактерий на птицеводческих предприятиях превышала показатели животноводства в 3,8 раза, коневодства — в 8 раз и колбасного производства — почти в 9 раз.

Концентрация грибковой флоры была наибольшей в птицеводстве, превышая показатели коневодства в 5,6 раза и животноводства — в 3,6 раза.

В агропромышленных комплексах, включая животноводство, птицеводство, коневодство и колбасное производство, представлены относительная доля и особенности распределения микроорганизмов в воздухе ***(рисунок)***.

Таблица 2 / Table 2

Показатели микробиологического загрязнения воздуха рабочей зоны предприятий агропромышленного комплекса
Indicators of microbiological air contamination at workplaces in agro-industrial enterprises

Биологический показатель / Biological Indicator	SD	Среднее значение±m (КОЕ/м³) / Mean Value±m (CFU/m³)
Животноводческий комплекс / Livestock Complex		
Грибы (КОЕ/м³) // Fungi (CFU/m³)	24,77707	71,11±2,92
Энтеробактерии (КОЕ/м³) // Enterobacteria (CFU/m³)	39,73665	94,39±4,68
Стафилококки (КОЕ/м³) // Staphylococci (CFU/m³)	132,4822	379,58±15,61
Общее микробное число (КОЕ/м³) // Total Microbial Count (CFU/m³)	430,8344	1864,10±50,77
Предприятия колбасного производства / Sausage Production Enterprises		
Грибы (КОЕ/м³) // Fungi (CFU/m³)	18,28953	47,26±2,16
Энтеробактерии (КОЕ/м³) // Enterobacteria (CFU/m³)	21,32126	39,35±2,51
Стафилококки (КОЕ/м³) // Staphylococci (CFU/m³)	30,62630	90,21±3,61
Общее микробное число (КОЕ/м³) // Total Microbial Count (CFU/m³)	270,9763	1064,33±31,93
Птицеводческий комплекс / Poultry Farming Complex		
Грибы (КОЕ/м³) // Fungi (CFU/m³)	104,9281	259,61±12,37
Энтеробактерии (КОЕ/м³) // Enterobacteria (CFU/m³)	142,6604	360,28±16,81
Стафилококки (КОЕ/м³) // Staphylococci (CFU/m³)	227,1380	570,33±26,77
Общее микробное число (КОЕ/м³) // Total Microbial Count (CFU/m³)	1005,366	4533,99±118,48
Коневодческие хозяйства / Horse-Breeding Farms		
Грибы (КОЕ/м³) // Fungi (CFU/m³)	18,96054	46,07±2,23
Энтеробактерии (КОЕ/м³) // Enterobacteria (CFU/m³)	21,07398	44,50±2,48
Стафилококки (КОЕ/м³) // Staphylococci (CFU/m³)	68,44771	192,15±8,07
Общее микробное число (КОЕ/м³) // Total Microbial Count (CFU/m³)	319,8487	1206,96±37,69

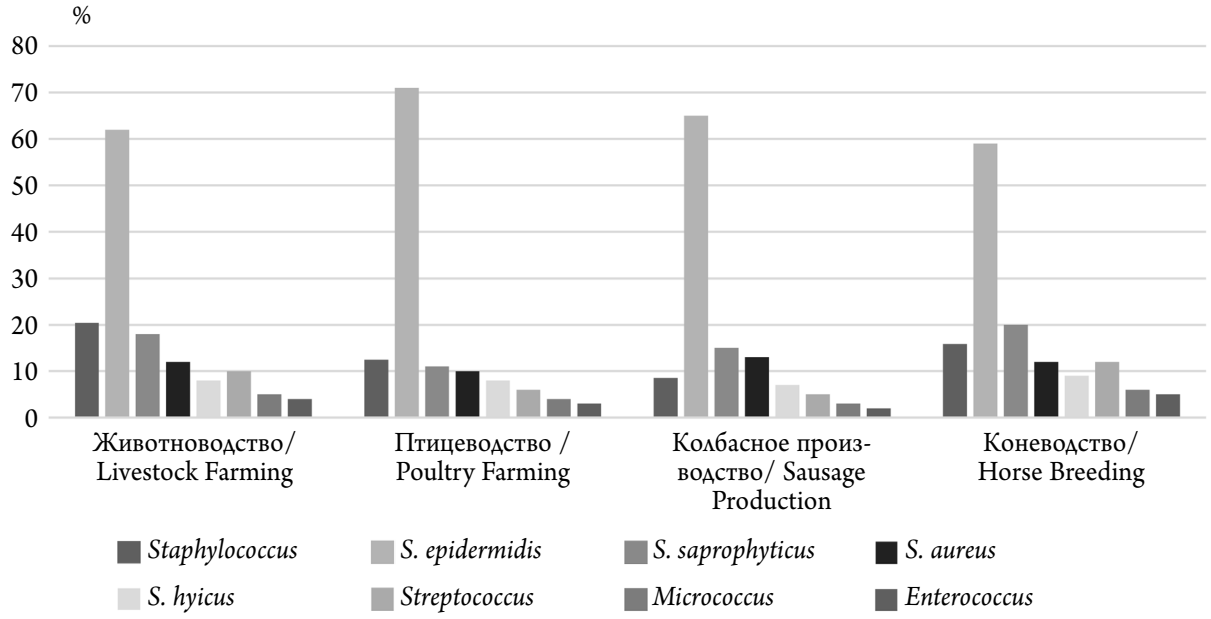


Рисунок. Доля (%) основных микроорганизмов, выявленных в воздушной среде предприятий мясной промышленности
Figure. Proportion (%) of major microorganisms detected in the air environment of meat industry enterprises

Из представленного рисунка видно, что в структуре микроорганизмов, относящихся к семейству *Enterobacteriaceae*, на всех производственных объектах доминировала *Escherichia coli*. В частности, её доля составила 71,2±5,2% на птицеводческих предприятиях, 62,4±4,8% на животноводческих предприятиях, 58,6±4,4% в коневодческих хозяйствах и 54,3±4,1% на предприятиях колбасного производства.

Доля *Klebsiella spp.* составила 14,5±2,4% на птицеводческих предприятиях, 18,3±2,9% в животноводстве, 20,1±3,1% в коневодческих хозяйствах и 21,7±3,3% на предприятиях колбасного производства.

Доля *Enterobacter spp.* составила 8,9±1,9% на птицеводческих предприятиях, 12,6±2,1% в животноводстве, 13,8±2,3% в коневодческих хозяйствах и 15,6±2,5% на предприятиях колбасного производства.

Citrobacter spp. характеризовались наименьшей долей, которая составила 5,4±1,4% на птицеводческих предприятиях, 6,7±1,5% в животноводстве, 7,5±1,6% в коневодческих хозяйствах и 8,4±1,7% на предприятиях колбасного производства.

На основании полученных результатов определены условия труда работников предприятий агропромышленного комплекса ***(табл. 3)***.

Таблица 3 / Table 3

Гигиеническая оценка условий труда работников предприятий агропромышленного комплекса
Hygienic Assessment of Working Conditions of Employees in Agro-Industrial Enterprises

Предприятие (цех) / Enterprise (Department)	Вредные вещества / Harmful Substances	Шум / Noise	Микроклимат / Microclimate	Освещённость / Lighting	Биологический фактор / Biological Factor	Напряжённость труда / Work Intensity	Тяжесть труда / Work Severity	Общая оценка условий труда / Overall Assessment of Working Conditions
Животноводство / Livestock Farming	3.1	3.1	3.1	2	3.2	3.1	3.2	3.2
Птицеводство / Poultry Farming	3.1	3.2	3.1	2	3.3	3.1	3.2	3.3
Коневодство / Horse Breeding	2	2	2	2	3.1	2	3.1	3.1
Производство колбасных изделий / Sausage Production	3.1	3.2	3.1	2	3.1	3.1	3.1	3.2

Таблица 4 / Table 4

Сравнительный анализ уровней иммуноглобулинов в крови работников животноводческих, птицеводческих, коневодческих и колбасных производственных предприятий
Comparative analysis of immunoglobulin levels in the blood of workers employed in livestock, poultry, equine, and sausage production enterprises

Иммуноглобулин / Immunoglobulin	Животноводство / Livestock Farming	Птицеводство / Poultry Farming	Коневодство / Horse Breeding	Колбасное производство / Sausage Production
IgA, g/L	157,05±0,80	173,40±0,85	167,80±1,65	178,20±1,61 ↑
IgM, g/L	2,69±0,52	3,95±0,24 ↑	2,71±0,24	1,86±0,22
IgG, g/L	24,13±0,84	17,02±0,71	22,76±1,77	25,91±1,84 ↑
IgE, g/L	224,69±8,15	306,83±12,71 ↑	289,69±12,38	282,19±10,79

Согласно данным ***таблицы 2,*** наиболее неблагоприятные условия труда отмечались на предприятиях птицеводства (класса условий труда 3.3), где ведущим производственным факторам является биологический.

Оценка иммунологического статуса работников агропромышленных комплексов. В исследовании проведена иммунологическая оценка работников агропромышленных комплексов (n=90). Изучены показатели гуморального звена иммунной системы, включая уровни иммуноглобулинов классов IgA, IgM, IgG и IgE.

Для оценки гуморальной резистентности в сыворотке крови определяли концентрации IgA, IgM, IgG и IgE ***(табл. 4)***.

У работников различных отраслей агропромышленных комплексов выявлены статистически значимые различия показателей иммуноглобулинов (p<0,05).

Наибольший уровень IgA зарегистрирован у работников колбасного производства, превышая показатели животноводства на 13,5%, птицеводства на 2,8% и коневодства на 6,2%.

Максимальные значения IgM отмечены у работников птицеводческих предприятий, где показатели превышали уровень колбасного производства на 112%, а также животноводства и коневодства на 46% и 45% соответственно.

Уровень IgG также был выше у работников колбасного производства, превышая показатели птицеводства на 52%, коневодства на 14% и животноводства на 7%.

Наибольшая концентрация IgE зарегистрирована в птицеводстве, где она превышала показатели животноводства на 36,6%, колбасного производства на 8,7% и коневодства на 5,9%.

В целом выявленные различия в профиле иммуноглобулинов подтверждают, что уровень микробиологических и биологических факторов производственной среды оказывает существенное влияние на гуморальный иммунный ответ работников.

Обсуждение. Результаты исследования показали, что условия труда на агропромышленных предприятиях характеризуются воздействием биологических, физических и химических факторов, тяжести труда, оказывающих значительное влияние на здоровье работников. Наиболее высокая микробиологическая нагрузка выявлена в птицеводстве, что подтверждается максимальными уровнями общего микробного числа, а также концентрациями *Staphylococcus spp., Enterobacteriaceae* и грибковой флоры. Полученные данные согласуются с результатами ранее проведённых исследований [15].

Установлено, что неблагоприятные микроклиматические условия (повышенная температура и влажность воздуха) способствуют увеличению концентрации микроорганизмов в воздухе рабочей зоны.

Важную роль в развитии заболеваний играют химические факторы, которые нарушают барьерную функцию дыхательных путей и усиливают воздействие биоаэрозолей [16, 17].

Комбинированное влияние производственных факторов способствует формированию априорного риска и соответствует современным представлениям о многофакторной природе профессиональных заболеваний [18–20].

Иммунологические изменения отражают адаптацию организма к длительному воздействию производственных факторов. Повышение уровней IgM и IgE у работников птицеводства указывает на активную антигенную и аллергическую реакцию, тогда как увеличение IgA и IgG в других секторах свидетельствует о хронической антигенной стимуляции [21–23].

Практическая значимость исследования заключается в обосновании необходимости гигиенического и иммунологического мониторинга, особенно в птицеводстве и животноводстве. Оптимизация микроклимата, снижение концентрации пыли в воздухе рабочей зоны и совершенствование вентиляции являются ключевыми мерами профилактики.

В современных животноводческих комплексах воздействие факторов производственной среды увеличивает профессиональный риск нарушения здоровья работников агропромышленного комплекса, что требует системного подхода к его оценке и профилактике [24].

Заключение. *Установлена взаимосвязь между уровнем микробиологической нагрузки и изменениями иммуноглобулинов (IgA, IgM, IgG, IgE), что позволяет рассматривать их в качестве ранних маркеров профессионального риска.*

Выявлены отраслевые особенности иммунного ответа: для птицеводства характерно повышение IgM и IgE, тогда как для мясоперерабатывающих предприятий — повышение IgA и IgG.

Комплексный гигиенический и иммунологический мониторинг имеет важное значение для раннего выявления профессиональных рисков и разработке профилактических мер.

Список литературы (пп. 1–17, 19, 20, 23 см. References)

18. Иброхимов К.И. Гигиеническая оценка условий труда и меры по сохранению здоровья работников современных животноводческих комплексов. *Медицина труда и промышленная экология.* 2025; 65(8): 503–509. https://doi.org/10.31089/1026-9428-2025-65-8-503-509 https://elibrary.ru/ewdmwm
21. Бабанов С.А., Будаш Д.С. Состояние гуморального иммунитета при хроническом пылевом бронхите и пневмокониозах от воздействия различных видов фиброгенной пыли. Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. *Медицинские науки.* 2016; 39(3); 23–34. https://doi.org/10.21685/2072-3032-2016-3-3
22. Масягутова Л.М., Бакиров А.Б. Иммунологические показатели у работников различных животноводческих производств. *Гигиена и санитария.* 2019; 98(9): 972–977. https://elibrary.ru/uccncy
24. Иброхимов К.И. Условия труда в современных животноводческих комплексах. *Гигиена и санитария.* 2025; 104(4): 409–414. https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-4-409-414 https://elibrary.ru/hvivda

References

1. Tabibi R., Tarahomi S., Ebrahimi S.M., Valipour A., Ghorbani-Kalkhajeh S., Tajzadeh S., Panahi D., Soltani S., Dzhsupov K.O., Sokooti M. Basic occupational health services for agricultural workers in the south of Iran. *Annals of Global Health.* 2018; 84(3): 465–469. https://doi.org/10.29024/aogh.2312
2. International Labour Organization (ILO). Safety and health at work: Codes of practice. https://clck.ru/3UFYxa (Accessed: September 2017).
3. Mirmohammadi S., Khanjani N., Nazarkhani F., Abediankenari S., Yazdani J., Tilaki R. a. D. The effect of noise and dust exposure on oxidative stress among livestock and poultry feed industry workers. *Toxicology and Industrial Health.* 2020; 36(11): 908–915. https://doi.org/10.1177/0748233720962253
4. Gutema F.D., Agga G.E., Abdi R.D., Jufare A., Duchateau L., De Zutter L., & Gabriël S. Assessment of hygienic practices in beef cattle slaughterhouses and retail shops in Bishoftu, Ethiopia: implications for public health. *International Journal of Environmental Research and Public Health.* 2021b; 18(5): 2729. https://doi.org/10.3390/ijerph18052729
5. Fritschi L., Crewe J., Darcey E., Reid A., Glass D.C., Benke G.P., Driscoll T., Peters S., Si S., Abramson M.J., & Carey R.N. The estimated prevalence of exposure to asthmagens in the Australian workforce, 2014. *BMC Pulmonary Medicine.* 2016; 16(1): 48. https://doi.org/10.1186/s12890-016-0212-6
6. Douglas P., Robertson S., Gay R., Hansell A.L., Gant T.W. A systematic review of the public health risks of bioaerosols from intensive farming. *International Journal of Hygiene and Environmental Health.* 2017; 221(2): 134–173. https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2017.10.019
7. Hartung J., Schulz J. Risks caused by bio-aerosols in poultry houses. In: Thieme O., Pilling D., eds. Poultry in the 21st Century, Avian Influenza and Beyond. Bangkok; FAO: 2007: 477–485. https://clck.ru/3UFZoK
8. Younis F., Salem E., & Salem E. Respiratory health disorders associated with occupational exposure to bioaerosols among workers in poultry breeding farms. *Environmental Science and Pollution Research.* 2020; 27(16): 19869–19876. https://doi.org/10.1007/s11356-020-08485-x
9. Schulze A., van Strien R., Ehrenstein V., Schierl R., Küchenhoff H., Radon K. Ambient endotoxin level in an area with intensive livestock production. *Ann. Agric. Environ. Med.* 2006; 13(1): 87–91. https://clck.ru/3UFZzd
10. Skóra J., Matusiak K., Wojewódzki P., Nowak A., Sulyok M., Ligocka A., Okrasa M., Hermann J., Gutarowska, B. Evaluation of microbiological and chemical contaminants in poultry farms. *International Journal of Environmental Research and Public Health.* 2016; 13(2): 192. https://doi.org/10.3390/ijerph13020192
11. Van Dijk C.E., Garcia-Aymerich J., Carsin A., Smit L.A., Borlée F., Heederik D.J., Donker G.A., Yzermans C.J., Zock J. Risk of exacerbations in COPD and asthma patients living in the neighbourhood of livestock farms: Observational study using longitudinal data. *International Journal of Hygiene and Environmental Health.* 2016; 219(3): 278–287. https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2016.01.002
12. Matuka D.O., Ngajilo D., Baatjies R., Dayal P., Jeebhay M.F., & Singh T.S. Occupational Bioaerosol Exposures Associated with Poultry Farming. *Journal of Agromedicine.* 2023; 28(4): 703–713. https://doi.org/10.1080/1059924x.2023.2206405
13. Mainelis G. Bioaerosol sampling: Classical approaches, advances, and perspectives. *Aerosol Science and Technology.* 2019; 54(5): 496–519. https://doi.org/10.1080/02786826.2019.1671950
14. Bakutis B., Monstviliene E., & Januskeviciene G. Analyses of Airborne Contamination with Bacteria, Endotoxins and Dust in Livestock Barns and Poultry Houses. *Acta Veterinaria Brno.* 2004; 73(2): 283–289. https://doi.org/10.2754/avb200473020283
15. Létourneau V., Nehmé B., Mériaux A., Massé D., Cormier Y., & Duchaine C. Human pathogens and tetracycline-resistant bacteria in bioaerosols of swine confinement buildings and in nasal flora of hog producers. *International Journal of Hygiene and Environmental Health.* 2010; 213(6): 444–449. https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2010.09.008
16. Fahy J.V. Type 2 inflammation in asthma — present in most, absent in many. *Nature Reviews. Immunology.* 2014; 15(1): 57–65. https://doi.org/10.1038/nri3786
17. Liu Y., Feng G., Du Q., Jin X., & Du X. Fine particulate matter aggravates allergic airway inflammation through thymic stromal lymphopoietin activation in mice. *Molecular Medicine Reports.* 2017; 16(4); 4201–4207. https://doi.org/10.3892/mmr.2017.7089
18. Ibrokhimov K.I. Hygienic assessment of working conditions and measures to preserve the health of workers in modern livestock complexes. *Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology.* 2025; 65(8): 503–509. https://doi.org/10.31089/1026-9428-2025-65-8-503-509 https://elibrary.ru/ewdmwm (in Russian).
19. Radon K., Danuser B., Iversen M., Jörres R., Monso E., Opravil U., Weber C., Donham K., & Nowak D. Respiratory symptoms in European animal farmers. *European Respiratory Journal.* 2001b: 17(4): 747–754. https://doi.org/10.1183/09031936.01.17407470
20. Rimac D., Macan J., Varnai V.M., Vučemilo M., Matković K., Prester L., Orct T., Trošić I., Pavičić I. Exposure to poultry dust and health effects in poultry workers: impact of mould and mite allergens. *International Archives of Occupational and Environmental Health.* 2009; 83(1): 9–19. https://doi.org/10.1007/s00420-009-0487-5
21. Babanov S., Budash D. The state of humoral immunity at chronic dust bronchitis and pneumoconioses, caused by various types fibrogenic dust. *University Proceedings Volga Region Medical Sciences.* 2016; 39(3): 23–34. https://doi.org/10.21685/2072-3032-2016-3-3
22. Masyagutova L.M., Bakirov A.B. Immunological indicators in workers of various livestock production sectors. *Hygiene and Sanitation, Russian Journal.* 2019; 98 (9): 972–977. https://elibrary.ru/uccncy
23. Vegosen L., Breysse, P.N., Agnew J., Gray G.C., Nachamkin I., Sheikh K., Kamel F., Silbergeld E. Occupational Exposure to Swine, Poultry, and Cattle and Antibody Biomarkers of Campylobacter jejuni Exposure and Autoimmune Peripheral Neuropathy. *PLoS ONE.* 2015; 10(12): e0143587. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0143587

24. Ibrohimov K.I. Hygienic principles of working conditions in modern livestock complexes. *Hygiene and Sanitation, Russian Journal.* 2025; 104(4): 409–414. https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-4-409-414

Сведения об авторах:

Иброхимов Камол Исроилович — ассист. каф. гигиены, Бухарский государственный медицинский институт, канд. мед. наук.
E-mail: ibrohimov.kamol@bsmi.uz
https://orcid.org/0009-0009-3713-9683

Искандарова Гульноза Тўлқиновна — зав. каф. эпидемиологии Центра повышения квалификации медицинских работников.
E-mail: gulnozaiskandarova598@gmail.com
https://orcid.org/0009-0000-0537-0818

Эрматов Низом Жумақулович — зав. каф. гигиены детей, подростков и питания, Ташкентский государственный медицинский университет, д-р мед. наук, проф.
E-mail: nizom.ermatov1970@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-9964-5962

Абдурахимов Бобиржон — доц. Школы общественного здравоохранения Ташкентского государственного медицинского университета, PhD.
E-mail: bobirjonabdurahimov@mail.ru
https://orcid.org/0009-0007-8889-879X

Насирдинов Мавлонжон — зав. каф. физиологии и фармакологии, Центральноазиатский медицинский университет, PhD.
E-mail: profnasirdinov@gmail.com
https://orcid.org/0009-0007-5957-9861

About the Authors:

Kamol I. Ibrokhimov — Assistant of the Department of Hygiene, Bukhara State Medical Institute, Cand. of Sci. (Med.)
E-mail: ibrohimov.kamol@bsmi.uz
https://orcid.org/0009-0009-3713-9683

Gulnoza T. Iskandarova — Head of the Department of Epidemiology, Center for Advanced Training of Medical Workers
E-mail: gulnozaiskandarova598@gmail.com
https://orcid.org/0009-0000-0537-0818

Nizom J. Ermatov — Head of Department of Hygiene of Children, Adolescents and Nutrition, Tashkent State Medical University, Dr. of Sci. (Med.), Professor.
E-mail: nizom.ermatov1970@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-9964-5962

Bobirjon Abdurakhimov — Associate Professor, School of Public Health, Tashkent State Medical University, PhD
E-mail: bobirjonabdurahimov@mail.ru
https://orcid.org/0009-0007-8889-879X

Mavlonjon Nasirdinov — Head of the Department of Physiology and Pharmacology, Central Asian Medical University, PhD.
E-mail: profnasirdinov@gmail.com
https://orcid.org/0009-0007-5957-9861