

Маклакова О.А.^{1,2}, Валина С.Л.¹, Штина И.Е.¹

Состояние противoinфекционной защиты у детей с аллергическим ринитом в условиях аэрогенного воздействия техногенных химических веществ

¹ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, 614045, Пермь, Россия;

²ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», 614990, Пермь, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. В настоящее время отмечается неуклонный рост заболеваемости детей аллергическим ринитом, в основе развития которого лежат разнообразные факторы.

Материалы и методы. Обследованы 148 детей 6–16 лет с аллергическим ринитом, проживающие на территории с наличием в атмосферном воздухе бензола, формальдегида, марганца, хрома на уровне 1–4,8 ПДК_{с.г.} (группа наблюдения) и на территории сравнения, где концентрации исследуемых веществ были ниже в 3,4 раза. Выполнены клинические, лабораторные обследования, в том числе биохимическое исследование крови.

Результаты. В условиях техногенного аэрогенного воздействия у детей с аллергическим ринитом отмечалась контаминация биосред бензолом, формальдегидом, марганцем, хромом в концентрациях, превышающих показатели группы сравнения до 1,8 раза. У 41,1–43,1% детей группы наблюдения отмечены частый насморк, затруднение носового дыхания, утренний кашель в осенне-зимнее время, у 2/3 – выраженные аллергические проявления при контакте с аллергеном. У 21,9% экспонированных детей регистрировался моноцитоз, в 17,6% случаев – увеличение продукции интерлейкина-4 и IgG, при этом вероятность повышения последнего была в 3,8 больше относительно группы сравнения. У детей группы наблюдения выявлена повышенная выработка аллерген-специфических IgE-антител к *Staphylococcus aureus* и *Candida albicans* и сенсибилизация к миксту плесневых грибов. В условиях техногенного аэрогенного воздействия у каждого второго ребёнка регистрировался повышенный уровень IgG-антител к вирусу простого герпеса 1-го и 2-го типов.

Ограничения исследования. Обследованы дети в возрасте 6–16 лет.

Заключение. У детей с аллергическим ринитом, проживающих в условиях аэрогенного воздействия техногенных химических веществ, в связи с развитием инфекционно-воспалительных реакций на уровне верхних дыхательных путей повышается восприимчивость к инфекционным агентам, характеризующаяся активацией антителообразования к бактериальным, грибковым аллергенам и персистирующей герпесвирусной инфекции, и отмечаются более частые обострения болезней в выраженной клинической манифестацией.

Ключевые слова: дети; аллергический ринит; герпетическая инфекция; сенсибилизация к бактериальным и грибковым аллергенам; техногенные химические вещества

Соблюдение этических стандартов. Клиническое обследование было одобрено Этическим комитетом Федерального бюджетного учреждения науки «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» (протокол № 2, 2021 г.) и соответствовало этическим принципам Хельсинкской декларации (с измен. и доп. 2008 г.), Национальному стандарту РФ ГОСТ Р 52379–2005 «Надлежащая клиническая практика» (ICH E6 GCP). Все участники и их законные представители дали информированное добровольное письменное согласие на участие в исследовании.

Для цитирования: Маклакова О.А., Валина С.Л., Штина И.Е. Состояние противoinфекционной защиты у детей с аллергическим ринитом в условиях аэрогенного воздействия техногенных химических веществ. *Гигиена и санитария*. 2025; 104(9): 1165–1171. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-9-1165-1171> <https://elibrary.ru/elhvutn>

Для корреспонденции: Маклакова Ольга Анатольевна, e-mail: olga_mcl@fcrisk.ru

Участие авторов: Маклакова О.А. – концепция, дизайн исследования, написание текста; Валина С.Л. – дизайн исследования, редактирование; Штина И.Е. – сбор материала и обработка данных. Все соавторы – утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех её частей.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование не имело финансовой поддержки.

Поступила: 25.07.2025 / Поступила после доработки: 25.08.2025 / Принята к печати: 19.09.2025 / Опубликовано: 20.10.2025

Olga A. Maklakova^{1,2}, Svetlana L. Valina¹, Irina E. Shtina¹

The state of anti-infection protection in children with allergic rhinitis in conditions of the aerogenic exposure to technogenic chemicals

¹Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, 614045, Russian Federation;

²Perm State National Research University, Perm, 614990, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. At present, incidence of allergic rhinitis is growing steadily among children; the disease is caused by diverse factors.

Materials and methods. We examined one hundred forty eight children aged of 6–16 years, suffered from allergic rhinitis. They lived in an area where in ambient air benzene, formaldehyde, manganese, and chromium were detected in concentrations equal to 1.0–4.8 average annual MPC (the observation group) or in a reference area where the level of the analyzed chemicals were up to 3.4 times lower. The children underwent clinical examination, laboratory tests, and chemical-analytic tests of biological media (blood).

Results. Upon exposure to airborne technogenic chemicals, children with allergic rhinitis had chemical contamination of their biological media with benzene, formaldehyde, manganese, and chromium in levels up to 1.8 times higher than the same indices in the reference group. Frequent rhinitis, stuffed nose and morning cough in autumn and winter were established in 41.1–43.1% of the children in the observation group; 2/3 had pronounced allergic manifestations upon contacts with an allergen. Monocytosis was found in 21.9% of the exposed children; interleukin-4 and IgG production was elevated in 17.6% of the cases, with likelihood of the

latter being 3.8 times higher against the reference group. The children from the observation group were also found to have elevated production of allergen-specific IgE antibodies to *Staphylococcus aureus* and *Candida albicans* and sensitization to mold fungi mixtures. Upon exposure to airborne technogenic chemicals, each second child had elevated levels of IgG antibodies to simplex herpes virus, type 1 and 2.

Limitations. Children aged 6–16 years were examined.

Conclusion. Children with allergic rhinitis who live under exposure to airborne technogenic chemicals become more susceptible to infectious agents due to developing infection-inflammatory responses in the upper airways. This elevated susceptibility involves activated production of antibodies to bacterial and fungi allergens and persistent herpesvirus infection as well as more frequent exacerbations of the diseases with pronounced clinical manifestations.

Keywords: children; allergic rhinitis; herpesvirus infection; sensitization to bacterial and fungi allergens; technogenic chemicals

Compliance with ethical standards. The clinical examination was approved by the Ethics Committee of the Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies (the Meeting Report No. 2, 2021) and was accomplished in conformity with the WMA Declaration of Helsinki (amended and supplemented as of 2008), the RF National Standard GOST-R 52379-2005 Good Clinical Practice (ICH E6 GCP). All participants and their legal representatives gave informed voluntary written consent to participate in the study.

For citation: Maklakova O.A., Valina S.L., Shtina I.E. The state of anti-infection protection in children with allergic rhinitis in conditions of the aerogenic exposure to technogenic chemicals. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian journal*. 2025; 104(9): 1165–1171. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-9-1165-1171> <https://elibrary.ru/ehvutn> (In Russ.)

For correspondence: Olga A. Maklakova, e-mail: olga_mcl@fcrisk.ru

Contributions: Maklakova O.A. — study concept and design, writing the text; Valina S.L. — study design and editing the text; Shtina I.E. — data collection and analysis. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Funding. The study had no sponsorship.

Received: July 25, 2025 / Revised: August 25, 2025 / Accepted: September 19, 2025 / Published: October 20, 2025

Введение

С начала XXI века уровень аллергизации населения планеты неуклонно растёт, что обусловлено загрязнением воздуха промышленными токсикантами, повышением содержания в нём пылицы, увеличением популяции плесневых грибов, потреблением новых продуктов питания и другими факторами. Согласно данным экспертов Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), каждый пятый житель в мире страдает аллергической патологией, преимущественно встречаются поллиноз, пищевая аллергия, бронхиальная астма, атопический дерматит [1–4]. Статистические показатели Российской Федерации за последние десять лет свидетельствуют о росте распространённости аллергического ринита, в том числе среди детей 0–14 лет, в 2023 г. зарегистрировано 558 случаев этой нозологии на 100 тыс. детского населения [5]. Повышенная заболеваемость аллергической патологией встречается на территориях химического аэрогенного загрязнения объектов окружающей среды [6–8].

Техногенные химические соединения, попадая в носовую полость, приводят к генетическим нарушениям эпителиоцитов, изменению мукоцилиарного транспорта, механизмов неспецифической и специфической защиты слизистых оболочек дыхательных путей, в результате создаются условия для роста условно патогенных и патогенных микроорганизмов [9–12]. Характер инфицирования слизистой полости носа и носоглотки определяет особенности иммунного ответа, способствует формированию хронического воспаления, которое может сопровождаться аллергическими реакциями на антигены условно патогенной микрофлоры [13, 14].

Развитию хронического аллергического воспаления слизистой оболочки носовой полости способствуют не только химические аэрополлютанты, но и инфекционные агенты, являющиеся природными аллергенами [15–17]. Значительная роль в патогенезе респираторной аллергической патологии в настоящее время отводится микогенной сенситизации. Плесневые грибы присутствуют во внутренней среде помещений и являются потенциальными патогенами для человека. Микромицеты, взаимодействуя с различными аэрополлютантами, могут усиливать развитие иммунопатологических реакций, приводя к частым острым респираторным болезням, обострению аллергий [16, 18–20].

Герпетическая инфекция, имеющая широкую распространённость среди детского населения, всё чаще оказывает влияние на манифестацию и течение аллергических болезней. Герпесвирусы, латентно персистирующие в организме,

приводят к нарушениям клеточных и гуморальных механизмов иммунного ответа, развитию вторичного иммунодефицита и поддержанию IgE-опосредованного иммунного воспаления [12, 21, 22].

Таким образом, в настоящее время актуально изучение ассоциированных факторов, влияющих на развитие и прогрессирование аллергического ринита у детей, что позволит в дальнейшем расширить диагностические критерии и разработать современные патогенетические подходы к лечению данной патологии.

Цель исследования — определить состояние противоинфекционной защиты у детей с аллергическим ринитом в условиях аэрогенного воздействия техногенных химических веществ.

Материалы и методы

Для изучения противоинфекционного иммунитета у детей с аллергическим ринитом была сформирована группа наблюдения (91 ребёнок, 54,9% мальчиков и 45,1% девочек, средний возраст 10 лет). Дети проживали на территории промышленного центра Пермского края, где в атмосферном воздухе присутствовали бензол, хром в концентрациях, не превышающих максимальные разовые, при этом среднегодовые предельно допустимые составляли 1 ПДК_{с.г.}, содержание формальдегида и марганца было в 1,7–4,8 раза выше референтных концентраций при хроническом ингаляционном воздействии (RfC_{хр.}) — 1,7–4,8 ПДК_{с.г.}. В группу сравнения были включены 57 детей с аллергическим ринитом (50,9% мальчиков и 49,1% девочек, средний возраст 10 лет), проживающих на территории, в атмосферном воздухе которого среднегодовые концентрации бензола, формальдегида, марганца, хрома были ниже, чем на территории наблюдения, до 3,4 раза ($p < 0,05$). Исследуемые группы были сопоставимы по половозрастному составу ($p = 0,15–0,63$). Критерием исключения из обследования служило наличие острых респираторных вирусных инфекций, врождённой патологии, проживание в асоциальной семье и отсутствие добровольного информированного согласия законного представителя ребёнка на медицинское вмешательство.

Клиническое обследование детей было одобрено Этическим комитетом ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» (протокол № 2, 2021 г.) и соответствовало этическим принципам Хельсинкской декларации (с измен. и доп. 2008 г.), Национальному стандарту РФ ГОСТ Р 52379–2005 «Надлежащая клиническая практика» (ICH E6 GCP).

В перечень исследований входили медико-социальное анкетирование, осмотр врачей-специалистов (педиатра, ЛОР-врача, аллерголога-иммунолога) с анализом данных медицинской формы № 026/у-2000, клинико-лабораторная диагностика (общеклинический анализ крови, иммунологические исследования, включающие изучение фагоцитоза по методу В.Н. Каплина, иммунофенотипирование лимфоцитов (основные субпопуляции по CD-антигенам) методом проточной цитометрии, иммуноферментный анализ крови, полимеразную цепную реакцию соскобов эпителиальных клеток ротоглотки для выявления ДНК вируса Эпштейна — Барр, простого герпеса 6-го типа, цитомегаловируса), химико-аналитическое исследование биосред (крови). Оценка полученных показателей клинико-лабораторной диагностики, выполненной по стандартным методикам, проводилась по возрастным физиологическим нормативам. Химико-аналитическое исследование крови на содержание исследуемых химических веществ (бензола, формальдегида, марганца, хрома) осуществлялась согласно действующим методическим указаниям^{1,2,3}. Критерием оценки содержания в крови изучаемых химических соединений служили фоновые уровни этих веществ в крови детей, проживающих на экологически благополучных территориях Пермского края.

Статистическая обработка полученных данных выполнена при помощи программы Statistica 10.0. Характер распределения количественных данных оценивали по критерию Колмогорова — Смирнова. Для выявления статистических различий использовали критерий Манна — Уитни. Результаты работы описаны в виде *Me* [МКИ], где *Me* — медиана, МКИ — межквартильный интервал между 25%-м и 75%-м процентиллями. Степень связи между признаками оценивали по коэффициенту детерминации (R^2) при проведении однофакторного дисперсионного анализа, отношению вероятности наступления исхода (*OR*) при действии изучаемого фактора. Критическим уровнем значимости считали $p < 0,05$.

Результаты

Химико-аналитическое исследование биосред (крови) показало, что в крови детей группы наблюдения присутствовал бензол в концентрации 0,0015 [0,00; 0,022] мкг/см³ (в группе сравнения 0,00 [0,00; 0,016] мкг/см³; $p = 0,006$), при этом частота встречаемости таких проб в 1,9 раза превышала показатель группы сравнения (61,2% против 32,6%; $p = 0,002$). У детей, проживающих в условиях аэрогенного воздействия техногенных химических факторов, содержание формальдегида в крови (0,037 [0,026; 0,047] мкг/см³) превышало фоновый уровень в 4,9 раза ($p = 0,001$) и показатель группы сравнения в 1,3 раза (0,028 [0,022; 0,038] мкг/см³; $p = 0,01$). Среднегрупповое содержание марганца и хрома в крови обследованных детей находилось в диапазоне фоновых уровней и значимо не различалось между сравниваемыми группами ($p = 0,45–0,79$), однако в группе наблюдения количество проб с повышенной концентрацией марганца, хрома в крови было в 1,7–1,8 раза больше (36,7 и 16,7% соответственно), чем в группе сравнения (21,4 и 8,9% соответственно; $p = 0,05–0,18$).

Анализ течения болезни показал, что у детей группы наблюдения в 1,7 раза чаще отмечались затруднение носового дыхания, частый насморк (41,1% против 24,3% в группе сравнения; $p = 0,05$), в 1,5 раза чаще наблюдались выраженные аллергические проявления в виде чихания, зуда в носу и ринореи при контакте с аллергеном (62,7% против 40,5%

в группе сравнения; $p = 0,039$). Кроме того, 43,1% пациентов беспокоил кашель по утрам в осенне-зимнее время года (27,8% в группе сравнения; $p = 0,06$). Частые респираторные вирусные инфекции (более четырёх раз в год) регистрировались у 40,2–41,3% обследованных детей, однако только в группе наблюдения у трёх детей (7,3%) длительность болезни составила более двух недель.

Оценка клеточных факторов неспецифической защиты показала (см. таблицу), что у детей группы наблюдения среднее содержание моноцитов в крови было выше относительно уровня группы сравнения ($p = 0,021$), а моноцитоз регистрировался в 1,8 раза чаще (21,9% против 10,5% в группе сравнения; $p = 0,07$). В изученных группах средние показатели фагоцитоза достигали верхних границ нормы и не имели значимых межгрупповых различий ($p = 0,46–0,74$). Между тем в группе наблюдения у каждого второго ребёнка отмечался повышенный уровень фагоцитарной активности лейкоцитов, у каждого третьего — увеличение фагоцитарного числа, в 21,98% случаев — увеличения процента фагоцитирующих клеток, что было в 1,4–1,8 раза чаще группы сравнения (38,6; 12,3 и 22,8% соответственно в группе сравнения; $p = 0,095–0,23$). Установлена зависимость повышения фагоцитарного числа при увеличении концентрации в крови формальдегида, марганца и хрома ($R^2 = 0,305–0,604$; $56,87 \leq F \leq 202,37$; $p = 0,0001$).

Оценка основных популяций лимфоцитов у обследованных детей сравниваемых групп не выявила значимых различий ($p = 0,08–0,88$), однако в группе наблюдения отмечалась тенденция к увеличению относительного числа CD16⁺56⁺-лимфоцитов ($p = 0,08$) (см. таблицу). Установлена зависимость повышения относительного содержания CD16⁺56⁺-клеток при увеличении концентрации в крови бензола и формальдегида ($R^2 = 0,576–0,766$; $9,50 \leq F \leq 72,03$; $p = 0,015–0,0001$).

Средние показатели гуморального ответа у детей сравниваемых групп не имели значимых различий ($p = 0,12–0,33$) (см. таблицу), однако у детей группы наблюдения в 3,3 раза чаще регистрировалось повышенное содержание в крови IgG (17,6% против 5,3% в группе сравнения; $p = 0,03$), а вероятность повышения этого показателя была в 3,8 раза больше ($OR = 3,84$; 95% CI: 1,066–13,836; $p = 0,039$).

Содержание медиаторов межклеточной регуляции (интерлейкин-4, интерлейкин-6, интерлейкин-10, интерферон-гамма) у детей группы наблюдения превышало в 1,3–2,4 раза показатели группы сравнения ($p = 0,035–0,0001$) (см. таблицу). Отмечено, что только в группе наблюдения у 17,6% детей встречались повышенные уровни интерлейкина-4, являющегося фактором роста В-клеток и активатором синтеза IgE. Установлена причинно-следственная связь вероятности повышения содержания интерлейкина-4 при увеличении концентрации в крови бензола, формальдегида и хрома ($R^2 = 0,235–0,797$; $15,712 \leq F \leq 385,12$; $p = 0,00031–0,0001$).

Среднегрупповой уровень общего IgE у обследованных детей соответствовал нормативным значениям, при этом был в 1,9 раза выше, чем в группе сравнения ($p = 0,084$) (см. таблицу). Практически у каждого второго ребёнка группы наблюдения регистрировался повышенный уровень общего IgE, среднее значение которого превышало показатель группы сравнения и составило 240,47 [165,83; 402,64] МЕ/см³ (против 200,82 [137,93; 393,49] МЕ/см³; $p = 0,38$). Получена причинно-следственная связь повышения уровня общего IgE при увеличении содержания в крови формальдегида ($R^2 = 0,246$; $F = 42,68$; $p = 0,0001$).

Оценка уровня специфических антител к изучаемым химическим веществам (см. таблицу) показала, что у детей группы наблюдения среднее содержание специфических IgG к бензолу было в 1,6 раза выше, специфических IgE к марганцу — в 3,8 раза выше группы сравнения ($p = 0,013–0,0001$), а уровень специфических IgG к формальдегиду в группах значимо не различался ($p = 0,343$).

В условиях аэрогенного воздействия техногенных химических веществ у детей с аллергическим ринитом наблюдалась

¹ МУК 4.1.765–99 «Газохроматографический метод количественного определения ароматических углеводородов (бензол, толуол, этилбензол, о-, м-, п-ксилол) в биосредах (кровь)».

² МУК 4.1.2111–06 «Измерение массовой концентрации формальдегида, ацетальдегида, пропионового альдегида, масляного альдегида и ацетона в пробах крови методом высокоэффективной жидкостной хроматографии».

³ МУК 4.1.3230–14 «Измерение массовых концентраций химических элементов в биосредах (кровь, моча) методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой».

Иммунологические показатели у детей в изученных группах, *Me* [25; 75]Immunological indices in children in the studied groups, *Me* [25; 75]

Показатель Index	Группа наблюдения Observation group	Группа сравнения Comparison group	Достоверность различий между группами Validity of inter-group differences <i>p</i>
Моноциты, % Monocytes, %	7.0 [6.0; 8.3]	6.0 [5.0; 7.0]	0.021
Абсолютный фагоцитоз, 10 ⁹ /дм ³ Absolute phagocytosis, 10 ⁹ /дм ³	2.03 [1.53; 2.60]	1.90 [1.57; 2.21]	0.69
Процент фагоцитоза, % The percentage of phagocytosis, %	53.0 [46.0; 59.0]	52.0 [47.0; 57.0]	0.52
Фагоцитарное число, усл. ед. Phagocytic number, с. у.	1.07 [0.83; 1.23]	1.05 [0.84; 1.21]	0.74
Фагоцитарный индекс, усл. ед. Phagocytar index, с. у.	1.96 [1.73; 2.10]	1.99 [1.81; 2.19]	0.46
IgG, г/дм ³ g/dm ³	11.5 [9.5; 14.11]	11.05 [9.22; 13.48]	0.33
IgM, г/дм ³ g/dm ³	1.18 [1.02; 1.44]	1.25 [1.08; 1.46]	0.16
IgA, г/дм ³ g/dm ³	1.7 [1.26; 2.13]	1.48 [1.15; 2.12]	0.12
CD16 ⁺ 56 ⁺ -лимфоциты, 10 ⁹ /дм ³ CD16 ⁺ 56 ⁺ -lymphocytes, 10 ⁹ /дм ³	0.34 [0.21; 0.53]	0.28 [0.19; 0.47]	0.17
CD16 ⁺ 56 ⁺ -лимфоциты, % CD16 ⁺ 56 ⁺ -lymphocytes, %	13.5 [9.0; 18.0]	12.0 [9.0; 18.0]	0.08
Интерлейкин-4, пг/см ³ Interleukin-4, pg/cm ³	3.05 [2.12; 3.75]	1.63 [1.09; 2.48]	0.0004
Интерлейкин-6, пг/см ³ Interleukin-6, pg/cm ³	1.58 [1.08; 2.74]	0.66 [0.54; 1.02]	0.0001
Интерлейкин-10, пг/см ³ Interleukin-10, pg/cm ³	3.89 [1.45; 8.5]	1.60 [0.82; 2.70]	0.009
Интерферон-гамма, пг/см ³ Interferon-gamma, pg/cm ³	1.91 [1.43; 2.86]	1.43 [0.95; 1.91]	0.035
IgE общий, МЕ/см ³ IgE total (serum), МЕ/см ³	63.89 [28.62; 219.32]	127.11 [39.44; 323.72]	0.084
IgE к <i>Streptococcus pyogenes</i> , МЕ/л IgE to <i>Streptococcus pyogenes</i> , МЕ/L	5.0 [0.0; 12.5]	0.0 [0.0; 5.0]	0.0001
IgE к <i>Staphylococcus aureus</i> , МЕ/л IgE to <i>Staphylococcus aureus</i> , МЕ/L	20.0 [10.0; 20.0]	10.0 [5.0; 15.0]	0.009
IgE к микст плесневых грибов, МЕ/л IgE to mold fungi mixt, МЕ/L	22.5 [15.0; 40.0]	5.0 [0.0; 10.0]	0.0001
IgE к <i>Candida albicans</i> , МЕ/л IgE to <i>Candida albicans</i> , МЕ/L	22.5 [10.0; 45.0]	5.0 [5.0; 20.0]	0.0006
IgG антитела к вирусу Эпштейна — Барр, усл. ед. IgG antibodies to the Epstein — Barr virus, с. у.	78.48 [17.22; 109.06]	85.5 [5.14; 142.78]	0.42
IgG антитела к цитомегаловирусу, усл. ед. IgG antibodies to cytomegalovirus, с. у.	2.54 [1.31; 3.85]	2.65 [1.21; 4.68]	0.62
IgG антитела к вирусу простого герпеса 1-го, 2-го типов, усл. ед. IgG antibodies to the herpes simplex 1, 2, с. у.	2.27 [0.47; 5.53]	0.59 [0.25; 5.13]	0.034
IgE к марганцу, МЕ/см ³ IgE to manganese, МЕ/см ³	0.19 [0.65; 0.31]	0.12 [0.09; 0.15]	0.013
IgE к формальдегиду, МЕ/см ³ IgE to formaldehyde, МЕ/см ³	0.13 [0.06; 0.29]	0.12 [0.08; 0.16]	0.343
IgG к бензолу, усл. ед. IgG to benzene, с. у.	0.38 [0.14; 0.72]	0.10 [0.07; 0.14]	0.0001

повышенная выработка антител IgE к бактериальным и грибковым аллергенам ($p = 0,009–0,0001$) (см. таблицу). Отмечено, что в единичных случаях только у детей группы наблюдения встречалось повышение аллергизации к *Staphylococcus aureus* и *Candida albicans*, а 16,2% случаев у них регистрировалась сенсibilизация к миксту плесневых грибов, что было в 2,5 раза чаще группы сравнения (6,4%; $p = 0,14$). Установлена прямая причинно-следственная связь между содержанием специфических IgE к миксту плесневых грибов, *Candida albicans* и количеством моноцитов в крови ($R^2 = 0,246–0,398$; $64,92 \leq F \leq 78,46$; $p = 0,0001$).

Оценка вирусной нагрузки в соскобах эпителиальных клеток ротоглотки показала, что у 43,7% детей группы наблюдения выявлялся вирус простого герпеса 6-го типа, у 33,3% — вирус Эпштейна — Барр, что было в 1,2 раза чаще группы сравнения (37,5 и 26,8% соответственно; $p = 0,41–0,46$). Цитомегаловирус определялся в обеих группах в единичных случаях. При исследовании гуморального ответа на герпесвирусную инфекцию у 75,5–85,1% обследованных детей установлено высокое содержание в крови IgG-антител к вирусу Эпштейна — Барр и цитомегаловирусу ($p = 0,34–0,62$). Среднегрупповой уровень IgG-антител к вирусу простого герпеса 1-го и 2-го типов в группе наблюдения был в 3,8 раза выше группы сравнения ($p = 0,034$) (см. таблицу),

при этом повышенный показатель встречался у каждого второго ребёнка группы наблюдения (54,2 и 44,2% в группе сравнения; $p = 0,34$).

Обсуждение

Попадая в организм с атмосферным воздухом, токсиканты влияют на иммунологическую регуляцию и создают предпосылки для развития иммунопатологических реакций [7, 23, 24]. В ряде исследований показано, что металлы и формальдегид приводят к нарушению клеточного иммунитета, баланса цитокинов провоспалительного действия, повышению специфической сенсibilизации [23–26]. Кроме того, техногенные химические вещества интенсифицируют процессы свободнорадикального окисления, снижают антиоксидантную защиту, способствуя поддержанию хронического воспаления в эпителии верхних дыхательных путей [26, 27]. По результатам проведённого исследования установлено, что в условиях аэрогенного воздействия бензола, формальдегида и металлов у детей с аллергическим ринитом происходит активация неспецифической иммунологической реактивности и гуморального иммунитета.

В основе патогенеза аллергического ринита лежит формирование аллерген-специфической гиперчувствительно-

сти слизистой оболочки носа, что связано с повышенной выработкой тучными клетками медиаторов воспаления, а В-лимфоцитами — специфических IgE. Развитие аллергического воспаления сопровождается активацией Т-хелперов и продукцией ими медиаторов межклеточной регуляции (интерлейкина-4, интерлейкина-6, интерлейкина-10, интерферона-гамма) [17, 28–30]. Согласно нашим данным, в условиях аэрогенного воздействия техногенных химических веществ отмечается повышенное образование интерлейкина-4, индуцирующего IgE-образование.

Широкая распространённость аллергического ринита у детей связана с сенсibilизацией к бытовым, бактериальным, грибковым и эпидермальным аллергенам [15–18, 20, 31]. Плесневые грибы, взаимодействуя с загрязнителями воздуха, могут модифицировать молекулы белков аллергена, способствуя усилению IgE-опосредованного иммунного ответа [16, 19, 32], что подтверждается результатами проведённого нами исследования. Установлено, что у контаминированных детей с аллергическим ринитом отмечается повышение восприимчивости к миксту плесневых грибов, *Candida albicans* и патогенным бактериям (*Staphylococcus aureus*).

В ряде исследований показано, что герпесвирусы могут не только являться триггерами аллергического воспаления, но и выступать в роли причинно-значимого аллергена [21, 22, 33]. Известно, что общность клеточных и гуморальных механизмов в развитии аллергической патологии и герпесвирусной инфекции может приводить к усилению хронической воспалительной реакции и, как следствие, способствовать появлению осложнений и частых рецидивов болезни [21, 22, 34, 35]. В результате проведённого исследования выявлена высокая инфицированность герпесвирусами детей с аллергическим ринитом, что подтверждает данные о вы-

сокой распространённости персистирующей герпетической инфекции в детской популяции [21, 22].

В условиях негативного воздействия аэрогенных факторов окружающей среды у детей с аллергическим ринитом происходит развитие неспецифических воспалительных реакций в слизистой оболочке верхних дыхательных путей, повышается восприимчивость к инфекционным агентам, что может способствовать прогрессированию болезни и ухудшать качество жизни пациентов.

Ограничение исследования. В исследование включены дети с аллергическим ринитом в возрасте 6–16 лет.

Заключение

Таким образом, у детей с аллергическим ринитом, проживающих на территории с аэрогенным воздействием бензола, формальдегида, марганца и хрома на уровне 1–4,8 ПДК_{г.г.}, отмечается активация клеточного, гуморального иммунитета и усиление продукции медиаторов межклеточной регуляции. Изменения адаптивного иммунного ответа у контаминированных детей с аллергическим ринитом способствуют повышенной восприимчивости к инфекционным агентам. Этот процесс характеризуется усилением антителообразования к бактериальным, грибковым аллергенам и персистирующей герпесвирусной инфекции и обострениями болезней, более выраженными клиническими симптомами. Выявленные изменения иммунного реагирования у детей могут быть использованы для диагностики аллергического ринита, ассоциированного с негативным влиянием химических веществ, при разработке и проведении лечебно-диагностических мероприятий для минимизации риска развития и прогрессирования болезней в условиях негативного аэрогенного воздействия химических факторов.

Литература

- Кузьмичева К.П., Малинина Е.И., Рычкова О.А. Современный взгляд на проблему распространенности аллергических заболеваний у детей. *Аллергология и иммунология в педиатрии*. 2021; (2): 4–10. <https://doi.org/10.24412/2500-1175-2021-2-4-10> <https://elibrary.ru/aarqrq>
- Licari A., Magri P., De Silvestri A., Giannetti A., Indolfi C., Mori F., et al. Epidemiology of allergic rhinitis in children: a systematic review and meta-analysis. *J. Allergy Clin. Immunol. Pract.* 2023; 11(8): 2547–56. <https://doi.org/10.1016/j.jaip.2023.05.016>
- Хоха Р.Н. Эпидемиологический анализ многолетней возрастной динамики аллергических болезней у детей. *Российский педиатрический журнал*. 2024; 27(S3): 38. <https://elibrary.ru/zhnfre>
- ВОЗ. Информационный бюллетень; 2024. Астма. Доступно: <https://who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/asthma>
- Деев И.А., Кобякова О.С., Стародубов В.И., Александрова Г.А., Голубев Н.А., Оськов Ю.И. и др. Общая заболеваемость детского населения России (0–14 лет) в 2023 году: статистические материалы. М.; 2023. <https://elibrary.ru/ahtnam>
- Pavón-Romero G.F., Calderón-Ezquerro MD.C., Rodríguez-Cervantes M.A., Fernández-Villanueva D., Melgoza-Ruiz E., Ramírez-Jiménez F., et al. Association of allergic sensitivity and pollination in allergic respiratory disease: the role of pollution. *J. Asthma Allergy*. 2022; 15: 1227–43. <https://doi.org/10.2147/JAA.S373307>
- Мажаева Т.В., Дубенко С.Э., Штин Т.Н., Ярушин С.В., Чеботарькова С.А. Признаки фенотипических изменений у детей, проживающих в условиях химического загрязнения окружающей среды. *Здоровье населения и среда обитания — ЗНУСО*. 2022; 30(9): 77–83. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-9-77-83> <https://elibrary.ru/bhlyoq>
- Чанчаева Е.А., Гвоздарева О.В., Гвоздарев А.Ю. Состояние атмосферного воздуха и здоровье детей в условиях возрастающей транспортной и теплоэнергетической нагрузки. *Экология человека*. 2019; (11): 12–9. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2019-11-12-19> <https://elibrary.ru/dvolhf>
- Ладнова Г.Г., Истомин А.В., Курочичкая М.Г., Силотина В.В. Цитогенетические показатели буккального эпителия школьников, проживающих на территориях с разным уровнем загрязнения атмосферного воздуха. *Гигиена и санитария*. 2016; 95(5): 428–31. <https://elibrary.ru/wbozbl>
- Исаченко В.С., Мельник А.М., Ильясов Д.М., Овчинников В.Ю., Минаева Л.В. Мукоцилиарный клиренс полости носа. Некоторые вопросы физиологии и патофизиологии. *Таверский медико-биологический вестник*. 2017; 20(3–3): 219–26. <https://elibrary.ru/zgvgvp>
- Biesbroek G., Tsiotsivadze E., Sanders E.A., Montijn R., Veenhoven R.H., Keijser B.J. Early respiratory microbiota composition determines bacterial succession patterns and respiratory health in children. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 2014; 190(11): 1283–92. <https://doi.org/10.1164/rccm.201407-12400c>
- Устинова О.Ю., Зайцева Н.В., Маклакова О.А., Валина С.Л. Распространённость у детей заболеваний органов дыхания, сопряжённых с герпетической инфекцией, в условиях аэротехногенного воздействия химических веществ. *Здравоохранение Российской Федерации*. 2022; 66(6): 505–12. <https://doi.org/10.47470/0044-197X-2022-66-6-505-512> <https://elibrary.ru/jotpqe>
- Шабалдин А.В., Шабалдина Е.В., Симбирцев А.С. Особенности микробиомы верхних отделов респираторного тракта у детей с рецидивирующими респираторными заболеваниями. *Инфекция и иммунитет*. 2017; 7(4): 341–9. <https://doi.org/10.15789/2220-7619-2017-4-341-349> <https://elibrary.ru/ynsrg>
- Сайченко И.А., Алиджанова Ф.П., Зюзина Д.В., Дюкова М.А., Байбурдя Д.Г., Раевский К.П. Особенности микробиоты полости носа у пациентов с аллергическим ринитом. *Consilium Medicum*. 2024; 26(9): 557–61. <https://doi.org/10.26442/20751753.2024.9.202675>
- Мазоха К.С., Манжос М.В., Макова Е.В., Зацепин А.С., Асеева Е.В. Клинико-аллергологическая характеристика пациентов с сочетанной пылевой и грибковой сенсibilизацией. *Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки*. 2021; (2): 27–34. <https://doi.org/10.21685/2072-3032-2021-2-3> <https://elibrary.ru/jfkssg>
- Варламов Е.Е., Пампура А.Н., Асманов А.И. Значение аллергенов плесневых грибов в развитии аллергических заболеваний полости носа: подходы к диагностике, терапии и профилактике. *Педиатрия. Приложение к журналу Consilium Medicum*. 2018; (4): 67–71. <https://elibrary.ru/ytvnxs>
- Brożek J.L., Bousquet J., Agache I., Agarwal A., Bachert C., Bosnic-Anticevich S., et al. Allergic Rhinitis and its Impact on Asthma (ARIA) guidelines — 2016 revision. *J. Allergy Clin. Immunol.* 2017; 140(4): 950–8. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2017.03.050>
- Христова Д., Кандова Я., Николов Г., Петрунов Б. Сенсibilизация к аллергенам плесневых грибов у пациентов с респираторной аллергией. Оптимизация диагностического процесса. *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии*. 2020; (2): 119–24. <https://doi.org/10.36233/0372-9311-2020-97-2-119-124> <https://elibrary.ru/ztnhrj>
- Метельская В.А., Матвеевская Н.С., Гречишников О.Г., Сафронова А.В. Оценка аллергической сенсibilизации к некоторым плесневым грибам. *Инфекция и иммунитет*. 2022; 12(3): 580–4. <https://doi.org/10.15789/2220-7619-EAS-1836>
- Sio Y.Y., Pang S.L., Say Y.H., Teh K.F., Wong Y.R., Shah S.M.R., et al. Sensitization to airborne fungal allergens associates with asthma and allergic rhinitis presentation and severity in the Singaporean/Malaysian population. *Mycopathologia*. 2021; 186(5): 583–8. <https://doi.org/10.1007/s11046-021-00532-6>

21. Максимова А.В., Смолкин Ю.С. Герпетические инфекции и аллергические заболевания у детей. *Педиатрия. Consilium Medicum*. 2020; (4): 44–51. <https://elibrary.ru/tfqcqx>
22. Татауршикова Н.С., Летяева О.И., Максимова А.В., Левкова Е.А. Герпетическая инфекция и аллергия как глобальная проблема современной медицины. *Эффективная фармакотерапия*. 2023; 19(28): 24–9. <https://doi.org/10.33978/2307-3586-2023-19-28-24-29> <https://elibrary.ru/hlbmce>
23. Зайцева Н.В., Долгих О.В., Дианова Д.Г. Аэрогенная экспозиция никелем и фенолом и особенности иммунного ответа, опосредованного иммуноглобулинами класса Е и G. *Анализ риска здоровью*. 2023; (2): 160–7. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2023.2.16> <https://elibrary.ru/jcqrud>
24. Крючкова Е.Н., Сааркоппель Л.М., Яцына И.В. Особенности иммунного ответа при хроническом воздействии промышленных аэрозолей. *Гигиена и санитария*. 2016; 95(11): 1058–61. <https://elibrary.ru/xsnrrb>
25. Старкова К.Г., Долгих О.В., Эсфельд Д.А., Аликина И.Н., Никоношина Н.А., Челакова Ю.А. Индикативные показатели особенностей иммунной регуляции у детей в условиях загрязнения среды обитания металлами. *Гигиена и санитария*. 2019; 98(2): 178–82. <https://elibrary.ru/oqlbvc>
26. Маснавиева Л.Б., Кудяева И.В. Влияние ингаляционной нагрузки формальдегидом на уровень цитокинов у подростков промышленных центров. *Анализ риска здоровью*. 2020; (2): 110–6. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.2.12> <https://elibrary.ru/ubokyc>
27. Михайлова И.В., Смолягин А.И., Красиков С.И., Караулов А.В. Влияние бензола на иммунную систему и некоторые механизмы его действия. *Иммунология*. 2014; 35(1): 51–55. <https://elibrary.ru/ryxxbb>
28. Сизякина Л.П., Андреева И.И., Семенова Н.И. Иммунорегуляторные механизмы прогрессии сезонного аллергического ринита. *Иммунология*. 2018; 39(5–6): 276–81. <https://elibrary.ru/hygsll>
29. Дынева М.Е., Курбачева О.М. Аллергический ринит – актуальная проблема XXI века. *Consilium Medicum*. 2019; 21(3): 65–8. <https://elibrary.ru/nmpvza>
30. Pointner L., Bethanis A., Thaler M., Traidl-Hoffmann C., Gilles S., Ferreira F., et al. Initiating pollen sensitization – complex source, complex mechanisms. *Clin. Transl. Allergy*. 2020; 10: 36. <https://doi.org/10.1186/s13601-020-00341-y>
31. Добродеева Л.К., Самодова А.В. Иммунодепрессивные и патогенетические механизмы при инфекционной аллергии. *Инфекция и иммунитет*. 2022; 12(2): 299–305. <https://doi.org/10.15789/2220-7619-IAP-1680> <https://elibrary.ru/ukaqip>
32. Богомолова Е.В., Уханова О.П., Санеева И.В. Микологические факторы риска в городской среде. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2016; 18(2–3): 637–41. <https://elibrary.ru/xuxrhj>
33. Евдокимов Е.Ю., Свечникова Е.В., Понезева Ж.Б. Интерферон гамма как триггер хронических вирусных инфекций и воспалительных дерматозов. *Медицинский совет*. 2024; 18(5): 214–20. <https://doi.org/10.21518/ms2024-057> <https://elibrary.ru/zjsnu>
34. Reid G.E., Lynch J.P. 3rd, Weigt S., Sayah D., Belperio J.A., Grim S.A., et al. Herpesvirus respiratory infections in immunocompromised patients: epidemiology, management, and outcomes. *Semin. Respir. Crit. Care Med*. 2016; 37(4): 603–30. <https://doi.org/10.1055/s-0036-1584793>
35. Царев С.В. Инфекция и аллергия: взаимосвязь и взаимовлияние. *РМЖ. Медицинское обозрение*. 2016; 24(12): 800–3. <https://elibrary.ru/whknql>
1. Kuzmicheva K.P., Malinina E.I., Richkova O.A. The issue of the allergic diseases prevalence among children: a current review. *Allergologiya i immunologiya v pediatrii*. 2021; (2): 4–10. <https://doi.org/10.24412/2500-1175-2021-2-4-10> <https://elibrary.ru/aarqru> (in Russian)
2. Licari A., Magri P., De Silvestri A., Giannetti A., Indolfi C., Mori F., et al. Epidemiology of allergic rhinitis in children: a systematic review and meta-analysis. *J. Allergy Clin. Immunol. Pract.* 2023; 11(8): 2547–56. <https://doi.org/10.1016/j.jaip.2023.05.016>
3. Khokha R.N. Epidemiological analysis of long-term age trend in allergic diseases in children. *Rossiiskii pediatricheskii zhurnal*. 2024; 27(S3): 38. <https://elibrary.ru/zhnfre> (in Russian)
4. WHO. Fact sheets. Asthma; 2024. Available at: <https://who.int/news-room/fact-sheets/detail/asthma> (in Russian)
5. Deev I.A., Kobayakova O.S., Starodubov V.I., Aleksandrova G.A., Golubev N.A., Oskov Yu.I., et al. General incidence of the children of Russia (0–14 years old) in 2023: statistical materials. Moscow; 2023. <https://elibrary.ru/ahtnmu> (in Russian)
6. Pavón-Romero G.F., Calderón-Ezquerro M.D.C., Rodríguez-Cervantes M.A., Fernández-Villanueva D., Melgoza-Ruiz E., Ramírez-Jiménez F., et al. Association of allergen sensitivity and pollination in allergic respiratory disease: the role of pollution. *J. Asthma Allergy*. 2022; 15: 1227–43. <https://doi.org/10.2147/JAA.S373307>
7. Mazhaeva T.V., Dubenko S.E., Shtin T.N., Yarushin S.V., Chebotarkova S.A. Signs of phenotypic changes in children constantly exposed to elevated environmental levels of chemical pollutants in the city of Nizhny Tagil. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya – ZNiSO*. 2022; 30(9): 77–83. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-9-77-83> <https://elibrary.ru/bhlyoq> (in Russian)
8. Chanchaeva E.A., Gvozdeva O.V., Gvozdev A.Yu. Air quality and children's health: the role of increasing transport-related and thermal air pollution. *Ekologiya cheloveka*. 2019; (11): 12–9. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2019-11-12-19> <https://elibrary.ru/dvolhf> (in Russian)
9. Ladnova G.G., Istomin A.V., Kurochitskaya M.G., Silyutina V.V. Cytogenetic indices of buccal epithelium in schoolchildren residing in territories with different levels of the air pollution. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian Journal)*. 2016; 95(5): 428–31. <https://elibrary.ru/wbozbl> (in Russian)
10. Isachenko V.S., Mel'nik A.M., Ilyasov D.M., Ovchinnikov V.Yu., Minaeva L.V. Mucociliary clearance of the nasal cavity. Some aspects of physiology and pathophysiology. *Tavricheskii mediko-biologicheskii vestnik*. 2017; 20(3–3): 219–26. <https://elibrary.ru/zgvgvp> (in Russian)
11. Biesbroek G., Tsiotsivadze E., Sanders E.A., Montijn R., Veenhoven R.H., Keijsers B.J. Early respiratory microbiota composition determines bacterial succession patterns and respiratory health in children. *Am. J. Respir. Crit. Care Med*. 2014; 190(11): 1283–92. <https://doi.org/10.1164/rccm.201407-12400c>
12. Ustinova O.Yu., Zaitseva N.V., Maklakova O.A., Valina S.L. The prevalence of respiratory diseases associated with herpes infection under conditions of aerotechnogenic exposure to chemicals in children. *Zdravookhraneniye Rossiiskoi Federatsii*. 2022; 66(6): 505–12. <https://doi.org/10.47470/0044-197X-2022-66-6-505-512> <https://elibrary.ru/jotpqe> (in Russian)
13. Shabaldin A.V., Shabaldina E.V., Simbirtev A.S. Features of the microbiome of the upper respiratory tract in children with recurrent respiratory diseases. *Infektsiya i immunitet*. 2017; 7(4): 341–9. <https://doi.org/10.15789/2220-7619-2017-4-341-349> <https://elibrary.ru/ynsgrg> (in Russian)
14. Saichenko I.A., Alidzhanova F.P., Zyuzina D.V., Diukova M.A., Bajburdyan D.G., Raevskii K.P. Features of the nasal microbiota in patients with allergic rhinitis: A review. *Consilium Medicum*. 2024; 26(9): 557–61. <https://doi.org/10.26442/20751753.2024.9.202675> (in Russian)
15. Mazokha K.S., Manzhos M.V., Makova E.V., Zatspepin A.S., Aseeva E.V. Clinical and allergological characteristics of patients with combined pollen and fungal sensitization. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Povolzhskii region. Meditsinskie nauki*. 2021; (2): 27–34. <https://doi.org/10.21685/2072-3032-2021-2-3> <https://elibrary.ru/jfkssg> (in Russian)
16. Varlamov E.E., Pampura A.N., Asmanov A.I. Significance of mold fungi allergens in the development nasal cavity allergic diseases: approaches to diagnosis, therapy and prevention. *Pediatriya. Prilozhenie k zhurnal Consilium Medicum*. 2018; (4): 67–71. <https://elibrary.ru/ytnvnx> (in Russian)
17. Brožek J.L., Bousquet J., Agache I., Agarwal A., Bachert C., Bosnic-Anticevich S., et al. Allergic Rhinitis and its Impact on Asthma (ARIA) guidelines – 2016 revision. *J. Allergy Clin. Immunol*. 2017; 140(4): 950–8. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2017.03.050>
18. Hristova D., Kandova Ya., Nikolov G., Petrunov B. Sensitization to fungal allergens in patients with respiratory allergy – accuracy in diagnostic process. *Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii i immunobiologii*. 2020; (2): 119–24. <https://doi.org/10.36233/0372-9311-2020-97-2-119-124> <https://elibrary.ru/ztnhrj> (in Russian)
19. Metelskaya V.A., Matveevskaya N.S., Grechishnikova O.G., Safronova A.V. Estimating allergic sensitization to some mold fungi. *Infektsiya i immunitet*. 2022; 12(3): 580–4. <https://doi.org/10.15789/2220-7619-EAS-1836> (in Russian)
20. Sio Y.Y., Pang S.L., Say Y.H., Teh K.F., Wong Y.R., Shah S.M.R., et al. Sensitization to airborne fungal allergens associates with asthma and allergic rhinitis presentation and severity in the Singaporean/Malaysian population. *Mycopathologia*. 2021; 186(5): 583–8. <https://doi.org/10.1007/s11046-021-00532-6>
21. Maximova A.V., Smolkin Yu.S. Herpes infections and allergic diseases in children. *Consilium Medicum*. 2020; (4): 44–51. <https://elibrary.ru/tfqcqx> (in Russian)
22. Tатауршикова Н.С., Летяева О.И., Максимова А.В., Левкова Е.А. Herpes infection and allergy as a global problem of modern medicine. *Effektivnaya farmakoterapiya*. 2023; 19(28): 24–9. <https://doi.org/10.33978/2307-3586-2023-19-28-24-29> <https://elibrary.ru/hlbmce> (in Russian)
23. Zaitseva N.V., Dolgikh O.V., Dianova D.G. Exposure to airborne nickel and phenol and features of the immune response mediated by E and G immunoglobulins. *Analiz riska zdorov'yu*. 2023; (2): 160–7. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2023.2.16> <https://elibrary.ru/jcqrud> (in Russian)
24. Kryuchkova E.N., Saarkoppel L.M., Yatsyna I.V. Features of immune response in chronic exposure to industrial aerosols. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian Journal)*. 2016; 95(11): 1058–61. <https://elibrary.ru/xsnrrb> (in Russian)
25. Starkova K.G., Dolgikh O.V., Eisfeld D.A., Alikina I.N., Nikonoshina N.A., Chelakova Yu.A. Indices of peculiarities of immune regulation detected in children exposed to environmental contamination with metals. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian Journal)*. 2019; 98(2): 178–82. <https://elibrary.ru/oqlbvc> (in Russian)
26. Masnavieva L.B., Kudaeva I.V. Influence exerted by inhalation burden with formaldehyde on cytokines level in teenagers living in industrial centers. *Health Risk Analysis*. 2020; (2): 110–6. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.2.12> <https://elibrary.ru/uonlcf>
27. Mikhylova I.V., Smolyagin A.I., Krasikov S.I., Karaulov A.V. Impact of benzene on the immune system and some of the mechanisms of its action. *Immunologiya*. 2014; 35(1): 51–5. <https://elibrary.ru/ryxxbb> (in Russian)
28. Sizyagina L.P., Andreeva I.I., Semenova N.I. Immunoregulatory mechanisms of progression of seasonal allergic rhinitis. *Immunologiya*. 2018; 39(5–6): 276–81. <https://elibrary.ru/hygsll> (in Russian)
29. Dyneva M.E., Kurbacheva O.M. Allergic rhinitis – the actual problem of the XXI century. *Consilium Medicum*. 2019; 21(3): 65–8. <https://elibrary.ru/nmpvza> (in Russian)
30. Pointner L., Bethanis A., Thaler M., Traidl-Hoffmann C., Gilles S., Ferreira F., et al. Initiating pollen sensitization – complex source, complex mechanisms. *Clin. Transl. Allergy*. 2020; 10: 36. <https://doi.org/10.1186/s13601-020-00341-y>

Original article

31. Dobrodeeva L.K., Samodova A.V. Immunodepressive and pathogenetic mechanisms in infectious allergy. *Infektsiya i immunitet*. 2022; 12(2): 299–305. <https://doi.org/10.15789/2220-7619-IAP-1680> <https://elibrary.ru/ukaqip> (in Russian)
32. Bogomolova E., Ukhanova O., Saneeva I. Mycological risk factors in the urban environment. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk*. 2016; 18(2–3): 637–41. <https://elibrary.ru/xuxrhj> (in Russian)
33. Evdokimov E.Yu., Svechnikova E.V., Ponezheva Zh.B. Interferon gamma as a trigger of chronic viral infections and inflammatory dermatoses. *Meditsinskii sovet*. 2024; 18(5): 214–20. <https://doi.org/10.21518/ms2024-057> <https://elibrary.ru/zjsnu> (in Russian)
34. Reid G.E., Lynch J.P. 3rd, Weigt S., Sayah D., Belperio J.A., Grim S.A., et al. Herpesvirus respiratory infections in immunocompromised patients: epidemiology, management, and outcomes. *Semin. Respir. Crit. Care Med*. 2016; 37(4): 603–30. <https://doi.org/10.1055/s-0036-1584793>
35. Tsarev S.V. Infection and allergies: interconnection and mutual influence. *RMZh. Meditsinskoe obozrenie*. 2016; 24(12): 800–3. <https://elibrary.ru/whknql> (in Russian)

Сведения об авторах

Маклакова Ольга Анатольевна, доктор мед. наук, зав. консультативно-поликлиническим отделением ФБУН «ФНЦ МПТ УРЗН», 614045, Пермь, Россия. E-mail: olga_mcl@fcrisk.ru

Валина Светлана Леонидовна, канд. мед. наук, зав. отд. гигиены детей и подростков ФБУН «ФНЦ МПТ УРЗН», 614045, Пермь, Россия. E-mail: valina@fcrisk.ru

Штина Ирина Евгеньевна, канд. мед. наук, зав. лаб. комплексных проблем здоровья детей с клинической группой медико-профилактических технологий управления рисками здоровья населения ФБУН «ФНЦ МПТ УРЗН», 614045, Пермь, Россия. E-mail: shtina_irina@fcrisk.ru

Information about the authors

Olga A. Maklakova, DSc, (Medicine), head, Consultative and polyclinic department, Federal Scientific Center for Medical and Preventive Technologies for Managing Public Health Risks, Perm, 614045, Russian Federation; Perm State National Research University, Perm, 614990, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0001-9574-9353> E-mail: olga_mcl@fcrisk.ru

Svetlana L. Valina, PhD (Medicine), head, Department of hygiene of children and adolescents, Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, 614045, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-1719-1598> E-mail: valina@fcrisk.ru

Irina E. Shtina, PhD (Medicine), head, Laboratory of complex health problems of children with a clinical group of medical and preventive public health risk management technologies, Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, 614045, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-5017-8232> E-mail: shtina_irina@fcrisk.ru