

Валина С.Л., Устинова О.Ю., Штина И.Е., Маклакова О.А., Ошева Л.В.

Особенности развития аллергического ринита у школьников в условиях сочетанного воздействия факторов риска

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения»
Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 614045, Пермь, Россия

Введение. Рост распространённости аллергического ринита (АР) и значимость социально-экономических потерь, связанных с реализацией лечебно-профилактических мероприятий, свидетельствуют о необходимости дальнейшего изучения роли экзогенных факторов в его формировании.

Цель исследования — установление патогенетических особенностей формирования АР у школьников в условиях сочетанного воздействия факторов риска среды обитания.

Материалы и методы. Проанализированы данные клинико-лабораторных исследований состояния здоровья, анкет и дневников питания 439 школьников с аллергопатологией, обучающихся в типовых школах и школах с углублённым изучением предметов (УИП). Оценка влияния факторов риска на клинико-лабораторные параметры выполнялась методом однофакторного логистического регрессионного моделирования зависимости «негативное воздействие — вероятность ответа (эффект)». Идентификация ведущих факторов риска и патогенетических особенностей формирования АР осуществлялась на основании анализа доказанных причинно-следственных связей «фактор риска — лабораторный показатель — вероятность диагноза АР».

Результаты. В школах с УИП выявлены более значимые нарушения гигиенических требований при организации образовательной деятельности, нерациональная структура питания, напряжённый режим использования электронных устройств. В условиях сочетанного воздействия факторов образовательного процесса, питания, окружающей среды (контаминации крови никелем, хромом, марганцем, цинком, бензолом, толуолом) и низкой физической активности вероятность развития АР в 4,2 раза выше, чем у учащихся типовых школ ($OR = 4,24$). Установлена причинно-следственная связь развития патологии с изучаемыми факторами и их вклад в вероятность развития риск-ассоциированного АР (12–60%). Идентифицирован перечень негативных лабораторных эффектов у учащихся с АР школ с УИП, установлена связь с действующими факторами среды обитания. На основании моделирования связи лабораторных показателей нарушения гомеостаза с развитием АР установлены патогенетические особенности формирования болезни.

Ограничения исследования. Исследование выполнено с участием 439 школьников без разделения группы по полу при описании особенностей развития аллергического ринита.

Заключение. Установленные ключевые патогенетические звенья развития риск-ассоциированного АР являются целевыми для гигиенических мероприятий в отношении воспитательно-образовательного процесса и качества среды обитания.

Ключевые слова: аллергический ринит; образовательный процесс; питание; электронные устройства; химические соединения; физическая активность; патогенетические закономерности

Соблюдение этических стандартов. Исследования проводились при наличии письменного добровольного информированного согласия законных представителей детей, в соответствии с этическими принципами медико-биологических исследований, изложенными в Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (с дополнениями 2008 г.), национальным стандартом Российской Федерации ГОСТ Р 52379–2005 «Надлежащая клиническая практика» (ICH E6 GCP). Исследования одобрены локальным этическим комитетом ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» (протокол № 3 от 01.03.2019 г.).

Для цитирования: Валина С.Л., Устинова О.Ю., Штина И.Е., Маклакова О.А., Ошева Л.В. Особенности развития аллергического ринита у школьников в условиях сочетанного воздействия факторов риска. *Гигиена и санитария*. 2023; 102(10): 1087–1095. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-10-1087-1095>
<https://elibrary.ru/hfvbno>

Для корреспонденции: Валина Светлана Леонидовна, канд. мед. наук, зав. отд. гигиены детей и подростков ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», 614045, Пермь. E-mail: valina@fcrisk.ru

Участие авторов: Валина С.Л. — проведение клинико-лабораторных исследований, статистическая обработка, написание текста; Устинова О.Ю. — написание текста, редактирование; Штина И.Е. — сбор материала и статистическая обработка данных; Маклакова О.А. — обработка данных, написание текста; Ошева Л.В. — обработка данных, написание текста. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

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

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила: 06.09.2023 / Принята к печати: 26.09.2023 / Опубликована: 20.11.2023

Svetlana L. Valina, Olga Yu. Ustinova, Irina E. Shtina, Olga A. Maklakova, Larisa V. Osheva

Allergic rhinitis in schoolchildren under combined exposure to various environmental risk factors

Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies of the Federal Service for Surveillance over Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Perm, 614045, Russian Federation

Introduction. Growing prevalence of allergic rhinitis (AR) and significant socioeconomic losses related to implementing medical and prevention activities indicate the necessity to examine what role exogenous factors play in the disease onset and development.

The aim of this study was to establish pathogenetic peculiarities of AR onset and development in schoolchildren under combined exposure to various environmental risk factors.

Materials and methods. We analyzed results of clinical and laboratory examinations of schoolchildren's health and data obtained by questioning and taken from diaries of daily rations provided at school for four hundred thirty nine AR children. They attended either an ordinary secondary school or a school with profound studies of some subjects. Influence of risk factors on clinical and laboratory indicators was evaluated by using one-factor logistic regression models that described

“adverse exposure – likelihood of a response (effect)” relationships. Leading risk factors and pathogenetic peculiarities of AR onset and development were identified based on analyzing established cause-effect relations “risk factor – laboratory indicator – likelihood of diagnosing AR».

Results. More significant violations of hygienic standards were established in schools with profound studies of some subjects; we identified improper management of educational activities, non-rational diets, and too intensive use of electronic devices. Likelihood of AR is 4.2 times higher for schoolchildren in such schools than for their counterparts from ordinary schools (OR=4.2) under combined exposure to adverse factors related to the educational process, diets, the environment (blood contamination with nickel, chromium, manganese, zinc, benzene, and toluene) and low physical activity. We established cause-effect relations between the disease development and the examined factors as well as their contributions to likelihood of risk-associated AR (12–60%). We identified adverse laboratory effects in AR children who attended schools with profound studies of some subjects and established their association with affecting environmental factors. Pathogenetic peculiarities of the disease onset and development were posited based on modelling associations between laboratory indicators of disrupted homeostasis and AR development.

Limitations. The examination was performed with 439 schoolchildren participating in it. Participants were not divided into sex-specific groups when describing peculiarities of allergic rhinitis development.

Conclusion. The established key pathogenetic components in development of risk-associated AR are relevant targets for hygienic activities as regards the educational process and quality of the environment.

Keywords: allergic rhinitis; educational process; diet; electronic devices; chemicals; physical activity; pathogenetic regularities

Compliance with ethical standards. Written informed voluntary consent was obtained from legal representatives of all the examined children prior to the study in accordance with the ethical principles of biomedical research stated in the Declaration of Helsinki (with 2008 addenda), and the national Standard of the RF GOST-P 52379-2005 Good Clinical Practice (ICH E6 GCP). The study was approved by the local ethics committee of the Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies (Meeting report No. 3 dated March 01, 2019).

For citation: Valina S.L., Ustinova O.Yu., Shtina I.E., Maklakova O.A., Osheva L.V. Allergic rhinitis in schoolchildren under combined exposure to various environmental risk factors. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian Journal)*. 2023; 102(10): 1087–1095. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-10-1087-1095> <https://elibrary.ru/hfvbno> (In Russ.)

For correspondence: Svetlana L. Valina, MD, PhD, Head of the Department for Children and Teenagers Hygiene of the Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, 614045, Russian Federation. E-mail: valina@fcrisk.ru

Information about the authors:

Valina S.L., <https://orcid.org/0000-0003-1719-1598>

Shtina I.E., <https://orcid.org/0000-0002-5017-8232>

Ustinova O.Yu., <https://orcid.org/0000-0002-9916-5491>

Osheva L.V., <https://orcid.org/0000-0002-0496-9164>

Maklakova O.A., <https://orcid.org/0000-0001-9574-9353>

Contributions: Valina S.L. – clinical and laboratory tests, statistical analysis, writing the text; Ustinova O.Yu. – writing and editing the text; Shtina I.E. – data collection and statistical analysis; Maklakova O.A. – data processing, writing the text; Osheva L.V. – data processing, writing the text. All the authors have approved of the ultimate version of the manuscript and bear full responsibility for integrity of its parts.

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

Acknowledgement. The study had no sponsorship.

Received: September 6, 2023 / Accepted: September 26, 2023 / Published: November 20, 2023

Введение

Охрана здоровья детей входит в число ключевых направлений государственной политики в области обеспечения национальной безопасности Российской Федерации. В плане основных мероприятий, проводимых в рамках Десятилетия детства, для укрепления и охраны здоровья, создания благоприятных условий для гармоничного развития детей одной из приоритетных задач является профилактика заболеваемости и инвалидности¹.

Аллергический ринит (АР) является социально-гигиенической проблемой, приводящей к существенному экономическому ущербу, ограничениям в физических, эмоциональных, социальных и других аспектах жизни школьников [1–4]. По данным ISAAC, распространённость симптомов АР у детей в возрасте 6–7 лет составляет 8,5%, у подростков в возрасте 13–14 лет – 14,6%, в возрасте 15–18 лет – 34,2%. Согласно долгосрочным наблюдениям, распространённость АР в Европе удваивается каждые 10 лет [5].

Неуклонный рост распространённости, увеличение заболеваемости АР в подростковом возрасте, невозможность полного достижения стойкого контроля, несмотря на чёткое определение стратегии ведения пациентов с АР клиническими рекомендациями, руководствами с доказательной базой, свидетельствуют о значимой роли экзогенных, триггерных факторов в развитии и персистенции симптомов аллергопатологии. Одним из ключевых положений согласительных документов по ведению и профилактике АР является комплексный подход к диагностике, лечению и профилактике, включающий коррекцию факторов риска, к которым

наряду с аллергенами отнесены особенности организации учебно-воспитательного процесса, психологические, социально-экономические проблемы, экспозиция вредными химическими агентами, образ жизни [5].

Широко представленные в литературе данные касаются в основном особенностей формирования аллергопатологии у детей, проживающих в экологически неблагоприятных условиях, и показывают зависимость содержания химических веществ в крови от поступившей в организм дозы техногенных химических соединений [6–10]. Множество публикаций посвящено влиянию факторов образа жизни на развитие аллергических патологий [11–14]. В то же время остаются малоизученными вопросы сочетанного воздействия факторов окружающей среды, образовательного процесса, питания, образа жизни на формирование и течение АР.

Для сохранения здоровья подрастающего поколения большое значение имеет гигиенически адекватная среда обитания, которая определяется благоустройством и санитарным состоянием образовательных организаций, рационально и безопасно организованным процессом обучения, разнообразным и полноценным питанием, здоровым образом жизни и другими факторами [15, 16].

Таким образом, проблема развития АР у детей в условиях комплексного воздействия современного образовательного процесса, факторов окружающей среды, питания и образа жизни остаётся недостаточной изученной. Не в полной мере разработаны мероприятия по профилактике АР, устранению или ослаблению неблагоприятного влияния факторов риска среды обитания, что определяет актуальность данного исследования.

Цель исследования – установить патогенетические особенности формирования АР у школьников в условиях сочетанного воздействия факторов риска образовательного процесса и среды обитания.

¹ Распоряжение Правительства Российской Федерации № 122-р от 23.01.2021 г. (с изменениями на 14 марта 2023 г.) «Об утверждении плана основных мероприятий, проводимых в рамках Десятилетия детства, на период до 2027 года».

Материалы и методы

По результатам выполненных в рамках научно-исследовательской работы (НИР) в 2020–2022 гг. исследовательской отобранны 439 детей с установленной аллергической патологией, обучающихся в средних общеобразовательных школах с углублённым изучением предметов (СОШ с УИП) и типовых средних общеобразовательных школах (типовые СОШ). Группа наблюдения включала 238 учащихся СОШ с УИП: 131 (55%) девочка и 107 (45%) мальчиков; средний возраст – $11,6 \pm 2,9$ года. Группу сравнения составил 201 учащийся типовых СОШ: 101 (50%) девочка и 100 (50%) мальчиков; средний возраст – $12,8 \pm 3,2$ года. В группе наблюдения и группе сравнения число участников исследования из параллелей было сопоставимо и составило 8–10%. Критерии включения: дети, обучающиеся в школах, вошедших в исследование; наличие установленной аллергической патологии и подписанного законными представителями детей письменного информированного добровольного согласия на медицинское вмешательство. Критерии исключения: отсутствие аллергической патологии и письменного информированного согласия, некорректно заполненные анкеты. Объём выборки и уровень точности «ориентировочное знакомство», согласно методике Отдельновой К.А., соответствовали пилотному исследованию [17].

Основаниями для проведения комплексного медицинского обследования учащихся общеобразовательных организаций являлись отраслевая научно-исследовательская программа Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека и план основных мероприятий ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора (ФБУН «ФНЦ МПТ УРЗН»).

Медико-биологические исследования проводились в соответствии с положениями Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (пересмотр 2013 г.), одобрены локальным этическим Комитетом (ЛЭК) ФБУН «ФНЦ МПТ УРЗН», согласованы с Министерством образования и науки Пермского края.

Функциональные исследования выполнялись по утверждённым методикам, с соблюдением правил подготовки. Гематологические, биохимические, иммунологические и химико-аналитические исследования проводились на сертифицированном и поверенном оборудовании в аккредитованном лабораторном центре ФБУН «ФНЦ МПТ УРЗН».

Сравнительная оценка соответствия режимов учебной деятельности общеобразовательных организаций с различной направленностью программ обучения и интенсивности применения средств информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) гигиеническим требованиям^{2,3} выполнена на основании результатов анализа расписания звонков и уроков, хронометража использования ИКТ в учебном процессе.

Изучение структуры питания детей проводилось с использованием информации из «Дневников питания школьника за одну неделю» путём сопоставления индивидуальных данных с рекомендуемыми среднесуточными наборами пищевых продуктов⁴.

Для анализа использования учащимися электронных средств обучения (ЭСО) (количество, длительность) и установления возраста начала контакта с девайсами, а также для оценки уровня физической активности проведено медико-

социологическое исследование методом раздаточного анкетирования.

Данные ранее выполненных натурных исследований качества воздуха учебных помещений исследуемых образовательных организаций свидетельствуют о хроническом ингаляционном воздействии марганца, среднее содержание которого превышало референтные концентрации при хроническом ингаляционном воздействии ($RfC_{xp} = 0,00005$ мг/м³) в СОШ с УИП до 1,4 раза, в типовых СОШ – до 1,2 раза ($p < 0,050$). В воздухе учебных помещений СОШ с УИП средние по результатам исследования концентрации других металлов на исследуемых территориях были ниже референтных значений при хроническом ингаляционном воздействии, однако кратность увеличения по отношению к аналогичным показателям в типовых СОШ составила по хрому 1,5–4,8 раза, по цинку – 1,1–2,8 раза, по никелю – 2,1–3,2 раза, по бензолу – 1,4–8,9 раза, по толуолу – 1,3–1,9 раза ($p < 0,050$). По результатам натурных исследований атмосферного воздуха территорий расположения исследуемых образовательных организаций установлено, что средние значения содержания хрома, цинка, никеля, бензола, толуола были ниже референтных концентраций при хроническом ингаляционном воздействии, а средние концентрации марганца превышали их в 1,3–5,5 раза RfC_{xp} ($p < 0,05$). В то же время кратность превышения средних показателей содержания химических веществ в атмосферном воздухе территорий расположения СОШ с УИП относительно территорий сравнения достигала по хрому 1,6–4,5 раза, по цинку – 1,7–2,9 раза, по никелю – 2,7–2,9 раза, по бензолу – 1,2–6,4 раза, по толуолу – до 1,7 раза ($p < 0,050$).

Изучение клинико-лабораторных особенностей и установление лабораторных показателей риск-ассоциированного процесса выполнялось в отношении детей с установленным диагнозом АР: 71 ребёнок группы наблюдения и 19 детей группы сравнения.

Статистическую обработку результатов проводили стандартными методами с применением программы Statistica 6 и пакета функций Microsoft Excel 2010. Математическую обработку данных выполняли параметрическими методами, предварительно оценивали соответствие полученных результатов закону нормального распределения. Для оценки достоверности различий полученных данных использовали критерии Стьюдента и Фишера. Обработка результатов социологических исследований выполнена путём расчёта и сравнения средних арифметических значений, определения частотных и структурных характеристик. Проверка достоверности различий проводилась с использованием непараметрических критериев Краскела – Уоллеса и Манна – Уитни. Для оценки риска рассчитывали отношение шансов OR и его 95%-й доверительный интервал. Оценка влияния факторов риска на клинико-лабораторные параметры АР выполнялась методом однофакторного логистического регрессионного моделирования зависимостей «воздействие – вероятность ответа (эффект)» с оценкой значимости моделей по критерию Фишера (F) и указанием коэффициента детерминации Nagelkerke (R^2), константы (b_0), коэффициента регрессии (b_1) и статистической значимости модели (p). Учитывали особенности нормирования учебной деятельности, характеристики продуктового набора и морфофункциональное состояние детей в возрастном аспекте. Вклад факторов в вероятность развития АР определяли по формуле (1):

$$P = \prod_{i=1}^M (1 - \rho_i), \quad (1)$$

где M – число аэрогенно действующих химических веществ; ρ_i – вероятность развития заболевания при воздействии i -го вещества.

Идентификация патогенетических особенностей развития АР у школьников осуществлялась на основании анализа доказанных причинно-следственных связей «фактор риска – лабораторный показатель – АР».

² СП 2.4.3648–20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи». Введены в действие с 01.01.2021 г.

³ СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Введены в действие с 01.03.2021 г.

⁴ СанПиН 2.3/2.4.3590–20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организации общественного питания населения». Введены в действие с 01.01.2021 г.

Результаты

Сравнение режимов образовательной деятельности на основании результатов анализа расписания звонков показало, что в СОШ с УИП продолжительность малых перемен составляла $8,81 \pm 2,12$ мин и была в 1,2 раза ниже аналогичного показателя в типовых СОШ – $10,31 \pm 3,09$ мин ($p = 0,045$). Оценка расписания уроков типовой учебной недели выявила, что недельная учебная нагрузка в СОШ с УИП достигала $36,0 \pm 2,8$ ч. Это в 1,2 раза превышало показатель группы сравнения ($30,7 \pm 1,1$ ч; $p = 0,045$). По данным хронометража использования ЭСО, продолжительность работы с интерактивной доской (ИД) на уроке в СОШ с УИП в 1,7 раза выше аналогичной в типовых СОШ ($21,9 \pm 7,1$ против $12,8 \pm 3,7$ мин; $p = 0,012$). Среднее суммарное дневное использование ИД в СОШ с УИП составляло $29,2 \pm 9,9$ мин, что в 1,5 раза больше группы сравнения ($19,7 \pm 6,9$ мин; $p < 0,0001$). Длительность работы с персональным компьютером (ПК) на одном уроке ($32,6 \pm 9,3$ мин) и суммарно в день ($41,6 \pm 11,2$ мин) в СОШ с УИП была в 1,3–1,5 раза больше, чем в типовых СОШ ($21,2 \pm 6,7$ и $31,7 \pm 10,1$ мин соответственно; $p = 0,004$).

Сопоставительный анализ суточных рационов питания выявил, что при общих негативных тенденциях в структуре питания учащихся (избыток кондитерских изделий, снижение потребления наиболее ценных в биологическом отношении пищевых продуктов) уровни потребления мяса, хлеба и молока школьниками группы наблюдения были в 1,5–8,2 раза ниже нормативных значений ($p < 0,001$) и в 1,2–1,6 раза ниже показателей группы сравнения ($51,1 \pm 26,4$ против $62,7 \pm 33,1$ г, $33,4 \pm 18,2$ против $44,3 \pm 23$ г, $36,1 \pm 18,1$ против $58,4 \pm 24,9$ мл соответственно; $p < 0,001$). При этом птица, представленная самым популярным продуктом – курицей, присутствовала в рационе учащихся СОШ с УИП в большем количестве (в 1,5 раза), чем у учащихся типовых СОШ ($36,3 \pm 28,8$ против $23,4 \pm 14,3$ г; $p < 0,001$).

Оценка временных характеристик использования дополнительных электронных устройств (ЭУ – смартфон, планшет, ноутбук, ПК, электронная книга) в досуговой и учебной деятельности школьников показала, что 52,5% обучающихся исследуемых общеобразовательных организаций используют два устройства. В то же время в СОШ с УИП оказалось в 1,5 раза больше школьников, контактирующих с тремя и более ЭУ ($33,1$ против $22,1\%$; $p = 0,001$; коэффициент корреляции Крамера $0,197$; $p = 0,011$), и в 3,3 раза больше учащихся, у которых возраст начала использования девайсов составил менее 6 лет (44 против 13% ; $p = 0,004$; коэффициент корреляции Крамера $0,308$; $p = 0,019$).

При изучении показателей физической активности установлено, что школьники СОШ с УИП в 2,2 раза реже занимались физкультурой и спортом ($2,38 \pm 0,24$ против $5,15 \pm 0,59$ раза в неделю; $p = 0,0001$), а среднее время физической активности было в 2,1 раза меньше ($2,99 \pm 0,36$ против $6,42 \pm 0,84$ ч/нед; $p = 0,0001$). Кроме того, время пешеходных прогулок в быстром темпе у детей группы наблюдения составляло только $185,11 \pm 50,37$ мин/нед, что в 1,8 раза меньше, чем у школьников типовых СОШ ($342,0 \pm 69,57$ мин/нед; $p = 0,0004$).

Результаты химико-аналитических исследований проб крови учащихся показали, что у школьников СОШ с УИП содержание в крови никеля и хрома в 2,3–2,5 раза превышало региональные фоновые уровни ($0,00227$ и $0,00270$ мкг/см³ соответственно; $p < 0,050$) и до 2,3 раза – показатели группы сравнения ($0,0057 \pm 0,0008$ против $0,0055 \pm 0,0005$ и $0,0061 \pm 0,0008$ против $0,0026 \pm 0,0004$ мкг/см³ соответственно; $p = 0,674–0,0001$). Кратность превышения содержания в крови цинка (фоновый уровень – $4,77$ мкг/см³) и марганца (фоновый уровень – $0,013$ мкг/см³) в группе наблюдения относительно группы сравнения достигала 1,2–1,4 раза ($4,935 \pm 0,216$ против $4,064 \pm 0,128$ и $0,015 \pm 0,001$ против $0,011 \pm 0,001$ мкг/см³ соответственно; $p = 0,0001$).

В крови детей группы наблюдения обнаружены более высокие концентрации бензола ($0,00082 \pm 0,0002$ против $0,00057 \pm 0,0002$ мкг/см³; $p = 0,043$) и толуола ($0,0016 \pm 0,00028$ против $0,0011 \pm 0,00026$ мкг/см³; $p = 0,041$).

На основании результатов клинко-функционального и лабораторного обследования, данных учётных форм № 026/у–2000 и № 112/у диагноз АР был установлен у одной трети учащихся группы наблюдения (29,3%), что в 3,2 раза превышало показатель группы сравнения (9,2%; $p < 0,001$). Вероятность развития АР у школьников СОШ с УИП была в 4,2 раза выше, чем у учащихся типовых СОШ ($OR = 4,24$; $DI = 2,42–7,41$).

Математическое моделирование позволило установить причинно-следственную связь развития АР с увеличением недельной образовательной нагрузки ($R^2 = 0,19$; $p = 0,004$), продолжительностью использования ИД и ПК ($R^2 = 0,32–0,80$; $p < 0,001–0,0004$), низким потреблением молока и хлеба ($R^2 = 0,63–0,66$; $p < 0,001$), увеличением содержания в рационе птицы ($R^2 = 0,39$; $p < 0,001$), снижением регулярности занятий физкультурой и спортом ($R^2 = 0,19$; $p < 0,001$), сокращением продолжительности пешеходных прогулок ($R^2 = 0,46$; $p < 0,001$), присутствием в крови бензола и толуола ($R^2 = 0,35–0,64$; $p < 0,001$), увеличением содержания в крови никеля, хрома, марганца, цинка ($R^2 = 0,18–0,60$; $p < 0,001$). Перечень факторов среды обитания, для которых установлена достоверная связь с развитием АР, представлен в табл. 1.

Изолированный вклад повышенной недельной образовательной нагрузки в вероятность развития риск-ассоциированного АР составляет 17%, сверхнормативного использования ИД и ПК – 52–60%, дефицита потребления молока и хлеба – 12–14%, избытка потребления птицы – 16%, дефицита физической активности – 40%, сокращения продолжительности пешеходных прогулок – 17%, повышения содержания в крови бензола – 43%, толуола – 39%, никеля – 41%, хрома – 46%, марганца – 42%, цинка – 22%. Суммарный вклад в развитие АР всех изучаемых факторов при сочетании воздействия достигает 68%.

Обобщение результатов клинко-лабораторного обследования детей с АР и последующее математическое моделирование позволили идентифицировать перечень негативных лабораторных эффектов у школьников с АР СОШ с УИП (табл. 2).

Последующее математическое моделирование показало связь негативных лабораторных эффектов у школьников с АР СОШ с УИП с действующими факторами среды обитания (образовательный процесс, питание, образ жизни, содержание химических веществ в крови) (табл. 3).

Детям с АР СОШ с УИП свойственно более выраженное накопление продуктов перекисидации, что характеризуется повышением у 58% обследованных школьников содержания МДА ($p = 0,015$; Cramer's V = $0,139$), связанного с повышением недельной образовательной нагрузки ($R^2 = 0,18$; $p = 0,0002$), продолжительностью использования ИД и ПК ($R^2 = 0,13–0,68$; $p < 0,001–0,002$) и увеличением потребления птицы ($R^2 = 0,25$; $p < 0,001$) (см. табл. 2, 3).

Снижение интегрального показателя АОА ($p = 0,041$) свидетельствует о недостаточной активности системы антиоксидантной защиты, наблюдается связь с низким потреблением молока, мяса и хлеба ($R^2 = 0,17–0,89$; $p < 0,001$), а также с увеличением количества используемых школьниками девайсов ($R^2 = 0,43$; $p < 0,001$). Истощение антиоксидантной защиты характеризует и более низкая активность супероксиддисмутазы (СОД) ($p = 0,053$).

Увеличение в 3,4 раза доли школьников с низким содержанием кортизола в крови ($p < 0,001$, $\chi^2 = 22,06$; Cramer's V = $0,22$) и снижение его медианы в 1,2 раза относительно группы сравнения ($p < 0,001$), связанное с дефицитом потребления хлеба, мяса и избытком птицы ($R^2 = 0,05–0,11$; $p < 0,001$), увеличением содержания в крови марганца и хрома ($R^2 = 0,10–0,36$; $p < 0,001$), указывают на снижение чувствительности гипофизарно-надпочечниковой оси и ис-

Таблица 1 / Table 1

Параметры однофакторных линейных регрессионных моделей зависимости развития аллергического ринита от факторов риска среды обитания

Parameters of one-factor linear regression models to describe relationships between development of allergic rhinitis and environmental risk factors

Фактор Factor	b0	b1	R ²	F	p
Недельная образовательная нагрузка / Weekly educational loads	-3.819	0.063	0.192	9.745	0.004
Продолжительность использования ИД на уроке / Duration of IWB use during classes	-2.805	0.088	0.797	243.075	0.000
Продолжительность использования ПК на уроке / Duration of PC use during classes	-3.595	0.107	0.316	35.991	0.000
Продолжительность использования ПК суммарно в школе / Total duration of PC use at school	-3.569	0.096	0.514	65.479	0.000
Продолжительность использования ИД суммарно в школе / Total duration of IWB use at school	-0.924	0.034	0.630	83.401	0.000
Потребление птицы / Poultry intake	-2.556	0.025	0.393	87.974	0.000
Потребление хлеба пшеничного / Wheat bread intake	-1.369	-0.014	0.661	377.187	0.000
Потребление молока / Milk intake	-1.273	-0.019	0.638	309.908	0.000
Бензол (кровь) / Benzene (blood)	-0.568	392.957	0.354	197.361	0.000
Марганец (кровь) / Manganese (blood)	-0.822	33.034	0.266	152.348	0.000
Никель (кровь) / Nickel (blood)	-0.704	56.553	0.178	89.885	0.000
Толуол (кровь) / Toluene (blood)	-1.116	482.301	0.635	613.671	0.000
Хром (кровь) / Chromium (blood)	-0.855	113.491	0.584	585.789	0.000
Цинк (кровь) / Zinc (blood)	-6.802	1.126	0.601	216.215	0.000
Регулярность занятий физкультурой и спортом / Regularity of going in for sports or physical activity	-0.235	-0.066	0.187	40.433	0.000
Продолжительность пеших прогулок / Duration of walking on foot	-0.794	-0.265	0.458	151.054	0.000

Таблица 2 / Table 2

Лабораторные показатели и частота выявленных нарушений у детей сравниваемых групп

Laboratory indicators and frequency of established disorders in children from the groups under comparison

Показатель Parameter	Лабораторные показатели Laboratory indicators			Частота выявления изменённых параметров, % Frequency of identified modified parameters, %		
	группа наблюдения observation group	группа сравнения group comparisons	достоверность validity	группа наблюдения observation group	группа сравнения group comparisons	достоверность validity
МДА, мкмоль/см ³ MDA, μmole/cm ³	2.9 (2.2; 3.6)	2.6 (2.1; 3.1)	0.038	58.0	48.5	0.015
АОА, %	31.11 (28.73; 37.46)	35.86 (31.16; 38.56)	0.041	68.8	51.7	0.045
Супероксиддисмутаза, нг/см ³ Superoxide dismutase, ng/cm ³	61.55 (55.3; 66.7)	65.3 (58.3; 84.6)	0.053	52.4	18.7	0.003
Кортизол, МЕ/см ³ Cortisone, IU/cm ³	245.4 (183.1; 351.1)	299.6 (196.4; 429.4)	0.0001	41.0	12.0	0.0001
Ацетилхолин, пг/мл Acetyl choline, pg/ml	21.95 (15.3; 27.5)	29.1 (25.6; 32.8)	0.002	28.7	12.2	0.034
Серотонин, нг/мл Serotonin, ng/ml	193.4 (138.8; 249.1)	265.0 (197.1; 311.7)	0.015	41.0	20.0	0.042
Лимфоциты, % Lymphocytes, %	48.0 (36.0; 56.0)	38.0 (32.0; 44.0)	0.007	78.7	33.4	0.002
Моноциты, % Monocytes, %	9.0 (6.0; 11.0)	6.0 (5.0; 8.0)	0.006	31.1	16.2	0.003
(CD3 ⁺)-лимфоциты, отн., % (CD3 ⁺)-lymphocytes, rel., %	68.0 (63; 73)	66 (61; 70)	0.037	69.1	32.8	0.001
(CD3 ⁺ CD4 ⁺)-лимфоциты, отн., % (CD3 ⁺ CD4 ⁺)-lymphocytes, rel., %	38.0 (33.0; 42.0)	36.0 (31.0; 40.0)	0.029	67.3	28.5	0.001
IgM, г/дм ³ IgM, g/dm ³	1.28 (1.08; 1.53)	1.38 (1.11; 1.64)	0.028	34.6	32.5	0.044
IgE общ, МЕ/см ³ IgE total, ME/cm ³	312.8 (176; 509.2)	184.30 (111.6; 248.6)	0.003	80.0	26.3	0.008
Интерлейкин-6, пг/мл Interleukin-6, pg/ml	1.48 (1.18; 2.19)	1.26 (0.7; 1.79)	0.032	42.8	20.2	0.002

Таблица 3 / Table 3

Параметры однофакторных линейных регрессионных моделей зависимости лабораторных показателей от факторов риска образовательного процесса и среды обитания

Parameters of one-factor linear regression models to describe relationships between laboratory indicators and environmental factors and factors related to the educational process

Фактор Factor	Лабораторный показатель Laboratory indicator	Направление Trend	b0	b1	R ²	F	p
Недельная образовательная нагрузка / Weekly educational load	МДА	Выше / Higher	-3.302	0.115	0.176	15.188	0
Продолжительность использования ИД на уроке Duration of IWB use during classes	МДА	Выше / Higher	-0.816	0.015	0.135	12.109	0.002
Продолжительность использования ИД суммарно в школе Total IWB user at school		Выше / Higher	-0.826	0.012	0.215	21.436	0
Продолжительность использования ПК суммарно в школе Total PC use at school		Выше / Higher	-1.031	0.021	0.202	19.780	0
Продолжительность использования ПК на уроке Duration of PC use during classes		Выше / Higher	-1.450	0.045	0.677	163.127	0
Потребление птицы / Poultry intake		Выше / Higher	-0.105	0.012	0.253	173.137	0
Потребление молока / Milk intake	АОА	Ниже / Lower	0.927	-0.003	0.171	60.187	0
Потребление мяса / Meat intake		Ниже / Lower	0.824	-0.006	0.254	180.682	0
Потребление хлеба пшеничного / Wheat bread intake		Ниже / Lower	1.0169	-0.020	0.887	3975.245	0
Количество используемых девайсов / Number of used devices		Ниже / Lower	0.204	0.128	0.434	339.528	0
Потребление мяса / Meat intake	Кортизол	Ниже / Lower	-2.484	-0.007	0.109	59.000	0
Потребление птицы / Poultry intake	Cortisone	Ниже / Lower	-2.607	0.005	0.046	22.739	0
Потребление хлеба пшеничного / Wheat bread intake		Ниже / Lower	-2.517	-0.004	0.066	32.872	0
Марганец (кровь) / Manganese (blood)		Ниже / Lower	-3.100	32.504	0.099	43.281	0
Хром (кровь) / Chromium (blood)		Ниже / Lower	-3.384	174.608	0.358	219.550	0
Количество используемых девайсов / Number of used devices	(CD3 ⁺)- лимфоциты, отн.	Выше / Higher	-4.149	0.114	0.096	46.963	0
Марганец (кровь) / Manganese (blood)	(CD3 ⁺)- lymphocytes, rel.	Выше / Higher	-5.198	120.359	0.433	173.599	0
Никель (кровь) / Nickel (blood)		Выше / Higher	-4.810	247.027	0.144	18.505	0
Толуол (кровь) / Toluene (blood)		Выше / Higher	-3.046	77.809	0.792	497.876	0
Хром (кровь) / Chromium (blood)		Выше / Higher	-5.008	174.012	0.867	719.843	0
Цинк (кровь) / Zinc (blood)		Выше / Higher	-6.211	0.724	0.594	86.683	0
Потребление птицы / Poultry intake		Выше / Higher	-4.206	0.040	0.461	162.259	0
Регулярность занятий физкультурой, спортом Regularity of doing sports or physical activity		Выше / Higher	-2.953	-0.040	0.034	5.270	0.027
Потребление птицы Poultry intake	(CD3 ⁺ CD4 ⁺)- лимфоциты, отн. (CD3 ⁺ CD4 ⁺)- lymphocytes, rel.	Выше / Higher	-2.873	0.028	0.209	8.194	0.008
Потребление птицы / Poultry intake	Интерлейкин-6	Выше / Higher	-3.372	0.022	0.093	7.596	0.008
Марганец (кровь) / Manganese (blood)	Interleukin-6	Выше / Higher	-3.974	14.085	0.044	4.395	0.048
Никель (кровь) / Nickel (blood)		Выше / Higher	-4.443	170.774	0.852	854.443	0
Потребление молока / Milk intake	IgM	Ниже / Lower	-0.431	-0.003	0.127	75.925	0
Потребление птицы / Poultry intake		Ниже / Lower	-0.509	0.006	0.132	77.799	0
Потребление хлеба пшеничного / Wheat bread intake		Ниже / Lower	-0.142	-0.006	0.607	770.329	0
Возраст начала использования девайсов / Age of starting to use devices		Ниже / Lower	1.261	-0.257	0.610	159.935	0
Количество используемых девайсов Number of used devices	IgE общий IgE total	Выше / Higher	-0.291	0.302	0.781	1521.790	0
Продолжительность использования ПК суммарно в школе Total PC use at school	Лимфоциты относительные Relative lymphocytes	Выше / Higher	-0.798	0.014	0.144	8.203	0.007
Продолжительность использования ПК на уроке Duration of PC use during classes		Выше / Higher	-1.041	0.027	0.367	28.406	0
Потребление птицы / Poultry intake		Выше / Higher	-2.452	0.026	0.393	123.828	0
Возраст начала использования девайсов / Age of starting to use devices		Выше / Higher	-0.877	-0.222	0.360	37.064	0
Недельная образовательная нагрузка Weekly educational load	Моноциты относительные Relative monocytes	Выше / Higher	-5.915	0.201	0.848	286.826	0
Хром (кровь) / Chromium (blood)	Серотонин Serotonin	Ниже / Lower	-3.414	115.482	0.254	92.517	0
Длительность малых перемен / Duration of short breaks	(CD16 ⁺ 56 ⁺)- лимфоциты, отн.	Ниже / Lower	-1.885	-0.064	0.035	14.334	0.002
Потребление птицы / Poultry intake	(CD16 ⁺ 56 ⁺)- lymphocytes, rel.	Ниже / Lower	-2.905	0.022	0.527	387.807	0
Количество используемых девайсов / Number of used devices		Ниже / Lower	-2.709	0.135	0.162	85.366	0
Хром (кровь) / Chromium (blood)		Ниже / Lower	-3.149	129.542	0.245	129.010	0
Никель (кровь) / Nickel (blood)		Ниже / Lower	-2.977	71.989	0.112	49.182	0
Марганец (кровь) / Manganese (blood)		Ниже / Lower	-3.109	52.435	0.153	62.504	0
Толуол (кровь) / Toluene (blood)		Ниже / Lower	-2.569	81.437	0.035	11.831	0.002

Таблица 4 / Table 4

Параметры однофакторных линейных регрессионных моделей связи лабораторных показателей нарушения гомеостаза с развитием аллергического ринита

Parameters of one-factor regression models to describe relationships between laboratory indicators of disrupted homeostasis and AR development

Лабораторный показатель Laboratory indicator	b0	b1	R ²	F	p
↑ (CD3 ⁺)-лимфоциты, отн. ↑ (CD3 ⁺)-lymphocytes, rel.	-0.418	0.246	0.064	20.845	0.00001
↓ Кортизол ↓ Cortisone	-0.613	0.001	0.214	115.584	0
↑ Лимфоциты, отн. ↑ Lymphocytes, rel.	-0.484	0.196	0.065	21.617	0.00001
↑ МДА / ↑ MDA	-1.931	0.540	0.284	164.181	0
↓ АОА	-0.067	-0.016	0.085	38.855	0
↑ IgE общий / ↑ IgE total	-0.711	0.001	0.257	149.438	0

тошение резервов коры надпочечников в результате воздействия стрессовых факторов.

О повышении активности иммунозависимых реакций в группе наблюдения свидетельствует более высокое содержание (CD3⁺)-, (CD3⁺CD4⁺)-лимфоцитов, связанное с увеличением количества используемых девайсов ($R^2 = 0,10$; $p < 0,001$), содержанием в крови никеля, хрома, марганца, цинка, толуола ($R^2 = 0,14-0,87$; $p < 0,001$), избытком потребления птицы ($R^2 = 0,21-0,46$; $p = 0,001-0,008$), снижением регулярности занятий спортом ($R^2 = 0,03$; $p = 0,03$). Увеличение в 1,2 раза по отношению к группе сравнения выработки провоспалительного цитокина ИЛ-6 характеризует более высокую активность Th2-ответа, связанного с избытком потребления птицы ($R^2 = 0,09$; $p = 0,008$) и повышением содержания в крови марганца, никеля ($R^2 = 0,04-0,85$; $p < 0,001-0,048$). У школьников с АР СОШ с УИП обнаружена пониженная выработка IgM ($p = 0,028$), что связано с избыточным потреблением птицы и дефицитом в рационе молока и хлеба ($R^2 = 0,13-0,61$; $p < 0,001$), ранним возрастом начала использования девайсов ($R^2 = 0,61$; $p < 0,001$). Высокая активность IgE-ответа ($p = 0,008$; Cramer's V = 0,33) у детей с АР СОШ с УИП связана с количеством используемых девайсов ($R^2 = 0,78$; $p < 0,001$).

На более выраженную активность воспалительного синдрома у детей с АР СОШ с УИП указывает повышение содержания лимфоцитов, связанное с увеличением продолжительности использования ПК ($R^2 = 0,14-0,37$; $p < 0,001-0,007$) и избытком в рационе птицы ($R^2 = 0,39$; $p < 0,001$), ранним возрастом начала использования девайсов ($R^2 = 0,36$; $p < 0,001$). Также выраженную активность воспалительного синдрома у детей с АР СОШ с УИП указывает повышение содержания моноцитов, связанное с увеличением недельной образовательной нагрузки ($R^2 = 0,85$; $p < 0,001$). Поддерживает воспаление снижение в 1,3 раза относительно физиологического норматива и показателя группы сравнения содержания ацетилхолина, являющегося медиатором холинергической противовоспалительной системы ($p = 0,002$; связь с фактором средней силы Cramer's V = 0,37).

У школьников с АР СОШ с УИП установлено снижение в 1,4 раза относительно группы сравнения содержания в крови серотонина ($p = 0,015$), обусловленное увеличением содержания в крови хрома ($R^2 = 0,25$; $p < 0,001$). Отмечено снижение в 1,2 раза относительного содержания (CD16⁺CD56⁺)-лимфоцитов ($p = 0,060$), связанное с сокращением длительности перемен ($R^2 = 0,03$; $p = 0,002$), избытком в рационе птицы ($R^2 = 0,53$; $p < 0,001$), увеличением количества используемых девайсов ($R^2 = 0,16$; $p < 0,001$),

содержанием в крови хрома ($R^2 = 0,24$; $p < 0,001$), никеля ($R^2 = 0,11$; $p < 0,001$), марганца ($R^2 = 0,15$; $p < 0,001$), присутствием толуола ($R^2 = 0,03$; $p = 0,002$).

Результаты математического моделирования связи лабораторных показателей нарушения гомеостаза с развитием АР позволили установить перечень лабораторных показателей риск-ассоциированного АР, для которых доказана последовательная связь «фактор среды обитания → изменение лабораторного показателя → развитие АР» (табл. 4).

Обсуждение

В ходе исследования установлено, что особенностями образовательной деятельности в СОШ с УИП является снижение в 1,2 раза продолжительности малых перемен, увеличение в 1,2 раза недельной учебной нагрузки и в 1,3–1,7 раза – продолжительности использования ЭСО при сравнении с аналогичными показателями в типовых СОШ. Согласно литературным данным, в учебных комнатах с размещением ПК влажность воздуха понижена, что способствует накоплению микрочастиц с высоким электростатическим зарядом, которые в результате адсорбции частиц пыли приобретают алергизирующие свойства [18]. Фактическое питание учащихся СОШ с УИП носит дефицитный характер (кратность различий с показателями группы сравнения достигает 1,6, с нормативными значениями – до 8,2 раза). Особенно это касается содержания в рационе мяса, молока, хлеба – источников животных и растительных белков, играющих ключевую роль в функциональной активности иммунной системы [13]. Избыточное потребление птицы, сложная система выращивания которой часто подразумевает использование в комбикормах антибактериальных препаратов, фосфатов, может провоцировать иммуносупрессию. Установлено также, что обучающиеся в СОШ с УИП раньше приобщаются к информационным технологиям и образуют большее число ЭУ.

В условиях напряжённой образовательной деятельности, высокой цифровой активности, нерационального продуктового набора, низкой физической активности, контаминации крови химическими соединениями вероятность развития АР у школьников увеличивается в 4,2 раза. Обусловленность риск-ассоциированного АР при сочетании воздействия актуальных факторов образовательного процесса (учебная нагрузка, продолжительность использования ЭСО) достигает 17–60%, питания (потребление молока, хлеба, птицы) – 12–60%, образа жизни (физическая активность) – 17–40%, химических факторов (бензол, толуол, никель, хром, марганец, цинк) – 22–46%.

Полученные данные коррелируют с результатами исследований Кучмы В.Р. и соавт. [19], Александровой И.Э. [20], Перекусихина М.В. и соавт. [21] о влиянии на состояние здоровья детей показателей санитарно-эпидемиологического благополучия образовательных организаций и организации учебного процесса и расширяют представление о ведущих факторах риска среды обитания и патогенетических особенностях формирования АР у современных школьников. Предупреждение АР у школьников должно базироваться на максимально полном учёте факторов риска среды обитания, а содержание профилактических мероприятий необходимо корректировать исходя из ведущих патогенетических звеньев патологического процесса.

Заключение

1. У учащихся СОШ с УИП в условиях увеличения в 1,2–1,7 раза напряжённости образовательной нагрузки, повышения до 2,3 раза содержания в крови бензола, толуола, цинка, марганца, хрома, никеля, отклонений до 1,5–1,6 раза от нормативов потребления основных продуктов питания и снижения до 2,2 раза физической активности риск развития аллергического ринита повышается в 4,2 раза (OR = 4,24; DI = 2,42–7,41).

2. Установлена причинно-следственная связь развития аллергического ринита с особенностями образовательного процесса ($R^2 = 0,19-0,80$; $p < 0,001-0,0004$; вклад 17–60%), нерациональным продуктовым набором ($R^2 = 0,39-0,66$; $p < 0,001$; вклад 12–16%), снижением физической активности ($R^2 = 0,19-0,46$; $p < 0,001$; вклад 17–40%), контаминацией крови химическими соединениями ($R^2 = 0,18-0,64$; $p < 0,001$; вклад 22–46%). Суммарный вклад всех изученных факторов в развитие АР при сочетанном воздействии достигает 68%.

3. Для риск-ассоциированного аллергического ринита у школьников в условиях сочетанного воздействия факторов риска образовательного процесса и среды обитания характерно увеличение активности адаптивного иммунного ответа и воспалительного процесса, дисбаланс в про-оксидантно-антиоксидантной системе, переключение изотипов иммуноглобулинов с увеличением сенсибилизации, развитие общего адаптационного синдрома с истощением резервов коры надпочечников, снижение активности холинергической противовоспалительной системы, изменения

нейроэндокринной регуляции с уменьшением количества естественных киллеров, доказанно связанного с образовательным процессом ($R^2 = 0,13-0,85$; $p < 0,001-0,007$), питанием ($R^2 = 0,10-0,89$; $p < 0,001-0,008$), образом жизни ($R^2 = 0,10-0,78$; $p < 0,001$), содержанием химических веществ в крови ($R^2 = 0,10-0,87$; $p < 0,001-0,048$).

4. Лабораторными показателями развития риск-ассоциированного аллергического ринита у школьников в условиях сочетанного воздействия факторов риска образовательного процесса, окружающей среды, питания и образа жизни являются: повышение уровня малонового диальдегида плазмы, IgE общего, относительного содержания лимфоцитов, ($CD3^+$)-лимфоцитов, снижение антиоксидантной активности плазмы, уровня кортизола.

5. Данные об особенностях этиопатогенетических механизмов развития аллергического ринита в условиях современного воспитательного-образовательного процесса и качества окружающей среды являются научным основанием для определения профилактических мероприятий, направленных на снижение риска и фактического развития патологии.

Литература

(п.п. 3, 4, 8, 12, 13 см. References)

1. Шиленкова В.В., Лопатин А.С. Аллергический ринит и качество жизни. *Российская ринология*. 2019; 27(4): 215–23. <https://doi.org/10.17116/rostrino201927041215> <https://elibrary.ru/oeknma>
2. Яцына И.В., Крючкова Е.Н., Жадан И.Ю. Влияние факторов окружающей среды промышленного города на формирование дерматологической заболеваемости детей. *Гигиена и санитария*. 2018; 97(10): 967–1. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-10-967-971> <https://elibrary.ru/skozgtz>
5. Лопатин А.С., Шиленкова В.В., ред. *Аллергический ринит: клинические рекомендации*. М.: Профмедпресс; 2022.
6. Кирьянов Д.А., Цинкер М.Ю., Хисматуллин Д.Р. К расчету количества случаев заболеваний населения, ассоциированных с острым кратковременным воздействием вредных химических веществ в атмосферном воздухе. *Анализ риска здоровью*. 2023; (2): 69–79. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2023.2.06> <https://elibrary.ru/wdtnqm>
7. Старкова К.Г., Долгих О.В., Легостаева Т.А., Ухабов В.М. Риск формирования аллергии и ее иммунные фенотипы у детей с полиморфизмом гена MMP9 Q279R. *Анализ риска здоровью*. 2022; (4): 168–76. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2022.4.16> <https://elibrary.ru/lhospn>
9. Маклакова О.А., Вандышева А.Ю., Устинова О.Ю., Толмачева О.Г. Особенности физического развития у детей с аллергическими заболеваниями в условиях аэрогенного воздействия химических веществами техногенного происхождения. *Профилактическая и клиническая медицина*. 2019; (2): 4–8. <https://elibrary.ru/pdqkwk>
10. Старкова К.Г., Долгих О.В., Эйфельд Д.А., Аликина И.Н., Никоношина Н.А., Челакова Ю.А. Индикаторные показатели особенностей иммунной регуляции у детей в условиях загрязнения среды обитания металлами. *Гигиена и санитария*. 2019; 98(2): 178–82. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-2-178-182> <https://elibrary.ru/oqlbvc>
11. Губернский Ю.Д., Федосеева В.Н., Маковецкая А.К., Калинина Н.В., Федосеева Т.Г. Эколого-гигиенические аспекты сенсибилизированности населения в жилой среде. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(5): 414–7. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-5-414-417> <https://elibrary.ru/ysqdel>
14. Тимофеева А.М. Особенности образа жизни и психологического состояния младших школьников с бронхиальной астмой. *Педиатрическая фармакология*. 2017; 14(2): 109–14. <https://doi.org/10.15690/pf.v14i2.1725>
15. Устинова О.Ю., Зайцева Н.В., Эйфельд Д.А. К задаче обоснования оптимальных параметров факторов риска образовательной среды детей школьного возраста по критериям антропометрических, психологических характеристик и соматического здоровья. *Анализ риска здоровью*. 2022; (2): 48–63. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2022.2.05> <https://elibrary.ru/yazila>
16. Клейн С.В., Эйфельд Д.А., Никифорова Н.В. Типологизация российских регионов по комплексу факторов среды обитания, учебно-воспитательного процесса и здоровья школьников. *Анализ риска здоровью*. 2021; (4): 82–91. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2021.4.09> <https://elibrary.ru/rpkpvs>
17. Наркевич А.Н., Виноградов К.А. Методы определения минимально необходимого объема выборки в медицинских исследованиях. *Социальные аспекты здоровья населения*. 2019; 65(6): 10. <https://doi.org/10.21045/2071-5021-2019-65-6-10> <https://elibrary.ru/mrapst>
18. Кучма В.Р., Степанова М.И., Александрова И.Э. *Гигиенические требования к использованию в школе интерактивных образовательных технологий*. М.; 2016.
19. Кучма В.Р., Сухарева Л.М., Рапопорт И.К., Шубочкина Е.И., Скоблина Н.А., Милушкина О.Ю. Популяционное здоровье детского населения, риски здоровью и санитарно-эпидемиологическое благополучие обучающихся: проблемы, пути решения, технологии деятельности. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(10): 990–5. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-10-990-995> <https://elibrary.ru/zwsrur>
20. Александрова И.Э. Гигиеническая оптимизация учебного процесса в школе в условиях использования электронных средств обучения. *Анализ риска здоровью*. 2020; (2): 47–54. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.2.05> <https://elibrary.ru/pplcbu>
21. Перекусихин М.В., Васильев В.В., Рябинина Т.В., Васильев Е.В. Санитарно-эпидемиологическое благополучие и здоровье обучающихся образовательных организаций в современных условиях. *Здоровье населения и среда обитания – ЗНССО*. 2020; (8): 31–7. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-329-8-31-37> <https://elibrary.ru/upsvep>

References

1. Shilenkova V.V., Lopatin A.S. Allergic rhinitis and quality of life. *Rossiyskaya rinologiya*. 2019; 27(4): 215–23. <https://doi.org/10.17116/rostrino201927041215> <https://elibrary.ru/oeknma> (in Russian)
2. Yatsyna I.V., Kryuchkova E.N., Zhadan I.Yu. The impact of environmental factors of an industrial city on the formation of a dermatological morbidity of children. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2018; 97(10): 967–1. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-10-967-971> <https://elibrary.ru/skozgtz> (in Russian)
3. Schneider L., Hanifin J., Boguniewicz M., Eichenfield L.F., Spergel J.M., Dakovic R., et al. Study of the atopic march: development of atopic comorbidities. *Pediatr. Dermatol.* 2016; 33(4): 388–98. <https://doi.org/10.1111/pde.12867>
4. Aw M., Penn J., Gauvreau G.M., Lima H., Sehmi R. Atopic march: collegium internationale allergologicum update 2020. *Int. Arch. Allergy Immunol.* 2020; 181(1): 1–10. <https://doi.org/10.1159/000502958>
5. Lopatin A.S., Shilenkova V.V., eds. *Allergic Rhinitis: Clinical recommendations [Allergicheskii rinit: klinicheskie rekomendatsii]*. Moscow: Profmedpress; 2022. (in Russian)
6. Kir'yanov D.A., Tsinker M.Yu., Khismatullin D.R. Calculating the number of disease cases associated with acute short-term exposure to harmful chemicals in ambient air. *Analiz riska zdorov'yu*. 2023; (2): 69–79. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2023.2.06> <https://elibrary.ru/wdtnqm> (in Russian)
7. Starkova K.G., Dolgikh O.V., Legostaeva T.A., Ukhavov V.M. Risk of allergy and its immune phenotypes in children with MMP9 Q279R gene polymorphism. *Analiz riska zdorov'yu*. 2022; (4): 168–76. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2022.4.16> <https://elibrary.ru/lcazzw> (in Russian)
8. Dzarzhynskaya N., Hindziuk A., Hindziuk L., Sysyova I., Krupskaya D., Urban U., et al. Airborne chemical pollution and children's asthma incidence rate in Minsk. *J. Prev. Med. Hyg.* 2022; 62(4): E871–8. <https://doi.org/10.15167/2421-4248/jpmh2021.62.4.1568>
9. Maklakova O.A., Vandysheva A.Yu., Ustinova O.Yu., Tolmacheva O.G. Features of physical development in children with allergic diseases in aerogenic exposure to chemicals of anthropogenic origin. *Profilakticheskaya i klinicheskaya meditsina*. 2019; (2): 4–8. <https://elibrary.ru/pdqkwk> (in Russian)

Original article

10. Starkova K.G., Dolgikh O.V., Eysfel'd 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 Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2019; 98(2): 178–82. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-2-178-182> <https://elibrary.ru/oqblvc> (in Russian)
11. Gubernskiy Yu.D., Fedoseeva V.N., Makovetskaya A.K., Kalinina N.V., Fedoskova T.G. Ecological and hygienic aspects of the sensitization rate of the population in a residential environment. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2017; 96(5): 414–7. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-5-414-417> <https://elibrary.ru/ysqdcl> (in Russian)
12. Lu K.D., Forno E. Exercise and lifestyle changes in pediatric asthma. *Curr. Opin. Pulm. Med.* 2020; 26(1): 103–11. <https://doi.org/10.1097/MCP.0000000000000636>
13. Garcia-Larsen V., Del Giacco S.R., Moreira A., Bonini M., Charles D., Reeves T., et al. Asthma and dietary intake: an overview of systematic reviews. *Allergy*. 2016; 71(4): 433–42. <https://doi.org/10.1111/all.12800>
14. Timofeeva A.M. Peculiarities of the lifestyle and psychological state of primary schoolchildren with bronchial asthma. *Pediatricheskaya farmakologiya*. 2017; 14(2): 109–14. <https://doi.org/10.15690/pf.v14i2.1725> (in Russian)
15. Ustinova O.Yu., Zaytseva N.V., Eysfel'd D.A. Substantiating optimal parameters of risk factors existing in the educational environment for schoolchildren as per indicators of physical, mental and somatic health. *Analiz riska zdorov'yu*. 2022; (2): 48–63. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2022.2.05>.eng <https://elibrary.ru/ekkstu> (in Russian)
16. Kleyn S.V., Eysfel'd D.A., Nikiforova N.V. Typologization of Russian regions as per environmental factors, factors related to educational process and schoolchildren's health. *Analiz riska zdorov'yu*. 2021; (4): 82–91. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2021.4.09> <https://elibrary.ru/rpkpvs> (in Russian)
17. Narkevich A.N., Vinogradov K.A. Methods for determining the minimum required sample size in medical research. *Sotsial'nye aspekty zdorov'ya naseleniya*. 2019; 65(6): 10. <https://doi.org/10.21045/2071-5021-2019-65-6-10> <https://elibrary.ru/mrapst> (in Russian)
18. Kuchma V.R., Stepanova M.I., Aleksandrova I.E. *Hygienic Requirements for the Use of Interactive Educational Technologies in School [Gigienicheskie trebovaniya k ispol'zovaniyu v shkole interaktivnykh obrazovatel'nykh tekhnologiy]*. Moscow; 2016. (in Russian)
19. Kuchma V.R., Sukhareva L.M., Rapoport I.K., Shubochkina E.I., Skoblina N.A., Milushkina O.Yu. Population health of children, risks to health and sanitary and epidemiological wellbeing of students: problems, ways of solution and technology of the activity. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2017; 96(10): 990–5. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-10-990-995> <https://elibrary.ru/zwsrur> (in Russian)
20. Aleksandrova I.E. Hygienic optimization of educational process at school involving massive use of electronic learning devices. *Analiz riska zdorov'yu*. 2020; (2): 47–54. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.2.05> <https://elibrary.ru/pplcbu> (in Russian)
21. Perekusikhin M.V., Vasil'ev V.V., Ryabinina T.V., Vasil'ev E.V. Sanitary and epidemiologic wellbeing and health of school children in modern conditions. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya – ZNiSO*. 2020; (8): 31–7. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-329-8-31-37> <https://elibrary.ru/upsvep> (in Russian)