

© МАЖАЕВА Т.В., ДУБЕНКО С.Э., 2023



Мажаева Т.В., Дубенко С.Э.

## Оценка эффективности разработанных рационов для детей с аллергопатологией, проживающих в условиях неблагоприятного воздействия окружающей среды

ФБУН «Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий»  
Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 620014, Екатеринбург,  
Россия

**Введение.** Одним из важных профилактических мероприятий, направленных на повышение устойчивости организма к негативному воздействию окружающей среды, является питание. Моделирование питания с учётом оценки его базового качества и экологических факторов имеет особое значение для эффективного управления рисками развития заболеваний.

**Цель исследования** — оценить эффективность диет, специально разработанных для детей с аллергией и подвергающихся воздействию промышленных загрязнений окружающей среды.

**Материалы и методы.** Исследованы дошкольники в возрасте от 3 до 6 лет с аллергическими заболеваниями, имеющие сенсибилизацию к пищевым продуктам (80 детей), по иммунологическим, цитоморфологическим показателям, пищевому статусу, общему состоянию здоровья, в том числе по кожным проявлениям.

**Результаты.** Смоделированная гипоаллергенная, детоксикационная и элиминационная диета с учётом данных по пищевой непереносимости, иммунного статуса, белково-энергетической и микронутриентной обеспеченности, геномного статуса, эмоциональной сферы и соматического здоровья у детей с аллергопатологией привела к снижению распространённости дефицита массы тела среди обследованных детей в 1,5 раза, концентрации свинца, алюминия, мышьяка, меди, кадмия в крови в среднем в 3 раза. Число детей с клиническими проявлениями пищевой непереносимости снизилось в среднем в 1,6 раза, повысился уровень секреторного иммуноглобулина А (sIgA), цитогенетические нарушения буккального эпителия уменьшились в 2,1 раза.

**Ограничения исследования.** Ограничением исследования была недостаточная комплаентность родителей к рекомендациям по нутритивной поддержке.

**Заключение.** Использованный способ моделирования рациона питания с применением диетологических приёмов, основанных на данных базового питания, экспозиции токсическими веществами, генетических, антропометрических, клинических, иммунологических показателях, позволила получить положительную динамику по всем оцениваемым параметрам здоровья детей с аллергопатологией, проживающих в крупном промышленном городе.

**Ключевые слова:** моделирование питания; экология; эффективность питания; гипоаллергенные рационы; нутритивная поддержка

**Соблюдение этических стандартов.** Исследование одобрено локальным этическим комитетом (ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора от 27.12.2021 г., № 5), родители дали добровольное информированное согласие на обследование детей.

**Для цитирования:** Мажаева Т.В., Дубенко С.Э. Оценка эффективности разработанных рационов для детей с аллергопатологией, проживающих в условиях неблагоприятного воздействия окружающей среды. *Гигиена и санитария*. 2023; 102(12): 1348–1353. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-12-1348-1353>  
<https://elibrary.ru/eqoyuu>

**Для корреспонденции:** Мажаева Татьяна Васильевна, канд. мед. наук, зав. отд. гигиены питания, качества и безопасности продукции ФБУН «Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора, 620014, Екатеринбург. E-mail: mazhaeva@ymrc.ru

**Участие авторов:** Мажаева Т.В. — концепция и дизайн исследования, написание текста, редактирование, утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи; Дубенко С.Э. — сбор материала, обработка материала, статистическая обработка, написание текста, редактирование. Все авторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

**Благодарности.** Выражаем благодарность за оказанную помощь в исследованиях сотрудникам ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора Штин Т.Н., Бушуеву Т.В., Минингалиеву И.А., Клинову С.В., Шаихову Д.Р., Березу И.А., Чеботарькову С.А., а также научному руководителю Гурвичу В.Б. и директору Сутунковой М.П.

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

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила: 23.10.2023 / Принята к печати: 15.11.2023 / Опубликовано: 28.12.2023

Tatyana V. Mazhaeva, Svetlana E. Dubenko

## Evaluation of effectiveness of the diets developed for children with allergical pathology living in conditions of adverse environmental exposures

Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation

**Introduction.** Nutrition is one of the important preventive measures aimed at enhancing body resistance to adverse effects of environmental factors. Nutrition modelling taking into account its basic quality and environmental exposures is of particular importance for effective management of risks for the disease.

**Our objective** was to assess the effectiveness of the diets specially developed for children with allergies environmentally exposed to industrial pollutants.

**Materials and methods.** We examined cytomorphological features, nutritional status, general health status, and skin manifestations in eighty 3 to 6-year children suffering from allergies and sensitized to food products.

**Results.** A hypoallergenic elimination and detoxification diet specially developed with account for food intolerance, immune status, protein, energy and micronutrient sufficiency, genomic status, mental and physical health of the preschoolers with allergies led to a 1.5-fold decrease in the number of underweight children and

Original article

a threefold average drop in blood levels of lead, aluminum, arsenic, copper, and cadmium. The mean number of children with clinical manifestations of food intolerance demonstrated the 1.6-fold decline, the level of sIgA increased, while cytogenetic abnormalities in buccal epithelium decreased by 2.1 times.

**Limitations.** A limitation of the study was the lack of compliance of parents with recommendations for nutritional support.

**Conclusions.** The applied method of modelling the diet using dietary techniques based on basic nutrition data, toxic exposures, genetics, anthropometric, clinical, and immunological indicators has had a beneficial effect on all assessed health parameters in children with allergies living in a large industrial city.

**Keywords:** nutrition modelling; ecology; nutritional efficiency; hypoallergenic diet; nutritional support

**Compliance with ethical standards.** Study approval was provided by the Local Ethics Committee of Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers (protocol No. 5 of December 27, 2021). Written informed consent was obtained from parents of all examined children.

**For citation:** Mazhaeva T.V., Dubenko S.E. Evaluation of effectiveness of the diets developed for children with allergies living in conditions of adverse environmental exposures. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2023; 102(12): 1348–1353. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-12-1348-1353> <https://elibrary.ru/eqoyou> (In Russ.)

**For correspondence:** Tatyana V. Mazhaeva, MD, PhD, Leading Researcher, Head of the Department of Nutrition Hygiene, Food Quality and Safety, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation. E-mail: mazhaeva@ymrc.ru

#### Information about the authors:

Mazhaeva T.V., <https://orcid.org/0000-0002-8566-2446> Dubenko S.E., <https://orcid.org/0000-0001-8008-6024>

**Contribution:** Mazhaeva T.V. – study conception and design, draft manuscript preparation; Dubenko S.E. – data collection, analysis and interpretation of results, draft manuscript preparation. 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.

**Acknowledgement.** The study had no sponsorship. We are grateful for the assistance provided in the research to Shtin T.N., Bushueva T.V., Minigalieva I.A., Klinova S.V., Shaikhova D.R., Bereza I.A., Chebotarkova S.A., Scientific Director Gurvich V.B., and Director Sutunkova M.P. for participating in research.

Received: October 23, 2023 / Accepted: November 15, 2023 / Published: December 28, 2023

## Введение

В разработке мероприятий по управлению рисками для здоровья населения оценка эффективности вновь создаваемых профилактических рационов питания, особенно для детей, имеет важное значение. В условиях негативного воздействия среды обитания правильно подобранная модель питания с учётом нутритивного, иммунного, клинического и генетического профиля, а также защитно-компенсаторных возможностей организма детей повышает вероятность её эффективности [1–3].

**Цель работы** – оценить эффективность разработанных рационов для детей с аллергопатологией, проживающих в условиях неблагоприятного воздействия окружающей среды.

## Материалы и методы

В рамках работ, которые были проведены авторами в 2021–2022 гг. в специализированном дошкольном образовательном учреждении крупного промышленного города Нижний Тагил Свердловской области, у детей с аллергическими заболеваниями, имеющих сенсибилизацию к пищевым продуктам, изучено влияние питания и воздействие окружающей среды [4, 5], проведена оптимизация рационов питания [6]. В продолжение исследования с целью оценки эффективности разработанных и внедрённых рационов питания по истечении четырёх месяцев повторно были обследованы 80 детей (66,7% мальчиков) в возрасте от 3 до 6 лет (средний возраст  $4,8 \pm 1,1$  года) по иммунологическим, цитоморфологическим показателям, пищевому статусу, общему состоянию здоровья, в том числе кожным проявлениям. На исследование было получено разрешение локального этического комитета (ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора от 27 декабря 2021 г., № 5), родители подписали добровольное информированное согласие на обследование детей.

Все лабораторные исследования проводились во ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора. Массовая концентрация в цельной крови детей металлов исследована методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой. Полученные концентрации сравнивались со средними концентрациями, при которых обнаружены минимальные нарушения в здоровье детей [7]. Дельта-аминолевулиновая кислота (Δ-АЛК) определялась спектрофотометрическим методом с реактивом Эрлиха.

Исследованы следующие параметры иммунной системы: иммуноглобулины класса G (IgG) специфические в слюне определялись методом иммуноферментного анализа (произв. «Вектор-Бест») с использованием готовых аллергенов на глиадин, яйцо, красную и белую рыбу. Иммуноглобулин E общий (IgE) и секреторный иммуноглобулин A (sIgA) исследовали в крови методом иммуноферментного анализа с использованием планшетного иммуноферментного ридера Multiskan EX. Активность лизоцима в ротовой жидкости изучали нефелометрическим методом с использованием культуры *Micrococcus lysodeikticus*.

Врачом-иммунологом дошкольного учреждения проведён внешний осмотр детей на предмет кожных, лёгочных и желудочно-кишечных проявлений аллергии, сформированы данные по имеющимся у них клиническим диагнозам. Исходно и в конце исследования родители заполняли анкету субъективной оценки состояния здоровья детей. Исследование морфофункционального статуса проведено по антропометрическим показателям. Росто-весовые характеристики представлены медицинским работником дошкольной организации, измерение проводилось по стандартной методике с использованием ростомера и напольных медицинских весов. Оценку физического развития детей осуществляли с помощью региональных оценочных таблиц, построенных по процентильному методу [8, 9].

Использовались методы оценки биомаркёров воздействия экотоксикантов, которые отражают цитоморфологические изменения в организме. Исследовался буккальный эпителий слизистой полости рта детей: определялись цитогенетические показатели (микроядра, протрузии, ядра с атипичной формой), пролиферация (мост между ядрами, многоядерные клетки, ядра с центральной перетяжкой) и деструкция ядра (вакуолизация ядра, кариорексис, кариопикноз, кариолизис, апоптозные тела), результаты интерпретировали по литературным данным [10–13].

По результатам первичного обследования детям с аллергопатологией были даны индивидуальные рекомендации. Для статистической обработки данных использованы пакет Microsoft Excel и программа IBM SPSS Statistic 20. Анализ независимых и связанных выборок проведён с использованием непараметрического метода Манна – Уитни и Уилкоксона. Метод  $\chi^2$  Пирсона использовался для сравнения различий между категориальными переменными. Анализ парных корреляционных связей для переменных с интервальной и номинальной шкалой проведён с помощью корреляции Пирсона. Связь между параметрами считалась значимой при уровне  $p < 0,05$ .

Таблица 1 / Table 1

**Уровень иммуноглобулинов и процент детей, имеющих непереносимость пищевых продуктов**  
**Immunoglobulin levels and percentage of children with food intolerance**

Иммуноглобулин Immunoglobulin (Ig)	Референтные значения, опт. ед. Reference values, optical units	$M \pm m$ , опт. ед. (optical units)		% детей с отклонением от референтных значений Children with deviations from reference values, %	
		2021	2022	2021	2022
IgG на яйцо / To egg	0.9–1.1	1.2 ± 0.03	1.2 ± 0.03	67.5	58.8
IgG на белок коровьего молока To cow milk protein	0.9–1.1	1.2 ± 0.03	1.1 ± 0.03	68.8	60.0
IgG на рыбу белую / To white fish	0.9–1.1	1.2 ± 0.03	1.2 ± 0.02	65.0	57.5
IgG на рыбу красную / To red fish	0.9–1.1	1.2 ± 0.03	1.0 ± 0.02	66.3	65.0
IgG на глиадин / To gliadin	0.9–1.1	1.3 ± 0.1	1.1 ± 0.02	65.0	58.8
IgE общий / IgE total	< 50 МЕ/мл	263.7 ± 42.8	221.4 ± 39.6	71.3	46.3

## Результаты

Полученные в результате всестороннего первичного обследования детей данные позволили разработать циклическое меню в двух вариантах и дать индивидуальные диетические рекомендации, включающие в том числе курсовой приём энтеросорбентов, пектина, витаминов, минеральных веществ, биопрепаратов. Решение о разработке двух вариантов меню было принято коллегиально врачом-диетологом, иммунологом и педиатром с учётом числа детей с пищевой непереносимостью отдельных пищевых продуктов. Один вариант предназначался для 15,7% детей, реагирующих на четыре основных продукта (молоко, глютен, рыба и яйцо), остальные дети получали второй вариант меню, в котором были исключены два основных продукта-аллергена (яйцо, молоко). Непереносимость подтверждалась лабораторными данными (IgG) и клиническими проявлениями, зафиксированными в результате регулярного ведения дневников питания. Набор пищевых продуктов и пищевая ценность меню приведены в соответствие физиологической потребности возрастной группы детей и требованиям санитарного законодательства с учётом графика пребывания в ДОУ. Учтены результаты предыдущего исследования по наличию у более 50% детей гетеро- и гомозиготного неблагоприятного полиморфизма гена *GSTP1*, кодирующего белок из семейства глутатион-S-трансфераз, а также гена *SOD2*, ассоциированного с активностью фермента митохондриальной супероксиддисмутазы [5]. Рационы содержали необходимое количество незаменимых аминокислот (НАК) за счёт увеличения содержания глицина, цистеина и глутаминовой кислоты, которые участвуют в детоксикационных процессах в составе трипептида глутатиона [14]. С целью улучшения витаминно-минерального состава, в том числе витаминами-антиоксидантами, в рационе увеличено количество полифенолов, для улучшения детоксикационных функций дополнительно введена клетчатка, для поддержания микробиоты кишечника расширен ассортимент овощей, фруктов, ягод, добавлены отруби, пектин, морская капуста. Улучшен жирнокислотный состав рациона, введены новые рецептуры блюд с включением льняного, тыквенного, оливкового масла.

С персоналом пищеблока ДОУ была проведена отработка новых рецептов, а также учёба по формированию меню, что не вызвало в дальнейшем трудностей с их внедрением. Оценка удовлетворённости качеством новых блюд была проведена по откликам родителей и количеству отходов. Показаны положительные результаты, дети не отказывались от новых блюд, количество отходов сократилось.

Дополнительно для каждого ребёнка была разработана индивидуальная нутритивная поддержка (до 10 биологически активных веществ на 3 мес). Более половины детей использовали сорбенты и витаминно-минеральные комплексы, более 40% детей применяли про-, пребиотики и желчегонные препараты. Каждый третий принимал витамин А

в течении двух – четырёх недель. Отдельные минеральные вещества (цинк, медь) были показаны только при низком уровне в крови, их принимал каждый пятый ребёнок. Глутаминовую кислоту в качестве детоксиканта использовали 7,5% детей. Оценка выполнения рекомендаций в домашних условиях показала, что за период наблюдения в среднем на одного ребёнка было выполнено 3,3 рекомендации, 19,7% родителей не выполняли рекомендации, 53% выполнили от 1 до 4 назначений.

Морфофункциональный статус по показателю длина тела/масса тела/возраст в начале исследования в среднем соответствовал недостаточности массы тела, то есть находился в интервале ниже среднего [7]. Недостаточную массу тела имели 23% детей, в том числе выраженный дефицит – 5,7%. После коррекции питания у детей в 1,3 раза уменьшилось число лиц с дефицитом массы тела (17,1%), в том числе в 1,5 раза с выраженным дефицитом (3,7% наблюдений). Показатель длина тела/масса тела в конце исследования соответствовал третьему интервалу, то есть нормальной массе тела. Таким образом, морфофункциональный статус детей после коррекции питания улучшился.

В исследуемой группе детей по данным анамнеза преобладал кожный фенотип аллергопатологии (у 97%). Клинические проявления пищевой непереносимости при употреблении продуктов, вызывающих сенсibilизацию, исходно наблюдались в 46,1% наблюдений и характеризовались наличием таких симптомов, как сухость кожи, высыпания, кожный зуд. После оптимизации рациона при внешнем осмотре выявлено наличие кожных симптомов у 25,8% детей, что в 1,8 раза реже исходных значений ( $p < 0,001$ ).

По данным анкетирования родителей исходно чаще всего у детей отмечались следующие общие астенические симптомы и нарушения эмоциональной сферы: плаксивость и ранимость (30,1%), а также тревожность, рассеянность, агрессивность, плохое настроение, головная боль и нарушение сна (у каждого десятого ребёнка). После оптимизации рациона достоверно реже (на 17,2%) фиксировались жалобы на головную боль ( $p = 0,005$ ) и нарушение сна ( $p = 0,05$ ).

Реакция на пылецу у детей в 2022 г. отмечалась достоверно реже в сравнении с 2021 г. ( $p = 0,049$ ), первичные данные были получены в аналогичный временной период. Динамика иммунологических показателей представлена в табл. 1.

Исходно показатель уровня IgG в среднем на все исследуемые продукты (яйцо, белок коровьего молока, глиадин, белую и красную рыбу) был повышен у большей половины детей. Число детей, имеющих отклонения по показателям IgG после коррекции питания, уменьшилось на 5%, а среднее значение показателя уровня IgG стало соответствовать референтным значениям по глиадину ( $p = 0,005$ ) и красной рыбе ( $p = 0,01$ ). По яйцу, молоку и белой рыбе статистически значимой динамики не выявлено.

Снижение аллергической настроенности организма подтверждается уровнем IgE общего. Исходно показатель

Таблица 2 / Table 2

**Динамика концентрации металлов в крови детей,  $n = 80$**   
**Trend in blood metal concentrations in the preschool children,  $n = 80$**

Металл в крови Metals in blood	Концентрации металлов в крови, при которых отклонения в состоянии здоровья детей минимальны [7], мкг/дл Blood metal levels, at which deviations in a child health status are minimal [7], µg/dL	Фактическое содержание в крови, мкг/дл Blood metal concentrations, µg/dL	
		в 2021 г. during 2021	в 2022 г. during 2022
Медь / Copper	85.65–105.03	69.2 ± 3.40	18.69 ± 0.10
Мышьяк / Arsenic	1.12–1.36	0.39 ± 0.10	0.15 ± 0.01
Кадмий / Cadmium	0.02–0.05	0.11 ± 0.10	0.05 ± 0.00
Свинец / Lead	2.04–271.00	3.35 ± 1.40	0.70 ± 0.07
Марганец / Manganese	0.70–1.50	1.37 ± 0.30	0.03 ± 0.00
Алюминий / Aluminum	< 150.00	64.1 ± 14.10	16.47 ± 0.22

варьировал от 0,67 до 1295 МЕ/мл и в среднем ( $263,7 \pm 42,8$  МЕ/мл) был выше референтных значений в 5,5 раза. В конце исследования концентрация IgE общего в крови варьировала от 0,92 до 1441 МЕ/мл и в среднем ( $221,4 \pm 39,6$  МЕ/мл) снизилась на 23,6% от исходного ( $p < 0,001$ ). Число детей с нормальным показателем IgE общего за период наблюдения увеличилось в 1,5 раза.

Среднее значение уровня sIgA в группе соответствовало  $291,3 \pm 16,3$  мг/л в конце исследования против  $153,4 \pm 14,7$  мг/л исходно при норме 70–250 мг/л. Низкий уровень sIgA в начале исследования выявлен в 28,8% наблюдений, то есть в 5,8 раза чаще, чем после коррекции питания и использования профилактического комплекса биологически активных веществ (у 5% детей;  $p < 0,001$ ). Нормальные значения показателя были у 47,2% детей исходно и у 43,8% в конце исследования.

Уровень лизоцима у детей исходно был в среднем  $123,1 \pm 6,7$  мкг/мл, в конце исследования он снизился в 2 раза (в среднем  $71,4 \pm 3,5$  мкг/мл), что сопоставимо с уровнем у здоровых детей, проживающих на экологически неблагоприятных территориях [15].

Показатель маркера свинцовой интоксикации  $\Delta$ -АЛК в моче за период наблюдения в среднем остался в диапазоне нормируемых величин  $27,7 \pm 1,2$  мкмоль/л в начале исследования против  $39,6 \pm 1,4$  мкмоль/л в конце при нормируемом до 43 мкмоль/л. Однако число детей с отклонением от нормы за период исследования возросло с 7,5 до 32,5%, что может свидетельствовать о продолжающемся контакте со свинцом или выведении его из депо.

Анализ содержания в крови тяжёлых металлов показал, что в среднем исходно в исследуемой группе детей наблюдались высокие концентрации свинца и марганца (табл. 2).

Таблица 3 / Table 3

**Сравнение частоты встречаемости aberrantных клеток у детей ДОУ г. Нижний Тагил исходно и после применения нового меню,  $n = 80$**   
**Comparison of the frequency of occurrence of aberrant cells in 80 preschool children of Nizhny Tagil before and after using a new menu,  $n = 80$**

Показатели Indicators	Год / Years		$p$
	2021	2022	
<i>Цитогенетические показатели / Cytogenetic indicators</i>			
Микроядра (МЯ) / Micronuclei	2.37 ± 0.37	0.50 ± 0.13	< 0.001
Протрузии (ПР) / Protrusions	2.57 ± 0.23	0.45 ± 0.08	< 0.001
Частота клеток с цитогенетическими повреждениями (сумма МЯ и ПР) Frequency of cells with cytogenetic aberrations (micronuclei + protrusions)	4.94 ± 0.46	1.06 ± 0.22	< 0.001
Ядро атипичной формы / Atypical nucleus	6.47 ± 0.44	5.51 ± 0.66	> 0.05
<i>Показатели пролиферации / Proliferation indicators</i>			
Мост между ядрами / Bridge between nuclei	0.44 ± 0.07	1.63 ± 0.18	< 0.001
Двух-, многоядерные клетки / Bi- and multinucleated cells	4.95 ± 0.34	2.12 ± 0.17	< 0.001
Ядра с центральной перетяжкой / Nuclei with centromeres	2.65 ± 0.27	1.93 ± 0.20	0.041
<i>Показатели деструкции ядра / Indicators of nucleus destruction</i>			
<i>Ранняя деструкция ядра / Early nucleus destruction</i>			
Вакуолизация ядра / Nucleus vacuolization	99.96 ± 4.55	93.67 ± 3.18	> 0.05
<i>Завершение деструкции ядра / Completion of nucleus destruction</i>			
Кариорексис / Karyorrhexis	10.97 ± 1.03	7.80 ± 0.88	0.028
Кариопикноз / Karyopyknosis	54.53 ± 2.69	79.78 ± 3.07	< 0.001
Кариолизис / Karyolysis	8.38 ± 0.68	5.69 ± 0.77	< 0.001
Апоптотные тела / Apoptotic bodies	11.78 ± 0.99	4.87 ± 0.76	< 0.001
Суммарное количество aberrantных клеток / Total number of aberrant cells	207.4	205.9	> 0.05

Динамика содержания в крови у детей металлов после использования нового рациона и индивидуальных рекомендаций (см. табл. 2) свидетельствует о значимом снижении ( $p < 0,001$ ) уровня следующих металлов: свинца – в 4,8 раза, алюминия – в 3,9 раза, мышьяка – в 2,6 раза, меди – в 3,7 раза, кадмия – в 2,2 раза.

Первоначальная оценка цитоморфологических изменений буккального эпителия показала, что распространённость аберрантных клеток всех типов у детей с аллергопатологией в среднем составила 21,1%. Они представлены цитогенетическими нарушениями буккального эпителия (1,69%), изменением пролиферации и деструкции клеток (0,79 и 18,59% соответственно). В ранее опубликованной статье дана сравнительная характеристика цитоморфологических изменений эпителия у детей, проживающих в разных с точки зрения экологической загрязнённости территориях [6].

Изменения цитоморфологических показателей буккального эпителия у детей с аллергопатологией до и после коррекции рациона представлены в табл. 3.

Как видно из таблицы, количество клеток с цитогенетическими нарушениями буккального эпителия, которые в норме не должны наблюдаться, уменьшилось в 2,1 раза (0,76 против 1,69% исходно;  $p < 0,001$ ). Количество клеток с микроядрами снизилось в 4,7 раза, с изменениями показателей пролиферации – в 1,4 раза ( $p < 0,001$ ).

## Обсуждение

Разработанные рекомендации по нутритивной поддержке детей были реализованы как в ДООУ, так и в домашних условиях, однако существует проблема, связанная с поведенческими реакциями ребёнка на диетологическое вмешательство, а также комплаентности родителей по вопросам профилактики, от которых зависит конечный результат [16]. Можно предположить, что выполнение большого количеством родителей рекомендаций в домашних условиях могло привести к наилучшему результату по изучаемым показателям здоровья. Так, из всех нутритивных назначений дополнительно к основной модели домашнего питания чаще всего использовались сорбенты и витаминно-минеральные комплексы (62,1 и 51,5% наблюдений соответственно).

Необходимо отметить, что результат интерпретации диетических рекомендаций может быть недооценён и в связи с существующими ограничениями в методах изучения питания. При использовании опросного метода домашнего питания возможно недополучение информации по потреблению продуктов и пищевых веществ, что описывается в некоторых публикациях. В то же время в литературе отмечается, что результаты взаимосвязи диетологических факторов и заболеваемости будут зависеть не только от метода оценки питания, но и от дизайна исследования, в котором будут учитываться такие потенциально значимые факторы, как окружающая среда, наследственность (полиморфизм генов), морфофункциональные (антропометрические данные) и т. д. [17]. В нашем исследовании мы учли показатели, которые частично характеризовали воздействие окружающей среды (экспозицию металлами), иммунный статус, энергетическую и нутриентную обеспеченность, рост-весовые показатели, показатели эмоциональной сферы и соматического здоровья, геномный статус. Такие данные позволили персонализировать диетологические рекомендации в соответствии с потребностями каждого ребёнка и выявленными фенотипическими признаками [18]. Научно обоснованный рацион питания, сбалансированный по белково-энергетической и жировой составляющей, позволил снизить число детей с дефицитом массы тела в 1,3 раза, а с выраженным дефицитом – в 1,5 раза.

Цитоморфологические изменения буккального эпителия детей, проживающих в условиях неблагоприятного воздействия окружающей среды, свидетельствуют о высокой генетической нестабильности в соматических клетках, что

в сочетании с аллергонастроенностью может свидетельствовать о снижении адаптационного потенциала организма. Усиление рациона питания пищевыми веществами, направленными на повышение детоксикационных способностей организма детей (глутатион, витамины В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, кальций, фосфор, железо, пищевые волокна), способствовало снижению концентрации в крови свинца и мышьяка в 4,8 и 2,6 раза соответственно.

Количество клеток буккального эпителия с цитогенетическими нарушениями уменьшилось в 2,1 раза.

Элиминационная диета привела к снижению клинических проявлений пищевой непереносимости в виде атопического дерматита в 1,8 раза. Немаловажное значение в оценке гуморального иммунитета и агрессивного воздействия факторов внешней среды имеет определение секреторного sIgA [4]. Активация антигенпрезентирующих клеток, которые усиливают процесс трансформации В-лимфоцитов в плазматические клетки, приводит к увеличению синтеза данного иммуноглобулина. Снижение уровня секреторного sIgA способствует беспрепятственному проникновению аллергенов через слизистые оболочки респираторного и желудочно-кишечного тракта [18], что может привести к утяжелению аллергизации. По результатам наших исследований, уровень sIgA в среднем увеличился, что может свидетельствовать об активации иммунной системы по защите слизистых от негативного влияния аллергенов, патогенных микроорганизмов и других факторов.

Противовоспалительным действием, сорбционными свойствами, а также скоростью репарации тканей, повышению фагоцитарной активности лейкоцитов и антителогенезом обладает лизоцим [19, 20]. Снижение уровня лизоцима в нашем исследовании может быть связано с уменьшением проявлений воспаления, в том числе со стороны желудочно-кишечного тракта.

В некоторых исследованиях показано, что оценка иммунологических показателей даёт ограниченную информацию о влиянии диеты на иммунный ответ при аллергических заболеваниях, поэтому рекомендуется использовать специфические биомаркёры метаболических изменений, в том числе биомаркёры модели питания. Однако несмотря на то что биомаркёры более точны, они отражают недавнее потребление и не дают адекватной информации о влиянии долгосрочного питания [21]. Следовательно, требуются динамическое наблюдение детей, оценка их метаболического профиля и коррекция детоксикационной модели питания.

## Заключение

В результате применения комплексного подхода к нутритивной поддержке детей с аллергопатологией, проживающих в условиях воздействия неблагоприятных факторов окружающей среды, получена положительная динамика антропометрических (снижение числа детей с дефицитом массы тела), иммунологических (снижение титров IgG, IgE, повышения IgA), цитоморфологических (снижение количества клеток буккального эпителия с цитогенетическими повреждениями, пролиферации, микроядрами) показателей, клинических проявлений дерматита и субъективной оценки состояния здоровья. Опыт применения комплексного подхода в оценке факторов, влияющих на здоровье детей, и персонализированный подход к моделированию рациона питания, исходя из индивидуальных показателей, позволяет сделать вывод о его эффективности. Однако для оценки более точных ассоциаций влияния пищевых веществ и экологии на те или иные показатели здоровья необходим поиск более специфических маркёров, в том числе метаболомного и протеомного профиля. Кроме того, просветительская работа среди родителей по вопросам питания и комплаентности к рекомендациям позволит усилить эффективность разработанных рекомендаций по питанию и сохранить здоровье детей, проживающих в неблагоприятных условиях окружающей среды.

## Литература

(п.п. 1–3, 17, 20 см. References)

4. Мажаева Т.В., Дубенко С.Е., 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>
5. Бушуева Т.В., Минигалиева И.А., Клинова С.В., Шаихова Д.Р., Береза И.А., Амромнина А.М. и др. Иммунохимические, цитогенетические изменения и генетический полиморфизм у детей, проживающих в условиях воздействия неблагоприятных факторов окружающей среды. *Гигиена и санитария*. 2022; 101(12): 1555–56. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-12-1555-1561> <https://elibrary.ru/lqegttq>
6. Мажаева Т.В., Дубенко С.Э. Стратегия нутритивной поддержки при организации питания детей дошкольного возраста с пищевой непереносимостью. *Индустрия питания*. 2023; 8(2): 31–41. <https://doi.org/10.29141/2500-1922-2023-8-2-4> <https://elibrary.ru/ecudjg>
7. Плотникова И.А. *Комплексный подход к оценке состояния здоровья и эффективности реабилитационных мероприятий у детей, проживающих в условиях воздействия неблагоприятных факторов окружающей среды*: Автореф. дисс. ... д-ра мед. наук. Екатеринбург; 2011.
8. Бородулина Т.В., Санникова Н.Е., Левчук Л.В., Тиунова Е.Ю., Крылова Л.В., Красилова А.В. и др. *Основы здоровья детей и подростков: руководство для врачей. Часть I. Комплексная оценка здоровья детей и подростков*. Екатеринбург; 2017.
9. Насыбулина Г.М., Кочева Н.О., Санникова Н.Е., Вахлова И.В., Бабина Р.Т. *Оценка физического развития детей Свердловской области от 0 до 16 лет: Методические рекомендации*. Екатеринбург; 2002.
10. Калаев В.Н., Артюхов В.Г., Нецаева М.С. Микроядерный тест буккального эпителия ротовой полости человека: проблемы, достижения, перспективы. *Цитология и генетика*. 2014; 48(6): 62–80. <https://doi.org/10.3103/S0095452714060061> <https://elibrary.ru/tmakjt>
11. Левински М.В., Калаев В.Н., Буторина А.К. Анализ встречаемости клеток с микроядрами в буккальном эпителии и уровень сывороточных антител среди детского и взрослого населения, проживающего в различных районах города Кишинева. *Курский научно-практический вестник «Человек и его здоровье»*. 2008; (2): 11–6. <https://elibrary.ru/jwalzh>
12. Сычева Л.П., Бяхова М.М., Земляная Г.М., Коваленко М.А., Шереметьева С.М. Цитогенетические показатели, пролиферация и апоптоз эпителиальных клеток у детей, больных бронхиальной астмой. *Пульмонология*. 2008; (6): 67–70. <https://elibrary.ru/jxgoah>
13. Юрченко В.В., Кривцова Е.К., Подольная М.А., Беляева Н.Н., Малышева А.Г., Дмитриева Р.А. и др. Микроядерный тест эпителия щеки в комплексной оценке экологического благополучия детей в Москве. *Гигиена и санитария*. 2007; 86(6): 83–5. <https://elibrary.ru/iirncl>
14. Пилат Т.Л., Кузьмина Л.П., Измерова Н.И. *Детоксикационное питание*. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2012.
15. Сударева Т.В., Судакова Н.А., Ермашева М.А., Шестакова В.Н. Сравнительная характеристика показателей лизоцимной активности слюны у детей с ограниченными возможностями здоровья и детей, не имеющих ограниченных возможностей здоровья. В кн.: *Актуальные проблемы медицины: материалы ежегодной итоговой научно-практической конференции*. Гродно; 2018: 725–8.
16. Микиртичан Г.Л., Каурова Т.В., Очкур О.К. Комплаентность как медико-социальная и этическая проблема педиатрии. *Вопросы современной педиатрии*. 2012; 11(6): 5–10. <https://elibrary.ru/pmkedp>
18. Щеплягина Л.А. Секреторный иммуноглобулин А в формировании местного иммунитета в детском возрасте. *Лечение и профилактика*. 2016; (3): 49–55. <https://elibrary.ru/uphvba>
19. Лесниченко Д.А. Уровни секреторного иммуноглобулина А у лиц с аллергией к бытовым клещам. *Медицинская иммунология*. 2017; 19(S): 130. <https://elibrary.ru/zbfdfv>
21. Овсянников В.Г., Торопкина Ю.Е., Краскевич В.В., Алексеев В.В., Бойченко А.Е., Алексеева Н.С. и др. Лизоцим – грани возможного. *Современные проблемы науки и образования*. 2020; (3): 147. <https://doi.org/10.17513/spno.29903> <https://elibrary.ru/teorq>

## References

1. London S.J., Romieu I. Gene by environment interaction in asthma. *Annu. Rev. Public Health*. 2009; 30: 55–80. <https://doi.org/10.1146/annurev.publhealth.031308.100151>
2. Erwin J.A., Marchetto M.C., Gage F.H. Mobile DNA elements in the generation of diversity and complexity in the brain. *Nat. Rev. Neurosci*. 2014; 15(8): 497–506. <https://doi.org/10.1038/nrn3730>
3. Olbrich C.L., Bivas-Benita M., Xenakis J.J., Maldonado S., Cornwell E., Fink J., et al. Remote allergen exposure elicits eosinophil infiltration into allergen nonexposed mucosal organs and primes for allergic inflammation. *Mucosal Immunol*. 2020; 13(5): 777–87. <https://doi.org/10.1038/s41385-020-0310-x>
4. Mazhaeva T.V., Dubenko S.E., Shtin T.N., Yarushin S.V., Chebotar'kova 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)
5. Bushueva T.V., Minigal'eva I.A., Klinova S.V., Shaikhova D.R., Bereza I.A., Amromnina A.M., et al. Immunochimical, cytogenetic changes and genetic polymorphism in children living under the exposure to unfavourable environmental factors. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2022; 101(12): 1555–56. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-12-1555-1561> <https://elibrary.ru/lqegttq> (in Russian)
6. Mazhaeva T.V., Dubenko S.E. Nutriative support strategy in the catering of preschool children with the food intolerance. *Industriya pitaniya*. 2023; 8(2): 31–41. <https://doi.org/10.29141/2500-1922-2023-8-2-4> <https://elibrary.ru/ecudjg> (in Russian)
7. Plotnikova I.A. *An Integrated Approach to Assessing the State of Health and the Effectiveness of Rehabilitation Measures in Children Living Under Exposure to Adverse Environmental Factors*: Diss. Екатеринбург; 2011. (in Russian)
8. Bородулина Т.В., Санникова Н.Е., Левчук Л.В., Тиунова Е.Ю., Крылова Л.В., Красилова А.В., et al. *Fundamentals of Child and Adolescent Health: A Guide for Physicians. Part I: Comprehensive Assessment of Health of Children and Adolescents [Основы здоровья детей и подростков: руководство для врачей. Часть I. Комплексная оценка здоровья детей и подростков]*. Екатеринбург; 2017. (in Russian)
9. Nasybulina G.M., Kocheva N.O., Sannikova N.E., Vakhlova I.V., Babina R.T. *Assessment of Physical Development of Children Aged 0 to 16 Years in the Sverdlovsk Region: Guidelines [Оценка физического развития детей Свердловской области от 0 до 16 лет: Методические рекомендации]*. Екатеринбург; 2002. (in Russian)
10. Kalaev V.N., Artyukhov V.G., Nechaeva M.S. Micronucleus test of human oral cavity buccal epithelium: problems, achievement, perspectives. *Tsitologiya i genetika*. 2014; 48(6): 62–80. <https://doi.org/10.3103/S0095452714060061> <https://elibrary.ru/ufmpex> (in Russian)
11. Levinski M.V., Kalaev V.N., Butorina A.K. The analysis of the contents of cells with micronuclear in buccal epithelium and the level of serum antibodies among children and adult population living in various areas of city of Kishinev. *Kurskiy nauchno-prakticheskiy vestnik «Chelovek i ego zdorov'e»*. 2008; (2): 11–6. <https://elibrary.ru/jwalzh> (in Russian)
12. Sycheva L.P., Byakhova M.M., Zemlyanaya G.M., Kovalenko M.A., Sheremet'eva S.M. Cytogenetic indexes, proliferation and apoptosis in epithelial cells of children with bronchial asthma. *Pul'monologiya*. 2008; (6): 67–70. <https://elibrary.ru/jxgoah> (in Russian)
13. Yurchenko V.V., Krivtsova E.K., Podol'naya M.A., Belyaeva N.N., Malysheva A.G., Dmitrieva R.A., et al. Buccal epithelial micronuclear test in the comprehensive assessment of children's ecological well-being in Moscow. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2007; 86(6): 83–5. <https://elibrary.ru/iirncl> (in Russian)
14. Pilat T.L., Kuz'mina L.P., Izmerova N.I. *Detoxification Nutrition [Detoksikatsionnoe pitanie]*. Moscow: GEOTAR-Media; 2012. (in Russian)
15. Sudareva T.V., Cudakova N.A., Ermasheva M.A., Shestakova V.N. Comparative characteristics of indicators of lysozyme activity of saliva in children with and without disabilities. In: *Actual Problems of Medicine: Proceedings of the Annual Final Scientific and Practical Conference [Aktual'nye problemy meditsiny: materialy ezhegodnoy itogovoy nauchno-prakticheskoy konferentsii]*. Grodno; 2018: 725–8. (in Russian)
16. Mikirtichan G.L., Kaurava T.V., Ochkur O.K. Compliancy as a medico-social and ethic problem of pediatrics. *Voprosy sovremennoy pediatrii*. 2012; 11(6): 5–10. <https://elibrary.ru/pmkedp> (in Russian)
17. Moreno-Macias H., Romieu I. Effects of antioxidant supplements and nutrients on patients with asthma and allergies. *J. Allergy Clin. Immunol*. 2014; 133(5): 1237–44. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2014.03.020>
18. Shcheplyagina L.A. The secretory immunoglobulin a in formation of local immunity in children. *Lechenie i profilaktika*. 2016; (3): 49–55. <https://elibrary.ru/uphvba> (in Russian)
19. Lesnichenko D.A. Secretory immunoglobulin A levels in individuals allergic to house mites. *Meditsinskaya immunologiya*. 2017; 19(S): 130. <https://elibrary.ru/zbfdfv> (in Russian)
20. Donaldson D.M., Roberts R.R., Larsen H.S., Tew J.G. Interrelationship between serum beta-lysin, lysozyme and the antibody-complement system in killing *Escherichia coli*. *Infect. Immun*. 1974; 10(3): 657–66. <https://doi.org/10.1128/iai.10.3.657-666.1974>
21. Ovsyannikov V.G., Toropkina Yu.E., Kraskevich V.V., Alekseev V.V., Boychenko A.E., Alekseeva N.S., et al. Lysozyme – the frontiers of possibility. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2020; (3): 147. <https://doi.org/10.17513/spno.29903> <https://elibrary.ru/teorq> (in Russian)