

© Ямбулатов А.М., Устинова О.Ю., 2018

УДК 614.7:616.1/-09-084

НАРУШЕНИЕ БАЛАНСА ВИТАМИНОВ У ДЕТЕЙ ДОШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА В УСЛОВИЯХ КОМПЛЕКСНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ХИМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

А.М. Ямбулатов², О.Ю. Устинова^{1,3}¹ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», ул. Монастырская, 82, Пермь, 614045, Россия²Управление Роспотребнадзора по Пермскому краю, Куйбышева, 50, Пермь, 614016, Россия³Пермский государственный национальный исследовательский университет, Букирева, 15, Пермь, 614990, Россия

Недостаточность витаминов среди детского населения РФ носит распространенный характер. Химические вещества техногенного происхождения рассматриваются как значимый фактор, влияющий на уровень обеспеченности витаминами детского населения. Исследовано содержание витаминов А, С, D, B₆ и B₁₂ в крови у 188 детей в возрасте 6 лет, посещающих дошкольную образовательную организацию, расположенную на территории крупного промышленного центра, с установленным содержанием в воздухе, отбор и оценка качества атмосферного воздуха, воздуха помещений ДОО и питьевой воде органических веществ техногенного происхождения (фенол, формальдегид, этилбензол и хлорорганические соединения). Проведены оценка пищевого рациона детей, отбор и оценка качества атмосферного воздуха, воздуха помещений и питьевой воды ДОО. Установлено, что более 75 % детей имеют сниженный уровень содержания витаминов в крови даже при обеспеченности питания витаминами на уровне физиологической потребности и сбалансированности рациона. Выявлена связь снижения уровня обеспеченности детей витаминами с повышенным содержанием в крови обследуемых детей органических соединений. Длительное поступление с воздухом и водой органических соединений приводит к нарушению работы антиоксидантной системы организма, о чем свидетельствует снижение уровня ферментов антиоксидантного профиля (сукцинатдегидрогеназа и глутатионпероксидаза) и уровня общей антиоксидантной активности сыворотки крови у обследуемых детей. В условиях хронического поступления химических веществ техногенного происхождения и снижения функциональной активности ферментного звена окислительно-антиоксидантной системы возрастает роль неферментативных реакций антиоксидантной защиты, осуществляемых витаминами, что приводит к их повышенному расходу. Дефицит витаминов обусловлен запуском механизма их повышенного расходования в условиях хронической токсикантной нагрузки, что требует нового подхода при разработке комплекса мер, направленных на профилактику гиповитаминозов у детского населения, проживающего в условиях санитарно-гигиенического неблагополучия, обусловленного содержанием в объектах окружающей среды комплекса органических соединений техногенного происхождения.

Ключевые слова: дети; гиповитаминоз, химические вещества техногенного происхождения; витамины, система антиоксидантной защиты.

A.M. Yambulatov, O.Yu. Ustinova **□ VIOLATION OF BALANCES OF VITAMINS IN CHILDREN OF PRESCHOOL AGE IN CONDITIONS OF COMPLEX IMPACT OF TECHNOGENIC CHEMICAL FACTORS** □ Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, 82 Monastyrskaya St., Perm, 614045, Russia; Office of the Federal Service for Surveillance on Customers Rights Protection and Human Wellbeing in Perm region, 50, Kuibysheva str., Perm, 614016, Russia; Perm State National Research University, 15 Bukireva St., Perm, 614990, Russia.

Vitamin deficiency among children in Russia is urgently issue. Chemical substances of technogenic origin are considered as a significant factor affecting the level of vitamin provision for children. The study aimed to analyze vitamin A, C, D, B₆ and B₁₂ level in the blood of 188 children aged 6 years attending pre-school educational institution located in the territory of a large industrial centre with determined concentration content of organic substances of technogenic origin (phenol, formaldehyde, ethylbenzene and chlorinated organic compounds) exceeding the hygienic standards in the ambient air, the air in pre-school educational institution and drinking water. Child diet was assessed. Besides, sampling and assessment of the quality of atmospheric air, indoor air and drinking water in pre-school educational institution were carried out. It was found that more than 75 % of children have a reduced level of vitamins in the blood, even under the provision of nutrition with vitamins at the level of physiological requirements and diet balance. The relation between the decrease in the vitamin level provision for children and high level of organic compounds in the blood of the children examined was revealed. A long-term intake of organic compounds with air and water leads to disorders of the antioxidant system, as evidenced by the decrease in the level of antioxidant enzymes (succinate dehydrogenase and glutathione peroxidase) and the level of total antioxidant activity of blood serum among children examined. Under chronic entering of chemical substances of technogenic origin and decrease in functional activity of the oxidative-antioxidant system enzyme link, the role of non-enzymatic reactions of antioxidant protection supported by vitamins increases that leads to their increased consumption. The vitamin deficiency is caused by their increased consumption under chronic toxicant load that requires a new approach when developing a set of measures aimed at preventing hypovitaminosis in children living under sanitary and hygienic disadvantage caused by the organic compound complex of technogenic origin in environmental objects.

Key words: children; hypovitaminosis, chemical substances of technogenic origin; vitamins, antioxidant protection system.

Проведенные в Российской Федерации многочисленные исследования показали широкое распространение среди детского населения витаминной недостаточности на уровне субклинических гиповитаминозов, у 70 % детей установлена недостаточность трех и более витаминов, не зависящая от возраста ребенка, времени года и места проживания. У 60–90 % обследуемых детей выявлен низкий уровень обеспеченности витаминами группы В, у более чем 40 % – бета-каротином, 70–90 % детей испытывают дефицит витамина С. При этом недостаточность витаминов носит круглогодичный и сочетанный характер [4, 6, 9, 15, 22, 26].

Хронический дефицит витаминов у детей приводит к ухудшению самочувствия, снижению умственной и физической работоспособности, замедлению процессов физического и психического развития детей, повышению риска формирования и развития инфекционных и неинфекционных заболеваний [13]. Дефицит поступающих с пищей витаминов отрицательно влияет на протекание обменных процессов, увеличивает частоту и тяжесть заболеваний органов и систем организма [12].

Среди причин формирования гиповитаминозов указываются алиментарная недостаточность (нерациональное и несбалансированное питание, изначально низкий уровень содержания витаминов в пищевых продуктах, нарушения условий хранения пищевых продуктов и технологий переработки продуктов и т. д.) [6, 7, 9, 26, 27].

В настоящее время среди прочих факторов, оказывающих значительное влияние на уровень обеспеченности витаминами детского населения, рассматривается воздействие химических веществ техногенного происхождения [1, 5, 7, 13, 15, 22, 28]. Чесноковой Л.А. с соавт. был установлен тотальный дефицит витаминов А, Е, С, В₁, В₂ и В₆ у детского населения Восточной территориально-экономической зоны Оренбургской области, связанный с загрязнением объектов среды обитания (атмосферный воздух, почва, питьевая вода) химическими веществами техногенного происхождения, усиливающими процессы свободнорадикального окисления, что сопровождается повышенным расходом витаминов [29]. Даже незначительное количество таких элементов, как железо, кобальт, медь, магний, никель, свинец, кадмий, оказывает каталитическое воздействие на многие витамины [3, 30]. Особенно чувствительными к металлам являются ретинол и его эфиры, рибофлавин, пиридоксина гидрохлорид, пантотеновая и аскорбиновая кислоты и их соли, фолиевая кислота, холекальциферол, эргокальциферол, рутин [22]. В ряде случаев показано, что у детей в условиях загрязнения объектов среды обитания органическими соединениями техногенного происхождения с выраженными окислительными свойствами имеет место достоверное снижение содержания в крови витаминов С, А и Е [4, 9, 11, 13].

Цель исследования – изучение комплексного влияния техногенных органических соединений, обладающих выраженными окислительными свойствами (фенол, формальдегид, этилбензол, хлорорганические соединения), на баланс витаминов у детей дошкольного возраста,

проживающих в условиях санитарно-гигиенического неблагополучия.

Материалы и методы. В ходе работ было проведено углубленное лабораторное обследование 188 детей в возрасте 5–6 лет, посещающих не менее 3 лет дошкольную образовательную организацию (ДОО), расположенную на территории крупного промышленного центра. При проведении предварительного медикосоциального анкетирования из числа обследуемых были исключены дети из неблагополучных семей, дети семей с доходом ниже прожиточного минимума, дети с тяжелыми хроническими заболеваниями, а также с наследственной и врожденной патологией. На основании изучения содержания витаминов в крови у дошкольников, подвергающихся воздействию химических факторов риска, все дети были распределены на две группы. Группу наблюдения составили 146 дошкольников с дефицитом по двум и более витаминам, в группу сравнения вошли 42 ребенка с физиологическим уровнем обеспеченности по всем исследованным витаминам. Обе группы были сопоставимы по гендерному признаку ($p = 0,83$).

Медико-биологические исследования проводились с соблюдением этических принципов, изложенных в Хельсинкской декларации (1975 г. с доп. 1983 г.) и национальном стандарте РФ ГОСТ Р 52379–2005 «Надлежащая клиническая практика» (ICH E6 GCP). От родителей обследованных детей предварительно было получено добровольное информированное согласие на исследование.

Отбор проб атмосферного воздуха на территории размещения ДООУ был проведен в соответствии с ГОСТ 17.2.3.01–86 «Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов». Для оценки качества воздуха помещений ДООУ был проведен отбор проб воздуха игровых комнат и выполнен их химический анализ на содержание формальдегида, фенола и этилбензола. Отбор проб осуществлялся в соответствии с ГОСТ Р ИСО 16000–1–2007 «Воздух замкнутых помещений. Часть 1. Отбор проб. Общие положения».

Определение в пробах воздуха формальдегида проводили методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) в соответствии с МУК 4.1.1045–01 [2] (жидкостной хроматограф Agilent 1200 Series с диодно-матричным детектором). Исследование этилбензола выполнялось газохроматографическим методом (газовый хроматограф «Кристалл 5000» с капиллярной колонкой HP-FFAP 50*0,32*0,50 и детектором ионизации в пламени), фенола – спектрофотометрическим методом (спектрофотометр Lambda), в соответствии с РД 52.04.186–89, п. 5.3.5.1 и п. 5.3.3.5 [23, 24]. Среднесуточные концентрации веществ в воздухе помещений были рассчитаны как среднеарифметическое значение разовых концентраций в пробах, отобранных в течение суток.

Для оценки качества питьевой воды в ДООУ использовались данные мониторинговых исследований ФИФ СГМ и результаты натурных исследований в соответствии с ГОСТ Р 51232–98 «Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества».

Определение хлороформа и 4-хлористого углерода осуществлялось методом газовой хроматографии на хроматографе «Хроматэк-Кристалл-5000» с галогенселективным детектором.

Содержание в крови детей формальдегида, фенола, этилбензола, бензола, хлороформа и 4-хлористого углерода определялось по стандартным методикам [2, 10, 19, 20, 23, 24].

Изучение качества питания детей в ДОО и его сбалансированности осуществлялось расчетным методом по данным меню-раскладок, технологическим картам и бракеражным журналам.

Исследование содержания витаминов В₆ и В₁₂ в крови детей выполнено микробиологическим тестом в комбинации с колориметрическим методом (ID-Vit® Vitamin B₆ и ID-Vit® Vitamin B₁₂); определение содержания витамина С – колориметрическим тестом с тест-системой для определения водорастворимого витамина С; витаминов А, D и Е – методами иммуноферментного анализа (анализатор лабораторный иммунологический ELx808IU, анализатор иммуноферментный микропланшетный автоматический Infinite F50).

Для оценки напряженности окислительно-антиоксидантных реакций проводилось определение общей антиоксидантной активности сыроворотки крови, содержания гидроперекисей липидов и малонового диальдегида, супероксиддисмутазы и глутатионпероксидазы. Все исследования выполнялись по традиционным методикам с использованием автоматического биохимического анализатора Konelab, иммуноферментного анализатора ELx808 и стандартных тест-наборов.

В ходе исследования было отобрано 472 разовые и 118 суточные проб атмосферного воздуха, 124 пробы питьевой воды, 188 проб крови.

Анализ информации выполнялся с использованием вариационно-частотного анализа с учетом критерия Пирсона. Сравнение групп по количественным признакам проводили с использованием двухвыборочного критерия Стьюдента; достоверность численных значений оценивалась по критериям Фишера; оценка связи «концентрация химических веществ техногенного происхождения в крови – содержание витамина в крови» и «концентрация витамина в крови – маркер негативного эффекта» выполнялась по расчету показателя отношения шансов (OR) и его доверительного интервала (CI). Критерием наличия связи являлось $OR \geq 1$.

Результаты исследования. Исследование содержания основных органических загрязнителей техногенного происхождения в атмосферном воздухе на территории ДОО показало, что среднесуточное содержание формальдегида не превышало $2,0 \cdot 10^{-3} \pm 0,4 \cdot 10^{-3}$ мг/м³ (ПДКс.с. = $1,0 \cdot 10^{-2}$ мг/м³, $p \leq 0,001$), а этилбензола – до $2,0 \cdot 10^{-3}$ мг/м³ (ПДКс.с. = $2,0 \cdot 10^{-2}$ мг/м³, $p \leq 0,001$), что в обоих случаях было ниже гигиенических нормативов. В то же время среднесуточная концентрация фенола в атмосферном воздухе достигала $7,4 \cdot 10^{-3} \pm 1,8 \cdot 10^{-3}$ мг/м³ (ПДКс.с. = $3,0 \cdot 10^{-3}$ мг/м³, $p \leq 0,001$), что в 2,5 раза превышало допустимый уровень.

Содержание формальдегида в воздухе игровых помещений ДОО достигало $1,8 \cdot 10^{-2} \pm 0,4 \cdot 10^{-2}$ мг/м³ и достоверно превышало гигиенический норматив (ПДКс.с. = $1,0 \cdot 10^{-2}$ мг/м³). Уровень фенола в воздухе игровых помещений ДОО составлял $7,0 \cdot 10^{-3} \pm 1,7 \cdot 10^{-3}$ мг/м³ и так-

же достоверно превышал допустимую норму (ПДКс.с. = $3,0 \cdot 10^{-3}$ мг/м³). Этилбензол присутствовал в концентрации $2,0 \cdot 10^{-3} \pm 0,1 \cdot 10^{-3}$ мг/м³, что ниже гигиенических нормативов (ПДКс.с. = $2,0 \cdot 10^{-2}$ мг/м³). Содержание в питьевой воде хлороформа достигало 2,70 ПДК ($0,54 \pm 0,08$ мг/л); хлора остаточного свободного – 2,2 ПДК ($1,1 \pm 0,4$ мг/л), хлора остаточного связанного – 1,25 ПДК ($1,5 \pm 0,6$ мг/л).

Для детей организовано 5-разовое питание с 4-часовыми интервалами между приемами пищи, которое осуществляется в соответствии с 20-дневным меню, разработанным на основании регламентированных технологических нормативов и рецептур кулинарных изделий для ДОО [26]. Анализ фактического питания детей в ДОО показал отсутствие повторения в трехдневных меню-раскладах аналогичных блюд, что наряду с выполнением требований к суточному набору продуктов обеспечивало разнообразность рациона. В то же время в наборе продуктов, используемых для организации питания детей, в 3 раза превышены нормы потребления творога и творожных изделий, в 1,4 раза – рыбы, соков, фруктов и овощей, в 1,7 раза – сахара, однако количество молока и кисломолочных продуктов не соответствует требованиям СанПиН 2.4.1.3049–13 «Санитарно-эпидемиологические требования к устройству, содержанию и организации режима работы дошкольных образовательных организаций» [25] (табл. 1).

Расчетные исследования показали, что содержание белка в суточном рационе питания детей составляло $66,3 \pm 9,3$ г, жира – $62,5 \pm 9,8$ г, углеводов – $261,3 \pm 19,1$ г, а калорийность рациона достигала $1864 \pm 134,1$ ккал, что соответствует физиологическим потребностям детей этого возраста. Таким образом, суточное содержание белков в меню детей обеспечивало $14,2 \pm 1,4$ % суточной калорийности рациона, жиров – $30,1 \pm 3,7$ %, углеводов – $56,2 \pm 3,8$ %, что соответствует требованиям СанПиН 2.4.1.3049–13 (белки – 12–15 %, жиры 30–32 % и углеводы 55–58 % соответственно) [25].

Проведенный на основе меню-раскладок анализ витаминной обеспеченности рациона питания детей показал, что в среднем в течение дня дети получают $0,89 \pm 0,20$ мг витамина В₁ (физиологическая возрастная потребность – $0,4$ – $1,8$ мг/сут.), $1,0 \pm 0,3$ мг витамина В₂ (физиологическая возрастная потребность – $0,3$ – $1,5$ мг/сут.), $39,9 \pm 12,6$ мг витамина С (физиологическая возрастная потребность – $30,0$ – $90,0$ мг/сут.), что полностью соответствует возрастным нормативам [18].

Исследование содержания в крови обследованных детей витамина А показало, что его среднегрупповое значение ($0,23 \pm 0,02$ мкг/см³) не отличалось от физиологической нормы ($0,13$ – $0,51$ мкг/см³; $p = 0,68$), однако у 15 % детей не превышало $0,12 \pm 0,01$ мкг/см³ и было достоверно ниже нормы ($p \leq 0,01$). Среднегрупповое содержание в крови витамина Е достигало $0,37 \pm 0,03$ мкмоль/дм³, что соответствовало физиологическому уровню ($0,15$ – $0,87$ мкмоль/дм³, $p = 0,46$). В то же время содержание витамина С составляло только $4,82 \pm 0,31$ мг/см³, что приближалось к нижней границе физиологической нормы ($4,0$ – $14,96$ мг/см³, $p = 0,09$), однако у 75 % детей этот показатель был существенно ниже и не превышал $2,88 \pm 0,23$ мг/см³ ($p \leq 0,001$ – к физиологической норме).

Таблица 1. Сравнительный анализ весового количества продуктов, потребляемых ребенком в дошкольной образовательной организации, с рекомендуемыми гигиеническими нормативами (СанПиН 2.4.1.3049–13, в г/сут., брутто)

Table 1. Comparative analysis of the weight of products consumed by a child in a preschool educational organization, with the recommended hygienic standards (SanPiN 2.4.1.3049–13, g/day, gross)

Наименование пищевого продукта или группы пищевых продуктов	Метод меню-раскладок, (г/сут., брутто)	Рекомендуемое количество продуктов в сутки для детей 3–7 лет в соответствии с СанПиН 2.4.1.3049–13 (г/сут., брутто)	Достоверность различий фактического потребления и рекомендуемой нормы ($p \leq 0,05$)
Молоко и кисломолочные продукты с м.д.ж. не ниже 2,5 %	399,1 ± 107,8	450	≤ 0,05
Творог, творожные изделия с м.д.ж. не менее 5 %	118,0 ± 32,0	40	≤ 0,05
Сметана	18,4 ± 14,0	11	1,0
Мясо	102,8 ± 74,1	60,5	0,16
Рыба (филе)	86,2 ± 20,9*	39	≤ 0,05
Картофель	211,5 ± 106,1	209	0,92
Овощи, зелень	278,7 ± 173,6	325	0,24
Фрукты (плоды) свежие	126,3 ± 59,4	114	0,09
Соки фруктовые (овощные)	135,7 ± 59,4	100	≤ 0,05
Хлеб ржаной (ржано-пшеничный)	50,0	50	–
Хлеб пшеничный или хлеб зерновой	80,0	80	–
Крупы (злаки), бобовые	55,0 ± 31,5	43	0,07
Масло сливочное	21,8 ± 4,2	21	0,28
Масло растительное	10,3 ± 6,0	11	0,37
Сахар	55,1 ± 10,6	47	≤ 0,05

Средняя обеспеченность детей витамином D достигала $29,38 \pm 1,91$ нг/см³ (норма 30–100 нг/см³, $p = 0,26$), однако у 70 % показатель не превышал $23,16 \pm 1,13$ нг/см³ и был ниже физиологического ($p = 0,02$). Аналогичную тенденцию имело и содержание в крови витаминов группы В: при среднегрупповом уровне витамина В₆ $6,48 \pm 0,58$ мкг/дм³ (физиологический – $4,6–18,6$ мкг/дм³, $p = 0,72$) у 60 % детей этот показатель составлял только $3,46 \pm 0,20$ мкг/дм³ и был ниже нормы ($p = 0,02$). Среднегрупповое содержание в крови детей витамина В₁₂ составляло $166,35 \pm 24,49$ пмоль/дм³ (норма – $149–616$ пмоль/дм³, $p = 0,68$), однако у 45 % детей достигало только $121,44 \pm 4,10$ пмоль/дм³, что не соответствовало физиологическому ($p = 0,02$). Обобщение полученных результатов показало, что только у 22,3 % обследованных детей содержание основных витаминов (А, С, Д, Е, В₆ и В₁₂) в крови соответствовало физиологической норме. Избирательный дефицит одного витамина (как правило, витамина В₁₂) имели 37,8 % детей, одновременный недостаток двух витаминов – 35,1 % (В₆ и В₁₂ – у 28,2 % детей, а витаминов В₁₂ и D – у 6,9 %), случаи одновременной низкой обеспеченности тремя витаминами (В₆, В₁₂ и D) носили исключительный характер и были установлены только у 4,8 % обследованных.

В ходе дальнейших химико-аналитических исследований был проведен сопоставительный

анализ содержания в крови органических веществ техногенного происхождения у детей с различным уровнем обеспеченности витаминами. Результаты указных исследований показали, что содержание основных токсикантов (фенола, формальдегида, этилбензола, 4-хлористого углерода и хлороформа) у детей группы наблюдения достоверно в 1,4–2,0 раза превышало показатели группы сравнения (табл. 2).

Вероятность формирования в крови детей с гиповитаминозом повышенных концентраций фенола (OR = 6,98; DI = 2,96–18,42), формальдегида (OR = 2,18; DI = 1,21–9,44), 4-хлористого углерода (OR = 4,35; DI = 2,38–12,37) и этилбензола (OR = 2,68; DI = 1,33–7,72) от 2 до 7 раз превышала таковую в группе сравнения.

В ходе исследования была установлена связь повышенных концентраций в крови этилбензола (OR = 2,39; DI = 1,61–9,82) и 4-хлористого углерода (OR = 3,26; DI = 2,07–18,11) со снижением уровня витамина А, повышенного содержания формальдегида (OR = 3,39; DI = 2,07–13,62) и 4-хлористого углерода (OR = 4,48; DI = 2,98–16,43) со снижением витамина В₆. Установлена связь повышенного содержания в крови фенола (OR = 2,67; DI = 1,54–8,72) и формальдегида (OR = 3,06; DI = 1,34–9,05) со снижением уровня витамина А и витамина С (фенол – OR = 3,37; DI = 1,86–12,43; формальдегид – OR = 2,44; DI = 1,09–11,34).

Таблица 2. Содержание в крови органических соединений техногенного происхождения у детей с различной обеспеченностью витаминами

Table 2. The content in the blood of organic substances of technogenic origin in children with different vitamin provision

Химические вещества	Группа наблюдения	Группа сравнения	Достоверность различий между группами ($p \leq 0,05$)
Фенол, мг/дм ³	$8,8 \cdot 10^{-3} \pm 1,2 \cdot 10^{-3}$	$5,5 \cdot 10^{-3} \pm 1,6 \cdot 10^{-3}$	≤ 0,05
Формальдегид, мг/дм ³	$3,9 \cdot 10^{-3} \pm 0,5 \cdot 10^{-3}$	$2,0 \cdot 10^{-3} \pm 0,3 \cdot 10^{-3}$	≤ 0,05
Хлороформ, мг/дм ³	$1,0 \cdot 10^{-3} \pm 0,1 \cdot 10^{-3}$	$0,7 \cdot 10^{-3} \pm 0,1 \cdot 10^{-3}$	≤ 0,05
4-хлористый углерод, мг/дм ³	$0,4 \cdot 10^{-4} \pm 0,05 \cdot 10^{-4}$	$0,2 \cdot 10^{-4} \pm 0,07 \cdot 10^{-4}$	≤ 0,05
Этилбензол, мг/дм ³	$2,1 \cdot 10^{-4} \pm 0,2 \cdot 10^{-4}$	$1,3 \cdot 10^{-4} \pm 0,2 \cdot 10^{-4}$	≤ 0,05

Уровень ферментов антиоксидантной защиты (глутатионпероксидаза и супероксиддисмутаза) у детей группы наблюдения был достоверно ниже показателей группы сравнения ($p \leq 0,05$); кроме того, в целом антиокислительная активность сыворотки крови у детей группы наблюдения была достоверно ниже группы сравнения ($p \leq 0,05$) (табл. 3).

Установлено наличие связи повышенных концентраций в крови фенола ($OR = 1,96$; $DI = 1,22-7,17$), формальдегида ($OR = 2,18$; $DI = 1,48-9,83$) и этилбензола ($OR = 2,41$; $DI = 1,39-10,59$) со снижением уровня глутатионпероксидазы и супероксиддисмутаза (фенол – $OR = 2,47$; $DI = 1,69-6,29$; формальдегид – $OR = 2,81$; $DI = 1,89-11,72$; этилбензол – $OR = 2,53$; $DI = 1,47-9,12$). Кроме того, выявлена связь повышенного содержания в крови хлороформа ($OR = 2,37$; $DI = 1,78-8,73$) и 4-хлористого углерода ($OR = 6,44$; $DI = 1,81-15,33$) со снижением уровня супероксиддисмутаза и антиоксидантной активности сыворотки крови (хлороформ – $OR = 1,29$; $DI = 1,47-12,19$; $OR = 3,38$; $DI = 1,72-15,87$).

Результаты проведенного исследования пребывания детей в условиях внешнесредового загрязнения (атмосферный воздух, воздух помещений, питьевая вода) комплексом органических соединений техногенного происхождения (фенол: $0,0074 \pm 0,0018-0,0169 \pm 0,0042$ мг/м³; формальдегид: $0,0051 \pm 0,0010-0,0270 \pm 0,0054$ мг/м³; этилбензол: $\leq 0,002-0,0013 \pm 0,0003$ мг/м³; хлороформ: $0,54 \pm 0,08$ мг/л; хлор остаточный свободный/связанный – $1,1 \pm 0,4/1,5 \pm 0,6$ мг/л), даже при соблюдении сбалансированности рациона питания (белок: $66,3 \pm 9,3$ г; жиры: $62,5 \pm 9,8$ г; углеводы: $261,3 \pm 19,1$ г; общая калорийность рациона: $1864,0 \pm 134,1$ ккал) и обеспеченности витаминами на уровне физиологической потребности (витамин В₁: $0,89 \pm 0,20$ мг; витамин В₂: $1,0 \pm 0,3$ мг; витамин С: $39,9 \pm 12,6$ мг), показали, что более 75 % детей, посещающих ДОО, имеют дефицит комплекса витаминов (А, С, D, В₆ и В₁₂), что совпадает с данными ранее проведенных исследований на территориях санитарно-гигиенического неблагополучия [6, 14, 16, 26, 31].

Установленная обратная корреляционная связь повышенного содержания в крови органических соединений со снижением уровня витаминов ($R^2 = 0,19-0,48$; $F = 16,59-381,16$; $p = 0,001-0,04$), доказывает, что одной из причин формирования гиповитаминозов у детей является присутствие в крови повышенных концентраций фенола ($0,0088 \pm 0,0012$ мг/дм³), формальдегида ($0,00393 \pm 0,00050$ мг/дм³), этилбензола ($0,000209 \pm 0,000015$ мг/дм³) и хлорорганических соединений (хлороформ: $0,000986813 \pm 0,000073$ мг/дм³; 4-хлористый углерод: $0,000043 \pm 0,000005$ мг/дм³).

Хроническое поступление в организм детей органических соединений техногенного проис-

хождения, основным путем биотрансформации которых являются реакции окисления [8, 17, 21], истощает адаптационный резерв системы антиоксидантной защиты [8]. Об этом свидетельствует установленная связь снижения содержания ферментов антиокислительного профиля (сукцинатдегидрогеназы и глутатионпероксидазы) и уровня общей антиокислительной активности сыворотки крови с повышенным содержанием в крови фенола, формальдегида, этилбензола, хлороформа и 4-хлористого углерода. В условиях снижения функциональной активности ферментов окислительно-антиокислительной системы возрастает роль неферментативных реакций антиоксидантной защиты, осуществляемых, прежде всего, витаминами С, каротиноидами и биофлавоноидами [21, 32], что сопровождается повышенным их расходом. Запуск механизма повышенного расхода витаминов в условиях хронической токсикантной нагрузки на фоне истощения системы антиоксидантной защиты организма лежит в основе развития гиповитаминозов, ассоциированных с воздействием органических соединений техногенного происхождения, что, в свою очередь, создает условия для формирования более высоких концентраций органических соединений техногенного происхождения в биосредах. Установленные особенности формирования дефицита витаминов у детей дошкольного возраста, подвергающихся хроническому воздействию химических факторов риска, требуют разработки новых подходов к профилактике и лечению гиповитаминозов, основанных не только на восполнении дефицита витаминов, но и предусматривающих комплекс мероприятий, направленных на снижение негативного влияния органических соединений техногенного происхождения.

Выводы:

1. У 75 % детей, проживающих в условиях внешнесредового загрязнения (атмосферный воздух, воздух закрытых помещений, питьевая вода) комплексом органических соединений техногенного происхождения, выявлен дефицит комплекса витаминов (А, С, D, В₆ и В₁₂).

2. В ходе исследования выявлена обратная корреляционная связь повышенного содержания в крови органических соединений (фенол, формальдегид, этилбензол, хлороформ, 4-хлористый углерод) со снижением уровня витаминов А, С и группы В.

3. Установлено, что основой патогенеза развития гиповитаминозов, ассоциированных с повышенным содержанием в крови комплекса органических соединений техногенного происхождения, является снижение активности ферментов окислительно-антиокислительной системы с компенсаторным повышением напряженности неферментативных реакций антиоксидантной защиты, осуществляемых с участием витаминов-антиоксидантов.

Таблица 3. Сравнительный анализ показателей окислительно-антиокислительных реакций у детей с различной обеспеченностью витаминами

Table 3. Comparative analysis of indicators of oxidation-antioxidant reactions in children with different vitamin provision

Показатель	Группа наблюдения	Группа сравнения	Достоверность различий между группами ($p \leq 0,05$)
Глутатионпероксидаза в сыворотке крови, нг/см ³	$34,44 \pm 5,29$	$43,78 \pm 5,61$	$\leq 0,05$
Супероксиддисмутаза, нг/см ³	$44,21 \pm 5,00$	$59,39 \pm 7,00$	$\leq 0,05$
Антиоксидантная активность сыворотки крови, %	$35,23 \pm 1,33$	$38,63 \pm 1,04$	$\leq 0,05$

4. Для детей, посещающих дошкольные организации, расположенные на территориях санитарно-гигиенического неблагополучия среды обитания, требуется разработка специализированных программ профилактики гиповитаминоза, предусматривающих комплекс мероприятий, направленных на снижение негативного влияния органических соединений техногенного происхождения.

ЛИТЕРАТУРА (п. 32 см. в References)

- Витамины и микроэлементы в клинической фармакологии / Под ред. В.А. Тутельяна, В.Г. Кукеса, В.П. Фисенко. М.: Палей-М, 2001. 248 с.
- ВЭЖХ определение формальдегида и предельных альдегидов (С2-С10) в воздухе: МУК 4.1.1045-01. М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 2002. 12 с.
- Гороховская Г.Н., Зимаева Ю.О., Петина М.М. Витаминно-минеральные комплексы в современной клинической практике // Русский медицинский журнал. 2008. Т. 16. № 5. С. 345–348.
- Громова О.А. Рецептура витаминных комплексов, восполняющих физиологические потребности в витаминах у детей // Вопросы современной педиатрии. 2009. Т. 8. № 6. С. 77–84.
- Громова О.А., Торшин И.Ю., Пронин А.В. Когнитивный и нейропластический потенциал витамина D у детей и подростков // Фарматека. 2015. № 6 (299). С. 15–24.
- Громов И.А., Намазова Л.С., Торшчоева Р.М. и др. Обеспеченность витаминами и минеральными веществами детей с аллергическими заболеваниями в современных условиях // Педиатрическая фармакология. 2008. Т. 5. № 3. С. 76–81.
- Зайцева Н.В., Май И.В., Клейн С.В. К вопросу установления и доказательства вреда здоровью населения при выявлении неприемлемого риска, обусловленного факторами среды обитания // Анализ риска здоровью. 2013. №2. С. 14–26.
- Землянова М.А., Кольдубекова Ю.В. Современные подходы к оценке нарушений метаболизма ксенобиотиков при поступлении в организм из внешней среды // Экология человека. 2012. №8. С. 8–14.
- Коденцова В.М. Витамины. М.: ООО «Издательство «Медицинское информационное агентство», 2015. 408 с.
- Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений массовой концентрации хлористого метила, винилхлорида, винилдихлорида, метилхлорида, хлороформа, четыреххлористого углерода, 1,2-дихлорэтана, бензола, трихлорэтилена, 1,1,2-трихлорэтана, толуола, орто-ксилола, суммарного содержания, мета- и пара-ксилолов в сточных, природных поверхностных и подземных водах газохроматографическим методом: ПНД Ф 14.1.2.3.171–2000 (с Изменением №1) (Издание 2017 года).
- Конь И.Я. Дефицит витаминов у детей: основные причины, формы и пути профилактики у детей раннего и дошкольного возраста // Вопросы современной педиатрии. 2002. Т. 1. № 2. С. 62–66.
- Конь И.Я., Копытенко М.В., Захарова О.В. Витаминизированные напитки в питании московских дошкольников: оценка эффективности // Педиатрия. 2000. № 3. С. 69–73.
- Костантин Ж., Кугач В.В. Витамины и их роль в организме // Вестник фармации. 2006. Т. 32. № 2. С. 58–70.
- Кудрин А.В., Громова О.А. Микроэлементы в иммунологии и онкологии. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007. 544 с.
- Кучма В.Р. Гигиена детей и подростков. М., ГЭОТАР-Медиа, 2010. 480 с.
- Ладодо К.С. Распространенность дефицита минералов и витаминов у детей второго года жизни: (при поддержке компании Nutricia) // Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2011. Т. 56. № 5. С. 94–98.
- Метелица Д.И., Карасёва Е.И. Ингибирование пероксидазного окисления ароматических аминов замещенными фенолами // Прикладная биохимия и микробиология. 2003. Т. 39. №5. С. 401–412.
- Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации: МР 2.3.1.2432-08. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. 36 с.
- Определение вредных веществ в биологических средах: сборник МУК 4.1.2102-4.1.2116-06. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2008. 183 с.
- Определение химических соединений в биологических средах: сборник МУК 4.1.763-4.1.779-99. М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2000. 152 с.
- Петушок Н.Э. Глутатионовая система при воздействии фенола, формальдегида и гамма-излучения. Возможности коррекции витаминами А, Е и пантенолом: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Гродно, 2000. 20 с.
- Ревров В.Г., Громова О.А. Витамины, макро- и микроэлементы. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. 960 с.
- Руководство по контролю загрязнения атмосферы: РД 52.04.186-89: 5.3.5.1. Ароматические углеводороды: бензол, толуол, этилбензол и ксилолы. М.: Гидрометеоиздат, 1991. 694 с.
- Руководство по контролю загрязнения атмосферы: РД 52.04.186-89: 5.3.3.5. Фенол: отбор проб в барботеры (метод с паранитроанилином). М.: Гидрометеоиздат, 1991. 694 с.
- Санитарно-эпидемиологические требования к устройству, содержанию и организации режима работы дошкольных образовательных организаций: СанПиН 2.4.1.3049-13: [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://ds34.krsf.gov.spb.ru/Docs/ob_utverzhenii_sanpin_2.4.1.3049-13_sanitarno-ehp.pdf (дата обращения: 24.07.2018).
- Тутельян В.А., Вилков А.И., Разумов А.Н. и др. Научные основы здорового питания. М.: Издательский дом «Панорама», 2010. 816 с.
- Устинова О.Ю., Лукецкий К.П., Валина С.Л., Ивашова Ю.А. Гигиеническая оценка риска развития у детей соматических нарушений здоровья, ассоциированных с дефицитом витаминов // Анализ риска здоровью. 2015. № 4. С. 79–90.
- Химический состав пищевых продуктов: справочник / Под ред. член.-корр. МАИ, проф. И.М. Скурихина и академика РАМН, проф. В.А. Тутельяна. М.: ДеЛи принт, 2002. 236 с.
- Чеснокова Л.А., Кузьмичева Н.А., Красиков С.И. и др. Некоторые показатели витаминного и антиоксидантного статуса у жителей региона // Здоровье населения и среда обитания. 2013. № 6 (243). С. 9–11.
- Ших Е.В. Взаимодействия компонентов витаминно-минеральных комплексов и рациональная витаминотерапия // Русский медицинский журнал. 2004. Т. 12 № 7. С. 1011–1012.
- Ямбулатов А.А., Устинова О.Ю., Лукецкий К.П. Нарушение гомеостаза основных видов обмена и состояния иммунорезистентности у детей с субклиническим гиповитаминозом в условиях воздействия химических факторов среды обитания // Анализ риска здоровью. 2016. №1 (13). С. 77–86.

REFERENCES

- Vitaminy i mikroelementy v klinicheskoy farmakologii [Vitamins and microelements in clinical pharmacology]. Edited by V.A. Tutelyan, V.G. Kukesa, V.P. Fisenko. Moscow: Paley-M Publ., 2001. 248 p. (In Russ.)
- VEZhKh opredelenie formal'degida i predel'nykh al'degidov (S2-S10) v vozdukh: MUK 4.1.1045-01 [HPLC determination of formaldehyde and limit aldehydes (C2-C10) in air: Methodological guidelines 4.1.1045-01]. Moscow: Informatsionno-izdatel'skiy centr Minzdrava Rossii Publ., 2002. 12 p. (In Russ.)
- Gorokhovskaya G.N., Zimaeva Yu.O., Petina M.M. Vitaminno-mineral'nye komplekсы v sovremennoy klinicheskoy praktike [Vitamin-mineral complexes in modern clinical practice]. *Russkij meditsinskij zhurnal*, 2008, vol. 16, no. 5, 345 p. (In Russ.)
- Gromova O.A. Retseptura vitaminnykh kompleksov, vospolnyayushchikh fiziologicheskie potrebnosti v vitaminakh u detey [Recipe of vitamin complexes filling the physiological needs of vitamins in children]. *Voprosy sovremennoy pediatrii*, 2009, vol. 8, no. 6, pp. 77–84. (In Russ.)
- Gromova O.A., Torshin I.Yu., Pronin A.V. Kognitivnyy i nejroplasticheskiy potentsial vitamina D u detey i podrostkov [Cognitive and neuroplastic potential of vitamin D in children and adolescents]. *Farmateka*, 2015, no. 6 (299), pp. 15–24. (In Russ.)
- Gromov I.A., Namazova L.S., Torshchoeva P.M., Borovik T.E., Stepanova T.N., Makarova S.G., Skvortsova V.A. Obespechennost' vitaminami i mineral'nymi veshchestvami detey s allergicheskimi zabolevaniyami v sovremennykh usloviyakh [Provision of vitamins and minerals for children with allergic diseases in modern conditions]. *Pediatricheskaya farmakologiya*, 2008, vol. 5, no. 3, pp. 76–81. (In Russ.)
- Zaitseva N.V., May I.V., Kleyn S.V. K voprosu ustanovleniya i dokazatel'stva vreda zdorov'yu naseleniya pri vyavlenii nepriemlemogo riska, obuslovlennogo faktorami sredy obitaniya [On the determination and proof of damage to human health due to an unacceptable health risk caused by environmental factors]. *Analiz riska zdorov'yu*, 2013, no. 2, pp. 14–26. (In Russ.)
- Zemlyanova M.A., Kol'dibekova Yu.V. Sovremennye podkhody k otsenke narusheniy metabolizma ksenobiotikov pri postuplenii v organizm iz vneshney sredy [Modern approaches to the assessment of metabolic disorders of xenobiotics in the body from the external environment]. *Ekologiya cheloveka*, 2012, no. 8, pp. 8–14. (In Russ.)
- Kodentsova V.M. Vitaminy [Vitamins]. Moscow: OOO «Izdatel'stvo «Meditsinskoe informatsionnoe agentstvo» Publ., 2015. 408 p. (In Russ.)
- Kolichestvennyy khimicheskoy analiz pochv. Metodika vypolneniya izmereniy massovoy koncentracii khlorigoroda, vinilkhlorida, vinilidkhlorida, metilkhlorida, khloroforma, chetyrehkhlorigoroda ugleroda, 1,2-dikhlorjetana, benzola, trihlorjetilena, 1,1,2-trihlorjetana, toluola, orto-khilola, sumarnogo soderzhanija, meta- i para-khilolov v stochnykh, prirodnykh poverkhnostnykh i podzemnykh vodakh gazokhromatograficheskim metodom [Quantitative chemical analysis of soils. Technique of execution of measurements of mass concentration of methyl chloride, vinyl chloride, vinylidenechloride, methylene chloride, chloroform, carbon tetrachloride, 1,2-dichloroethane, benzene, trichloroethylene, 1,1,2-trichloroethane, toluene, ortho-xylene, total content, meta- and para-xylene in the effluent, natural surface water and groundwater gas chromatography method]. PND F 14.1.2.3.171–2000 (s izmeneniyami N 1) (Izdanie 2017 goda).
- Kon' I.Ya. Defitsit vitaminov u detey: osnovnye prichiny, formy i puti profilaktiki u detey rannego i doskol'nogo vozrasta [Vitamin deficiency in children: the main causes, forms and ways of prevention in children of early and preschool age]. *Voprosy sovremennoy pediatrii*, 2002, vol. 1, no. 2, pp. 62–66. (In Russ.)
- Kon' I.Ya., Kopytenko M.V., Zakharova O.V. Vitaminizirovannye napitki v pitanii moskovskikh doskol'nikov: otsenka effektivnosti [Vitamin-fortified beverages in the diet of the Moscow preschool children: assessment of effectiveness]. *Pediatriya*, 2000, no. 3, pp. 69–73. (In Russ.)
- Kostantin Zh., Kugach V.V. Vitaminy i ikh rol' v organizme [Vitamins and their role in the organism]. *Vestnik farmatsii*, 2006, vol. 32, no. 2, pp. 58–70. (In Russ.)
- Kudrin A.V., Gromova O.A. Mikroelementy v immunologii i onkologii [Microelements in immunology and oncology]. Moscow: GEOTAR-Media Publ., 2007. 544 p. (In Russ.)
- Kuchma V.R. Gigena detey i podrostkov [Hygiene of children and adolescents]. Moscow: GEOTAR-Media Publ., 2010. 480 p. (In Russ.)
- Ladodo K.S. Rasprostranennost' defitsita mineralov i vitaminov u detey vtorogo goda zhizni: (pri podderzhke kompanii Nutricia) [The prevalence of deficiencies of minerals and vitamins in children of the second year: (with the support of the company Nutricia)]. *Rossiiskiy vestnik perinatologii i pediatrii*, 2011, vol. 56, no. 5, pp. 94–98. (In Russ.)
- Metelitsa D.I., Karasyova E.I. Ingibirovanie peroksidaznogo oksisleniya aromatischeskikh aminov zameshchennymi fenolami [Inhibition of peroxidase oxidation of aromatic amines by substituted phenols]. *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya*, 2003, vol. 39, no. 5, pp. 401–412. (In Russ.)
- Normy fiziologicheskikh potrebnostey v energii i pishhevyykh veshchestvakh dlja razlichnykh grupp naseleniya Rossijskoj Federatsii [Norms of physiological needs in energy and nutrients for different groups of the population of the Russian Federation]. MR № 2.3.1.2432-08. Moscow: Federal'nyy centr gigeny i epidemiologii Rosпотреbnadzora Publ., 2009. 36 p. (In Russ.)
- Opredelenie vrednykh veshchestv v biologicheskikh sredakh: Sbornik MUK 4.1.2102-4.1.2116-06 [Determination of hazardous substances in biological media: a collection of MR 4.1.2102-4.1.2116-06]. Moscow: Federal'nyy centr gigeny i epidemiologii Rosпотреbnadzora Publ., 2008. 183 p. (In Russ.)
- Opredelenie khimicheskikh soedinenij v biologicheskikh sredakh: Sbornik MUK 4.1.763-4.1.779-99 [Determination of chemical compounds in biological media: a collection of MR 4.1.763-4.1.779-99].

- Moscow: Federal'nyj centr gossanepidnadzora Minzdrava Rossii Publ., 2000, 152 p. (In Russ.)
21. Petushok N.E. Glutinationovaya sistema pri vozdeystvii fenola, formal'degida i gamma-izlucheniya. Vozmozhnosti korektsii vitaminami A, E i pantenolom. Avtoref. dis. ... kand. biol. nauk [Glutathione system by exposure of phenol, formaldehyde and gamma radiation. Possibility of correction with vitamins A, E and panthenol. Summary of the thesis ... of PhD in Biology]. Grodno, 2000, 20 p. (In Russ.)
 22. Rebrov V.G., Gromova O.A. Vitaminy, makro- i mikroelementy [Vitamins, macro- and microelements]. Moscow, GEOTAR-Media Publ., 2008, 960 p. (In Russ.)
 23. Rukovodstvo po kontrolyu zagryazneniya atmosfery: RD 52.04.186-89. 5.3.5.1. Aromaticheskie uglevodorody: benzol, toluol, etilbenzol i ksilyoly [Guidelines for the control of atmospheric pollution: RD-52.04.186-89: 5.3.5.1. Aromatic hydrocarbons: benzene, toluene, ethylbenzene and xylenes]. Moscow, Gidrometeoizdat Publ., 1991, 694 p. (In Russ.)
 24. Rukovodstvo po kontrolyu zagryazneniya atmosfery: RD 52.04.186-89: 5.3.3.5. Fenol: otbor prob v barbotery (metod s parantiroanilinom) [Guidelines on atmospheric pollution control: RD-52.04.186-89: 5.3.3.5. Phenol: sampling in bubblers (method with parantiroaniline)]. Moscow, Gidrometeoizdat Publ., 1991, 694 p. (In Russ.)
 25. SanPiN 2.4.1.3049-13 «Sanitarno-jepidemiologicheskie trebovaniya k ustrojstvu, soderzhaniyu i organizacii rezhima raboty doskol'nyh obrazovatel'nyh organizacij» [SanPiN 2.4.1.3049-13 «Sanitary requirements for design, content and organization of the operation mode of preschool educational institutions» № 26] (registered by the Ministry of Justice of the Russian Federation on May 29, 2013, registration № 28564).
 26. Tutel'yan V.A., Vyalkov A.I., Razumov A.N., Mikhajlov A.N., Moskalenko K.A., Odinets A.G., Sbezheva V.G., Sergeev V.N. Nauchnye osnovy zdorovogo pitaniya [Scientific basis of healthy nutrition]. Moscow: Izdatel'skij dom «Panorama» Publ., 2010, 816 p. (In Russ.)
 27. Ustinova O.Yu., Luzhetskij K.P., Valina S.L., Ivashova Yu.A. Gigenicheskaya otsenka riska razvitiya u detej somaticheskikh narushenij zdorov'ya, assotsirovannykh s defitsitom vitaminov [Hygienic assessment of the risk of somatic health problems associated with vitamin deficiency in children]. *Analiz riska zdorov'yu*, 2015, no. 4, pp. 79–90. (In Russ.)
 28. Khimicheskij sostav pishchevykh produktov: Spravochnik [The chemical composition of food products: Reference book]. Edited by MAI corresponding member, Professor I.M. Skurikhin, Academician of RAMS, Professor V.A. Tutel'yan. Moscow: DeLi print, 2002, 236 p. (In Russ.)
 29. Chesnokova L.A., Kuz'micheva N.A., Krasikov S.I., Sharapova N.V., Mikhajlova I.V. Nekotorye pokazateli vitaminogo i antioksidantnogo statusa u zhitelej regiona [Some indicators of vitamin and antioxidant status in the region]. *Zdorov'e naselenija i sreda obitaniya*, 2013, no. 6 (243), pp. 9–11. (In Russ.)
 30. Shikh E.V. Vzaimodejstviya komponentov vitaminno-mineral'nykh kompleksov i racional'naya vitaminoterapiya [Interactions of the vitamin-mineral complexes components and rational vitamin therapy]. *Russkij meditsinskij zhurnal*, 2004, vol. 12, no. 7, pp. 1011–1012. (In Russ.)
 31. Yambulatov A.A., Ustinova O.Yu., Luzhetskij K.P. Narushenie gomeostaza osnovnykh vidov obmena i sostoyaniya immunorezistentnosti u detej s subklinicheskimi gipovitaminozom v usloviyakh vozdeystviya khimicheskikh faktorov sredy obitaniya [Violation of homeostasis of the main types of exchange and immune resistance status in children with subclinical hypovitaminosis in conditions of exposure to chemical environmental factors]. *Analiz riska zdorov'yu*, 2016, no. 1 (13), pp. 77–86.
 32. Underwood B.A. Vitamin A in human nutrition: public health considerations. In: M.B. Sporn, A.B. Roberts, D.S. Goodman (eds.). *The retinoids: biology, chemistry, and medicine*, 2nd ed. New York: Raven Press; 1994; 211–227.

Контактная информация:

Устинова Ольга Юрьевна, доктор медицинских наук, доцент, заместитель директора по лечебной работе, ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения»

e-mail: ustinova@fcrisk.ru

Contact information:

Ustinova Olga, Doctor of Medicine Sciences, Associate Professor, Deputy Director for the medical work of the Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies

e-mail: ustinova@fcrisk.ru

© Сетко Н.П., Ясин И.А.А., Булычева Е.В., Апрелев А.Е., 2018

УДК 612.84:613.954]:617.753.2-057.874

ФИЗИОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ МИОПИИ У УЧАЩИХСЯ

Н.П. Сетко, И.А.А. Ясин, Е.В. Булычева, А.Е. Апрелев

ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный медицинский университет» Минздрава России, ул. Советская, 6, г. Оренбург 460000, Россия

Ведущими неблагоприятными факторами образовательной среды и учебного процесса, способствующими развитию миопии у учащихся, являлись нерациональное распределение учебной нагрузки в соответствии с трудностью предметов и динамикой работоспособности учащихся, выраженная напряженность учебного процесса за счет сенсорных нагрузок в результате значительного напряжения зрительного анализатора на учебных занятиях, на фоне недостаточного искусственного освещения и неблагоприятного воздушно-теплового режима в учебных помещениях. У каждого третьего учащегося выявлено нарушение зрения, при этом ведущей патологией являлась миопия средней степени, которая у учащихся к концу 10-го класса увеличилась в 2,7 раза.

Ключевые слова: условия обучения, напряженность учебного процесса, зрительные нагрузки, миопия.

N.P. Setko, I.A.A. Yasin, E.V. Bulychева, A.E. Aprelev □ **PHYSIOLOGICAL AND HYGIENIC ASPECTS OF FORMATION OF MYOPIA IN STUDENTS** □ Orenburg State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, 6, Sovetskaja str., Orenburg, 460000, Russia.

The leading unfavorable factors of the educational environment and the educational process that contributed to the development of myopia in students were the irrational distribution of the educational load in accordance with the difficulty of subjects and the dynamics of student performance, the pronounced intensity of the learning process due to sensory loads as a result of the considerable stress of the visual analyzer in classrooms, against background insufficient artificial lighting and unfavorable air-thermal conditions in classrooms. Every third student has a visual impairment, with the leading pathology being middle degree myopia, which by the end of the 10th grade increased by 2.7 times.

Key words: learning environment, intensity of the educational process, visual loads, myopia.

Усиление государственной политики в сфере охраны и укрепления здоровья детей и подростков подкрепляется недавним Указом Президента Российской Федерации о начале с 2018 года Десятилетия детства [7]. Поэтому в этот период особое внимание будет уделяться здоровью учащихся, которое вызывает тревогу у специалистов школьной и университетской медицины. В настоящее время одной из ведущих проблем в состоянии здоровья детей и подростков является интенсивное формирование миопии в период обучения [9]. Так, к концу 11-го года обучения среди старшеклассников в срав-

нении с первоклассниками в 4,5 раза возрастает распространенность миопии, что ряд исследователей связывает с активной информатизацией учебного процесса, а также с его интенсификацией [2]. При этом неблагоприятные условия обучения, нерациональность распределения учебной нагрузки могут усугублять вышеописанные явления в организме современных учащихся [1].

Цель исследования – оценить факторы образовательного процесса и определить риск развития миопии у учащихся.

Материалы и методы. Гигиеническая оценка факторов образовательной среды про-