

Валина С.Л.¹, Зайцева Н.В.^{1,2}, Штина И.Е.¹, Устинова О.Ю.^{1,3}, Эйфельд Д.А.¹

Гигиеническая оценка влияния факторов образовательного процесса и образа жизни на состояние здоровья учащихся профильных школ в условиях промышленного мегаполиса

¹ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 614045, Пермь;

²ФГБОУ ВО «Пермский государственный медицинский университет им. академика Е.А. Вагнера», 614000, Пермь;

³ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», 614990, Пермь

Введение. Негативные тенденции в состоянии здоровья современных школьников обусловлены комплексным влиянием факторов среды обитания.

Материал и методы. Обследованы 178 учащихся начальной, основной школы и старших классов «Средней общеобразовательной школы с углубленным изучением отдельных предметов», расположенной на территории с присутствием в атмосферном воздухе фенола на уровне до 1,7 ПДКс.с., и учащихся «Средней общеобразовательной школы», размещенной на территории относительно санитарно-гигиенического благополучия.

Результаты. При сравнительной оценке режима образовательного процесса установлена более напряженная образовательная деятельность в школе с профильным обучением. У экспонированных детей среднее содержание фенола в крови превышало в 2 раза фоновый уровень и в 1,4 раза показатель в группе сравнения. Среднегрупповая концентрация кортизола в группе наблюдения в 1,2 раза выше аналогичного показателя детей группы сравнения. Выявлена достоверная связь вероятности повышения уровня кортизола в крови у детей группы наблюдения с присутствием фенола в крови в концентрациях, превышающих гигиенический норматив ($R^2 = 0,39$; $F = 22,9$; $p = 0,036$). В ходе обследования установлено, что хроническое воздействие химического фактора и напряженная учебная деятельность в школе с профильным обучением повышают в 2–9 раз риск развития патологии нервной системы, нарушений роста-весовых показателей и гармоничности физического развития, ритма сердечной деятельности, антителообразования к тканям щитовидной железы, нарастания в 1,2–4,5 раза процессов свободно-радикального окисления, интоксикации, негативных изменений временных интервалов базовых психических функций, объемных параметров щитовидной железы.

Заключение. Наибольший риск нарушений физического развития и формирования патологии нервной системы школьников в результате комплексного влияния факторов среды обитания установлен в чувствительный пубертатный период ($OR = 2,1–7,32$; $ДИ = 1,4–33,4$; $p = 0,007–0,05$).

К л ю ч е в ы е с л о в а : состояние здоровья школьников; фенол в атмосферном воздухе; хронический химический стресс; чувствительный пубертатный период.

Для цитирования: Валина С.Л., Зайцева Н.В., Штина И.Е., Устинова О.Ю., Эйфельд Д.А. Гигиеническая оценка влияния факторов образовательного процесса и образа жизни на состояние здоровья учащихся профильных школ в условиях промышленного мегаполиса. Гигиена и санитария. 2020; 99 (8): 822–828. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2020-99-8-822-828>

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки

Участие авторов: концепция и дизайн исследования – Зайцева Н.В., Валина С.Л., Устинова О.Ю., Эйфельд Д.А.; сбор и обработка материала – Штина И.Е., Валина С.Л.; статистическая обработка – Штина И.Е.; написание текста – Валина С.Л.; редактирование – Зайцева Н.В., Устинова О.Ю.

Поступила 30.04.2020

Принята к печати 29.07.2020

Опубликована 11.09.2020

Svetlana L. Valina¹, Nina V. Zaitseva^{1,2}, Irina E. Shtina¹, Olga Yu. Ustinova^{1,3}, Dar'ya A. Einfeld¹

Hygienic assessment of impacts exerted by factors related to educational process and lifestyle on health of schoolchildren attending secondary schools in industrial megacity

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

²E.A. Wagner Perm State Medical University, Perm, 614000, Russian Federation;

³Perm State University, Perm, 614990, Russian Federation

Introduction. Negative trends that occur regarding health of contemporary schoolchildren are caused by complex impacts exerted by environmental factors.

Material and methods. We examined 178 schoolchildren (the test group) in primary, middle, and high school attending an educational establishment with advanced studies on several subjects. The establishment was located on a territory with phenol concentrations in ambient

air being up to 1.7 MPC average daily. Our reference group was made up of children who attended an ordinary secondary school located on an area which was relatively sanitary and hygienically safe.

Results. We compared education processes in both establishments and revealed that schoolchildren from the test group had to study more intensely. Exposed children had phenol in their blood in concentrations that were 2.0 times higher than the background level and 1.4 times higher than the same parameter in the reference group. The average group concentration of hydrocortisone was 1.2 times higher in the test group than in the reference one. We revealed an authentic dependence between elevated hydrocortisone concentration in blood in children from the test group and phenol concentrations in their blood being higher than hygienic standards ($R^2=0.39$; $F=22.9$; $p=0.036$). Our examination allowed establishing chronic exposure to a chemical factor and intense education process at a school with advanced studies on several subjects to result in by 2.0–9.0 times higher risks of pathologies in the nervous system, height and weight disorders, disrupted physical development, heart rate disorders, the formation of antibodies to thyroid gland tissues, 1.2–4.5 times more intense free radical oxidation, intoxication, negative changes in time gaps of basic mental functions and thyroid gland volume.

Conclusion. We established the highest risk of physical development disorders and pathologies in the nervous system caused by complex impacts exerted by environmental factors in the sensitive puberty ($OR=2.1–7.32$; $DI=1.4–33.4$; $p=0.007–0.05$).

Key words: schoolchildren's health; advanced studies; chemical factor; chronic stress; sensitive puberty.

For citation: Zaitseva N.V., Valina S.L., Shtina I.E., Ustinova O.Y., Eisfeld D.A. Hygienic assessment of impacts exerted by factors related to educational process and lifestyle on health of schoolchildren attending secondary schools in industrial megacity. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2020; 99 (8): 822–828. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2020-99-8-822-828> (In Russ.)

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

Information about the authors:

Zaitseva N.V., <https://orcid.org/0000-0003-2356-1145>; 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>; Eisfeld D.A., <https://orcid.org/0000-0002-0442-9010>

Acknowledgment. The study had no financial sponsorship

Conflict of Interest. The authors of the article have no conflict of interest.

Contribution: Zaitseva N.V. – research design and concept, editing; Valina S.L. – research design and concept, data collection and processing, text writing; Ustinova O.Yu. – research design and concept, editing; Eisfeld D.A. – research design and concept; Shtina I.E. – data collection and processing, statistical processing. All authors approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article

Received: April 30, 2020

Accepted: July 29, 2020

Published: September 11, 2020

Введение

В настоящее время наблюдается отчётливая негативная динамика показателей здоровья современных школьников [1–3]. Многие исследователи связывают наблюдаемые тенденции с широким внедрением новых информационных технологий в педагогический процесс, интенсификацией обучения [4–7]. Результаты выполненных ранее исследований свидетельствуют о неблагоприятном влиянии инновационных педагогических технологий на психосоматическое здоровье, состояние систем адаптации обучающихся [8]. Высокий уровень сложности учебных программ с углублённым изучением отдельных предметов, повышенные требования к усвоению материала, несоответствие методик и технологий обучения возрастным и функциональным возможностям школьников, значительный объём домашних заданий, несоблюдение элементарных физиологических и гигиенических требований к организации образовательной деятельности, несовершенство существующих систем школьного врачебного контроля и физического воспитания, неэффективность работы по формированию ценности здоровья и здорового образа жизни создают предпосылки для формирования отклонений в состоянии здоровья учащихся профильных классов [9–11]. Заслуживают особого внимания вопросы, связанные с формированием техногенно обусловленной патологии у детей, проживающих в условиях крупного промышленного мегаполиса. Неблагоприятное воздействие на растущий детский организм формируется как внутренней средой учебных помещений (эмиссия вредных летучих веществ из полимерсодержащих материалов), так и химическими загрязнениями атмосферного воздуха [12, 13]. Для здоровья населения, проживающего на территориях с размещением предприятий ряда отраслей добывающей промышленности, наибольшую угрозу представляют ароматические углеводороды. Длительное внешнесредовое поступление данных соединений в организм характеризуется полиорганностью негативных эффектов со стороны нервной и дыхательной системы, печени, почек [14–18].

Согласно результатам отечественных и зарубежных исследований, хроническое воздействие токсикантов техногенного происхождения приводит к перенапряжению и срыву адаптационно-компенсаторных механизмов, когнитивным и поведенческим нарушениям [19, 20].

Цель – изучение особенностей состояния здоровья учащихся профильных школ в условиях промышленного мегаполиса.

Материал и методы

В качестве объекта исследования выбрана «Средняя общеобразовательная школа с углублённым изучением отдельных предметов» (СОШ УИОП), расположенная в центральной части крупного промышленного города, являющейся зоной повышенного риска нарушений здоровья, формируемого выбросами предприятий и транспорта; учащиеся начальной, основной школы и старших классов (группа наблюдения). Группу сравнения составили учащиеся трёх ступеней обучения «Средней общеобразовательной школы» (СОШ), расположенной в зоне наименьшего загрязнения атмосферного воздуха химическими веществами техногенного происхождения. Всего обследованы 178 детей (64 учащихся начальной школы, 68 – основной школы и 46 – старших классов). Отбор в группы проводили методом простой случайной выборки. По методике К.А. Отдельной, учитывая второй уровень точности исследования (средней точности), использование в качестве границы статистической значимости уровня значимости, равного 0,05, и поправку на возможность выбывания из исследования участников (20%), минимально необходимый общий объём выборки составил 120 человек [21]. Сформированные группы были сопоставимы по полу, возрасту, социальному статусу, среднему уровню материального обеспечения. Критериями исключения из исследования являлось наличие у детей наследственной, острой и обострения хронической патологии, социопатической семьи. Сравнительная оценка соответствия режима учебного процесса исследуемых обще-

образовательных организаций требованиям действующих нормативных документов¹ выполнена на основании результатов анализа расписания уроков в течение одной учебной недели. Сравнение напряжённости учебной деятельности учащихся начальных классов осуществлено согласно утверждённой методике сбора и анализа данных по критериям интеллектуальных, эмоциональных и сенсорных нагрузок во время урока, их монотонности и режима работы². Химико-аналитическое исследование качества воздуха классных помещений и атмосферного воздуха территорий размещения исследуемых общеобразовательных организаций выполнено отделом химико-аналитических исследований ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения»^{3,4}. В ходе медико-социологических исследований оценивали социально-экономический статус семьи обучающихся, наследственные факторы и хронические заболевания у родственников, характер питания, режим дня и отдыха школьника, психологический климат в семье, интенсивность учебной нагрузки по фактору «время», «сложность», «дополнительная нагрузка». Для сравнительной оценки физического развития и соматического здоровья обучающихся выполнено углублённое клинично-функциональное обследование после получения добровольного информированного согласия от законных представителей обследованных детей. Оценивали рост в сантиметрах, массу тела в килограммах; рассчитывали ИМТ по стандартной формуле, вычисляли Z-score ИМТ. Согласно федеральным клиническим рекомендациям, с учётом рекомендаций Всемирной организации здравоохранения, в качестве диагностического критерия расстройств питания (недостаточность питания, избыточная масса тела, ожирение) определяли величины стандартных отклонений (SDS) индекса массы тела (ИМТ) [<http://who.int/childgrowth/software/en/>]. Анализ заболеваемости детей, посещающих исследуемые общеобразовательные организации, проводили по данным медицинских карт ребенка (форма 026/у) и результатам медицинских осмотров. Психодиагностические измерения внимания, памяти, моторики, управляющих функций реализованы с помощью высокопроизводительного программного обеспечения и набора индивидуальных тестов (STROOP, RT) системы тестирования Vienna (VTS, Австрия). Лабораторная диагностика включала исследование гормонального гомеостаза, тиреоидного статуса, определение анти тиреоидных аутоантител, состояния окислительно-антиоксидантных процессов, системы свободно-радикального окисления и детоксикации. Анализ информации осуществляли статистическими методами (Statistica 6.0). Оценку зависимостей между признаками проводили методами однофакторного дисперсионного и корреляционно-регрессионного анализа. Для оценки достоверности полученных результатов использовали критерии Фишера и Стьюдента. Выявление и оценку связи между изменением клинично-лабораторных показателей у обучающихся и факторами риска нарушений здоровья выполняли на основании расчёта показателя отношения шансов (OR) и его доверительного интервала (ДИ).

Результаты

При сравнительной оценке соответствия режима образовательной деятельности школ требованиям действующих нормативных документов в СОШ УИОП выявлены нарушения при организации малых перемен, перерыва

между факультативными занятиями и последним обязательным уроком. Расписание в начальной, основной школе и старших классах СОШ УИОП лишено рациональности (нарушения распределения учебной нагрузки в течение недели). Суммарная недельная нагрузка в академических часах превышала нормативные значения на 5–20%, по количеству баллов превосходила показатели СОШ в 1,3–1,4 раза ($p = 0,0002–0,001$). Общий показатель напряжённости учебной деятельности учащихся начальной школы СОШ УИОП соответствовал 2-му «допустимому» классу, однако был достоверно выше аналогичного параметра СОШ ($1,86 \pm 0,08$ против $1,81 \pm 0,06$ балла; $p = 0,01$).

Результаты опроса школьников и их родителей свидетельствуют о более значительных затратах времени на подготовку к занятиям дома у обучающихся в СОШ УИОП ($3,8 \pm 0,3$ против $2,7 \pm 0,5$ ч – в СОШ; $p < 0,001$), менее продолжительном сне ($8,4 \pm 0,2$ против $8,8 \pm 0,1$ ч; $p < 0,001$), увеличении учебной нагрузки по фактору «Сложность» ($-0,155$ у.е. $-0,0848$ у.е.), высокой вовлечённости в систему дополнительного образования ($26,5$ против $14,9\%$, коэффициент сопряжённости $-0,34$; $p = 0,05$). Статистически значимые различия между сравниваемыми выборками по социально-экономическим факторам, способным оказывать негативное влияние на здоровье детей, отсутствуют ($p > 0,05$).

В результате натурных исследований качества воздуха классных помещений и атмосферного воздуха территорий размещения общеобразовательных организаций не установлено превышения гигиенических нормативов по содержанию бензола, марганца, свинца и никеля. Среднесуточные концентрации фенола в воздухе помещений СОШ УИОП ($0,009 \pm 0,002$ мг/м³) в 1,3 раза превышали аналогичные показатели СОШ ($0,007 \pm 0,001$ мг/м³, $p \leq 0,0001$) и в 1,5 раза ПДКс.с. ($p \leq 0,0001$). Среднесуточное содержание фенола в атмосферном воздухе территории СОШ УИОП достигало $0,005 \pm 0,001$ мг/м³, что превышало ПДКс.с. в 1,7 раза ($p \leq 0,0001$) и было в 5 раз выше показателя территории СОШ ($0,001 \pm 0,0003$ мг/м³; $p \leq 0,0001$). Исследование содержания в крови химических веществ техногенного происхождения показало, что у обучающихся в СОШ УИОП присутствовал фенол в концентрациях в 1,4–2 раза, соответственно, превышающих показатели СОШ ($0,021 \pm 0,006$ против $0,015 \pm 0,005$ мкг/мл; $p = 0,0004$) и фоновый уровень ($0,01$ мкг/мл; $p = 0,12$).

В ходе сравнительного анализа содержания стресс-гормонов в крови установлено, что при соответствии среднegrupповых показателей школьников исследуемых образовательных организаций физиологической возрастной норме у учащихся младшей и основной группы школы наблюдения концентрации кортизола достоверно в 1,2 раза превышала аналогичный показатель группы сравнения ($327,36 \pm 54,86$ против $265,79 \pm 26,41$ нмоль/см³ и $290,18 \pm 36,25$ против $246,90 \pm 26,74$ нмоль/см³ соответственно; $p = 0,000–0,044$). Дисперсионный анализ позволил доказать, что повышенное содержание фенола в крови учащихся ($R^2 = 0,39$; $F = 22,9$; $p = 0,036$) детерминирует формирование хронического стресс-синдрома, проявляющегося увеличением уровня кортизола.

Наряду с этим у младших школьников СОШ УИОП при завершении образовательного процесса зарегистрировано 4,5% случаев пониженного значения адреналина, у 28,6% – норадреналина, у 8,3% – кортизола при отсутствии таких нарушений в группе сравнения. Установлена достоверная связь понижения содержания кортизола в крови с увеличением степени несоответствия режима образовательной деятельности требованиям санитарного законодательства ($R^2 = 0,69$; $F = 574,77$; $p \leq 0,0001$). Определённую роль в снижении продукции гормонов может играть окислительный стресс, обусловленный переходом в более позднюю фазу напряжённого и устойчивого стресса. Относительный риск снижения

¹ СанПиН 2.4.2.2821-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям и организации обучения в общеобразовательных учреждениях» (с изменениями на 22 мая 2019 г.).

² ФР РОШУМЗ-16-2015 «Гигиеническая оценка напряжённости учебной деятельности обучающихся».

³ ГОСТ Р ИСО 16000-1-2007 «Воздух замкнутых помещений. Часть 1. Отбор проб. Общие положения».

⁴ ГОСТ 17.2.3.01-86 «Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населённых пунктов».

уровня норадреналина и кортизола у учащихся СОШ УИОП был в 1,8–2 раза выше, чем в СОШ (OR = 1,78–2,34; ДИ = 0,64–4,61; $p = 0,007–0,05$).

Результаты оценки уровня физического развития свидетельствуют о том, что в СОШ УИОП наибольшее число учащихся с отклонениями от нормативных показателей роста установлено на этапе начальной школы (37,5%), к завершению основной школы доля таких учеников составила 29,6%, а к завершению среднего общего образования – всего 5% ($p \leq 0,0001–0,2$). Относительный риск развития у учащихся основной школы СОШ УИОП нарушений ростовых показателей в 2 раза выше, чем в СОШ (OR = 2,1; ДИ = 1,06–4,13; $p = 0,05$).

При изучении частоты встречаемости различных типов расстройств питания у учащихся СОШ УИОП установлено, что недостаточность питания чаще имели ученики основной школы (7,4 против 4,2% – в начальной школе ($p = 0,4$) и против 0% – в старших классах; $p = 0,05$), а избыточную массу тела и ожирение – учащиеся начальной школы (25%). Однако при наметившейся динамике снижения доли детей с избыточной массой тела и ожирением к завершению основной школы (10,8%; $p = 0,2$) во время обучения в старших классах количество таких детей вновь возросло до 20% ($p = 0,7$), преимущественно за счёт наличия избыточной массы тела (15%). Доказана достоверная связь повышения распространённости избытка массы тела с увеличением монотонности нагрузок ($R^2 = 0,54$; $F = 138,81$; $p \leq 0,0001$). Установлена прямая корреляционная связь между уровнем кортизола в крови и индексом массы тела ($r = 0,38$; $p = 0,001$). Относительный риск расстройств питания у учащихся основной школы СОШ УИОП в 4 раза выше, чем у детей СОШ (OR = 3,97; ДИ = 1,79–8,19; $p < 0,01$).

Анализ заболеваемости детей, посещающих инновационную образовательную организацию, показал, что к завершению основной школы доля детей с болезнями костно-мышечной системы увеличивается в 5 раз (41,9 против 8,3% – в начальной школе; $p = 0,006$). Установлена достоверная связь повышения уровня заболеваемости болезнями костно-мышечной системы – с увеличением интеллектуальных и сенсорных нагрузок, нарушением чередования различных по сложности предметов в течение дня/недели ($0,32 \leq R^2 \leq 0,58$; $55,42 \leq F \leq 6236,24$; $p \leq 0,0001$). Количество детей с выявленной недостаточностью питания в СОШ УИОП за изучаемый период увеличилось в 3,8 раза (с 4,2% в начальной школе до 16,1% – в основной школе; $p = 0,2$). Отмечен более значительный рост (на 13%) доли детей с болезнями нервной системы (с 54,2 до 61,3%; $p = 0,3$) относительно СОШ, где прирост составил всего 2,2% (с 63,1 до 64,5%). Выявлена достоверная связь увеличения распространённости расстройств вегетативной нервной системы с повышением интеллектуальных нагрузок ($R^2 = 0,61$; $F = 1269,81$; $p \leq 0,0001$) и уровня фенола в крови ($R^2 = 0,38$; $F = 217,31$; $p \leq 0,0001$). Относительный риск формирования патологии нервной системы у учащихся за период обучения в младшей и основной школе СОШ УИОП в 7 раз выше, а за весь период получения среднего общего образования – в 3 раза выше, чем у детей СОШ (OR = 3,03–7,32; ДИ = 1,4–33,4; $p = 0,007–0,008$).

В ходе оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы установлено, что у детей группы наблюдения случаи нарушения ритма встречались в 1,7 раза (45 против 26%; $p = 0,008$), устойчивой синусовой тахикардии – в 5 раз (10 против 2%; $p = 0,02$), синусовой брадикардии – в 2 раза чаще (15 против 8%; $p = 0,1$), чем в СОШ. Относительный риск развития нарушений ритма, устойчивой синусовой тахикардии у обучающихся в профильной школе был в 2,3–4,6 раза выше, чем у детей группы сравнения (OR = 2,3–4,6; ДИ = 1,1–18,7; $p = 0,008–0,04$).

В ходе изучения состояния вегетативного гомеостаза школьников гиперсимпатикотонический вариант исходного вегетативного тонуса зарегистрирован только у обуча-

ющихся в профильных классах – 4% ($p = 0,05$ к группе сравнения), эйтония встречалась в 1,3 раза реже (56 против 72%; $p = 0,03$), а ваготонический и симпатикотонический вариант – в 1,4 раза чаще, чем в группе сравнения (20 против 14%; $p = 0,2$).

Ритмограмму variability ритма сердца, соответствующая первому классу, отражающая высокие функциональные возможности, у учащихся СОШ УИОП регистрировалась в 1,3 раза реже, чем в группе сравнения (50 против 67%; $p = 0,02$). Второй класс ритмограммы, характеризующий напряжение систем адаптации, выявлен практически у каждого пятого обучающегося в СОШ УИОП, что в 1,5 раза чаще, чем в группе сравнения (19 против 13%; $p = 0,3$). У каждого третьего ученика СОШ УИОП (31 против 20% в группе сравнения; $p = 0,09$) отмечали третий класс ритмограммы, свидетельствующий об увеличившемся симпатическом воздействии и переходе с вегетативного уровня руководства модуляции ритма сердца на более низкий – гуморально-метаболический.

В результате нейропсихологического тестирования установлено, что у учащихся инновационной образовательной организации тенденции увеличения времени реакции на визуально-акустические стимулы к завершению учебного года наблюдались на всех ступенях обучения, достоверно снижена скорость чтения и артикуляции ($p = 0,03–0,05$). У детей, обучающихся в СОШ УИОП, установлена достоверная причинно-следственная связь частоты развития негативных изменений показателей ассоциативных и моторных функций с уровнем кортизола в крови ($r = -0,26–0,31$; $p = 0,001–0,027$).

У школьников группы наблюдения за период получения общего образования выявлено нарастание процессов свободно-радикального окисления, о чём свидетельствует достоверное увеличение в 1,5 раза случаев повышенного значения малонового диальдегида плазмы (65% – в начальной школе, 65,7% – в основной, 100% – в старших классах; $p = 0,002–0,96$). Установлена прямая корреляционная связь между уровнем кортизола в крови и повышением содержания малонового диальдегида ($r = 0,22$; $p = 0,007$). Доказана достоверная связь повышения уровня малонового диальдегида в плазме крови с увеличением степени нарушения распределения учебной нагрузки в течение недели ($R^2 = 0,40$; $F = 214,58$; $p \leq 0,0001$).

В результате оценки состояния антиоксидантной защиты организма у старших школьников СОШ УИОП к концу учебного года установлено достоверное увеличение частоты регистрации сниженного уровня общей антиоксидантной активности плазмы крови (61,9%) относительно аналогичного показателя в начале учебного года (10%; $p = 0,0001$). Реализована и параметризована модель зависимости общей антиоксидантной активности плазмы крови от содержания кортизола в крови ($R^2 = 0,64$; $F = 67,3$; $p \leq 0,0001$).

О нарастании интоксикационного процесса в организме школьников к завершению основного общего образования свидетельствует повышение уровня дельта-аминолевулиновой кислоты в моче у 71% учащихся основной школы против 15,8% учеников начальной школы ($p < 0,001$). К завершению школьного образования доля детей с уровнем дельта-аминолевулиновой кислоты в моче выше норматива снижалась до 50%. В ходе исследования установлена связь содержания дельта-аминолевулиновой кислоты в моче с концентрацией кортизола в крови ($r = 0,34$; $p = 0,02$).

В группе наблюдения у учащихся основной школы выявлена тенденция к снижению Т4 свободного ($12,94 \pm 1,26$ против $14,19 \pm 1,40$ пмоль/дм³ в СОШ; $p < 0,05$) и повышению тиреотропного гормона ($2,12 \pm 0,72$ против $1,79 \pm 0,57$ мкМЕ/см³ в СОШ; $p < 0,05$). Доказана достоверная связь повышения уровня тиреотропного гормона с увеличением содержания кортизола в крови ($R^2 = 0,46$; $F = 142,9$; $p \leq 0,0001$). Частота выявления изменений

объёма и структуры щитовидной железы у обучающихся в начальной и средней школе СОШ УИОП была в 1,2–2,8 раза выше (до 46,2%), чем у детей СОШ. Установлена вероятностная, статистически достоверная причинно-следственная связь между содержанием кортизола и объёмом щитовидной железы ($r = 0,14$; $p = 0,002$).

У обучающихся в школе с углублённым изучением отдельных предметов выявлены отклонения от нормы показателей аутоиммунитета. Исследованием показано, что негативным эффектом повышения содержания стресс-гормона коры надпочечников является тенденция к повышению синтеза антител к ткани щитовидной железы (тиреоглобулин) ($R^2 = 0,35$; $F = 20,23$; $p \leq 0,0001$). Относительный риск повышения уровня антитиреоидных антител (к тиреопероксидазе и тиреоглобулину) у учащихся СОШ УИОП был в 2–9 раз выше, чем в СОШ (OR = 2,19–8,79; ДИ = 0,86–25,9; $p < 0,001$ –0,05).

Обсуждение

Целью настоящего исследования являлось изучение влияния химического фактора, а именно фенола в атмосферном воздухе и воздухе среды внутренних помещений, и особенностей образовательного процесса в профильной школе на состояние здоровья обучающихся. Проблема негативной динамики в состоянии соматического и психического статуса современного школьника отражена в многочисленных работах отечественных авторов. Как показали результаты ряда научных исследований, ухудшению состояния здоровья школьников способствуют неблагоприятные социально-экономические условия [22–25], высокий уровень учебной нагрузки [24–31], нерациональное питание, напряжённость электромагнитных полей [27], загрязнение атмосферного воздуха [24, 25, 27, 32, 33], неудовлетворительные условия образовательной среды, снижение двигательной активности школьников, наличие «вредных привычек» [25], нарушение гигиенических норм поведения, непосредственно связанных с учебным процессом [29]. Исследователями предлагается в качестве методов ранней диагностики психосоматических заболеваний у школьников проведение мониторинга вегетативного статуса, социальной адаптированности, параметров качества жизни [34]. Для широкого распространения и дальнейшего развития здоровьесберегающих технологий обучения, технологий «школы здоровья» необходимо совершенствование системы прогнозирования нарушений здоровья на основе комплексного анализа [28], раскрытие механизмов нарушений в организме обучающихся.

В результате настоящего исследования на основании статистического анализа санитарно-гигиенических, клинико-лабораторных, функциональных показателей и построения моделей определены особенности патогенетических механизмов развития нарушений здоровья у детей, проживающих в промышленном мегаполисе и обучающихся в школах, реализующих профильное обучение.

В условиях загрязнения атмосферного воздуха и интенсификации учебного процесса хроническое комбинированное воздействие факторов риска детерминирует у обучающихся развитие хронического стресс-синдрома с повышением активности коры надпочечников. Метаболический эффект глюкокортикоидов проявляется в дисбалансе свободно-радикальных и антиоксидантных процессов, детоксикации, изменении тиреоидного обмена, нарушении синтеза антитиреоидных аутоантител, результатом чего являются функционально-соматические расстройства. На основании доказанных зависимостей изменений клинико-лабораторных показателей от содержания фенола в крови и степени несоответствия режима образовательной деятельности требованиям санитарного законодательства, напряжённости учебной деятельности можно судить о доле вклада внешнесредового воздействия (38–39%) и факторов современного образовательного процесса (от 32 до 69%) в формирование нарушений здоровья обучающихся. Выявленные закономерности согласуются с данными ряда исследований о значимости внешнесредовых воздействий химических факторов в формировании здоровья (вклад 17–64%) [2, 35–37] и факторов образовательной среды, определяющих до 20–60% нарушений здоровья учащихся [2, 38–40].

Полученные данные целесообразно использовать при разработке системы прогнозирования нарушений здоровья и медико-профилактических технологий, направленных на коррекцию риск-ассоциированных патофизиологических и патоморфологических нарушений в органах-мишенях; восстановление баланса окислительных и антиоксидантных процессов; восстановление функциональной активности органов и систем, нейровегетативной регуляции, гормонального гомеостаза для минимизации последствий воздействия химического фактора и напряжённой учебной деятельности в школе с профильным обучением.

Заключение

Более напряжённая образовательная деятельность в профильной школе, повышенное содержание фенола в крови обуславливают формирование у обучающихся хронического стресс-синдрома с повышением до 1,2 раза показателей активности коры надпочечников (кортизол), что предопределяет нарастание в 1,2–4,5 раза процессов свободно-радикального окисления, интоксикации, негативные изменения временных интервалов базовых психических функций и объёмных параметров щитовидной железы, увеличение в 2–9 раз риска нарушений ритма сердечной деятельности, антителообразования к тканям щитовидной железы. Риск нарушений ростовых и весовых показателей, гармоничности физического развития, формирования патологии нервной системы у обучающихся возрастает до 7 раз во время получения основного общего образования, совпадающего с сенситивным пубертатным периодом школьников.

Литература

(п.п. 16, 31, 32, 39 см. References)

1. Безруких М.М., Ефимова С.П., Хромова С.К. Особенности развития познавательных функций у учащихся 9–10 лет, имеющих трудности письма. В кн.: *Образование и воспитание детей и подростков: гигиенические проблемы. Материалы всероссийской конференции.* М.; 2002: 55–6.
2. Зорина И.Г. Социально-гигиенический мониторинг факторов среды обитания и состояния здоровья как метод определения приоритетов профилактики в гигиене обучения детей. *Здоровье населения и среда обитания.* 2013; (1): 17–8.
3. Каменкова Н.Г., Афонова М.Н., Сироткина Ю.Ю. Анализ возможных подходов к сбережению здоровья младших школьников в процессе обучения в рамках здоровьесберегающей деятельности. *Герценовские чтения. Начальное образование.* 2011; 2(2): 181–7.
4. Колотова М.В. Рыжов А.Я., Степанова М.С. К вопросу об интегративной оценке напряжённости труда учащихся средней общеобразовательной школы. *Вестник ТвГУ. Серия «Биология и экология».* 2014; (2): 7–15.
5. Кучма В.Р., Ткачук Е.А., Ефимова Н.В. Гигиеническая оценка интенсификации учебной деятельности детей в современных условиях. *Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья.* 2015; (1): 4–11.
6. Макунина О.А., Якубовская И.А. Структура и динамика состояния здоровья школьников 7–17 лет. *Электронный научно-образовательный вестник: здоровье и образование в XXI веке.* 2015; 17(2): 29–31.
7. Аршинская Е.Л. Влияние учебной нагрузки на эмоциональное состояние школьников. *Вестник Томского государственного педагогического университета.* 2014; (5): 58–63.

8. Кучма В.Р., Степанова М.И. Стресс у школьников: причины, последствия, профилактика. *Медицина труда и промышленная экология*. 2001; (8): 32-7.
9. Рукавкова Е.М. Гигиенические особенности организации учебного процесса в классах с углублённым изучением ряда предметов. *Учёные записки Орловского государственного университета. Серия: Естественные, технические и медицинские науки*. 2014; 1(7): 169-70.
10. Баранов А.А. Состояние здоровья детей и подростков в современных условиях: проблемы, пути решения. *Российский педиатрический журнал*. 1998; (1): 5-8.
11. Шарапов А.А. Мониторинг средовых факторов образовательного пространства как условие сохранения здоровья школьников. *Молодой учёный*. 2014; (5-1): 85-7.
12. Ганькин А.Н., Гриценко Т.Д., Соколов С.М., Пронина Т.М. Риск здоровью учащихся, формируемый загрязнением воздушной среды учебных помещений. *Анализ риска здоровью*. 2014; (1): 40-8.
13. Ладнова Г.Г., Ефимцева М.В. (Дугина М.В.), Гладских М.Н., Тишкова И.Г. *Эколого-гигиеническое направление в изучении причин формирования здоровья школьников. Адаптация учащейся молодёжи в условиях современного развития общества: Материалы Международной научно-практической конференции*. Орёл; 2007; 105-6.
14. Зибарев П.В., Зубкова Т.П. Экологическая безопасность полимерных строительных материалов. *Анализ газовой безопасности. Экология промышленного производства*. 2007; (2): 27-33.
15. Байрагов Н.А., Жилияков Е.В. Антропогенная нагрузка как фактор, усугубляющий развитие и течение основных заболеваний беременных женщин и детей. *Фундаментальные исследования*. 2014; (4-3): 624-8.
17. Онищенко Г.Г., ред. *Гигиеническая индикация последствий для здоровья при внешнесредовой экспозиции химических факторов*. Пермь: Книжный формат; 2011.
18. Андреева Е.Е., Онищенко Г.Г., Клейн С.В. Гигиеническая оценка приоритетных факторов риска среды обитания и состояния здоровья населения г. Москвы. *Анализ риска здоровью*. 2016; (3): 23-34. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2016.3.03>
19. Аминова А.И., Землянова М.А., Возгомент О.В., Маклакова О.А., Ланин Д.В., Байдина А.С. и соавт. Особенности церебральной гемодинамики и нарушений когнитивных функций у детей дошкольного возраста с вегето-сосудистой дистонией, ассоциированной с воздействием одноатомных фенолов. *Фундаментальные исследования*. 2012; (12-1): 16-21.
20. Ракитский В.Н. Проблемы современной гигиены. *Гигиена и санитария*. 2015; 94(4): 4-7.
21. Отдельнова К.А. Определение необходимого числа наблюдений в социально-гигиенических исследованиях. Сб. трудов 2-го ММИ. 1980; 150 (6): 18-22.
22. Седова А.А., Брюнеткин В.Ю., Апенченко Ю.С., Зиньковский К.А., Костюкова Т.Л., Николаева Т.О. Специфика соматического и психического здоровья воспитанников социального приюта. *Современные проблемы науки и образования*. 2017; (5): 59.
23. Кучма В.Р., Шубочкина Е.И., Ибрагимова Е.М. Гигиенические проблемы организации обучения в профильных классах колледжей. *Гигиена и санитария*. 2015; 94(4): 8-10.
24. Зорина И.Г. Социально-гигиенический мониторинг факторов среды обитания и состояния здоровья как метод определения приоритетов профилактики в гигиене обучения школьников. *Здоровье населения и среда обитания*. 2013; (1): 17-8.
25. Белоусова Н.А., Шибков А.А., Байгузин П.А. Анализ состояния здоровья детей и подростков, проживающих в условиях промышленного мегаполиса. *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности*. 2013; (2): 38-43.
26. Степанова М.И., Седова А.С. Гигиенические проблемы профильного обучения в старшей школе. *Гигиена и санитария*. 2007; 86(4): 59-62.
27. Тармаева И.Ю., Ефимова Н.В., Хангареев С.С., Богданова О.Г. Оценка риска здоровью обучающихся общеобразовательных учреждений, обусловленного факторами среды обитания. *Сибирский медицинский журнал (Иркутск)*. 2015; (5): 105-8.
28. Сетко И.М., Сетко Н.П. Современные проблемы состояния здоровья школьников в условиях комплексного влияния факторов среды обитания. *Оренбургский медицинский вестник*. 2018; 6(2): 4-13.
29. Маркова А.И. Школы здоровья и здоровье школьников (аналитический обзор). *Гигиена и санитария*. 2013; 92(3): 60-6.
30. Зайцева Н.В., Устинова О.Ю., Лужецкий К.П., Маклакова О.А., Землянова М.А., Долгих О.В. и соавт. Риск-ассоциированные нарушения здоровья учащихся начальных классов школьных образовательных организаций с повышенным уровнем интенсивности и напряжённости учебного процесса. *Анализ риска здоровью*. 2017; (1): 66-83. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2017.1.08>
33. Черненко Ю.В., Сердюков А.Ю. Мониторинг состояния здоровья школьников, обучающихся в профильных классах. *Саратовский научно-медицинский журнал*. 2010; 6(1): 130-3.
34. Сетко А.Г., Тришина С.П., Терехова Е.А., Мокеева М.М. Результаты донозологической диагностики состояния здоровья учащихся современного образовательного учреждения. *Здоровье населения и среда обитания*. 2015; (6): 26-9.
35. Васильев В.В., Корочкина Ю.В. Вклад факторов окружающей среды в формирование здоровья детского населения. *Медицина труда и экология человека*. 2015; (3): 64-7.
36. Зайцева Н.В., Землянова М.А., Кольдибекова Ю.В., Жданова-Заплесвичко И.Г., Пережогин А.Н., Клейн С.В. Оценка аэрогенного воздействия приоритетных химических факторов на здоровье детского населения в зоне влияния предприятий по производству алюминия. *Гигиена и санитария*. 2019; 98(1): 68-75. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-1-68-75>
37. Семенкова Т.Н., Касаткина Н.Э., Казин Э.М. Факторы «Риска», влияющие на здоровье обучающихся в процессе обучения. *Вестник Кемеровского государственного университета*. 2011; (2): 98-106.
38. Сухарев А.Г., Игнатова Л.Ф., Стан В.В. Методический подход к гигиенической оценке школьной образовательной среды. *Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья*. 2015; (2): 4-10.

References

1. Bezrukh M.M., Efimova S.P., Khromova S.K. Peculiarities of cognitive functions development in schoolchildren aged 9–10 having difficulty with writing. In: *Education and Upbringing of Children and Teenagers: Hygienic Issues. Materials of All-Russia Conference [Obrazovanie i vospitanie detey i podrostkov: gigienicheskie problemy. Materialy vs Rossiyskoy konferentsii]*. Moscow; 2002: 55-6. (in Russian)
2. Zorina I.G. The social and hygienic monitoring of environmental factors and health status as a method of prioritizing preventative health education for school children. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*. 2013; (1): 17-8. (in Russian)
3. Kamenkova N.G., Afonova M.N., Sirotkina Yu.Yu. Analysis of possible approaches to the health protect of primary schoolchildren in education within the health-protective activity. *Gertsenovskie chteniya. Nachal'noe obrazovanie*. 2011; 2(2): 181-7. (in Russian)
4. Kolotova M.V., Ryzhov A.Ya., Stepanova M.S. To the question of the integrative evaluation of the studying intensity between pupils in secondary school. *Vestnik TvGU. Seriya «Biologiya i ekologiya»*. 2014; (2): 7-15. (in Russian)
5. Kuchma V.R., Tkachuk E.A., Efimova N.V. Hygienic assessment of the intensification of educational activity of children in modern conditions. *Voprosy shkol'noy i universitetskoy meditsiny i zdorov'ya*. 2015; (1): 4-11. (in Russian)
6. Makunina O.A., Yakubovskaya I.A. Structure and dynamics of the health of schoolchildren 7–17 years. *Elektronnyy nauchno-obrazovatel'nyy vestnik: zdorov'e i obrazovanie v XXI veke*. 2015; 17(2): 29-31. (in Russian)
7. Arshinskaya E.L. The influence of training workload on the emotional state of schoolchildren. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta*. 2014; (5): 58-63. (in Russian)
8. Kuchma V.R., Stepanova M.I. Stress in schoolchildren: causes, consequences, prophylaxis. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2001; (8): 32-7. (in Russian)
9. Rukavkova E.M. Features of the hygiene group teaching with intensive study of some subjects. *Uchenye zapiski Orlovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye, tekhnicheskie i meditsinskie nauki*. 2014; 1(7): 169-70. (in Russian)
10. Baranov A.A. Health condition of children and adolescents in modern conditions: problems, ways of solution. *Rossiyskiy peditricheskii zhurnal*. 1998; (1): 5-8. (in Russian)
11. Sharapov A.A. Monitoring environmental factors of the educational space as a condition for maintaining the health of schoolchildren. *Molodoy uchenyy*. 2014; (5-1): 85-7. (in Russian)
12. Gan'kin A.N., Gritsenko T.D., Sokolov S.M., Pronina T.M. Health risk of pupils formed by classrooms' air pollution. *Analiz riska zdorov'yu*. 2014; (1): 40-8. (in Russian)
13. Ladnova G.G., Efimtseva M.V. (Dugina M.V.), Gladskikh M.N., Tishkova I.G. *Ecological and Hygienic Direction in the Study of the Causes of the Formation of School Children's Health. Adaptation of Students in the Conditions of Modern Development of Society: Materials of the International Scientific and Practical Conference [Ekologo-gigienicheskoe napravlenie v izuchenii prichin formirovaniya zdorov'ya shkol'nikov. Adaptatsiya uchashchetsya molodezhi v usloviyakh sovremennogo razvitiya obshchestva: Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii]*. Orel; 2007; 105-6. (in Russian)
14. Zibarev P.V., Zubkova T.P. Environmental safety of polymer building materials. Gas analysis. *Ekologiya promyshlennogo proizvodstva*. 2007; (2): 27-33. (in Russian)

15. Bayravov N.A., Zhilyakov E.V. Anthropogenic load as a contributor to the development and course of major diseases of pregnant women and children. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2014; (4-3): 624-8. (in Russian)
16. Müllerová D., Kopecký J. White adipose tissue: storage and effector site for environmental pollutants. *Physiol. Res.* 2007; 56(4): 375-81.
17. Onishchenko G.G., ed. *Hygienic Indication of Health Effects During Environmental Exposure to Chemical Factors [Gigienicheskaya indikatsiya posledstviy dlya zdorov'ya pri vneshnesredovoy ekspozitsii khimicheskikh faktorov]*. Perm': Knizhnyy format; 2011. (in Russian)
18. Andreeva E.E., Onishchenko G.G., Kleyn S.V. Hygienic assessment of priority risk factors of environment and health condition of the population of Moscow. *Analiz riska zdorov'yu*. 2016; (3): 23-34. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2016.3.03> (in Russian)
19. Aminova A.I., Zemlyanova M.A., Vozgoment O.V., Maklakova O.A., Lanin D.V., Baydina A.S. et al. Features cerebral hemodynamics, impaired cognitive function in pre-school children autonomic disorders associated with exposure monohydric phenols. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2012; (12-1): 16-21. (in Russian)
20. Rakitskiy V.N. Problems of contemporary hygiene. *Gigiena i sanitariya*. 2015; 94(4): 4-7. (in Russian)
21. Otdel'nova K.A. Opredelenie neobkhodimogo chisla nablyudeniy v sotsial'no-gigienicheskikh issledovaniyakh [Determination of the required number of observations in social and hygienic studies]. *Sb. trudov 2-go MMI*. 1980; 150 (6): 18-22. (in Russian).
22. Sedova A.A., Bryunetkin V.Yu., Apenchenko Yu.S., Zin'kovskiy K.A., Kostyukova T.L., Nikolaeva T.O. Specificity of somatic and mental health of children in social shelter. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2017; (5): 59. (in Russian)
23. Kuchma V.R., Shubochkina E.I., Ibragimova E.M. Hygiene problems of organization of education in profile classes in colleges. *Gigiena i sanitariya*. 2015; 94(4): 8-10. (in Russian)
24. Zorina I.G. The social and hygienic monitoring of environmental factors and health status as a method of prioritizing preventative health education for school children. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*. 2013; (1): 17-8. (in Russian)
25. Belousova N.A., Shibkov A.A., Bayguzhin P.A. A medical examination of children and adolescents living in industrial cities. *Vestnik Rossiyskogo universiteta družby narodov. Seriya: Ekologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*. 2013; (2): 38-43. (in Russian)
26. Stepanova M.I., Sedova A.S. Hygienic problems of specialized training at high school. *Gigiena i sanitariya*. 2007; 86(4): 59-62. (in Russian)
27. Tarmaeva I.Yu., Efimova N.V., Khankhareev S.S., Bogdanova O.G. Assessment of health risks of pupils of educational institutions due to habitat factors. *Sibirskiy meditsinskiy zhurnal (Irkutsk)*. 2015; (5): 105-8. (in Russian)
28. Setko I.M., Setko N.P. Modern problems of health status of schoolchildren in conditions of integrated influence of factors of environment. *Orenburgskiy meditsinskiy vestnik*. 2018; 6(2): 4-13. (in Russian)
29. Markova A.I. Health promoting schools and health of schoolchildren (analytical review). *Gigiena i sanitariya*. 2013; 92(3): 60-6. (in Russian)
30. Zaytseva N.V., Ustinova O.Yu., Luzhetskiy K.P., Maklakova O.A., Zemlyanova M.A., Dolgikh O.V. et al. Risk-associated health disorders occurring in junior schoolchildren who attend schools with higher stress and intensity of educational process. *Analiz riska zdorov'yu*. 2017; (1): 66-83. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2017.1.08> (in Russian)
31. Gerber M., Endes K., Herrmann C., Colledge F., Brand S., Donath L. et al. Fitness, stress, and body composition in primary schoolchildren. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2017; 49(3): 581-7. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001123>
32. Gary E. Hatch pollution and oxidative stress in schoolchildren. *Indian Pediatr.* 2010; 47(3): 229-30. <https://doi.org/10.1007/s13312-010-0040-3>
33. Rivas I., Querol X., Wright J., Sunyer J. How to protect school children from the neurodevelopmental harms of air pollution by interventions in the school environment in the urban context. *Environ. Int.* 2018; 121(1): 199-206. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.08.063>
34. Chernenkov Yu.V., Serdyukov A.Yu. Monitoring of the state of health of the school children trained in profile classes. *Saratovskiy nauchno-meditsinskiy zhurnal*. 2010; 6(1): 130-3. (in Russian)
35. Setko A.G., Trishina S.P., Terekhova E.A., Mokeeva M.M. Results of prenosological diagnostics of the state of health of students studying at modern educational institutions. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*. 2015; (6): 26-9. (in Russian)
36. Vasil'ev V.V., Korochkina Yu.V. Contribution of environmental factors to promoting children's health. *Meditsina truda i ekologiya cheloveka*. 2015; (3): 64-7. (in Russian)
37. Zaytseva N.V., Zemlyanova M.A., Kol'dibekova Yu.V., Zhdanova-Zaplevichko I.G., Perezhogin A.N., Kleyn S.V. Evaluation of the aerogenic impact of priority chemical factors on the health of the child population in the zone of the exposure of aluminum enterprises. *Gigiena i sanitariya*. 2019; 98(1): 68-75. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-1-68-75> (in Russian)
38. Semenkov T.N., Kasatkina N.E., Kazin E.M. Factors of «risk» that affect student's health in the learning process. *Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2011; (2): 98-106. (in Russian)
39. Sukharev A.G., Ignatova L.F., Stan V.V. Methodological approach to hygienic assessment of the school environment. *Voprosy shkol'noy i universitetskoy meditsiny i zdorov'ya*. 2015; (2): 4-10. (in Russian)
40. Morgan I.G., Rose K.A. Myopia and international educational performance. *Ophthalmic. Physiol. Opt.* 2013; 33(3): 329-38. <https://doi.org/10.1111/opo.12040>