

© Уланова Т.С., Нурисламова Т.В., Карнажицкая Т.Д., Попова Н.А., Мальцева О.А., Чинько Т.В.,
Пермякова Т.С., 2019
УДК 61 613.155

Исследование содержания химических соединений в воздухе учебных помещений с оценкой уровня накопления ксенобиотиков в крови учащихся

Т.С. Уланова, Т.В. Нурисламова, Т.Д. Карнажицкая, Н.А. Попова,
О.А. Мальцева, Т.В. Чинько, Т.С. Пермякова

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», ул. Монастырская, д. 82, г. Пермь, 614045, Российская Федерация

Резюме: Анализ многокомпонентного химического состава атмосферного воздуха и воздуха жилых и общественных помещений, в том числе воздуха внутри помещений школьных учреждений, является актуальной задачей современных гигиенических исследований качества среды обитания и оценки риска неблагоприятного воздействия вредных химических соединений на состояние здоровья. Приоритетными источниками загрязнения воздуха внутри учебных помещений являются отделочные материалы (линолеум, обои, лаки, краски и т. д.) и выделения мономеров из мебели, изготовленной из древесно-стружечных плит, обработанных полимерными смолами. Представлены результаты скрининговых исследований содержания токсичных органических соединений (фенол, формальдегид, бензол, толуол, этилбензол и ксилолы) в воздухе учебных помещений и атмосферном воздухе на территории образовательных учреждений, расположенных в условиях различной экологической нагрузки (условные территории наблюдения и сравнения). Для оценки химической нагрузки выполнены исследования по содержанию изучаемых соединений в крови учащихся образовательных учреждений территории наблюдения и сравнения. Анализ биосред учащихся проводился параллельно с исследованием воздуха помещений и атмосферного воздуха на территориях образовательных учреждений. Всего обследовано 424 ребенка, из них 231 ученик из начальных, средних и старших классов образовательного учреждения г. Перми (территория наблюдения) и 193 ученика с 1 по 11 класс образовательного учреждения г. Кунгур (территория сравнения). Установлено, что среднесуточные концентрации фенола и формальдегида в воздухе учебных помещений на территории наблюдения в 2,4 и 5,6 раза достоверно выше ($p < 0,05$), чем на территории сравнения. В атмосферном воздухе установлены более высокие концентрации фенола и формальдегида на территории наблюдения относительно территории сравнения в 2,6 и 3,7 раза соответственно. Анализ химических соединений в крови учащихся начальных, средних и старших классов на территории наблюдения показал достоверно более высокое содержание фенола, бензола и толуола ($p < 0,05$) соответственно в 1,5; 1,1 и 1,2 раза. Среднегрупповая концентрация формальдегида в крови достоверно выше ($p < 0,05$) определена у детей на территории сравнения в 1,3 раза. По содержанию ксилола и этилбензола в крови учащихся не установлено достоверных различий между группами сравнения и наблюдения ($p < 0,05$). В крови учащихся идентифицированы органические соединения в концентрациях, свидетельствующих о наличии внешних источников поступления токсикантов в организм.

Ключевые слова: скрининговые исследования, атмосферный воздух, воздух учебных помещений, токсичные органические соединения, биологические среды.

Для цитирования: Уланова Т.С., Нурисламова Т.В., Карнажицкая Т.Д., Попова Н.А., Мальцева О.А., Чинько Т.В., Пермякова Т.С. Исследование содержания химических соединений в воздухе учебных помещений с оценкой уровня накопления ксенобиотиков в крови учащихся // Здоровье населения и среда обитания. 2019. № 12 (321). С. 15–19. DOI: <http://doi.org/10.35627/2219-5238/2019-321-12-15-19>

The study of indoor concentrations of organic compounds in school classrooms and accumulated blood xenobiotic levels in children

T.S. Ulanova, T.V. Nurislamova, T.D. Karnazhitskaya, N.A. Popova, O.A. Maltseva, T.V. Chinko, T.S. Permyakova
Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies,
82 Monastyrskaya Street, Perm, 614045, Russian Federation

Abstract: The analysis of multicomponent chemical composition of atmospheric air and the air of residential and public premises, including school indoor air, is an urgent task of modern hygienic studies devoted to environmental quality and risk assessment of adverse health effects of dangerous chemicals. The priority sources of air pollution inside classrooms are finishing materials (linoleum, wallpaper, varnishes, paints, etc.) and emissions of monomers from furniture made of chipboards processed with polymer resins. The article demonstrates the results of screening tests establishing the levels of airborne toxic organic compounds (phenol, formaldehyde, benzene, toluene, ethylbenzene, and xylene) both inside and outside educational premises affected by various environmental exposures (conditional areas of observation and comparison). To assess the chemical body burden, blood levels of certain chemicals were measured in schoolchildren dwelling in the observation (study) and comparison (control) areas. Blood tests were accompanied by indoor and outdoor air monitoring in the educational establishments. We examined the total of 424 children including 231 students from primary, secondary and high schools of the city of Perm (observation area) and 193 schoolchildren of grades 1–11 living in the town of Kungur (comparison area). We established that the average daily concentrations of phenol and formaldehyde in indoor air in Perm were 2.4 and 5.6 times higher ($p < 0.05$) than those in Kungur. Outdoor concentrations of phenol and formaldehyde in Perm were 2.6 and 3.7 times higher than those in Kungur. The analysis of blood levels of certain organic compounds in the primary, secondary and high school children in Perm showed significantly higher concentrations of phenol, benzene, and toluene ($p < 0.05$) (1.5, 1.1, and 1.2 times, respectively). The average blood concentration of formaldehyde in the study group was 1.3 times higher ($p < 0.05$) than that in children of the comparison area. No significant differences between the comparison and observation groups ($p < 0.05$) were found in blood levels of xylene and ethylbenzene. Children's blood concentrations of the identified organic compounds indicate the presence of external sources of exposure to these toxicants.

Key words: screening tests, atmospheric air, indoor air of educational premises, toxic organic compounds, biological media.

For citation: Ulanova TS, Nurislamova TV, Karnazhitskaya TD, Popova NA, Maltseva OA, Chinko TV, Permyakova TS. The study of indoor concentrations of organic compounds in school classrooms and accumulated blood xenobiotic levels in children. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*. 2019; 12(321): 15–19. (In Russian) DOI: <http://doi.org/10.35627/2219-5238/2019-321-12-15-19>

Information about the authors: Ulanova T.S., <https://orcid.org/0000-0002-9238-5598>; Nurislamova T.V., <https://orcid.org/0000-0002-2344-3037>; Karnazhitskaya T.D., <https://orcid.org/0000-0001-6768-0045>; Popova N.A., <https://orcid.org/0000-0002-9730-9092>; Maltseva O.A., <https://orcid.org/0000-0001-7664-3270>; Chinko T.V., <https://orcid.org/0000-0001-5669-1689>; Permyakova T.S., <https://orcid.org/0000-0002-0698-2581>.

Охрана и укрепление здоровья детского населения является одним из важнейших жизненных приоритетов политики Российской Федерации [14]. Вместе с тем состояние здоровья детского населения в России вызывает обоснованную тревогу: к окончанию школы около 85 % детей страдают различными хроническими заболеваниями [6]. За годы обучения в школе в пять раз возрастает число больных детей с нарушениями зрения, опорно-двигательного аппарата; в четыре раза увеличивается количество детей с нарушениями психического здоровья, в три раза — с заболеваниями органов желудочно-кишечного тракта [9, 13, 15].

Существенный вклад в развитие неблагоприятных эффектов на здоровье учащихся вносят загрязнители воздуха учебных помещений, в которых совершается учебный процесс [1, 2, 7]. Источником загрязнения учебных помещений являются токсичные выделения синтетических смол, которыми пропитаны древесно-стружечные плиты мебели, приобретаемой для классов, испарения, связанные с деструкцией полимерных смол, химические покрытия пола — линолеума и ПВХ-пленки. В процессе деструкции мебели и отделочных материалов, вызванной физико-химическими факторами, механическим воздействием или старением материала, в воздух выделяются фенол, формальдегид, ароматические органические соединения — бензол, этилбензол, ксилол, толуол и другие вещества — гомологи этой группы [5, 12]. По данным исследований [10], в воздушной среде жилых и общественных зданий идентифицировано более высокое количество вредных химических соединений по сравнению с атмосферным воздухом.

Химическое загрязнение воздуха учебных помещений может вызывать или усугублять имеющиеся заболевания, оказывать негативное воздействие на систему дыхания, кожи, слизистых оболочек, вызывать аллергические реакции [3]. Подтверждением негативного воздействия воздушной среды учебных помещений является исследование биологических сред учащихся на содержание химических соединений, определяемых в воздухе, поскольку именно прямые методы определения токсичных соединений в биосредах человека являются неоспоримым доказательством неблагоприятного воздействия на здоровье [4, 7, 11].

Цель исследования — изучение содержания химических соединений в воздухе учебных помещений с оценкой уровня накопления ксенобиотиков в крови учащихся.

Материалы и методы. Объектами исследования являлись воздух учебных помещений двух образовательных учреждений и атмосферный воздух на территориях размещения образова-

тельных учреждений (территория наблюдения и территория сравнения), биологические среды (кровь) детей, посещающих учебные заведения территорий, находящихся в зоне антропогенного воздействия (наблюдения) и вне зоны экспозиции (сравнения). В процессе анализа атмосферного воздуха, воздуха учебных помещений и крови учащихся определяли идентичные соединения — формальдегид, фенол, бензол, этилбензол, толуол, о-, м-, п-ксилол. Разовые отборы проб атмосферного воздуха и воздуха учебных помещений выполнялись по три — четыре раза в течение дня (утро, день, день, вечер). Среднесуточные концентрации определяемых соединений рассчитывали как средние арифметические значения четырех разовых отборов, проведенных в течение дня. Всего выполнено исследований: в атмосферном воздухе — 144, в воздухе учебных помещений — 108, в крови учащихся — 102.

Определение формальдегида в атмосферном воздухе и воздухе учебных помещений выполняли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с дериватизацией на стадии отбора проб при взаимодействии с 2,4-динитрофенилгидразином и анализом на жидкостном хроматографе Agilent Technologies со спектрофотометрическим детектором при длине волны 360 нм¹ [6].

Анализ атмосферного воздуха и воздуха учебных помещений на содержание бензола, толуола, этилбензола, о-, м-, п-ксилола выполняли методом капиллярной газовой хроматографии с использованием пламенно-ионизационного детектора. Отбор проб проводили на твердые сорбенты с последующей термодесорбцией на этапе ввода пробы в хроматограф² [14]. Определение фенола основано на улавливании из воздуха раствором карбоната натрия и фотометрическом определении по азокрасителю³ [13].

Анализ формальдегида в крови выполняли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с предварительным переводом аналита в нелетучую форму при взаимодействии с 2,4-динитрофенилгидразином и экстракцией гексаном с последующим определением на жидкостном хроматографе Agilent Technologies с использованием спектрофотометрического детектора при длине волны 360 нм⁴ [9].

Исследования крови на содержание ароматических углеводородов (бензол, толуол, этилбензол, о-, м-, п-ксилол) выполнялись методом анализа равновесной паровой фазы на газовом хроматографе «Кристалл-5000» на капиллярной колонке HP-FFAP длиной 50 м диаметром 0,32 мм с детектором ионизации в пламени в соответствии с МУК 4.1.765–99⁵ [7]. Определение фенола в крови выполнялось методом дериватизации в щелочной среде с помощью

¹ МУК 4.1.1045–01 «ВЭЖХ определение формальдегида и предельных альдегидов (C₂–C₁₀) в воздухе» (утв. Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 05.06.2001). М.: Минздрав России, 2002.

² РД 52.18.801–2014 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы: массовая концентрация ароматических углеводородов в атмосферном воздухе. Методика измерений методом капиллярной газовой хроматографии с термодесорбцией» (утв. заместителем руководителя Росгидромета 13.05.2014). Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2014.

³ РД 52.04.799–2014 «Массовая концентрация фенола в пробах атмосферного воздуха. Методика измерений фотометрическим методом с использованием 4-аминоантипирина» (утв. заместителем руководителя Росгидромета 10.06.2014, зарегистрирован ФГБУ «НПО «Тайфун» от 25.06.2014).

⁴ МУК 4.1.2111–06 «Определение массовой концентрации формальдегида, ацетальдегида, пропионового альдегида, масляного альдегида и ацетона в пробах крови методом высокоэффективной жидкостной хроматографии» (утв. Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 09.08.2006). М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2008.

йодистого метила, концентрирования продукта дериватизации экстракции хлористым метилом и последующим газохроматографическим анализом экстракта на газовом хроматографе «Кристалл-2000» с капиллярной колонкой НР-1 30 × 0,32 и детектором ионизации в пламени в соответствии с МУК 4.1.2108–06⁶ [8].

Биомедицинские исследования выполняли в соответствии с обязательным соблюдением этических принципов, изложенных в Хельсинкской декларации 1975 г. с дополнениями 1983 г. От каждого законного представителя ребенка, включенного в выборку, получено письменное информированное согласие на добровольное участие в исследовании. Для оценки достоверности различий полученных результатов путем сравнения показателей исследуемых выборок по абсолютным значениям признака использовали t-критерий Стьюдента и для сравнения показателей исследуемых выборок по долям признака использовали Z-тест Фишера. Различия являлись статистически значимыми при $p < 0,05$ и нормальном распределении совокупности дисперсий [8].

Результаты исследования. Результаты скрининговых исследований качества воздуха помещений учебных заведений и атмосферного воздуха на территориях наблюдения и сравнения приведены в табл. 1.

Разовые концентрации фенола и формальдегида в воздухе учебных помещений на территории наблюдения обнаружены в 100 % проб, толуола — в 92 % случаев, ксилола — в 83 % проб, этилбензол обнаружен в единичном случае.

Разовые концентрации фенола в воздухе учебных помещений на территории сравнения определены в 58 % проб, формальдегида, толуола, ксилола, этилбензола — в 100 % проб, бензола — в 67 % проб.

Разовые концентрации фенола в атмосферном воздухе территории наблюдения определялись в 100 % случаев, формальдегида — в 67 % проб, толуола — в 83 %, ксилола — в 50 % проб.

Разовые концентрации фенола и формальдегида в атмосферном воздухе территории сравнения определены в 33 % проб, бензола — в 92 % проб, толуола и ксилола — в 100 % проб, этилбензола — в 67 % проб.

Таблица 1. Результаты исследования качества воздуха помещений учебных заведений и атмосферного воздуха на территориях наблюдения и сравнения

Table 1. The results of studying air quality in school classrooms and atmospheric air in the areas of observation and comparison

Место отбора/ Sampling site	Фенол/Phenol	Формальдегид/ Formaldehyde	Бензол/Benzene	Этилбензол/ Ethylbenzene	Толуол/Toluene	О-, м-, п-кси- лолы/o-, m-, p-xylenes
	ПДКм.р./ MACsingle 0,01 мг/м ³	ПДКм.р. 0,05 мг/м ³	ПДКм.р. 0,3 мг/м ³	ПДКм.р. 0,02 мг/м ³	ПДКм.р. 0,6 мг/м ³	ПДКм.р. 0,25 мг/м ³
	ПДКс.с. / MACav.daily 0,003 мг/м ³	ПДКс.с. 0,01 мг/м ³	ПДКс.с. 0,1 мг/м ³	ПДКс.с. 0,02 мг/м ³	ПДКс.с. 0,6 мг/м ³	ПДКс.с. 0,04 мг/м ³
	RfC хронич. 0,006 мг/м ³	RfC хронич. 0,003 мг/м ³	RfC хронич. 0,03 мг/м ³	RfC хронич. 1 мг/м ³	RfC хронич. 0,4 мг/м ³	RfC хронич. 1 мг/м ³
ТЕРРИТОРИЯ НАБЛЮДЕНИЯ / OBSERVATION AREA (n = 144)						
Средние значения за период наблюдений / Average concentrations over the study period						
Воздух помещений/ Indoor air	0,0064 ± 0,0016	0,0124 ± 0,0023	< 0,005	< 0,005	0,0101 ± 0,0014	0,0075 ± 0,0017
Атмосферный воз- дух/Ambient air	0,0075 ± 0,0019	0,0015 ± 0,0003	< 0,005	< 0,005	0,0058 ± 0,0008	0,0026 ± 0,0005
Разовые концентрации / Single concentrations						
Воздух помещений/ Indoor air	0,0048–0,0085	0,0024–0,0276	< 0,005	0,0134	0,0059–0,0230	0,0070–0,0124
Атмосферный воз- дух/Ambient air	0,0059–0,0089	0,0013–0,0034	< 0,005	< 0,005	0,0059–0,0080	0,0048–0,0067
ТЕРРИТОРИЯ СРАВНЕНИЯ / COMPARISON AREA (n = 108)						
Средние значения за период наблюдений / Average concentrations over the study period						
Воздух помещений/ Indoor air	0,0026 ± 0,0006	0,0022 ± 0,0004	0,0080 ± 0,0012	0,0121 ± 0,0013	0,0737 ± 0,0103	0,0366 ± 0,0038
Атмосферный воз- дух/Ambient air	0,0025 ± 0,0007	0,0003 ± 0,0001	0,0190 ± 0,0027	0,0083 ± 0,0009	0,0827 ± 0,0116	0,0680 ± 0,0071
Разовые концентрации / Single concentrations						
Воздух помещений/ Indoor air	0,0050–0,0070	0,0015–0,0031	0,0011–0,0220	0,0040–0,0290	0,0094–0,1450	0,0064–0,0620
Атмосферный воз- дух/Ambient air	0,0050–0,0070	0,0010–0,0012	0,0102–0,0650	0,0070–0,0205	0,0078–0,1700	0,0135–0,1495

⁵ МУК 4.1.2111–06 «Определение массовой концентрации формальдегида, ацетальдегида, пропионового альдегида, масляного альдегида и ацетона в пробах крови методом высокоэффективной жидкостной хроматографии» (утв. Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 09.08.2006). М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2008.

⁶ МУК 4.1.2102–4.1.2116–06 «Определение массовой концентрации фенола в биосредах (кровь) газохроматографическим методом» (утв. Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 09.08.2006). М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2008.

Таким образом, в период наблюдений в воздухе учебных помещений и атмосферном воздухе на территориях наблюдения и сравнения не установлено превышений ПДКм.р. анализируемых соединений.

В соответствии с действующими гигиеническими нормативами в воздухе учебных помещений на территории наблюдения установлено достоверное превышение ($p < 0,05$) ПДКс.с. по содержанию фенола в 2,1 раза и формальдегида в 1,2 раза, в атмосферном воздухе — по содержанию фенола в 2,5 раза. На территории сравнения в воздухе учебных помещений превышений ПДКс.с. по формальдегиду и фенолу не установлено. ПДКс.с. достоверно превышено ($p < 0,05$) по содержанию ксилола в 1,7 раза (табл. 1).

Сравнение качества воздуха на обследованных территориях за период наблюдения показало достоверно более высокое ($p < 0,05$) содержание фенола и формальдегида в воздухе учебных помещений на территории наблюдения в 2,4 и 5,6 раза, в атмосферном воздухе — в 2,6 и 3,7 раза соответственно. Тoluол в воздухе внутри и снаружи помещений определен достоверно в более высоких концентрациях в 7,2 раза и 14,2 раза на территории сравнения ($p < 0,05$), ксилол — в 4,8 и 26 раз соответственно в атмосферном воздухе (табл. 1).

Сравнение среднесуточных концентраций фенола и формальдегида в воздухе учебных помещений и атмосферном воздухе с референтными концентрациями при хроническом ингаляционном воздействии ($RfC_{\text{хронич.}}$) показало достоверно более высокое ($p < 0,05$) содержание формальдегида в воздухе учебных помещений на территории наблюдения в 4,1 раза.

Для оценки химической нагрузки выполнены химико-аналитические исследования содержания фенола, формальдегида, бензола, толуола, этилбензола, ксилола в биологических средах (кровь) детей, посещающих учебные заведения на территории наблюдения и сравнения. Анализ биосред учащихся проводился параллельно с исследованием воздуха помещений и атмосферного воздуха на территориях образовательных учреждений. Всего обследовано 424 ребенка, из них 86 учеников 1–4 классов, 93 ученика 6–7 классов и 52 ученика 10–11 классов образовательного учреждения г. Перми (территория наблюдения) и 77 учеников 1–4 классов, 58 учеников 6–7 классов и 58 учеников 9–11 классов образовательного учреждения г. Кунгур. Результаты анализа химических соединений в крови детей представлены в табл. 2.

Скрининговые исследования содержания химических соединений в крови учащихся позволили установить, что на территории наблюдения достоверно выше ($p < 0,05$) обнаружен в крови учащихся фенол — в 1,5 раза, бензол — в 1,1 раза, толуол — в 1,2 раза. Среднегрупповая концентрация формальдегида в крови достоверно выше ($p < 0,05$) определена у детей на территории сравнения — в 1,3 раза (табл. 2). По содержанию ксилола и этилбензола в крови учащихся не установлено достоверных различий между группами сравнения и наблюдения ($p < 0,05$). Учитывая, что более высокое содержание формальдегида в атмосферном воздухе и воздухе помещений обнаружено на территории наблюдения, можно предположить, что на территории сравнения имеются дополнительные источники поступления формальдегида в организм, например, возможное поступление с питьевой водой или продуктами питания.

Выводы

1. Анализ разовых проб в воздухе учебных помещений показал присутствие фенола, формальдегида, бензола, толуола и ксилола в 83–100 % проб на территории наблюдения и в 58–100 % проб на территории сравнения, в атмосферном воздухе — в 50–100 % проб и в 33–100 % проб соответственно. Превышений ПДКм.р. определяемых соединений в атмосферном воздухе за период наблюдения не установлено.

2. Установлены достоверные превышения ($p < 0,05$) ПДКс.с. фенола в 2,1 раза и формальдегида в 1,2 раза в воздухе учебных помещений и фенола в 2,5 раза в атмосферном воздухе на территории наблюдения. На территории сравнения установлено превышение ПДКс.с. ксилола в 1,7 раза ($p < 0,05$).

3. Содержание фенола и формальдегида в воздухе учебных помещений на территории наблюдения в 2,4 и 5,6 раза выше, чем на территории сравнения. В атмосферном воздухе установлены более высокие концентрации фенола и формальдегида: в 2,6 и 3,7 раза на территории наблюдения. Ароматические углеводороды в воздухе внутри и снаружи помещений определены достоверно в более высоких концентрациях ($p < 0,05$) на территории сравнения.

4. В процессе выполненных исследований установлен факт присутствия в биологических средах (кровь) учащихся идентичных органических соединений, уровень содержания которых свидетельствует о наличии внешних источников поступления токсикантов в организм.

Таблица 2. Сравнительная оценка среднегруппового содержания загрязнителей в крови детей территорий наблюдения ($n = 231$) и сравнения ($n = 193$)

Table 2. Comparative assessment of the group average blood level of contaminants in the study ($n = 231$) and control ($n = 193$) cohorts

Показатель/Chemicals	Концентрация в крови, мг/дм³ /Blood levels, mg/dm³				Межгрупповое различие (p) / Intergroup differences (p)
	Группа наблюдения / Observation (study) group		Группа сравнения / Comparison (control) group		
	(M ± m)	n	(M ± m)	n	
Фенол/Phenol	0,0154 ± 0,00094	221	0,00998 ± 0,00096	173	p < 0,05
Формальдегид/Formaldehyde	0,0247 ± 0,0014	208	0,0331 ± 0,0020	175	p < 0,05
Бензол/Benzene	0,00078 ± 0,000069	177	0,00067 ± 0,000079	148	p < 0,05
Ксилол/Xylene	0,0015 ± 0,000123	177	0,0019 ± 0,00025	148	p > 0,05
Толуол/Toluene	0,00069 ± 0,00007	177	0,00057 ± 0,00008	148	p < 0,05
Этилбензол/Ethylbenzene	0,00018 ± 0,000097	177	0,00012 ± 0,00007	148	p > 0,05

5. По результатам выполненных исследований становится понятно, что присутствие токсикантов в воздухе учебных помещений даже в условиях соблюдения гигиенических нормативов может повлечь за собой накопление ксенобиотиков в биологических средах учащихся.

6. Использование методов определения токсикантов в биологических средах позволяет расширить и углубить систему наблюдений, оценки и прогноза факторов антропогенного воздействия на среду обитания и человека при оценке риска здоровью в рамках социально-гигиенического мониторинга.

Список литературы

1. Бадеева Т.В., Богомолова Е.С., Писарева А.Н. и др. Оценка риска здоровью школьников в системе санитарно-гигиенического благополучия общеобразовательных организаций // Материалы VII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Актуальные проблемы безопасности и анализа риска здоровью населения при воздействии факторов среды обитания»: в 2 т. / Под ред. проф. А.Ю. Поповой, акад. РАН Н.В. Зайцевой. Пермь: Книжный формат, 2016. Т. 1. С. 220–225.
2. Ганькин Л.М., Шевчук Л.М., Пронина Т.Н. Сравнительная оценка результатов исследований воздушной среды учебных помещений методом диффузионного пробоотбора // Материалы VII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Актуальные проблемы безопасности и анализа риска здоровью населения при воздействии факторов среды обитания»: в 2 т. / Под ред. проф. А.Ю. Поповой, акад. РАН Н.В. Зайцевой. Пермь: Книжный формат, 2016. Т. 1. С. 48–51.
3. Губернский Ю.Д., Рахманин Ю.В., Лещиков В.А. Экология жилой среды: проблемы и перспективы // Вестник АМН. 2003. № 3. С. 9–17.
4. Дребенкова И.В., Зайцев В.А. Определение содержания токсичных микроэлементов в биосубстратах детей // Материалы VII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Актуальные проблемы безопасности и анализа риска здоровью населения при воздействии факторов среды обитания»: в 2 т. / Под ред. проф. А.Ю. Поповой, акад. РАН Н.В. Зайцевой. Пермь: Книжный формат, 2016. Т. 1. С. 65–68.
5. Дышиневи́ч Н.Е., Сова Р.Е. Полимерные строительные материалы и синдром «больного здания». Киев: Наукова Думка, 1998. С. 245–257.
6. Зайцева Н.В., Устинова О.Ю., Аминова А.И. Гигиенические аспекты нарушения здоровья детей при воздействии химических факторов среды обитания. Пермь: Книжный формат, 2011. 488 с.
7. Изучение экологического состояния школьных помещений; [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://festival.1september.ru/articles/527455> (дата обращения: 01.08.2019).
8. Карпищенко А.И. Медицинская лабораторная диагностика: программы и алгоритмы [Электронный ресурс] / Под ред. А.И. Карпищенко. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014. 696 с. Режим доступа: <https://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9785970429587.html> (дата обращения: 01.08.2019).
9. Кирпичев В.И. Физиология и гигиена младшего школьника: Пособие для учителя. М.: ВЛАДОС, 2002. 142 с.
10. Мальшева А.Г., Рахманин Ю.А. Физико-химические исследования и методы контроля веществ в гигиене окружающей среды. СПб.: НПО «Профессионал», 2012. 720 с.
11. Онищенко Г.Г., Зайцева Н.В., Уланова Т.С. Контроль содержания химических соединений и элементов в биологических средах: руководство. Пермь: Книжный формат, 2011. 520 с.
12. Проданчук Н.Г., Дышиневи́ч Н.Е., Балан Г.М. и др. Гигиенические и клинические аспекты синдрома «Больных зданий» и перспективы охраны здоровья населения // Современные проблемы токсикологии. Киев: Институт экологии и токсикологии им. Л.И. Медведя. 2006. № 2. С. 4–12.
13. Скачкова О.А. Исследование экологического состояния школьных кабинетов // Старт в науке. 2016. № 6. С. 27–28.
14. Федеральный закон от 21.11.2011 N 323-ФЗ (ред. от 29.05.2019) «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» [Электронный ресурс] режим доступа: <https://base.garant.ru/12191967> (дата обращения: 01.08.2019).
15. Черникова Е.Ф., Потапова И.А., Касюгина М.И. О роли качественной школьной световой среды // Фундаментальные и прикладные аспекты анализа риска здоровью населения: материалы Всероссийской научно-практической интернет-конференции молодых ученых и специалистов

Роспотребнадзора с международным участием / Под ред. проф. А.Ю. Поповой, акад. РАН Н.В. Зайцевой. Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2019. С. 437–444.

References

1. Badeeva TV, Bogomolova ES, Pisareva AN, et al. Schoolchildren health risk assessment in the system of sanitary and hygienic well-being of educational institutions. Edited by Professor A.Yu. Popova, Academician of RAS N.V. Zajtseva. Materialy VII Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem "Aktual'nye problemy bezopasnosti i analiza riska zdorov'ju naselenija pri vozdejstvii faktorov sredy obitaniya". Perm: Knizhnyj format Publ., 2016, vol. 1, P. 220–225 (in Russian).
2. Gankin LM, Shevchuk LM, Pronina TN. Comparative evaluation of the results of studies of the air environment of educational facilities by diffusion sampling. Edited by Professor A.Yu. Popova, Academician of RAS N.V. Zajtseva. Materialy VII Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem "Aktual'nye problemy bezopasnosti i analiza riska zdorov'ju naselenija pri vozdejstvii faktorov sredy obitaniya". Perm: Knizhnyj format Publ., 2016, vol. 1, P. 48–51 (in Russian).
3. Gubernskii YuD, Rahmanin JuV, Leshnikov VA. The human ecology and the dwelling ecology: problems and outlooks for research. *Vestnik AMN*. 2003; 3:9–17 (in Russian).
4. Drebenskova IV, Zaitsev VA. Determination of the content of toxic microelements in children bio-substrate. Edited by Professor A.Yu. Popova, Academician of RAS N.V. Zajtseva. Materialy VII Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem "Aktual'nye problemy bezopasnosti i analiza riska zdorov'ju naselenija pri vozdejstvii faktorov sredy obitaniya". Perm: Knizhnyj format Publ., 2016, vol. 1, P. 65–68 (in Russian).
5. Dyshinevich NE, Sova RE. Building materials and the syndrome of "Sick building". *Naukova Dumka Publ.*, 1998, pp. 245–257 (in Russian).
6. Zaitseva NV, Ustinova OU, Aminova AI. Hygienic aspects of children's health when exposed to chemical environmental factors. Perm: Knizhnyj format Publ., 2011, 488 p. (in Russian).
7. Study of the ecological condition of school facilities. Available at: <http://festival.1september.ru/articles/527455> (accessed 01.08.2019) (in Russian).
8. Karpishchenko AI. Medical laboratory diagnostics: programs and algorithms [Electronic resource] / ed. A.I. Karpishchenko. M.: GEOTAR-Media Publ., 2014. 696 p. Available at: <https://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9785970429587.html> (accessed: 01.08.2019) (in Russian).
9. Kirpichev VI. Physiology and hygiene of junior school student: Handbook for teachers. Moscow: VLADOS Publ., 2002, 144 p. (in Russian).
10. Malysheva AG, Rahmanin JuA. Physicochemical studies and methods of controlling substances in environmental health. St. Petersburg: NPO "Professional" Publ., 2012, 720 p. (in Russian).
11. Onishchenko GG, Zajceva NV, Ulanova TS. Control Over the content of chemical compounds and elements in biological media: Manual. Perm: Knizhnyj format Publ., 2011, 520 p. (in Russian).
12. Prodanchuk NG, Dyshinevich NE, Balan GM. Hygiene and clinical aspects of the syndrome of "Sick buildings" and public health protection perspectives. *Sovremennye problemy toksikologii*. 2006; 2:4–12 (in Russian).
13. Skachkova OA. Study of the environmental status of school classrooms. *Start v nauke*. 2016; 6:27–28 (in Russian).
14. Federal Law of November 21, 2011 N 323-FZ (as amended on May 29, 2019) "The basics of health protection in the Russian Federation". Available at: <https://base.garant.ru/12191967> (accessed: 01.08.2019) (in Russian).
15. Chernikova EF, Potapova IA, Kasjugina MI. About the role of high-quality school lighting environment. Edited by Professor A.Yu. Popova, Academician of RAS N.V. Zajtseva. Fundamental'nye i prikladnye aspekty analiza riska zdorov'ju naselenija: materialy vserossijskoj nauchno-prakticheskoy internet-konferencii molodyh uchenyh i specialistov Rospotrebнадзора s mezhdunarodnym uchastiem. Perm: Publishing House Perm. nat. research Polytechnic University, 2019, p. 437–444 (in Russian).

Контактная информация:

Уланова Татьяна Сергеевна, доктор биологических наук, доцент, заведующая отделом химико-аналитических методов исследования ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» e-mail: ulanova@fcrisk.ru

Corresponding author:

Tatyana Ulanova, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Analytical Chemistry Analysis, Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies e-mail: ulanova@fcrisk.ru