

ЛАБОРАТОРНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ВОЗДУХА ВНУТРИ И ВНЕ ШКОЛЬНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Пронина Т.Н., Ганькин А.Н., Бобок Н.В., Карпович Н.В.

ГУ «Республиканский научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь

Контактная информация: Пронина Татьяна Николаевна. 220012, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Академическая, 8; тел.: 8(10375)172-92-82-49, e-mail: pro_tanya@mail.ru

Представлены результаты международного научного исследования «Внутришкольная среда и заболеваемость органов дыхания у детей» по изучению качества воздуха внутришкольных помещений. Осуществление данного проекта обеспечивает реализацию 3-й региональной приоритетной задачи Европейского плана действий «Окружающая среда и здоровье детей» на национальном уровне. Выполнен лабораторно-аналитический мониторинг показателей качества воздуха внутри и вне школьных помещений. Для отбора NO_2 , формальдегида, бензола, толуола, этилбензола, ксилолов в воздухе внутри и вне школьных помещений использованы радиальные диффузионные («пассивные») пробоотборники. Замеры концентраций PM_{10} и CO_2 в воздухе учебных помещений школ и атмосферном воздухе выполнялись в режиме реального времени на протяжении всего учебного дня. Изучено качество атмосферного воздуха на территории 10 школ г. Минска. Превышений среднесуточных предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе (бензол, толуол, этилбензол, ксилолы, формальдегид, NO_2) не установлено, выявлено незначительное превышение среднесуточных предельно допустимых концентраций PM_{10} в атмосферном воздухе в двух точках. Выполнен лабораторно-аналитический мониторинг факторов внутришкольной среды 38 помещений учреждений образования: концентрации бензола, толуола, этилбензола, ксилолов, азота диоксида не превышают среднесуточных предельно допустимых концентраций в воздухе помещений; зафиксировано превышение среднесуточных предельно допустимых концентраций формальдегида и PM_{10} в учебном помещении одной школы; средняя концентрация CO_2 в учебных помещениях школ находится выше рекомендованного уровня. Предложен интегральный показатель качества воздуха внутри помещения – КВП, позволяющий дать комплексную оценку степени загрязнения воздуха смесью веществ. Дальнейшие исследования в рамках выполнения международных обязательств позволят разработать комплекс научно-обоснованных мероприятий оздоровления окружающей среды в учреждениях образования. Целенаправленное управление качеством внутришкольной среды в целях минимизации воздействия неблагоприятных факторов и их влияния на процессы формирования здоровья позволит создать гигиенически благоприятную и здоровую школьную среду.

Ключевые слова: Пармские обязательства; внутришкольная среда; качество воздуха внутри школьных помещений; качество атмосферного воздуха.

LABORATORY AND ANALYTICAL MONITORING OF AIR QUALITY INSIDE AND OUTSIDE THE SCHOOL PREMISES

Pronina T.N., Gankin A.N., Bobok N.V., Karpovich N.V.

Republican Scientific Practical Centre of Hygiene of the Ministry of Health of the Republic of Belarus, Minsk, Republic of Belarus

Contact: Pronina Tatiana Nikolaevna. 8 Academic Street, Minsk, the Republic of Belarus, 220012; phone: тел.: 8(10375)172-92-82-49, e-mail: pro_tanya@mail.ru

The article presents of the scientific research “School Environment and Respiratory Health of Children” aiming at studying of indoor air quality. The research topic corresponds to two international frameworks, the EU Environment and Health Strategy and Action Plan and the World Health Organization Europe Children’s Environment and Health Action Plan (CEHAPE). Implementation of this project at national level provides realization of the 3rd regional priority goal of the “European plan of action”. Laboratory and analytical monitoring of indicators of quality of indoor and outdoor air was performed. Radial diffusive (“passive”) samplers were used for measuring of NO_2 , formaldehyde, benzene, toluene, ethyl benzene, xylols in indoor and outdoor air. Measurements of concentration of PM_{10} and CO_2 of indoor air in school premises and outdoor air were carried out in real time during school day. For the majority of indoor air contaminants, indoor concentrations usually exceed outdoor concentrations. Outdoor air quality in 10 schools of Minsk is analyzed: excess of average daily maximum permissible concentration of polluting substances in outdoor air in Minsk (benzene, toluene, ethyl benzene, xylols, formaldehyde, NO_2) wasn’t revealed, insignificant excess of average daily maximum permissible concentration of PM_{10} in outdoor air in two places were found. Laboratory and

analytical monitoring of indicators of quality of indoor and outdoor air of 38 school premises was performed: concentration of benzene, toluene, ethyl benzene, xylols, nitrogen of dioxide didn't exceed the average daily maximum permissible concentration in indoor air; excess of the average daily maximum permissible concentration of formaldehyde and PM10 in educational premises of one school was revealed; the average concentration of CO₂ in educational premises of schools was above the recommended level. The integrated indicator of quality of air indoors – KVP, allowing to give a complex assessment of the extent of air pollution by the mix of substances was offered. Further researches within implementation of the international obligations will allow to develop a complex of scientific and reasonable actions of improvement of environment in education establishments. Purposeful quality management of the intra school environment for minimization of the influence of adverse factors and their influence on processes of formation of health will allow to create sanitarily favorable and healthy school environment.

Keywords: *Parma Conference commitments; school environment; indoor air quality; outdoor air quality.*

Вопросы окружающей среды и охраны здоровья, определяемые в четырех региональных приоритетных задачах (далее – РПЗ), сформулированных в Европейском плане действий «Окружающая среда и здоровье детей», актуальны для Республики Беларусь. В целях содействия выполнению обязательств на национальном уровне по реализации 3-й РПЗ «Здоровье органов дыхания и качество воздуха внутри и вне помещений» государственное учреждение «Республиканский научно-практический центр гигиены» принимает участие в международном научном исследовании «Внутришкольная среда и заболеваемость органов дыхания у детей». В качестве главного инструмента при проведении анализа были использованы показатели, отобранные для Европейской информационной системы по окружающей среде и здоровью населения (ENHIS), разработанной Европейским центром по окружающей среде и охране здоровья (Боннское отделение ВОЗ). Набор показателей для 3-й РПЗ (показатели ENHIS) позволит получить адекватную информацию для мониторинга соответствующего Пармского обязательства [1]. С целью качественной реализации поставленных задач международными экспертами ВОЗ разработано руководство по методам мониторинга качества воздуха в школьных помещениях [2].

В данном исследовании использован кластерный стратифицированный дизайн. Исследование проведено в г. Минске в течение отопительного сезона 2011/2012 года в 10 школах города, отличающихся соотношением жилой и производственной зон, развитостью

сети автомагистралей, плотностью автомобильного потока, годом постройки, проектной вместимостью и наполняемостью (табл. 1). При этом здания школ построены по типовым проектам, что обусловило единый тип системы отопления – центральное (водяное), систему вытяжной вентиляции.

Объем исследования: отобранных проб воздуха – 294, в том числе 234 – в помещениях, 60 – на улице; выполненных замеров концентраций PM₁₀ и диоксида углерода всего – около 1460, в помещениях – 260, на улице – 1200; число учебных помещений учреждений образования – 38.

Основными загрязнителями, включенными в программу пробоотбора, были диоксид азота (далее – NO₂), формальдегид, бензол (факультативный загрязнитель), толуол, этилбензол, ксилолы, твердые частицы, фракции размером до 10 мкм (далее – PM₁₀), диоксид углерода (далее – CO₂).

Для выполнения исследования загрязнения воздуха внутри и вне школьных помещений использованы радиальные диффузионные («пассивные») пробоотборники (производства Radiello, Италия) – отбор NO₂, формальдегида, бензола, толуола, этилбензола, ксилолов. Преимуществами диффузионного отбора проб воздуха являются: небольшой, компактный размер пробоотборников; отсутствие необходимости в постоянном электроснабжении или блоках питания; большой охват площади помещений; высокая экономическая эффективность; бесшумная работа пробоотборного устройства; отсутствие необходимости в подготовке специального персонала. Длительность пробоотбора составила четверо суток (в среднем – 5506 минут пробоот-

Таблица 1

Характеристики выбранных школ г. Минска

№ школы	Район города	Показатель «Р»	Год постройки школы	Площадь класса (м ²)	Объем класса (м ³)	Средняя наполняемость класса	Время эксплуатации мебели класса	Время после последнего ремонта
01	Московский	1,063	2009	65,4	196,2	21	3 года	3 года
02	Первомайский	1,025	1972	55	154	20	6 лет	< 1 года
03	Октябрьский	0,514	1982	55,6	166,7	19	10 лет	>3 лет
04	Первомайский	0,233	1988	58,5	175,5	21	>10 лет	1-2 года
05	Московский	0,908	1993	66,1	196,5	18	2 года	1-2 года
06	Партизанский	0,733	2001	56,3	140,8	21	>10 лет	1-2 года
07	Партизанский	0,957	1950	60,25	180,8	19	10 лет	1-2 года
08	Октябрьский	0,543	1977	52,4	157,2	23	7 лет	>3 лет
09	Первомайский	1,575	1960	48	144	19	5 лет	1-2 года
10	Советский	1,486	1937	50	125	26	5 лет	< 1 года

бора). Пробоотборники размещались на улице и в помещении класса, в зоне дыхания ученика и на возможном удалении от нагревательных приборов и окон. Отбор проб внутри и вне помещений (пробы атмосферного воздуха) проводили одновременно. Для обеспечения контроля качества (QA/QC) были отобраны дублирующие и холостые пробы. Химико-аналитический анализ проб проводился в референтной лаборатории методом газовой хроматографии и детектором масс спектрометром.

Замеры концентраций PM_{10} в воздухе учебных помещений школ и атмосферном воздухе выполнялись в режиме реального времени при помощи прибора HAZ-DUST EPAM-5000, использующего принцип ближнего рассеяния инфракрасного излучения, для непрерывного измерения концентрации твердых частиц в воздухе в mg/m^3 . Полученные результаты хранятся в памяти для последующего анализа. Преимущества метода детекции в режиме реального времени: высокая чувствительность (определение концентраций от 0,001 до 20 mg/m^3); раздельное определение твердых частиц с аэродинамическим диаметром

1,0 мкм, 2,5 мкм и 10 мкм; немедленная оценка концентрации загрязнений; обеспечение постоянной 24-часовой записи концентраций загрязняющих веществ; сокращение количества ручных операций с фильтрами (при традиционных методах анализа содержания твердых частиц); сокращение количества лабораторных анализов (экономическая выгода).

Замеры концентрации CO_2 выполнялись в режиме реального времени на протяжении всего учебного дня в четырех учебных помещениях каждой из 10 школ при помощи прибора CO-CO2/T/RH monitor TSI IAQ (Indoor Air Quality). Диапазон от 0 до 5000 ppm, точность $\pm 50ppm$, разрешение 1ppm, тип сенсора: Sensor type: Non-Dispersive Infrared.

Статистическая обработка полученных данных выполнялась при помощи пакета прикладных программ STATISTICA (StatSoft Inc., версия 6.0) с применением параметров описательной статистики (среднее арифметическое и стандартное отклонение – для данных, подчиняющихся закону нормального распределения, медиана и интерквартильный

размах – для данных, имеющих распределение, отличное от нормального). Вид распределения определяли по результатам теста Шапиро-Уилка. Для сравнения групп использовались тесты Краскела-Уоллиса и Манна-Уитни. Уровень статистической значимости <math><0,05</math>.

Результаты исследования атмосферного воздуха. Значения концентраций исследуемых загрязняющих веществ в атмосферном воздухе г. Минска не превышают установленных гигиенических нормативов [7], а также находятся ниже рекомендованных ВОЗ уровней содержания, за исключением PM_{10} (табл. 2). Средние значения уровней PM_{10} находятся ниже рекомендованного ВОЗ – 50 мкг/м^3 и составляют $45,17 \text{ мкг/м}^3$. Концентрация PM_{10} превышает ПДКсс в атмосферном воздухе лишь в районе расположения двух школ (№ 02 – $77,10 \text{ мкг/м}^3$ и № 10 – $71,0 \text{ мкг/м}^3$), что также превышает рекомендованный ВОЗ уровень [6].

Данные школы расположены в центральной части города, недалеко от оживленных транспортных магистралей. Следует отметить, что средние значения концентраций PM_{10} в атмосферном воздухе городов Европы следующие: Сиена (Италия) – $23,0 \text{ мкг/м}^3$, Осло (Норвегия) – $16,7 \text{ мкг/м}^3$, Упсала (Швеция) – $29,3 \text{ мкг/м}^3$, Орхус (Дания) – $74,0 \text{ мкг/м}^3$, Реймс (Франция) – $71,3 \text{ мкг/м}^3$ [3]. Таким образом, по данному показателю г. Минск занимает срединное положение.

Значение концентрации NO_2 в атмосферном воздухе в г. Минске (медиана $9,4 \text{ мкг/м}^3$) ниже, чем в городах Европы: Сиена, Италия ($14,9 \text{ мкг/м}^3$), Орхус, Дания ($16,7 \text{ мкг/м}^3$) и Реймс, Франция ($22,0 \text{ мкг/м}^3$) [3]. В то же время, высокие значения концентрации NO_2 в г. Минске зафиксированы в атмосферном воздухе вблизи школ, расположенных в центральной части города, а также вблизи оживленных транспортных

Таблица 2

Значения концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе г. Минска

Вещество	Параметры распределения						
	число проб/ замеров	среднее	стандартное отклонение	стандартная ошибка среднего	медиана	25% и 75% процентиля	Максимум/ минимум
Бензол (мкг/м^3)	10	2,01	1,033	0,327	1,82	1,22 и 2,88	0,61 / 3,88
Толуол (мкг/м^3)	10	4,48	1,547	0,489	4,5	4,0 и 5,6	2,0 / 6,5
Этилбензол (мкг/м^3)	10	0,66	0,295	0,093	0,7	0,4 и 0,9	0,2 / 1,1
Ксилолы (мкг/м^3)	10	3,51	1,678	0,531	3,4	2,3 и 5,0	1,3 / 6,6
Формальдегид (мкг/м^3)	10	1,92	0,497	0,157	1,89	1,52 и 2,28	1,1 / 2,68
Азота диоксид (мкг/м^3)	10	13,44	10,214	3,230	9,4	5,8 и 24,2	4,0 / 31,0
PM_{10} (мкг/м^3)	1200	45,17	18,531	6,177	43,3	33,1 и 48,9	23,9 / 77,1
Углерода диоксид (ppm)	1200	361,28	32,619	10,873	354,14	348,13 и 376,0	318,25 / 406,88

магистралей (31,0 мкг/м³ – в районе школы № 01, 28,1 мкг/м³ – в районе школы № 07).

В целом из числа исследуемых загрязняющих веществ в атмосферном воздухе г. Минска в наименьшей концентрации содержится этилбензол (от 0,2 мкг/м³ до 1,1 мкг/м³), тогда как РМ₁₀ и СО₂ – в наибольшей (от 23,9 мкг/м³ до 77,1 мкг/м³ и от 318,25 ppm до 406,88 ppm соответственно). Концентрации остальных загрязняющих веществ также не превышают установленных гигиенических нормативов (ПДКсс) и составляют: формальдегид – 1,92 мкг/м³ (0,497 мкг/м³ – стандартное отклонение, ПДКсс – 12,0 мкг/м³), бензол – 2,01 мкг/м³ (1,03 мкг/м³ – стандартное отклонение, ПДКсс – 40,0 мкг/м³), толуол – 4,48 мкг/м³ (1,5 мкг/м³ – стандартное отклонение, ПДКсс 300,0 мкг/м³), ксилолы – 3,51 мкг/м³ (1,7 мкг/м³ – стандартное отклонение, ПДКсс – 100,0 мкг/м³).

Результаты исследования воздуха внутри помещений.

Бензол. Концентрация бензола в учебных помещениях школ незначительно ниже по сравнению с уличным значением (1,99 мкг/м³ и 2,01 мкг/м³ соответственно). Наибольшая концентрация бензола в учебных помещениях определена в школе № 07 (3,07 мкг/м³), наименьшая – в школе № 08 (0,79 мкг/м³). По значениям доверительных интервалов можно судить о статистически значимых различиях концентраций бензола в помещениях. Стоит отметить, что уровни концентраций бензола в воздухе помещений в США ранжируются от 2,6 мкг/м³ до 5,8 мкг/м³. В городах Европы концентрация бензола в воздухе помещений увеличивается при перемещении из северных широт в южные. Так, наименьшая концентрация установлена в помещениях Финляндии (2,0 мкг/м³), в помещениях городов центральной Европы размах концентраций бензола составляет от 2,0 до 12 мкг/м³, в южных городах (Милан, Афины) – от 10 до 13 мкг/м³, в Турции – от 7,0 до 14 мкг/м³. В целом в мире наибольшие значения концентрации бензола определены в домах Индии – 103 мкг/м³. При этом концентрация бензола в воздухе выше в офисных и общественных помещениях: средняя концентрация в офисных помещениях стран Европы – 14,6 мкг/м³ [5].

Как видно из представленных данных, содержание бензола в воздухе помещений и атмосферном воздухе не одинаковое, со значительным преобладанием в воздухе помещений. Определенные концентрации бензола в воздухе не превышают установленных гигиенических нормативов и находятся значительно ниже концентраций, способных вызвать острые, подострые или хронические эффекты, но, учитывая канцерогенный эффект этого соединения, определение его в воздухе нежилых помещений может служить основанием для включения его в программу мониторинга и для разработки профилактических мероприятий.

Толуол. Концентрация толуола в воздухе учебных помещений незначительно ниже по сравнению с концентрацией в атмосферном воздухе (4,4 мкг/м³ и 4,48 мкг/м³ соответственно), в то же время концентрации этилбензола и ксилолов в воздухе помещений выше значений в атмосферном воздухе (0,9 мкг/м³ и 0,66 мкг/м³ – этилбензол, 4,6 мкг/м³ и 3,51 мкг/м³ – ксилолы, соответственно). Наибольшая концентрация толуола определена в учебных помещениях школы № 06 – 10,37 мкг/м³, наименьшая – в помещениях школы № 09 – 2,7 мкг/м³ (критерий Манна-Уитни, Z=-2,1213, при p=0,0339).

Этилбензол и ксилол. Наибольшие концентрации этилбензола и ксилолов определены в учебных помещениях школы № 06 (1,6 мкг/м³ и 14,9 мкг/м³ соответственно), наименьшие – 0,35 мкг/м³ и 2,2 мкг/м³ соответственно в школе № 08 (рис. 1а, 1б) при статистически значимых различиях (критерий Манна-Уитни, Z=-2,1213, при p=0,0339).

Формальдегид. Средняя концентрация формальдегида в воздухе учебных помещений школ г. Минска статистически значимо выше, чем в атмосферном воздухе (5,86 мкг/м³). Превышение концентрации формальдегида зафиксировано в воздухе учебного помещения школы № 01 и составляло 1,08 долей ПДКсс (12,97 мкг/м³ при ПДКсс 12 мкг/м³). При этом минимальная – в воздухе учебных помещениях школы № 09, критерий Манна-Уитни (Z/p) – -2,309, при p=0,02092. Необходимо отметить, что максимальные уровни не достигали порога

восприятия запаха формальдегида ($0,2 \text{ мг/м}^3 - 0,4 \text{ мг/м}^3$) [5].

Уровни содержания формальдегида в воздухе учебных помещений десяти школ представлены на рисунке 2а. Высокие значения концентраций формальдегида в воздухе учебных помещений школы № 01 объясняются тем, что здание школы построено в 2009 году. Мебель, оборудование, инвентарь, текстиль, отделочные материалы выпущены в эксплуатацию в 2010 году. Так, установлена связь между годом постройки десяти школ и концентрацией формальдегида в воздухе учебных помещений (коэффициент корреляции Спирмана 0,55, при $p=0,000281$).

Результаты исследований, выполненных за последнее время, показывают широкие пределы колебаний концентрации формальдегида в воздухе помещений по всему миру [5]. Так, по данным исследования, проведенного в Германии в 2003–2006 годах, средняя концентрация формальдегида, а также 95-й перцентиль и максимальное значение в пробах воздуха помещений были $23,3 \text{ мкг/м}^3$, $47,7 \text{ мкг/м}^3$ и $68,9 \text{ мкг/м}^3$; Франции – $19,6 \text{ мкг/м}^3$, $46,7 \text{ мкг/м}^3$ и $86,3 \text{ мкг/м}^3$ соответственно.

Диоксид азота. По результатам исследования NO_2 является вторым по величине концентрации загрязняющим веществом в атмосферном воздухе при концентрации в атмосферном воздухе $9,4 \text{ мкг/м}^3$, в воздухе помещений – $8,8 \text{ мкг/м}^3$ (рис. 2б). Наибольшее значение концентрации NO_2 установлено в воздухе учебных помещений школы № 10 – $16,1 \text{ мкг/м}^3$, максимальное/ минимальное значение – $21,4/12,4 \text{ мкг/м}^3$, наименьшая концентрация – в воздухе учебных помещений школы № 05 – $4,1 \text{ мкг/м}^3$, максимальное/ минимальное значение – $5,1/2,9 \text{ мкг/м}^3$, критерий Манна-Уитни (Z/p) – 2,121, при $p=0,0339$. При этом полученные значения концентрации NO_2 – ниже установленного гигиенического норматива в Республике Беларусь (ПДКсс 100 мкг/м^3).

Средние значения концентраций NO_2 в воздухе школьных помещений по результатам европейских исследовательских проектов: Сиена (Италия) – $10,63 \text{ мкг/м}^3$, Удине (Италия) – $18,2 \text{ мкг/м}^3$, Осло (Норвегия) – $17,2 \text{ мкг/м}^3$,

Упсала (Швеция) – $16,1 \text{ мкг/м}^3$, Орхус (Дания) – $8,3 \text{ мкг/м}^3$, Реймс (Франция) – $14,6 \text{ мкг/м}^3$ [3]. Представленные данные получены при анализе воздуха жилых помещений, имеющих поблизости источники пламени или горения. В помещениях школ такие источники отсутствуют, и главным источником поступления NO_2 в воздух помещений является атмосферный воздух. В описываемых случаях основными источниками служат объекты промышленности и автомобильный транспорт. Нами получена статистически значимая прямая корреляционная зависимость между концентрацией NO_2 в воздухе помещений и в атмосферном воздухе ($R=0,76$ при $p=0,011143$).

PM_{10} . Средняя концентрация PM_{10} в атмосферном воздухе составляет $45,17 \text{ мкг/м}^3$, в воздухе помещений школ – $28,46 \text{ мкг/м}^3$. Получена статистически значимая прямая корреляционная зависимость между концентрацией PM_{10} в воздухе помещений и в атмосферном воздухе ($R=0,76$ при $p=0,011143$). Максимальное значение концентрации PM_{10} в воздухе учебных помещений установлено в школе № 10 ($48,0 \text{ мкг/м}^3$), минимальное – в школе № 11 ($20,5 \text{ мкг/м}^3$). Данные представлены на рисунке 3а. Зафиксировано превышение гигиенического норматива ПДКсс концентрации PM_{10} в воздухе учебного помещения школы № 10 (максимальное значение – $55,0 \text{ мкг/м}^3$, ПДКсс – $50,0 \text{ мкг/м}^3$). Нельзя не отметить достаточно благополучную ситуацию по оцениваемому показателю в учебных помещениях г. Минска в сравнении с таковым в европейских городах: Сиена (Италия) – 148 мкг/м^3 , Удине (Италия) – 158 мкг/м^3 , Осло (Норвегия) – 54 мкг/м^3 , Упсала (Швеция) 33 мкг/м^3 , Орхус (Дания) – 169 мкг/м^3 , Реймс (Франция) – 112 мкг/м^3 [3].

Диоксид углерода. В Республике Беларусь отсутствует гигиенический норматив содержания CO_2 в воздухе. Сравнительный анализ выполняли с учетом рекомендованных уровней содержания CO_2 в воздухе школьных помещений других стран – США, Эстонии (1000 ppm), Великобритании (1500 ppm), Голландии (1200 ppm).

Нами установлено значимое превышение концентрации CO_2 в воздухе помещений ($1305,0 \text{ ppm}$) по сравнению с атмосферным воздухом

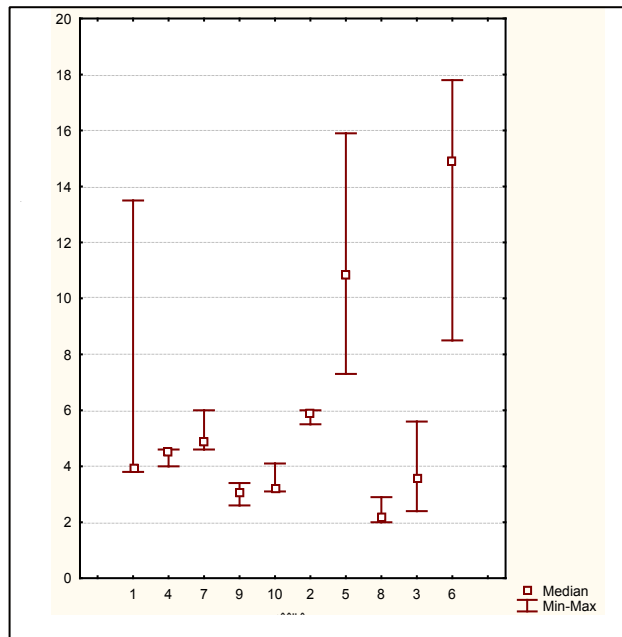
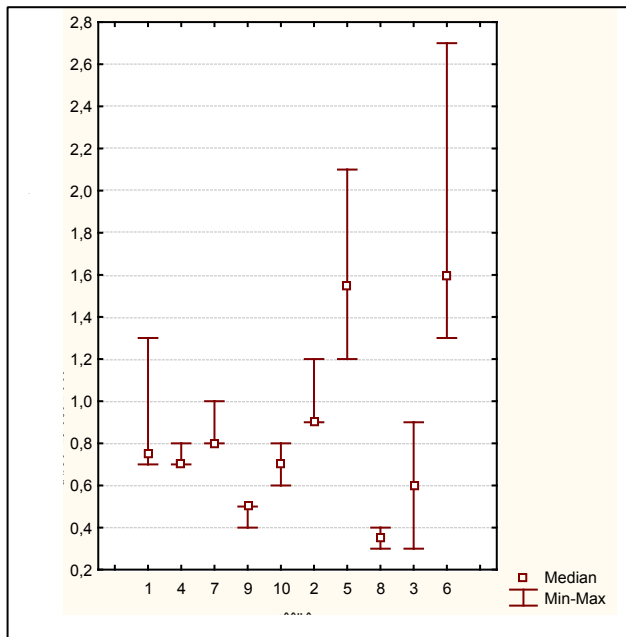


Рис. 1. Содержание этилбензола (а) и ксилолов (b) в воздухе учебных помещений школ г. Минска

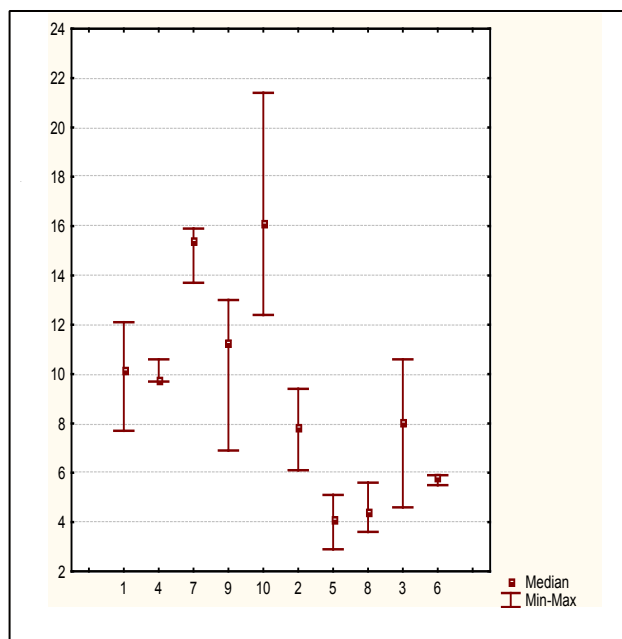
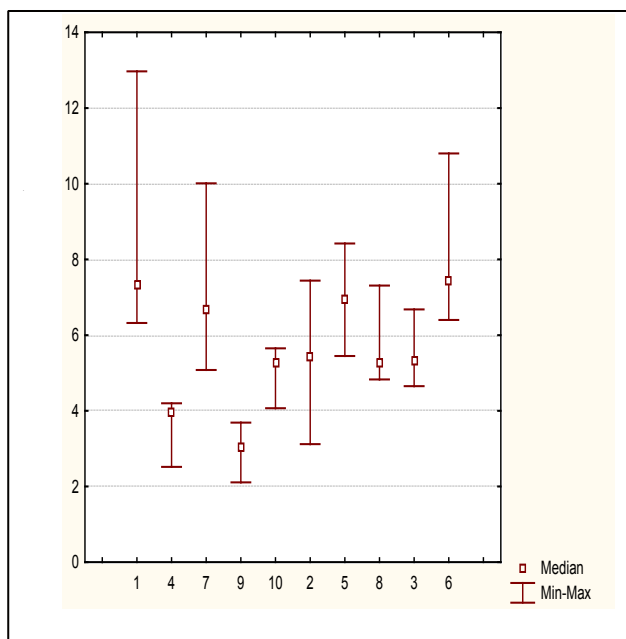


Рис. 2. Содержание формальдегида (а) и азота диоксида (b) в воздухе учебных помещений школ г. Минска

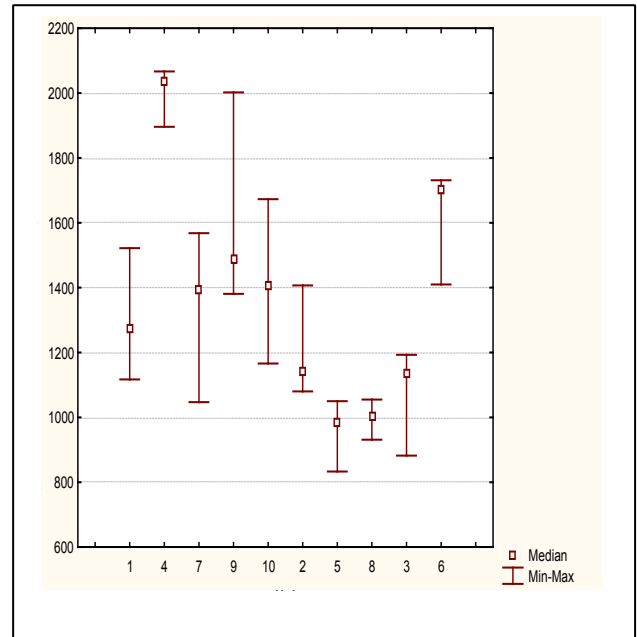
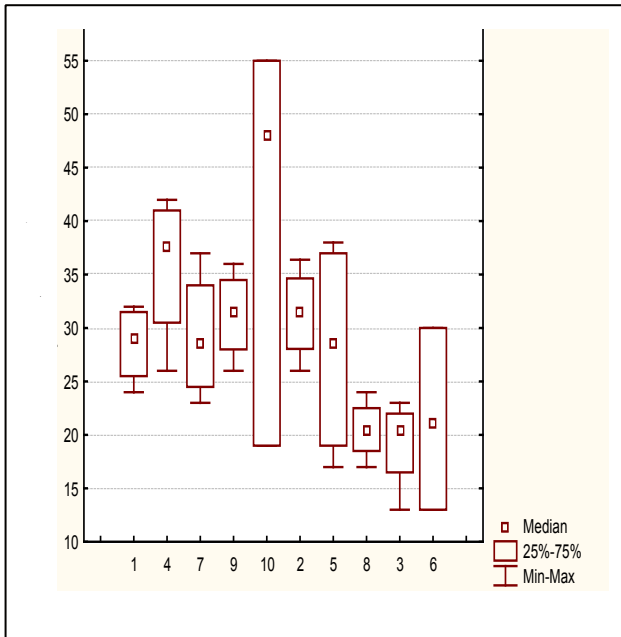


Рис. 3. Содержание PM₁₀ (а) и углерода диоксида (б) в воздухе учебных помещений школ г. Минска

(354,14 ppm). Данные о содержании CO₂ представлены на рисунке 3б.

По мнению Ю.Д. Губернского (2012), CO₂ не оказывает негативного влияния при уровнях ниже 1000 ppm [4]. Наибольшая концентрация CO₂ определена в учебных помещениях школы № 04 (2034,5 ppm), наименьшая концентрация – в школе № 05 (985,0 ppm), при статистически значимых различиях (критерий Манна-Уитни 2,3094 при p=0,020922). Обращает на себя внимание большой диапазон значений концентрации CO₂ в воздухе помещений школ Европейского региона: от 681 ppm (Упсала [Швеция]) до 1954ppm (Сиена [Италия]), (Удине [Италия]) 1818ppm, в то время как показатели в Осло (Норвегия) – 1158 ppm приближены к рекомендуемым значениям [3].

Интегральная оценка. Большое разнообразие загрязняющих веществ, эффектов их воздействия на здоровье, присутствие их во внутришкольной среде в концентрациях, не превышающих ПДК, но при этом находящихся в широких диапазонах колебаний, а также длительность пребывания детей в школьных помещениях делают

способ гигиенической оценки качества воздуха внутри помещений по каждому загрязнителю в отдельности недостаточным. Учитывая вышесказанное, нами предложен, разработан и применен комплексный показатель качества воздуха внутри помещений (КВП). Показатель КВП является интегральной оценкой качества воздуха внутри помещений и представляет собой сумму отношений определенных концентраций загрязняющих веществ в воздухе к значениям их безопасных уровней воздействия с учетом объема помещений. Использование КВП позволило дать интегральную оценку качества воздуха внутри учебных помещений школ г. Минска. Так, наибольшее значение показателя КВП определено в школе № 10, наименьшее значение показателя КВП – в школе № 02 (критерий Краскела – Уоллиса: N=19,56, p=0,0209). Кроме того, значение показателя КВП в школе № 10 статистически значимо выше по сравнению со школами № 08, № 04, № 03, № 09. Сравнительные результаты представлены на рисунке 4. Рассчитанные значения показателя КВП в учебных помещениях школ

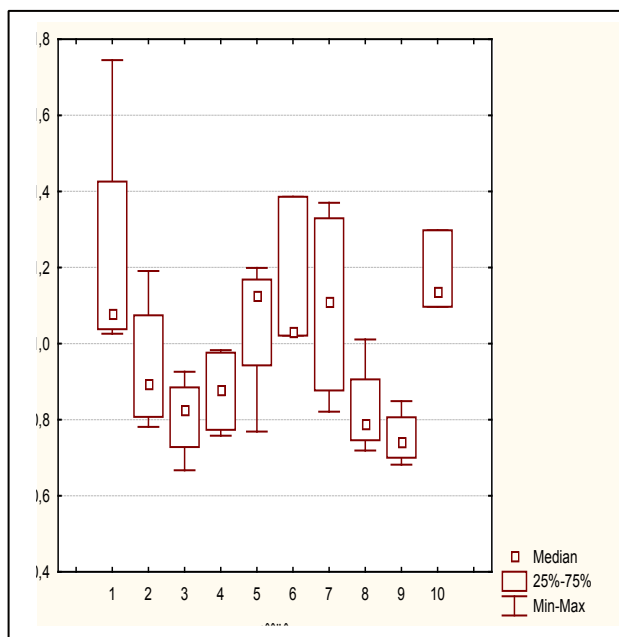


Рис. 4. Значения интегрального показателя качества воздуха внутри помещений школ г. Минска

г. Минска позволили дать сравнительную интегральную оценку качества воздуха внутри учебных помещений. Анализ количественных показателей качества наружного и внутреннего воздуха (показатель «Р» и показатель «КВП») позволил заключить, что качество наружного воздуха не является определяющим фактором при формировании загрязнения воздуха внутри помещений, что в свою очередь указывает на значимость других источников загрязнения воздуха помещений.

Таким образом, установлено, что использование современных методов отбора проб воздуха (диффузионный отбор проб, нефелометрическое определение концентраций в режиме реального времени) дает возможность получить точные и достоверные данные о загрязнении внутри- и внешкольной среды.

Превышений ПДКсс бензола, толуола, этилбензола, ксилолов, формальдегида, NO_2 в атмосферном воздухе г. Минска не установлено. Зафиксировано превышение ПДКсс PM_{10} в атмосферном воздухе г. Минска в двух точках.

Концентрации бензола, толуола, этилбензола, ксилолов, NO_2 не превышают ПДКсс в воздухе учебных помещений. Зафиксировано превышение ПДКсс формальдегида и PM_{10} в одной из школ.

Средняя концентрация CO_2 в учебных помещениях школ находится выше уровня, рекомендованного в странах Европы и США.

Предложенный интегральный показатель качества воздуха внутри помещения – КВП – позволяет дать комплексную оценку степени загрязнения воздуха смесью веществ.

Полученные результаты выявили факторы риска внутришкольной среды и позволили обосновать необходимые мероприятия по оздоровлению среды – улучшению качества воздуха внутри учебных помещений.

Национальные меры вмешательства, принимаемые с целью снижения экологических рисков для здоровья детей, создание систем мониторинга и информационных систем в области окружающей среды и охраны здоровья позволят качественно улучшить внутришкольную среду.

ЛИТЕРАТУРА

1. Инструменты для мониторинга выполнения обязательств Пармской конференции: отчет о совещании 25-26 ноября 2010 г., Бонн, Германия.
2. Методы мониторинга качества воздуха в школьных помещениях: отчет о совещании 4-5 апреля 2011 г. Бонн, Германия.
3. Health Effects of School Environment (HESE). Final Scientific Report. Siena, January 2006. [Electronic resource]. Mode of access: www.hese.info. Date of access: 03.01.2006.
4. Губернский Ю.Д., Калинина Н.В., Гапонова Е.Б., Банин И.М. Уровни содержания диоксида углерода в воздухе помещений современных жилых и общественных зданий: В кн. Рахманин Ю.А., ред. Материалы пленума Науч. совета по экологии человека и гигиене окружающей среды Рос. Федерации «Научно-методологические основы совершенствования нормативно правовой базы профилактического здравоохранения: проблемы и пути их решения», М., 2012: 87-90.
5. World Health Organization guidelines for indoor air quality: selected pollutants. Copenhagen, World Health Organization Regional Office for Europe, WHO, 2010.
6. Air quality guidelines for Europe. Copenhagen, World Health Organization Regional Office for Europe, 1987 (WHO Regional Publications, European Series, No. 23).
7. Нормативы предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и ориентировочно безопасных уровней воздействия загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных пунктов и мест массового отдыха населения : утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 30 дек. 2010 г., № 186. Минск: ГУ РЦГЭ и ОЗ, 2011.

Сведения об авторах

Пронина Татьяна Николаевна, кандидат медицинских наук, заведующая лабораторией ГУ «Республиканский научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь

Ганькин Александр Николаевич, младший научный сотрудник ГУ «Республиканский научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь

Бобок Наталья Владимировна, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник ГУ «Республиканский научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь

Карпович Наталья Владимировна, младший научный сотрудник ГУ «Республиканский научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь

Пронина Т.Н., Ганькин А.Н., Бобок Н.В., Карпович Н.В. Лабораторно-аналитический мониторинг показателей качества воздуха внутри и вне школьных помещений. 2013; 3: 39-48.