УДК [613.155: 543.26]: 613.95–053.6

РИСК ЗДОРОВЬЮ УЧАЩИХСЯ, ФОРМИРУЕМЫЙ ЗАГРЯЗНЕНИЕМ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ УЧЕБНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

А.Н. Ганькин, Т.Д. Гриценко, С.М. Соколов, Т.Н. Пронина

ГУ «Республиканский научно-практический центр гигиены»,
Республика Беларусь, 220012, г. Минск, ул. Академическая, 8

Представлены результаты оценки риска здоровью учащихся, выполненной на основе данных диффузионного отбора проб воздуха учебных помещений учреждений общего среднего образования и измерений концентраций загрязняющих веществ в воздушной среде в режиме реального времени. Установлено, что загрязнение воздушной среды учебных помещений характеризуется многокомпонентностью и значительной вариабельностью. Основной вклад в формирование величины суммарного канцерогенного риска в воздухе учебных помещений вносит формальдегид. Суммарный канцерогенный риск при ингаляционном пути поступления бензола, этилбензола и формальдегида выше в воздухе учебных помещений по сравнению с содержанием в атмосферном воздухе в районе расположения учреждений. Коэффициенты опасности при хроническом ингаляционном воздействии загрязняющих веществ в воздухе учебных помещений составляют от 1,0 и ниже. Комбинированное воздействие химических веществ, загрязняющих воздушную среду учебных помещений, в концентрациях, не превышающих предельно допустимых, формирует повышенный риск развития заболеваний органов дыхания (величина индекса опасности до 1,4). Метод диффузионного отбора проб воздуха позволяет проводить оценку качества воздушной среды учебных помещений, служить основой для оценки риска, планировать и оценивать эффективность проведения «адресных» профилактических мероприятий.

Ключевые слова: воздух учебных помещений, диффузионный пробоотбор, оценка риска.

Согласно современным научным данным, одним из факторов, существенно влияющих на здоровье детей, является загрязнение атмосферного воздуха химическими веществами, вызывающими заболевания органов дыхания, сердечно-сосудистую патологию, болезни эндокринной системы. По данным Всемирной организации здравоохранения воздушная среда жилых помещений является неблагоприятной для здоровья человека. Это имеет огромное значение, учитывая то, что 70 % своего дневного времени человек проводит в помещениях непроизводственного назначения, качество воздушной среды которых колеблется между показателями атмосферного воздуха населенных мест и воздуха рабочей зоны [3, 5]. Исследования последних лет доказывают значимую роль качества внутренней среды помещений учреждений образования в возникновении заболеваний детей и подростков [9, 10]. Учитывая количество потенциальных источников химических поллютантов воздушной среды учебных помещений, качественный состав загрязнения, колебания концентраций пол-

© Ганькин А.Н., Гриценко Т.Д., Соколов С.М., Пронина Т.Н., 2014

Ганькин Александр Николаевич – младший научный сотрудник лаборатории комплексной оценки риска воздействия факторов среды (e-mail: gankinan@gmail.com, тел.: 8 (017) 292-47-00).

Гриценко Татьяна Дмитриевна – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории комплексной оценки риска воздействия факторов среды (e-mail: gritsenkotd@rambler.ru, тел.: 8 (017) 294-13-79).

Соколов Сергей Михайлович – доктор медицинских наук, профессор, заслуженный деятель науки Республики Беларусь, главный научный сотрудник лаборатории комплексной оценки риска воздействия факторов среды (e-mail: rspch@rspch.by, e-mail: rspch@rspch.by, тел.: 8 (017) 294-13-79).

Пронина Татьяна Николаевна – кандидат медицинских наук, заведующий лабораторией гигиены детей и подростков (e-mail: pro_tanya@mail.ru, тел.: 8 (017) 292-82-49).

лютантов, а также комбинированный характер их воздействия на организм человека, разработка мер профилактики неблагоприятного ингаляционного воздействия загрязняющих веществ и принятие управленческих решений должны основываться на результатах оценки риска.

Контроль и мониторинг загрязнения воздушной среды помещений, в том числе учебных, требует применения подходящих и современных методов, отражающих непосредственную величину воздействия. Современными и перспективными методами, используемыми при оценке загрязнения атмосферного воздуха, являются методы диффузионного и пассивного отбора проб воздуха [4, 6]. Преимущества диффузионного отбора проб воздуха заключаются в компактном размере пробоотборников, отсутствии необходимости в постоянном электроснабжении или блоках питания, большом охвате площади помещений, высокой экономической эффективности, бесшумной работе и отсутствии необходимости в подготовке специального персонала. На отбор проб не оказывают влияния пиковые колебания загрязнителей, полученные результаты отражают усредненные концентрации загрязняющих веществ за период пробоотбора.

Цель исследования – выполнить гигиеническую оценку риска здоровью учащихся при комбинированном воздействии химических веществ, загрязняющих воздушную среду учебных помещений, на основе данных диффузионного отбора проб воздуха.

Материалы и методы. В исследовании использован кластерный стратифицированный дизайн, отбор проб воздуха выполнен в двадцати учебных помещениях начальной школы пяти учреждений общего среднего образования (далее – УО) г. Минска. Выбор приоритетных веществ, загрязняющих воздушную среду учебных помещений, основан на международных рекомендациях [1, 2, 7, 8]. Осуществлен отбор проб бензола, толуола, этилбензола, ксилолов, формальдегида, азота оксида (IV) (диоксид азота), твердых частиц размером до 10 мкм (PM_{10}).

Основой для расчета величин риска развития канцерогенных и неканцерогенных эффектов послужили данные диффузионного пробоотбора и измерений концентраций загрязняющих веществ в режиме реального времени. В исследовании использованы диффузионные пробоотборные устройства промышленного производства (фирма Radiello©, Италия). В качестве сорбентов применяли активированный уголь – для группы соединений BTEX – бензол, толуол, этилбензол, смесь изомеров ксилолов; 2,4-динитрофенилгидразин – для формальдегида; триэтаноламин – для азота диоксида. Длительность пробоотбора составила четверо суток. Химико-аналитическое исследование проб проводилось в референтной лаборатории методами газовой хромато-масс-спектрометрии и спектрофотометрии.

Измерения PM_{10} в воздухе учебных помещений УО выполнялись в режиме реального времени при помощи прибора HAZ-DUST EPAM-5000 (производитель SKC Inc., USA), реализующего принцип ближнего рассеивания инфракрасного излучения, для непрерывного определения концентрации твердых частиц в воздухе (мг/м^3).

Одновременно с отбором проб воздуха были собраны данные о санитарно-техническом состоянии учебных помещений УО.

Риск здоровью учащихся оценен поэтапно. На первом этапе проведены обобщение и анализ информации о химических загрязнителях воздуха учебных помещений, обладающих канцерогенным эффектом. Далее выполнен расчет индивидуального канцерогенного риска (*CR*) для бензола, этилбензола и формальдегида и суммарного канцерогенного риска (*TCRa*) для ингаляционного пути поступления.

Оценка неканцерогенных рисков осуществлена с использованием величин коэффициента опасности (*HQ*) – при рассмотрении отдельных загрязняющих веществ, а также индекса опасности (*IH*) – при комбинированном воздействии химических веществ с учетом критических органов (систем), подверженных воздействию исследуемых химических веществ.

Статистическая обработка данных выполнена с использованием пакета прикладных программ Statistica (StatSoft Inc., версия 6.0), определяли вид распределения данных (тест Шапиро–Уилка), меру центральной тенденции и разброс (медиана, интерквартильный размах). Для сравнения групп использовали тесты Краскелла–Уолиса (*H*) и Манна–Уитни (*Z*). Расчет корреляции выполнен с использованием коэффициента корреляции Спирмена (*R*). Уровень статистической значимости <0,05.

Результаты и их обсуждение. В ходе анализа санитарно-технического состояния УО установлено, что выбранные объекты построены в основном во второй половине XX в., строительными материалами зданий являются кирпич и бетон. Использование типовых архитектурных проектов при строительстве УО обусловило единый вид системы отопления – центральное, а также системы вентиляции – с естественным побуждением (через вентиляционные каналы) и частично механической вентиляцией (в кабинетах химии, физики). Из 20 учебных помещений 11 расположено на 3-м этаже, 7 – на 2-м и 2 – на 1-м. Средняя площадь учебных помещений 61 м^2, средний объем – 183 м^3. В 19 классах пол покрыт полимерным материалом (линолеум, таркет), основные отделочные материалы стен – обои и водоэмульсионная краска, в 6 классах на стенах имеются панели из полимерного материала (ПВХ). Последний ремонт (включающий окраску стен, оконных рам, ремонт и замену школьной мебели) в 9 учебных помещениях проведен три года назад, в 7 – один-два года назад и в 4 – один год назад. Мебель эксплуатировалась в 9 учебных помещениях более 10 лет, в 11 – 2–4 года, основной материал мебели – МДФ.

В результате анализа отобранных проб воздуха определено, что концентрации бензола, толуола, этилбензола, ксилолов, азота диоксида, PM_{10} не превышают установленных гигиенических нормативов (среднесуточную предельно допустимую концентрацию – ПДК$_{сс}$) содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест и мест массового отдыха населения. Зафиксировано превышение ПДК$_{сс}$ (12,97 мкг/м^3) формальдегида в воздухе одного учебного помещения (ПДК$_{сс}$ – 12 мкг/м^3). В результате сравнительного и корреляционного анализа полученных значений концентраций поллютантов в воздушной среде учебных помещений и в атмосферном воздухе исследуемые загрязняющие вещества были разделены на две условные группы: контаминанты атмосферного воздуха (азота диоксид, PM_{10}, бензол) и загрязнители, источники эмиссий которых расположены внутри помещений (толуол, этилбензол, ксилолы, формальдегид).

Канцерогенный риск в обследованных учебных помещениях УО от воздействия бензола и этилбензола характеризуется как «приемлемый» (Risk < 1E-06), от воздействия формальдегида в 19 учебных помещениях – как «допустимый» (1E-06 < Risk < 1E-04) и в одном помещении – как «приемлемый» (Risk < 1E-06). При этом величина *CR* бензола, этилбензола и формальдегида, а также величина TCR_a значимо различаются при сравнительной оценке между учреждениями образования (табл. 1).

Как видно из табл. 1, наибольшая величина *CR* от воздействия бензола определена в воздухе учебных помещений УО 2, величина экспозиции к бензолу в котором также превышает значения, полученные в других школах. Наибольшая величина *CR* от воздействия этилбензола определена в воздухе учебных помещений УО 4, для которого характерны более высокие значения экспозиции к этому химическому контаминанту. Наименьшая величина *CR* по двум веществам (бензол и этилбензол) установлена в учебных помещениях УО 5, уровни экспозиции к этим веществам в котором также минимальны. Наибольшая величина *CR* от воздействия формальдегида – в воздухе учебных помещений УО 1, наименьшая – в воздухе учебных помещений УО 3 ($Z = 2{,}3$ при $p < 0{,}05$). В то же время максимальное значение TCR_a определено в учебных помещениях УО 1, тогда как минимальное – в УО 3 (различия статистически значимы, $Z = 2{,}3$ при $p < 0{,}05$). Основной вклад в формирование величины суммарного канцерогенного риска в воздухе учебных помещений обследованных УО вносит формальдегид.

Таблица 1

Характеристика распределения значений индивидуального канцерогенного риска (*CR*) от воздействия бензола, этилбензола, формальдегида и величина суммарного канцерогенного риска для ингаляционного пути поступления (TCR_a) в воздухе учебных помещений

Параметры распределения	Величина *CR* ($\cdot 10^{-6}$)			Величина TCR_a ($\cdot 10^{-6}$)
	бензол	этилбензол	формальдегид	
УО 1				
Медиана	0,498	0,0189	2,205*	2,73*
25-й процентиль	0,462	0,017	2,025	2,512
75-й процентиль	0,5225	0,026	3,085	3,627
УО 2				
Медиана	0,5171	0,0202	2,005	2,564
25-й процентиль	0,5056	0,0202	1,545	2,082
75-й процентиль	0,5356	0,02271	2,735	3,282
УО 3				
Медиана	0,4163	0,018	1,195*	1,631*
25-й процентиль	0,3794	0,018	0,95	1,385
75-й процентиль	0,452	0,01891	1,26	1,7
УО 4				
Медиана	0,3586	0,0391	2,085	2,538
25-й процентиль	0,3286	0,0329	1,77	2,196
75-й процентиль	0,4048	0,0478	2,405	2,793
УО 5				
Медиана	0,2432	0,015	1,8	2,122
25-й процентиль	0,202	0,0114	1,5	1,866
75-й процентиль	0,347	0,0189	2,005	2,219

Примечание: * – значения статистически значимо различаются (при $p < 0,05$).

Величина индивидуального канцерогенного риска (*CR*) от воздействия бензола, этилбензола и формальдегида в атмосферном воздухе на прилегающей территории различается в зависимости от района размещения учреждения образования. Так, *CR* от воздействия бензола и этилбензола принимает наибольшее значение в атмосферном воздухе в районе расположения УО 2 (значения CR 6,97E-07 и 2,77E-08 соответственно), тогда как наименьшее – в атмосферном воздухе района расположения УО 4 (значения *CR* 1,7E-07 и 7,6E-09 соответственно). Наибольшее значение величина *CR* формальдегида достигает в атмосферном воздухе района расположения УО 1 (8,17E-07), тогда как наименьшего – рядом с УО 3 (3,37E-07). При этом суммарный канцерогенный риск при ингаляционном пути поступления комплекса соединений атмосферного воздуха, обладающих канцерогенной активностью, принимает наибольшие значения в районе расположения УО 3 (1,4E-06), тогда как наименьшие – рядом с УО 5 (6,4E-07) (табл. 2).

Из данных, представленных в табл. 2, видно, что индивидуальный канцерогенный риск от воздействия бензола и этилбензола в атмосферном воздухе значимо выше по сравнению с таковым в учебных помещениях в УО 2. При этом, тогда как индивидуальный канцерогенный риск от воздействия бензола и этилбензола значимо выше в воздухе учебных помещений УО 4 по сравнению с атмосферным воздухом. Величина индивидуального канцерогенного риска от воздействия формальдегида во всех исследованных случаях значимо выше в воздухе учебных помещений школ по сравнению с атмосферном воздухом.

Суммарный канцерогенный риск при ингаляционном пути поступления бензола, этилбензола и формальдегида значимо выше в воздухе учебных помещений школ по сравнению с атмосферным воздухом в районе их расположения.

Таблица 2

Значения индивидуального канцерогенного риска (*CR*) и суммарного канцерогенного риска при ингаляционном пути поступления (TCR_a) от воздействия бензола, этилбензола и формальдегида в воздухе учебных помещений школ и атмосферном воздухе прилегающей территории

Точка отбора проб воздуха	Значения *CR*						Значения TCR_a	
	Бензол		Этилбензол		Формальдегид			
	воздух учебных помещений	атмосферный воздух	воздух учебных помещений	атмосферный воздух	воздух учебных помещений	атмосферный воздух	воздух учебных помещений	атмосферный воздух
УО 1	4,9E-7	5,1E-7	1,9E-8	1,8E-8	2,2E-6*	8,1E-7*	2,7E-6*	1,3E-6*
УО 2	5,2E-7*	6,9E-7*	2,0E-8*	2,8E-8*	2,0E-6*	7,3E-7*	2,6E-6*	1,4E-6*
УО 3	4,2E-7	4,5E-7	1,8E-8	1,8E-8	1,2E-6*	3,3E-7*	1,6E-6*	7,8E-7*
УО 4	3,6E-7*	1,6E-7*	3,9E-8*	7,6E-9*	2,1E-6*	5,7E-7*	2,5E-6*	7,6E-7*
УО 5	2,4E-7	2,2E-7	1,5E-8	1,0E-8	1,8E-6*	4,1E-7*	2,E-6*	6,4E-7*

Примечание: * – различия между сравниваемыми группами статистически значимы при $p < 0,05$ (тест Манна–Уитни).

В результате расчета и анализа величин коэффициентов опасности при хроническом ингаляционном воздействии загрязняющих веществ в воздухе учебных помещений УО установлено, что коэффициенты опасности всех исследуемых веществ составляют величины от 1,0 и ниже, то есть уровень риска воздействия оценивается как «приемлемый» (табл. 3).

Расчет индексов опасности комбинированного воздействия комплекса загрязняющих химических веществ воздуха учебных помещений УО выполнен с учетом критических органов и систем организма: органов дыхания, системы кровообращения, системы крови (болезни крови и кроветворных органов), центральной нервной, иммунной систем, зрительного аппарата (глаз и придаточный аппарат глаза), а также эндокринной системы.

При сравнении индексов опасности развития заболеваний органов дыхания при воздействии комплекса загрязняющих веществ воздуха учебных помещений пяти УО статистически значимых различий между величинами индексов опасности не установлено (критерий Краскела–Уолиса $H = 7,44$ при $p = 0,1143$). Однако важным является тот факт, что индекс опасности, классифицированный как «средний», установлен в учебных помещениях трех УО из пяти (восемь учебных помещений) (табл. 4).

Установлены следующие колебания величин индексов опасности: *HI* развития заболеваний органов дыхания – от 0,69 до 1,4 (медиана 0,95), *HI* развития заболеваний системы кровообращения – от 0,22 до 0,68 (медиана 0,44), *HI* развития заболеваний крови, кроветворных органов – от 0,08 до 0,24 (медиана 0,16), *HI* развития заболеваний нервной системы – от 0,05 до 0,22 (медиана 0,1), *HI* развития заболеваний иммунной системы – от 0,07 до 0,87 (медиана 0,44), *HI* развития заболеваний зрительного аппарата (глаз и придаточный аппарат) – от 0,16 до 0,82 (медиана 0,4), *HI* развития заболеваний эндокринной системы – от 0,05 до 0,32 (медиана 0,12).

В результате сравнительного анализа величин индексов опасности при хроническом ингаляционном воздействии изученных загрязняющих веществ в воздушной среде учебных помещений пяти УО статистически значимые различия установлены для системы кровообращения ($H = 14,96$ при $p = 0,0048$), нервной системы ($H = 9,76$ при $p = 0,0447$), иммунной системы ($H = 11,99$ при $p = 0,0175$), крови и кроветворных органов ($H = 14,6$ при $p = 0,0056$), эндокринной системы ($H = 12,19$ при $p = 0,0160$), зрительного аппарата ($H = 10,92$ при $p = 0,0275$).

Таблица 3

Величины коэффициентов опасности (*HQ*) при хроническом ингаляционном воздействии загрязняющих веществ в воздухе учебных помещений УО

Учебное помещение	Величина *HQ*						
	Бензол	Толуол	Этилбензол	Ксилолы	Формальдегид	Азота диоксид	PM_{10}
1	0,055	0,01	0,121	0,03	0,82	0,073	0,468
2	0,057	0,01	0,106	0,03	0,47	0,081	0,408
3	0,05	0,01	0,106	0,03	0,45	0,058	0,362
4	0,05	0,012	0,196	0,102	0,40	0,091	0,483
5	0,05	0,01	0,121	0,04	0,63	0,103	0,393
6	0,05	0,011	0,121	0,035	0,32	0,115	0,347
7	0,06	0,012	0,151	0,05	0,51	0,12	0,559
8	0,06	0,011	0,121	0,036	0,33	0,119	0,468
9	0,04	0,02	0,106	0,03	0,26	0,075	0,393
10	0,04	0,013	0,121	0,035	0,24	0,073	0,6
11	0,04	0,011	0,106	0,03	0,16	0,08	0,529
12	0,04	0,013	0,106	0,035	0,26	0,073	0,63
13	0,03	0,016	0,181	0,06	0,53	0,039	0,317
14	0,04	0,024	0,211	0,07	0,34	0,029	0,257
15	0,04	0,03	0,257	0,09	0,47	0,033	0,544
16	0,05	0,03	0,317	0,12	0,40	0,022	0,574
17	0,02	0,01	0,045	0,018	0,42	0,06	0,3
18	0,03	0,02	0,091	0,026	0,29	0,039	0,317
19	0,02	0,01	0,091	0,027	0,42	0,035	0,196
20	0,05	0,13	0,136	0,042	0,34	0,08	0,347

Таблица 4

Значения индексов опасности развития заболеваний (с учетом критических органов и систем организма) в результате комбинированного воздействия загрязняющих веществ в воздухе учебных помещений УО

Учебное помещение	Величина *HI*						
	Органы дыхания	Система кровообра-щения	Кровь, кроветворные органы	Нервная система	Иммунная система	Зрительный аппарат (глаз и придаточный аппарат)	Эндокринная система
1	1,4	0,52	0,18	0,1	0,87	0,82	0,12
2	1,01	0,46	0,2	0,1	0,53	0,47	0,11
3	0,91	0,41	0,16	0,09	0,5	0,45	0,11
4	1,09	0,53	0,19	0,16	0,45	0,4	0,2
5	0,83	0,4	0,22	0,1	0,37	0,32	0,12
6	1,18	0,45	0,21	0,1	0,68	0,63	0,12
7	1,09	0,52	0,23	0,1	0,38	0,33	0,12
8	1,25	0,32	0,24	0,12	0,57	0,51	0,15
9	0,78	0,43	0,16	0,09	0,31	0,26	0,11
10	1,01	0,68	0,15	0,09	0,3	0,26	0,12
11	0,81	0,57	0,16	0,09	0,2	0,16	0,11
12	0,96	0,65	0,16	0,09	0,07	0,27	0,11
13	0,81	0,35	0,11	0,11	0,56	0,53	0,18
14	0,69	0,29	0,1	0,13	0,38	0,34	0,21
15	0,69	0,58	0,11	0,16	0,52	0,47	0,26
16	0,93	0,62	0,11	0,2	0,44	0,4	0,32
17	0,96	0,32	0,1	0,05	0,44	0,42	0,05
18	0,73	0,35	0,09	0,07	0,32	0,29	0,09
19	1,15	0,22	0,08	0,06	0,44	0,42	0,09
20	0,83	0,39	0,17	0,22	0,38	0,34	0,14

Также при анализе данных с учетом деления на условные группы загрязняющих веществ (табл. 5) выявлено, что основной вклад в величину индекса опасности развития заболеваний органов дыхания вносят вещества, отнесенные к группе загрязнителей, источники эмиссий которых расположены внутри помещений (растворители и формальдегид): УО 1, УО 4, УО 5, по 53,9; 54,7; 55,8 % соответственно, тогда как в УО 3 и УО 2 – контаминанты, преимущественно поступающие с атмосферным воздухом (по 69 и 52,8 % соответственно).

Согласно данным, представленным в табл. 5, из двух условных групп веществ, загрязняющих воздух учебных помещений исследуемых УО, поступающие преимущественно с атмосферным воздухом формируют до 90 % величины индекса опасности развития заболеваний системы кровообращения. Также доминирующая роль загрязняющих веществ атмосферного воздуха определена в формировании величины индекса опасности развития заболеваний крови и кроветворных органов (до 67 %).

При сравнении значений индексов опасности развития заболеваний органов дыхания, рассчитанных для внутренней среды помещений пяти УО (отдельно для условных групп загрязняющих веществ), установлены статистически значимые различия в величинах индексов опасности при хроническом ингаляционном воздействии веществ, источником которых является мебель и материалы внутренней отделки помещений (критерий Краскела–Уолиса $H = 11{,}5$ при $p < 0{,}05$).

В результате корреляционного анализа установлена положительная статистически значимая связь между величинами индексов опасности развития заболеваний органов дыхания и системы кровообращения и этажом размещения учебного помещения в здании ($R = 0{,}48$ при $p < 0{,}05$ и $R = 0{,}69$ при $p < 0{,}05$ соответственно), что, вероятнее всего, связано с недостаточной естественной вентиляцией с увеличением этажа помещения.

Выводы. На основании данных диффузионного отбора проб воздуха учебных помещений установлено, что основной вклад в формирование величины суммарного канцерогенного риска в воздухе учебных помещений вносит формальдегид, в то же время суммарный канцерогенный риск для ингаляционного пути поступления бензола, этилбензола и формальдегида значимо выше в воздухе учебных помещений по сравнению с атмосферным воздухом района расположения учреждений. Комбинированное воздействие химических веществ, загрязняющих воздушную среду учебных помещений, в концентрациях, не превышающих установленных предельно допустимых, формирует повышенный риск развития заболеваний органов дыхания. Диффузионный отбор проб воздуха является

Таблица 5

Вклад в формирование величины индекса опасности развития заболеваний органов дыхания, системы кровообращения, крови и кроветворных органов условных групп исследуемых поллютантов (%)

Учреждение образования	Индекс опасности развития заболеваний					
	органов дыхания		системы кровообращения		крови, кроветворных органов	
	соединения группы 1*	соединения группы 2**	соединения группы 1*	соединения группы 2**	соединения группы 1*	соединения группы 2**
УО 1	53,9	46,1	10,9	89,1	40,9	59,1
УО 2	47,2	52,8	11,2	88,8	32,7	67,3
УО 3	31,0	69,0	7,0	93,0	35,12	64,9
УО 4	55,8	44,2	10,1	89,9	35,3	64,7
УО 5	54,7	45,3	8,5	91,5	56,2	43,8

Примечание: * – соединения группы 1 – вещества, источником которых является мебель и материалы внутренней отделки помещений; ** – соединения группы 2 – вещества, преимущественно поступающие с атмосферным воздухом.

доступным методом для контроля качества и мониторинга воздушной среды учебных помещений в длительном временном диапазоне, его результаты могут служить исходными данными для проведения оценки риска здоровью человека от воздействия загрязнения воздуха, планирования «адресных» профилактических мероприятий, а также оценке их эффективности.

Список литературы

1. Инструменты для мониторинга выполнения обязательств Пармской конференции: отчет о совещании 25–26 ноября 2010 г., Бонн, Германия / ВОЗ. – Копенгаген, 2011. – 37 с.

2. Методы мониторинга качества воздуха в школьных помещениях: отчет о совещании 4–5 апреля 2011, Бонн, Германия / ВОЗ. – Копенгаген, 2011. – 30 с.

3. Оценка исследований по изучению длительного воздействия загрязнения воздуха на развитие хронических болезней: отчет о совещании Рабочей группы / ВОЗ. – Бонн, 2002. – 254 с.

4. Поддубный В.А., Юшкетова Н.А. Метод пассивного отбора проб для измерений диоксида азота в атмосферном воздухе // Оптика атмосферы и океана. – 2013. – № 9. – С. 759–765.

5. Химическое загрязнение воздуха помещений детских учреждений / Н.С. Полька, В.И. Ляшенко, С.Н. Джуринская, Е.С. Шкарбан // Гігіена населених місць. – 2010. – № 56. – С. 278–281.

6. Юшкетова Н.А., Поддубный В.А. Метод пассивного отбора проб для мониторинга химического загрязнения атмосферного воздуха. Ч. 2. Практические аспекты (обзор) // Экологические системы и приборы. – 2007. – № 3. – С. 15–23.

7. Critical Appraisal of the Setting and Implementation of Indoor Exposure Limits in the EU: summary on recommendations and management options. – JRC/IHCP/PCE, Ispra, Italy, 2004. – P. 27.

8. Exposure to major volatile organic compounds and carbonyls in European indoor environment and associated health risk / D.A. Sarigiannis, S.P. Karakitsios, A. Gotti, I.L. Liakos, A. Katsoyiannis // Environmental International. – 2011. – Vol. 37 (4). – P. 743–765.

9. Global air quality and climate / A.M. Fiore, V. Naik, D.V. Spracklen, A. Steiner, N. Unger, M. Prather, D. Bergmann, P.J. Cameron-Smith, I. Cionni, W.J. Collins // Chemical Society reviews. – 2012. – Vol. 41. – P. 6663–6683.

10. Kampa M., Castanas E. Human health effects of air pollution // Environmental Pollution. – 2008. – Vol. 151 (2). – P. 362–367.

References

1. Instrumenty dlya monitoringa vypolneniya obyazatel'stv Parmskoi konferentsii: otchet o soveshchanii 25–26 noyabrya 2010 g., Bonn, Germaniya [Tools for monitoring of adherence to the Parma Conference: report of the meeting on 25–26 November 2010, Bonn, Germany]. World Health Organization. Kopengagen, 2011. 37 p.

2. Metody monitoringa kachestva vozdukha v shkol'nykh pomeshcheniyakh: otchet o soveshchanii 4–5 aprelya 2011, Bonn, Germaniya [Methods for monitoring of air quality in schools: report of the meeting on 4–5 April 2011, Bonn, Germany]. World Health Organization. Kopengagen, 2011. 30 p.

3. Otsenka issledovanii po izucheniyu dlitel'nogo vozdeistviya zagryazneniya vozdukha na razvitie khronicheskikh boleznei: otchet o soveshchanii Rabochei gruppy [Evaluation of studies on the long-term effects of air pollution on the development of chronic diseases: report of the Working Group]. World Health Organization. Bonn, 2002. 254 p.

4. Poddubnyi V.A., Yushketova N.A. Metod passivnogo otbora prob dlya izmerenii dioksida azota v atmosfernom vozdukhe [Passive sampling method for the measurement of nitrogen dioxide in the air]. *Optika atmosfery i okeana*, 2013, no. 9, pp. 759–765.

5. Pol'ka N.S., Lyashenko V.I., Dzhurinskaya S.N., Shkarban E.S. Khimicheskoe zagryaznenie vozdukha pomeshchenii detskikh uchrezhdenii [Chemical contamination of indoor air of childcare institutions]. *Gigiena naselenikh mists'*, 2010, no. 56, pp. 278–281.

6. Yushketova N.A., Poddubnyi V.A. Metod passivnogo otbora prob dlya monitoringa khimicheskogo zagryazneniya atmosfernogo vozdukha. Chast' 2. Prakticheskie aspekty (obzor) [Passive sampling method for monitoring chemical air pollution. Part 2. Practical aspects (review)]. *Ekologicheskie sistemy i pribory*, 2007, no. 3, pp. 15–23.

7. Critical Appraisal of the Setting and Implementation of Indoor Exposure Limits in the EU: summary on recommendations and management options. JRC/IHCP/PCE, Ispra, Italy, 2004, p. 27.

8. Sarigiannis D.A., Karakitsios S.P., Gotti A., Liakos I.L., Katsoyiannis A. Exposure to major volatile organic compounds and carbonyls in European indoor environment and associated health risk. *Environmental International*, 2011, vol. 37 (4), pp. 743–765.

9. Fiore A.M., Naik V., Spracklen D.V., Steiner A., Unger N., Prather M., Bergmann D., Cameron-Smith P.J., Cionni I., Collins W.J. Global air quality and climate. *Chemical Society reviews*, 2012, Vol. 41, pp. 6663–6683.

10. Kampa, M., Castanas, E. Human health effects of air pollution. *Environmental Pollution*, 2008, vol. 151 (2), pp. 362–367.

HEALTH RISK OF PUPILS FORMED BY CLASSROOMS' AIR POLLUTION

A.N. Gankin, T.D. Gritsenko, S.M. Sokolov, T.N. Pronina

State institution "Republican Scientific Practical Center of Hygiene",
8, Akademicheskaya St., Minsk, 220012, Republic of Belarus

The results of health risk assessment of pupils performed on the basis of the classrooms' diffusion air sampling in the establishments of the general education and measurements of the pollutants' concentrations in the air in real time are presented. It was found that classrooms' air pollution is characterized by multicomponent and significant variability. The major contribution to the value of total cancer risk in the classrooms' air is made by formaldehyde. The total cancer risk by inhalation routes of benzene, ethylbenzene and formaldehyde administration is higher in the classrooms air compared with ambient air. Hazard index ranges from 1.0 and below under chronic inhalation of classrooms' air contaminants. Combined exposure to chemicals polluting the classrooms' air environment, in concentrations not exceeding the established limits, creates an increased risk of respiratory diseases (hazard index value is to 1.4). Diffusion air sampling allows to provide an assessment of classrooms' air quality, to be the basis for risk assessment, plan and evaluate the effectiveness of "targeted" preventive measures.

Key words: classroom air, diffusion sampling, risk assessment.

© Gankin A.N., Gritsenko T.D., Sokolov S.M., Pronina T.N., 2014

Gankin Aleksandr Nikolaevich – junior research associate of the Laboratory of Integrated Risk Assessment of Environmental Factors (e-mail: gankinan@gmail.com, tel.: 8 (017) 292-47-00, fax: 8 (017) 284-03-45).

Gritsenko Tatiana Dmitrievna – CBS, leading research associate of the Laboratory of Integrated Risk Assessment of Environmental Factors (e-mail: gritsenkotd@rambler.ru, tel.: 8 (017) 294-13-79).

Sokolov Sergey Mikhailovich – MD, Professor, Honored Scientist of the Republic of Belarus, chief research associate of the Laboratory of Integrated Risk Assessment of Environmental Factors (e-mail: rspch@rspch.by, tel.: 8 (017) 294-13-79).

Pronina Tatiana Nikolaevna – CM, Head of the Laboratory of Hygiene of Children and Adolescents (e-mail: pro_tanya@mail.ru, tel.: 8 (017) 292-82-49).