

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
РЕСПУБЛИКАНСКОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ  
«НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ГИГИЕНЫ»

УДК [614.71 + 628.87] : [543.05/26 : 613.955]

**ГАНЬКИН**  
**Александр Николаевич**

**ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МНОГОКОМПОНЕНТНОГО  
ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ УЧЕБНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ  
ПО КРИТЕРИЯМ РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ УЧАЩИХСЯ**

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата медицинских наук  
по специальности 14.02.01 – гигиена

Минск, 2014

Работа выполнена в Республиканском унитарном предприятии «Научно-практический центр гигиены»

**Научный руководитель:** **Застенская Ирина Алексеевна**,  
кандидат медицинских наук, доцент,  
технический эксперт по химической  
безопасности Европейского регионального  
бюро Всемирной организации  
здравоохранения

**Официальные оппоненты:** **Федорович Сергей Владимирович**,  
доктор медицинских наук, профессор,  
главный научный сотрудник лаборатории  
комплексных проблем гигиены пищевых  
продуктов Республиканского унитарного  
предприятия «Научно-практический центр  
гигиены»

**Борисова Татьяна Станиславовна**,  
кандидат медицинских наук, доцент,  
заведующий кафедрой гигиены детей и  
подростков Учреждения образования  
«Белорусский государственный медицинский  
университет»

**Оппонирующая организация:** Государственное учреждение образования  
«Белорусская медицинская академия  
последипломного образования»

Защита состоится «21» января 2015 г. в 14<sup>00</sup> часов на заседании совета по защите диссертаций Д 03.01.01 при Республиканском унитарном предприятии «Научно-практический центр гигиены» по адресу: 220012, г. Минск, ул. Академическая, д. 8, e-mail: [rspch@rspch.by](mailto:rspch@rspch.by), телефон ученого секретаря: 8(017) 284-13-79, факс: 8(017) 284-03-45.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр гигиены».

Автореферат разослан «    » декабря 2014 г.

Ученый секретарь  
совета по защите диссертаций,  
кандидат биологических наук



Т.Д. Гриценко

## ВВЕДЕНИЕ

Проблема качества воздушной среды помещений остается актуальной и привлекает особое внимание в последние десятилетия в связи с накоплением данных о негативном воздействии загрязнителей воздуха помещений на здоровье человека [Ю.П. Гичев, 2003; Ю.Д. Губернский и соавт., 1991-2011; Н.В. Срослова и соавт., 2008; ВОЗ, 2013; N. Fiedler et al., 2005; J.A. Bernstein et al., 2008; C.J. Weschler, 2009].

По оценкам Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), загрязнение воздуха внутри помещений является причиной более 2,7% болезней и 3,3 миллиона преждевременных смертей ежегодно. Сложность предотвращения последствий загрязнения воздушной среды помещений для здоровья усугубляется тем, что этого воздействия трудно избежать, поскольку от 70% до 90% суточного бюджета времени человек проводит в помещении [Ю.П. Гичев, 2003; ВОЗ, 2013]. Физиологические и биохимические особенности организма, например, организма детей в связи с его интенсивным развитием, обуславливают особую чувствительность и уязвимость этой группы населения к воздействию химических веществ, в том числе и загрязнителей воздуха [В.Р. Кучма, 2004; Н.М. Савичева, 2005; А.А. Баранов и соавт., 2011]. Поэтому качество воздушной среды учебных помещений играет значимую роль в формировании детского здоровья [М.М. Мокеева и соавт., 2002; Ю.А. Рахманин и соавт., 2004; И.Г. Зорина, 2006].

В помещениях, как правило, существует множество источников химических веществ: строительные и отделочные материалы, мебель, организационная техника и другие предметы обихода, загрязненный атмосферный воздух, а также человек в результате его жизнедеятельности [Н.В. Лебедева и соавт., 2004; А.А. Макс и соавт., 2011; Е.Е. Румянцева и соавт., 2011; L. Lim-Kyu et al., 2012]. По литературным данным [ВОЗ, 2010, 2013; K. Koistinen et al., 2008], приоритетными загрязняющими веществами воздуха помещений являются формальдегид, летучие органические соединения (бензол, толуол, этилбензол, ксилолы), азота (IV) оксид, полибромированные антипирены, а также твердые частицы диаметром до 10 мкм (PM<sub>10</sub>), которые в случае длительного совместного воздействия на организм могут быть опасны даже в малых концентрациях. Так, например, по оценкам ВОЗ для PM<sub>10</sub> порог концентрации, ниже которого не наблюдается ущерб здоровью человека, практически отсутствует [ВОЗ, 2011, 2013].

Особую озабоченность вызывает присутствие в воздухе помещений представителей стойких органических загрязнителей (СОЗ), в частности, полибромдифениловых эфиров (ПБДЭ) [S. Harrad et al., 2006; S. Hazrati et al., 2006;], источниками которых могут являться организационная и бытовая техника, текстиль, отделочные материалы на полимерной основе [J.G. Allen et al., 2007; C.E. Talsness, 2008]. Эти соединения способны вызывать ряд таких нарушений здоровья человека, как расстройства развития нервной [L.G. Costa et al., 2007;

M.M.L. Dingemans et al., 2011] и эндокринной систем [Т. Hamers et al., 2008; Н.М. Stapleton et al., 2011], функции печени и репродуктивной системы [S.N. Kuriyama et al., 2005; L. H. Tseng et al., 2008], в том числе с отсроченным проявлением нарушений при низкодозовых воздействиях [А.Т. Hodgson et al., 2002; М. Frederiksen et al., 2009].

Несмотря на значительный объем научной информации о воздействии отдельных контаминантов воздушной среды на здоровье человека, особенности распределения отдельных представителей полибромированных антипиренов в атмосферном воздухе и воздухе помещений с оценкой их вклада в формирование химической нагрузки на организм учащихся, оценка комбинированных эффектов приоритетных поллютантов воздушной среды учебных помещений, основанная на данных анализа длительной усредненной экспозиции, соответствующей реальному воздействию загрязнения воздушной среды помещений, равно как и оценка комбинированного риска здоровью учащихся загрязнения воздуха учебных помещений остаются недостаточно изученными. Особый научный интерес представляет разработка методических основ индивидуализированной оценки загрязнения в отдельных помещениях в зависимости от их расположения, оснащения и других характеристик, потенциально влияющих на степень загрязнения воздушной среды помещений и оценка риска здоровью человека этого загрязнения.

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

### **Связь работы с крупными научными программами, темами**

Исследования выполнялись в рамках задания 06.01 «Разработать и внедрить методологию комплексной оценки риска воздействия загрязнений атмосферного воздуха на здоровье населения для обеспечения ведения предсаннадзора» отраслевой научно-технической программы «Здоровье и окружающая среда» (№ госрегистрации 20100629, 2010 – 2013 гг.), Международного научно-исследовательского проекта Регионального центра по окружающей среде для Центральной и Восточной Европы «Внутришкольная среда и заболеваемость органов дыхания у детей» (разрешение Министерства здравоохранения Республики Беларусь №01-12 от 09.11.2012 г.), задания 06.02 «Разработать научно обоснованные гигиенические нормативы и методики выполнения измерений содержания стойких органических загрязнителей (полибромированных соединений) в атмосферном воздухе» отраслевой научно-технической программы «Современные условия жизнедеятельности и здоровьесбережение» (№ госрегистрации 20130924, 2013 – 2015 гг.).

### **Цель и задачи исследования**

Цель исследования – обосновать гигиенические критерии оценки риска комбинированного действия многокомпонентного загрязнения воздушной среды учебных помещений для здоровья учащихся.

Достижение поставленной цели потребовало решения следующих задач:

1. Дать сравнительную гигиеническую оценку качественного и количественного состава загрязнения воздуха учебных помещений с использованием методов диффузионного и пассивного пробоотбора и обосновать гигиенические критерии риска здоровью учащихся загрязнения воздушной среды учебных помещений.

2. Установить степень опасности загрязнения воздуха учебных помещений и прилегающей территории полибромдифениловыми эфирами, определить уровень их биоаккумуляции в организме учащихся и разработать гигиенический норматив с классом опасности индикаторного представителя полибромдифениловых эфиров в атмосферном воздухе населенных пунктов.

3. Дать гигиеническую оценку риска комбинированного действия химических веществ, загрязняющих воздушную среду учебных помещений для здоровья учащихся с применением индекса опасности.

#### **Объект и предмет исследования**

Объект исследования: учебные помещения учреждений общего среднего образования, загрязнение воздушной среды учебных помещений и атмосферного воздуха прилегающей территории.

Предмет исследования: химические вещества, экспозиция химическими веществами учащихся, значения уровней риска и состояние здоровья учащихся.

#### **Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Загрязнение воздушной среды учебных помещений учреждений образования характеризуется многокомпонентностью и значительной вариабельностью, определяемой контаминантами атмосферного воздуха: азота диоксид, твердые частицы диаметром до 10 мкм, бензол, а также контаминантами, источники которых расположены внутри помещений: этилбензол, толуол, ксилол, формальдегид. Длительность эксплуатации школьной мебели (менее 3-х лет) и время после ремонта помещений (менее 2-х лет) являются гигиеническими критериями риска загрязнения воздушной среды учебных помещений. Метод диффузионного пробоотбора позволяет проводить оценку качества воздушной среды учебных помещений и выполнять оценку риска здоровью учащихся.

2. Доминирующими представителями полибромдифениловых эфиров в воздушной среде являются БДЭ-209 (2,2',3,3',4,4',5,5',6,6'-декабромдифениловый эфир), БДЭ-47 (2,2',4,4'-тетрабромдифениловый эфир) и БДЭ-99 (2,2',4,4',5-пентабромдифениловый эфир), что определяет значимость их вклада в химическую нагрузку на организм учащихся. Ориентировочно безопасный уровень воздействия ПБДЭ в атмосферном воздухе населенных мест установлен по индикаторному представителю БДЭ-47.

3. Комбинированное воздействие химических веществ, загрязняющих воздушную среду учебных помещений, в концентрациях, не превышающих установленные предельно допустимые, формирует повышенный риск развития заболеваний органов дыхания, что определяет необходимость его учета при оценке многокомпонентного загрязнения воздушной среды учебных помеще-

ний учреждений образования.

#### **Личный вклад соискателя**

При непосредственном участии автора выполнены исследования по всем разделам диссертации, в том числе гигиенические и химико-аналитические, а также разработка и внедрение нормативных документов. Анализ научной литературы, результатов оценки риска здоровью, показателей заболеваемости, статистическая обработка, систематизация и обобщение всех результатов исследований выполнены автором самостоятельно. Совместно с научным руководителем сформулированы выводы, подготовлены публикации по теме диссертационного исследования. Исследования в рамках международного научно-исследовательского проекта «Внутришкольная среда и заболеваемость органов дыхания у детей» выполнены совместно с сотрудниками лаборатории гигиены детей и подростков (к.м.н. Пронина, Т.Н., к.м.н. Бобок, Н.В., Карпович, Н.В.), подготовка проб воздуха, отобранных методом пассивной диффузии, выполнена совместно с сотрудником лаборатории хроматографических исследований (Харникова, Г.А.) Республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр гигиены». Исследования проб воздуха, отобранных в рамках международного научно-исследовательского проекта «Внутришкольная среда и заболеваемость органов дыхания у детей», выполнены аккредитованной лабораторией Национального института гигиены окружающей среды (Венгрия). При публикации совместных данных соавторы указаны в соответствующих публикациях и разделах диссертации.

#### **Апробация результатов исследований**

Материалы и основные положения диссертации доложены и обсуждены на Международной научной конференции «Проблемы природопользования: итоги и перспективы», к 80-летию Института природопользования (Минск, 2012), Международной конференции молодых ученых «Молодежь в науке – 2012» (Минск, 2012), Республиканском семинаре «Управление профессиональным здоровьем, окружающей средой и безопасностью в условиях производства и проживания» (Бобруйск, 2012), Научно-практической конференции с международным участием «Здоровье и окружающая среда» (Минск, 2011, 2012), Международной конференции «Сахаровские чтения. Экологические проблемы XXI века» (Минск, 2012, 2013), Международной научно-практической конференции «Мониторинг окружающей среды: научные результаты, современные технологии и перспективы развития» (Минск, 2013), семинарах «Новые методы в практике государственного санитарного надзора» (Минск, 2012) и «Новые методы в практике государственного санитарного надзора и профпатологии» (Минск, 2013).

#### **Опубликованность результатов**

Основные результаты диссертационной работы изложены в 17 печатных работах (3,9 авторских листа), в том числе в 6 статьях (2,5 авторских листа), опубликованных в рецензируемых журналах и сборниках научных трудов,

включенных в перечень изданий, рекомендованных ВАК Республики Беларусь, из них 3 публикации (2,0 авторских листа) соответствуют пункту 18 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь. Утверждены две инструкции по применению (1,6 авторских листа).

### **Структура и объем диссертации**

Диссертация включает введение, общую характеристику работы, основную часть, в которой приводится аналитический обзор литературы по проблеме (глава 1), описание использованных материалов и методов исследования (глава 2), результаты собственных исследований (главы 3, 4, 5), заключение, библиографический список и приложения. Библиографический список состоит из 341 источника, из них 228 – на иностранных языках и 17 собственных публикаций. Работа изложена на 162 страницах и включает 23 таблицы, 15 иллюстраций, 12 приложений (копии научных и методических разработок, актов о внедрении).

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ**

**В первой главе** приводится аналитический обзор отечественной и зарубежной литературы по теме исследования, включающий анализ существующих данных о качественном и количественном загрязнении воздушной среды помещений, в том числе учебных помещений учреждений общего среднего образования (далее – УО), основных источниках загрязнения, влиянии веществ, загрязняющих атмосферный воздух и воздух внутри помещений, на здоровье, принятых методах оценки риска и проведенных оценках риска здоровью учащихся веществ, загрязняющих воздушную среду, методах контроля качества воздуха внутри помещений. На основе анализа изученных материалов научно обоснованы направления собственных исследований.

**Во второй главе «Материалы и методы исследования»** приводится алгоритм и методика проведения санитарно-гигиенической оценки учебных помещений, качественного и количественного анализа химического загрязнения воздушной среды обследованных учебных помещений, анализа заболеваемости учащихся, количественной оценки химической нагрузки на организм человека с применением биологического мониторинга, а также расчета параметров и анализа риска здоровью учащихся при хроническом воздействии веществ, загрязняющих воздух учебных помещений.

Исследования проведены в 20-и учебных помещениях первой ступени образования пяти УО, выбранных методом кластерной рандомизации с основной отличительной характеристикой – степень загрязнения атмосферного воздуха на прилегающей территории. Учебные помещения были сгруппированы по следующим признакам: материалы, использованные для внутренней отделки учебных помещений - вододисперсионная краска, масляная краска, элементы из полимерных материалов; время с момента проведения ремонта учебного помещения - до 2 лет и более 2 лет; длительность эксплуатации школьной мебели - до 3 лет и более 3 лет.

Отбор проб атмосферного воздуха и воздуха помещений проводили по стандартизированной методике диффузионного пробоотбора с применением радиальных пробоотборников (ГОСТ Р ISO 16000). Пробоотборники размещали на высоте 1,5 м от пола с максимальным удалением от отопительных приборов и открываемых окон. Отбор проб был выполнен одновременно внутри учебных помещений и снаружи на прилегающей к УО территории (на высоте, соответствующей этажу учебного помещения, и на расстоянии 1,0-1,5 м от стены здания). Длительность диффузионного пробоотбора составила 4 суток (в среднем – 5506 минут пробоотбора). С использованием стандартных методик (ГОСТ Р EN 13528; Radiello, 2006) в воздухе учебных помещений были определены концентрации бензола, этилбензола, толуола, ксилола, формальдегида, азота (IV) диоксида. Анализ полученных данных выполняли с учетом международных требований к мониторингу качества воздуха в школьных помещениях (ВОЗ, 2011) и требований к инструментам для мониторинга выполнения обязательств, принятых на Пятой министерской конференции по окружающей среде и охране здоровья (Парма, 2010; ВОЗ, 2011). Количественный анализ отобранных проб воздуха выполнен методами газовой хроматографии, высокоэффективной жидкостной хроматографии и спектрофотометрии в рамках Международного научно-исследовательского проекта «Внутришкольная среда и заболеваемость органов дыхания у детей» (разрешение Министерства здравоохранения Республики Беларусь № 01-12 от 09.11.2012 г.). Полученные данные выражены в мкг/м<sup>3</sup>. Определение концентраций твердых частиц размером до 10 мкм (далее – РМ<sub>10</sub>) в воздухе учебных помещений УО и атмосферном воздухе на прилегающей территории выполнено в режиме реального времени (ВОЗ, 2011).

Отбор проб воздуха для определения содержания полибромдифениловых эфиров проводился в среднем 86 суток по стандартизированной методике с использованием пробоотборников для отбора проб воздуха методом пассивной диффузии, разработанным для мониторинга стойких органических загрязнителей (RESETOX, 2005). Схема размещения пробоотборных устройств была аналогичной описанной выше. В отобранных пробах воздуха учебных помещений УО и воздуха на прилегающей территории определено содержание десяти индивидуальных представителей ПБДЭ (БДЭ-28, БДЭ-47, БДЭ-99, БДЭ-66, БДЭ-85, БДЭ-100, БДЭ-153, БДЭ-154, БДЭ-183 и БДЭ-209) методом газовой хромато-масс-спектрометрии высокого разрешения. Полученные данные выражены в пг/диск/сут. Анализ данных проведен по каждому представителю ПБДЭ и по их сумме.

Оценку контаминации организма учащихся ПБДЭ провели на основе результатов исследования образцов волос. Отбор волос осуществлялся с затылочной части головы учащихся (возрастная группа 10-12 лет) в количестве 35,0 – 40,0 мг с учетом этических требований проведения исследований. В отобранных образцах определяли содержание вышеназванных представителей ПБДЭ

методом газовой хромато-масс-спектрометрии высокого разрешения (RECEТОХ, 2005).

Обоснование гигиенического норматива (ориентировочно безопасного уровня воздействия, далее – ОБУВ) с классом опасности вещества БДЭ-47 выполнено с учетом его более выраженных токсических свойств и способности к биоаккумуляции по сравнению с другими изомерными формами ПБДЭ и в соответствии с инструкцией по применению «Разработка ориентировочно безопасных уровней воздействия и класса опасности загрязняющих веществ в атмосферном воздухе» (регистрационный №119-1210).

Продольный анализ заболеваемости проведен по результатам выкопировки данных из медицинской документации о состоянии здоровья учащихся (6 и 9 лет) первой ступени образования обследованных УО в соответствии с Международной классификацией болезней и проблем, связанных со здоровьем, 10-го пересмотра.

Гигиеническая оценка загрязнения воздуха учебных помещений и атмосферного воздуха на прилегающей территории проведена по отдельным загрязнителям с определением соответствия установленных концентраций действующим гигиеническим нормативам, а также по величине комплексного показателя загрязнения «Р» при одновременном присутствии нескольких загрязняющих химических веществ. На основании полученных результатов выполнена оценка неканцерогенного и канцерогенного риска при хроническом ингаляционном воздействии химических веществ с расчетом коэффициентов (НQ) и индексов опасности (НI), а также величин индивидуального канцерогенного риска (СR) и суммарного канцерогенного риска для ингаляционного пути поступления (ТСR<sub>a</sub>), согласно инструкциям по применению «Методика оценки риска здоровью населения факторов среды обитания» (регистрационный №025-1211) [19] и «Оценка риска для здоровья населения от воздействия химических веществ, загрязняющих атмосферный воздух» (инструкция 2.1.6.11-9-29-2004) с использованием разработанного в рамках диссертационного исследования расчетно-программного комплекса [18].

Всего было выполнено и проанализировано 150 химических исследований проб, полученных с использованием диффузионных пробоотборных устройств, и 429 исследований проб, отобранных методом пассивной диффузии; проведено 5000 измерений концентрации РМ<sub>10</sub>. Рассчитано и проанализировано 175 величин коэффициентов опасности, 300 величин индексов опасности и 100 величин индивидуального и суммарного канцерогенного риска, показателей заболеваемости 463 учащихся обследованных УО.

Статистическая обработка результатов проведена с применением программ MS Excel и STATISTICA 6.0. Проверка гипотезы о виде распределения данных выполнена с использованием критерия Шапиро-Уилка (W-критерий). При описании результатов были использованы общепринятые показатели (с учетом вида распределения данных) – медиана (Me), значения 25 и 75 процен-

тилей; среднее арифметическое, а также стандартная ошибка среднего арифметического и стандартное отклонение. Статистическая значимость различий в группах сравнения определена с использованием параметрических (t критерий Стьюдента) и непараметрических (критерии Краскела-Уоллиса и Манна-Уитни) методов проверки гипотез. Оценка связи между переменными выполнена по коэффициенту ранговой корреляции Спирмана. Для анализа частот качественных значений был использован критерий  $\chi^2$ . Проверка гипотез о наличии причинно-следственных связей между изучаемыми переменными проведена с применением регрессионного анализа. Различия в сравниваемых группах считались статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

**Третья глава «Гигиеническая характеристика загрязнения химическими веществами воздуха учебных помещений учреждений образования и атмосферного воздуха на прилегающей территории»** содержит результаты исследований уровней химического загрязнения воздуха обследованных учебных помещений УО и атмосферного воздуха на прилегающей к УО территории, а также результаты гигиенической оценки степени опасности загрязнения воздушной среды (обследованных учебных помещений УО и атмосферного воздуха на прилегающей к УО территории). Установлено, что усредненные (за период пробоотбора) концентрации загрязняющих веществ в воздухе обследованных учебных помещений УО колебались в пределах: бензол от 1,0 мкг/м<sup>3</sup> до 3,0 мкг/м<sup>3</sup>, толуол от 3,4 мкг/м<sup>3</sup> до 13,6 мкг/м<sup>3</sup>, этилбензол от 0,6 мкг/м<sup>3</sup> до 2,1 мкг/м<sup>3</sup>, ксилол от 2,4 мкг/м<sup>3</sup> до 15,9 мкг/м<sup>3</sup>, формальдегид от 2,52 мкг/м<sup>3</sup> до 12,97 мкг/м<sup>3</sup>, азота диоксид от 2,9 мкг/м<sup>3</sup> до 15,9 мкг/м<sup>3</sup>, РМ<sub>10</sub> от 13,0 мкг/м<sup>3</sup> до 42,0 мкг/м<sup>3</sup>. В атмосферном воздухе на прилегающей территории колебания концентраций загрязняющих веществ составляли: для бензола от 0,9 мкг/м<sup>3</sup> до 3,9 мкг/м<sup>3</sup>, толуола от 2,1 мкг/м<sup>3</sup> до 6,5 мкг/м<sup>3</sup>, этилбензола от 0,3 мкг/м<sup>3</sup> до 1,1 мкг/м<sup>3</sup>, ксилола от 1,7 мкг/м<sup>3</sup> до 5,2 мкг/м<sup>3</sup>, формальдегида от 1,1 мкг/м<sup>3</sup> до 2,68 мкг/м<sup>3</sup>, азота диоксида от 4,0 мкг/м<sup>3</sup> до 31,0 мкг/м<sup>3</sup> и РМ<sub>10</sub> от 23,9 мкг/м<sup>3</sup> до 50,0 мкг/м<sup>3</sup>.

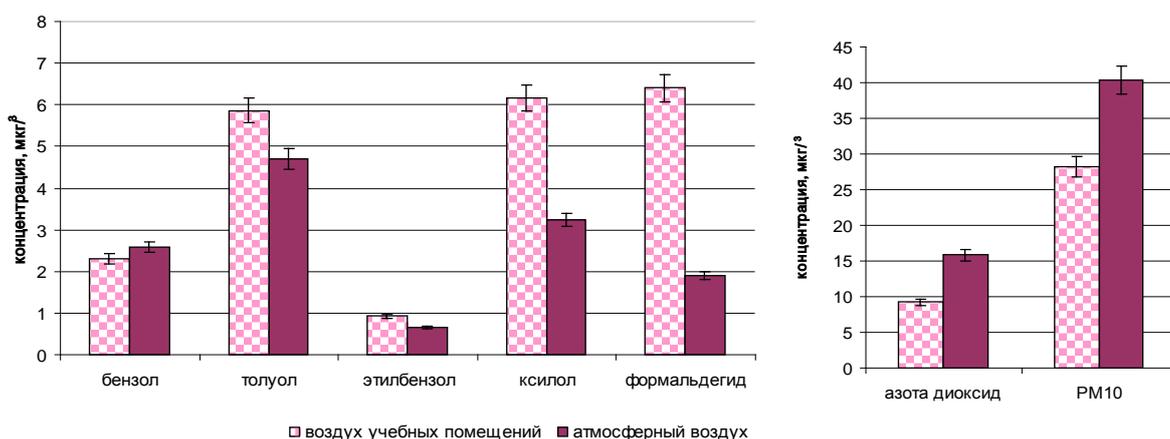
Обнаруженные концентрации соответствовали установленным гигиеническим нормативам за исключением формальдегида, уровень которого был выше ПДК в одном учебном помещении (12,97 мкг/м<sup>3</sup>, ПДК<sub>сс</sub> 12,0 мкг/м<sup>3</sup>). Установлены значительные различия в концентрации химических веществ по отдельным учебным помещениям. Так, в воздушной среде учебных помещений обследованных УО концентрации толуола различались в 4 раза (критерий Краскела-Уоллиса 11,13, при  $p=0,0252$ ), концентрации этилбензола – в 3,5 раза (критерий Краскела-Уоллиса 12,29, при  $p=0,015$ ), ксилола – в 6,6 раза (критерий Краскела-Уоллиса 11,23, при  $p=0,0241$ ), формальдегида – в 5 раз (критерий Краскела-Уоллиса 12,5, при  $p=0,014$ ), бензола – в 3 раза (критерий Краскела-Уоллиса 16,4, при  $p=0,0056$ ) и азота диоксида – в 5,5 раза (критерий Краскела-Уоллиса 15,68, при  $p=0,004$ ).

В результате анализа данных установлено, что атмосферный воздух является основным источником загрязнения воздушной среды учебных помещений

азота диоксидом,  $PM_{10}$  и бензолом, что подтверждается значимой положительной тесной корреляционной связью между концентрацией данных загрязняющих веществ в воздухе учебных помещений и атмосферном воздухе на прилегающей территории: азота диоксид ( $R=0,59$ , при  $p=0,00641$ ,  $n=20$ ),  $PM_{10}$  ( $R=0,6$ , при  $p=0,0056$ ,  $n=20$ ) и бензол ( $R=0,75$ , при  $p=0,000097$ ,  $n=20$ ).

Оценка корреляционных связей между степенью загрязнения воздушной среды и характеристиками помещений (длительность эксплуатации школьной мебели, время, прошедшее с момента ремонта помещения, этаж расположения учебного помещения) позволила выявить определенные закономерности в формировании загрязнений. Так, концентрация формальдегида в воздухе учебных помещений статистически значимо выше в случае эксплуатации школьной мебели менее трех лет (критерий  $\chi^2=9,90$ , при  $p=0,0017$ ). Данный вывод был сделан на основе регрессионного анализа, с построением уравнения регрессии, описывающего полученную зависимость:  $y=8,896-0,387x$ . Настоящая модель является статистически значимой ( $F(1, 18)=10,14$ , при  $p=0,00514$ ,  $R^2=0,36$ ), что указывает на влияние длительности эксплуатации школьной мебели на концентрацию формальдегида в воздухе учебного помещения и подтверждается наличием обратной корреляционной связи средней силы (коэффициент корреляции Спирмана  $R=-0,65$ , при  $p=0,0014$ ,  $n=20$ ). Концентрация ксилола статистически значимо выше в обследованных учебных помещениях, время после ремонта которых менее двух лет (критерий  $\chi^2=5,22$ , при  $p=0,0223$ ). Концентрация  $PM_{10}$  зависит от этажа размещения учебного помещения, что подтверждается сильной прямой корреляционной связью (коэффициент корреляции Спирмана  $R=0,82$ , при  $p=0,000005$ ,  $n=20$ ). Таким образом, установлено, что на степень загрязнения воздуха внутри учебных помещений оказывают влияние срок эксплуатации школьной мебели, время, прошедшее с момента ремонта помещения, а также размещение помещения в здании учреждения образования (этажность).

В результате сравнения концентраций исследованных загрязняющих веществ в воздухе учебных помещений и атмосферном воздухе на прилегающей территории установлено, что обнаруженные концентрации толуола, формальдегида, ксилола и этилбензола были статистически значимо выше в воздухе учебных помещений по сравнению с атмосферным воздухом (значения критерия Манна-Уитни равны 46,0, 1,0, 17,0, а также 27,5 соответственно при  $p<0,05$ ). В то же время концентрации азота диоксида,  $PM_{10}$  и бензола были статистически значимо выше в атмосферном воздухе на территории, прилегающей к УО, по сравнению с воздухом учебных помещений ( $p<0,05$ ), рисунок 1.



**Рисунок 1 – Концентрации загрязняющих веществ в воздухе обследованных учебных помещений УО и атмосферном воздухе на прилегающей территории (медиана, мкг/м<sup>3</sup>)**

Уровень загрязнения воздуха (по величине комплексного показателя «Р») обследованных учебных помещений УО исследованными загрязняющими веществами колеблется в пределах от 0,7 до 1,7 со статистически более высокими ( $p < 0,05$ ) показателями в помещениях, оснащенных мебелью, срок эксплуатации которой не превышает трех лет (критерий  $\chi^2 = 9,1$ , при  $p = 0,0204$ ). При этом степень загрязнения воздушной среды в обследованных учебных помещениях УО выше в 1,4 раза по сравнению со степенью загрязнения атмосферного воздуха на прилегающей территории аналогичными химическими веществам (критерий Манна-Уитни 2,3, при  $p = 0,0209$ ). Таким образом, гигиеническими критериями риска здоровью учащихся загрязнения воздушной среды учебных помещений являются длительность эксплуатации школьной мебели (менее 3-х лет) и время после ремонта помещений (менее 2-х лет).

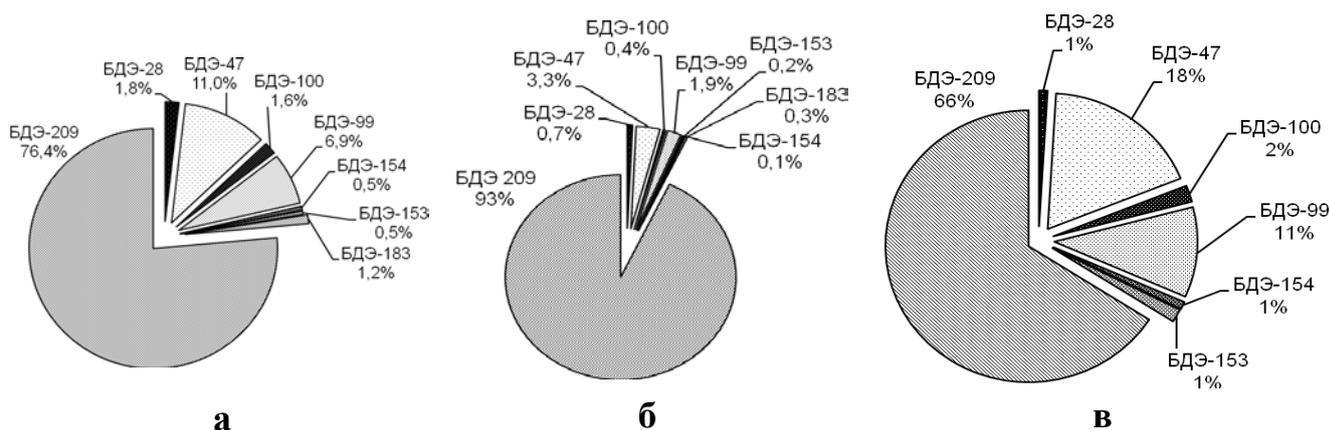
**В четвертой главе «Гигиеническая характеристика степени загрязнения воздуха учебных помещений учреждений образования и атмосферного воздуха полибромдифениловыми эфирами (полибромированными антипиренами) и экспозиция учащихся»** представлены результаты исследования загрязнения воздушной среды обследованных учебных помещений УО и атмосферного воздуха на прилегающей территории, уровень химической нагрузки на организм учащихся отдельными представителями стойких органических загрязнителей.

Доминирующими представителями ПБДЭ в воздухе обследованных учебных помещений УО являются БДЭ-209 (93% от суммы), БДЭ-47 и БДЭ-99 (3,3% и 1,9% соответственно). Содержание БДЭ-28, БДЭ-100, БДЭ-183, БДЭ-153, БДЭ-154 составляло 0,7%, 0,5%, 0,3%, 0,2%, 0,1% от суммы соответственно. Процентное распределение БДЭ в атмосферном воздухе на прилегающей к УО территории подобно таковому для воздуха внутри помещений, с доминированием БДЭ-209 (76,4%), а также БДЭ-47 (11,0%) и БДЭ-99 (6,9%).

Установлены статистически значимые различия в количестве индивидуальных представителей БДЭ-28 и БДЭ-47 в воздухе отдельных учебных помещений обследованных УО (критерии Краскела-Уоллиса 17,1, при  $p=0,0019$  и 13,6, при  $p=0,0087$  для БДЭ-28 и БДЭ-47 соответственно). Содержание данных низкобромированных антипиренов в воздухе обследованных учебных помещений УО колебалось от 6,3 пг/диск/сут до 65,2 пг/диск/сут (БДЭ-28) и от 32,4 пг/диск/сут до 140,4 пг/диск/сут (БДЭ-47). Следует отметить, что содержание отдельных представителей ПБДЭ в воздухе обследованных учебных помещений связано с длительностью эксплуатации школьной мебели, что подтверждается прямой значимой корреляционной связью умеренной силы, при этом сила корреляционной связи возрастает от высокобромированных изомерных форм ПБДЭ (БДЭ-153) к низкобромированным (БДЭ-28). Так, коэффициент корреляции Спирмана для БДЭ-28 равен 0,62 (при  $p=0,00074$ ,  $n=20$ ), для БДЭ-47  $R=0,55$  (при  $p=0,0035$ ,  $n=20$ ) и для БДЭ-153  $R=0,39$  (при  $p=0,0472$ ,  $n=20$ ).

О наличии источников выделения отдельных изомерных форм ПБДЭ внутри учебных помещений обследованных учреждений образования косвенно свидетельствует статистически значимое ( $p<0,05$ ) преобладание отдельных представителей ПБДЭ (БДЭ-28, БДЭ-47, БДЭ-100, БДЭ-99, БДЭ-154, БДЭ-183) в воздухе учебных помещений по сравнению с атмосферным воздухом на прилегающей территории.

Качественный анализ содержания ПБДЭ в образцах биологического материала показал, что доминирующими представителями ПБДЭ в образцах волос учащихся являются БДЭ-209 (66%), БДЭ-47 (18%) и БДЭ-99 (11%), что аналогично структуре содержания данных поллютантов в воздухе учебных помещений и атмосферном воздухе (рисунок 2).



**Рисунок 2 – Качественный состав ПБДЭ в пробах атмосферного воздуха (а), воздуха учебных помещений (б) и волос учащихся (в)**

Выполнение корреляционного анализа позволило установить наличие сильной прямой значимой связи (коэффициент корреляции Спирмана  $R=0,83$ , при  $p=0,01018$ ) между содержанием суммы семи изомерных форм ПБДЭ в пробах воздуха учебных помещений и образцах волос учащихся, занимающихся в

этих помещениях.

Таким образом, установлен идентичный характер распределения представителей ПБДЭ в воздушной среде помещений, атмосферном воздухе и в волосах экспонированных ими учащихся, что подтверждает роль загрязнения воздушной среды помещений ПБДЭ в формировании химической нагрузки на организм учащихся.

Проведенные исследования и расчеты на основании химической структуры и физико-химических свойств, с помощью метода аналогии с другими изученными веществами, близкими по физико-химическим свойствам и биологическому действию, позволили обосновать величину ОБУВ 2,2',4,4'-тетрабромдифенилового эфира (БДЭ-47) в атмосферном воздухе на уровне 0,2 мкг/м<sup>3</sup>, класс опасности 1.

#### **Пятая глава «Гигиеническая оценка риска здоровью учащихся от воздействия загрязняющих веществ воздуха учебных помещений учреждений образования и атмосферного воздуха».**

Величина экспозиции исследованными загрязняющими веществами определяется их концентрацией в атмосферном воздухе (для азота диоксида, бензола и РМ<sub>10</sub>) и воздухе учебных помещений (для этилбензола, толуола, ксилола, формальдегида), а также длительностью воздействия. Риск развития заболеваний органов дыхания у учащихся УО при хроническом ингаляционном воздействии изученных загрязняющих веществ оценивается как «средний», с колебаниями значений от 0,7 до 1,4. Установлены величины индексов опасности развития заболеваний у детей других органов и систем с пределами колебаний значений: системы кровообращения от 0,2 до 0,7, кроветворных органов от 0,08 до 0,24, нервной системы от 0,05 до 0,22, мочеполовой системы от 0,09 до 0,44, мочевыделительной системы от 0,12 до 0,44, зрительного аппарата от 0,16 до 0,82, эндокринной системы от 0,05 до 0,32. При этом риск развития заболеваний системы кровообращения, органов кроветворения, мочеполовой и мочевыделительной систем, зрительного аппарата и эндокринной системы оценивается как «низкий».

Выявлено, что отдельные химические вещества, загрязняющие воздушную среду помещений, в частности РМ<sub>10</sub>, играют существенную роль в формировании риска развития заболеваний органов дыхания при хроническом ингаляционном воздействии ( $R^2=0,545$   $F(1, 18)=7,6$ , при  $p=0,0129$  для уравнения регрессии  $y=0,599+0,0132x$ ).

Тесные прямые корреляционные связи установлены между степенью загрязнения воздушной среды обследованных учебных помещений комплексом загрязняющих веществ (по значению показателя «Р») и величиной риска развития заболеваний критических для данных загрязняющих веществ органов и систем организма. Так, коэффициенты ранговой корреляции Спирмана между величиной комплексного показателя загрязнения «Р» и риском развития заболеваний органов дыхания, иммунной системы, а также глаза и его придаточного

аппарата равны  $R=0,88$  ( $n=20$ ,  $p<0,001$ ),  $R=0,81$  ( $n=20$ ,  $p<0,001$ ) и  $R=0,79$  ( $n=20$ ,  $p<0,001$ ) соответственно. Для описания взаимосвязи между степенью загрязнения воздушной среды учебных помещений и риском развития заболеваний критических органов и систем организма (выраженного значением индекса опасности) были построены уравнения регрессий:  $y=0,7029x+0,253$  (для риска развития заболеваний органов дыхания),  $y=0,5712x-0,148$  (для риска развития заболеваний иммунной системы) и  $y=0,535x-0,142$  (для риска развития болезней глаз и придаточного аппарата). Полученные модели являются значимыми. Так, для индекса опасности развития заболеваний органов дыхания  $F(1, 18)$ -критерий равен 66,2, при  $p<0,0001$ , коэффициент детерминации ( $R^2$ ) 0,79, для индекса опасности развития заболеваний иммунной системы, а также глаз и придаточного аппарата  $F(1, 18)$ -критерии равны 39,1, при  $p<0,0001$  и 77,0, при  $p<0,0001$  и коэффициенты детерминации 0,69 и 0,81 соответственно.

Индивидуальный канцерогенный риск здоровью учащихся при хроническом ингаляционном воздействии бензола ( $0,4E-06\pm 0,1E-06$ ) и этилбензола ( $0,03E-06\pm 0,02E-06$ ) в воздухе учебных помещений оценивается как «приемлемый», а от воздействия формальдегида ( $1,9E-06\pm 0,7E-06$ ) – как «допустимый». Суммарный канцерогенный риск здоровью учащихся при хроническом ингаляционном воздействии бензола, этилбензола и формальдегида, загрязняющих воздух учебных помещений, также оценивается как «допустимый», однако с более высоким значением величины риска ( $2,4E-06\pm 0,7E-06$ ). Значение суммарного канцерогенного риска здоровью при хроническом ингаляционном воздействии исследованных веществ значимо выше в учебных помещениях обследованных УО по сравнению с риском, обусловленным загрязнением аналогичными поллютантами воздуха на прилегающей территории (значение  $TCRa$   $9,7E-07\pm 3,5E-07$ ) (критерий Манна-Уитни 2,3, при  $p=0,02092$ ). Таким образом, величины экспозиции канцерогенов, обусловленные значениями концентраций веществ в воздухе, определяют уровень индивидуального и суммарного канцерогенного риска для организма учащихся.

При анализе заболеваемости детей первой степени образования, обучающихся в обследованных учебных помещениях, было установлено, что в структуре заболеваемости первое место занимают болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани (24%), второе место – болезни глаза и его придаточного аппарата (18%), третье место – болезни органов дыхания (17,6%), четвертое и пятое – болезни системы кровообращения (12,6%) и болезни органов пищеварения (9,4%). В динамике обучения с первого по четвертый классы выявлен рост заболеваемости болезнями системы кровообращения (с 11,18 до 21,94 на 100 учащихся,  $p<0,001$ ) и болезнями глаза и его придаточного аппарата (с 13,3 до 31,2 на 100 учащихся,  $p<0,001$ ).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

### Основные научные результаты диссертации

1. На основе оценки качества воздушной среды учебных помещений учреждений образования с применением метода диффузионного пробоотбора, позволяющего проводить измерения в длительном режиме, установлено, что уровень загрязнения воздушной среды учебных помещений различается по всем изученным показателям: концентрация бензола варьирует от 1,0 мкг/м<sup>3</sup> до 3,0 мкг/м<sup>3</sup>, толуола от 3,4 мкг/м<sup>3</sup> до 13,6 мкг/м<sup>3</sup>, этилбензола от 0,3 мкг/м<sup>3</sup> до 2,1 мкг/м<sup>3</sup>, ксилола от 2,4 мкг/м<sup>3</sup> до 15,9 мкг/м<sup>3</sup>, формальдегида от 2,52 мкг/м<sup>3</sup> до 12,97 мкг/м<sup>3</sup>, азота диоксида от 2,9 мкг/м<sup>3</sup> до 15,9 мкг/м<sup>3</sup> и в целом соответствует установленным гигиеническим нормативам. Основным источником загрязнения воздушной среды учебных помещений учреждений образования азота диоксидом, бензолом и РМ<sub>10</sub> является атмосферный воздух, что подтверждается значимой положительной тесной корреляционной связью между концентрацией данных загрязняющих веществ в воздухе помещений и атмосферном воздухе на прилегающей территории: бензол ( $R=0,75$ , при  $p=0,000097$ ,  $n=20$ ), азота диоксид ( $R=0,59$ , при  $p=0,00641$ ,  $n=20$ ) и РМ<sub>10</sub> ( $R=0,6$ , при  $p=0,0056$ ,  $n=20$ ) [5, 15, 18, 23].

2. Основной вклад в загрязнение воздуха учебных помещений толуолом, этилбензолом, ксилолом и формальдегидом вносят их выделения из источников, расположенных внутри учебных помещений; при этом длительность эксплуатации школьной мебели (менее 3-х лет) и время после ремонта помещений (менее 2-х лет) являются гигиеническими критериями риска загрязнения воздушной среды учебных помещений, что подтверждается значимым ( $p<0,05$ ) превышением концентрации толуола, этилбензола и ксилола в воздушной среде учебных помещений, время после ремонта в которых составляет не более 2-х лет, а также в помещениях, оснащенных мебелью, срок эксплуатации которой не превышает 3-х лет; концентрация формальдегида в воздухе учебных помещений также зависит от длительности эксплуатации школьной мебели ( $\chi^2=9,90$ , при  $p=0,0017$ ) [6, 18, 22, 23].

3. Величина комплексного показателя «Р», характеризующего степень загрязнения воздуха учебных помещений исследованными загрязняющими веществами колеблется от 0,7 до 1,7 со статистически более высокими ( $p<0,05$ ) показателями в помещениях, оснащенных мебелью, срок эксплуатации которой не превышает трех лет ( $\chi^2=9,1$ , при  $p=0,0204$ ). Показатель «Р» загрязнения воздушной среды учебных помещений выше в сравнении с показателем загрязнения атмосферного воздуха на прилегающей территории (критерий Манна-Уитни 2,3, при  $p=0,0209$ ) [15, 18, 19].

4. Качественный состав смеси изомерных форм полибромдифениловых эфиров в атмосферном воздухе, в воздухе обследованных учебных помещений и волосах учащихся является однородным с преобладанием представителей ПБДЭ: 209 (93%), 47 (3,3%) и 99 (1,9%) – в воздухе учебных помещений обсле-

дованных учреждений образования; 209 (76,4%), 47 (11,0%) и 99 (6,9%) – в атмосферном воздухе на прилегающей территории, а также 209 (66%), 47 (18%) и 99 (11%) – в волосах учащихся. Содержание отдельных представителей полибромированных антипиренов (БДЭ-28 и БДЭ-47) в воздухе учебных помещений колеблется от 6,3 пг/диск/сут до 65,2 пг/диск/сут и от 32,4 пг/диск/сут до 140,4 пг/диск/сут соответственно, с достоверными различиями между обследованными учреждениями образования (критерий Краскела-Уоллиса 17,1, при  $p=0,0019$  и 13,6, при  $p=0,0087$  для БДЭ-28 и БДЭ-47 соответственно), что определило необходимость разработки гигиенического норматива содержания индикаторного БДЭ-47 и контроля загрязнения воздушной среды помещений ПБДЭ [1, 4, 7-10, 13, 14, 16, 20, 21].

5. Риск развития заболеваний органов дыхания (выраженный значением индекса опасности) при хроническом ингаляционном воздействии изученных загрязняющих химических веществ оценивается как «средний».  $PM_{10}$  играют существенную роль в формировании уровней риска развития заболеваний органов дыхания при хроническом ингаляционном воздействии ( $R^2=0,545$   $F(1, 18)=7,6$ , при  $p=0,0129$  для  $y=0,599+0,0132x$ ) [3, 11, 12, 17, 19].

6. Значимая причинно-следственная связь установлена между степенью загрязнения воздуха учебных помещений (выраженной величиной комплексного показателя «Р») и индексом опасности развития заболеваний органов дыхания ( $y=0,7029x+0,253$ ,  $R^2=0,79$ ,  $F(1, 18)=66,2$  при  $p<0,0001$ ), болезнью глаза и его придаточного аппарата ( $y=0,535x-0,142$ ,  $R^2=0,81$ ,  $F(1, 18)=77$  при  $p<0,0001$ ), а также заболеваний иммунной системы ( $y=0,5712x-0,148$ ,  $R^2=0,69$ ,  $F(1, 18)=39,1$  при  $p<0,00010$ ) [2, 3, 6, 12, 17, 18, 19, 23].

### **Рекомендации по практическому применению результатов**

Разработанные и утвержденные инструкции по применению («Метод оценки экспозиции химическими веществами, загрязняющими воздух помещений и атмосферный воздух», 09 сентября 2014 г., №009-0914 и «Методика оценки риска здоровью населения факторов среды обитания», 08 июня 2012 г., №025-1211) позволяют оценивать воздействие химических веществ на организм человека с применением данных диффузионного и пассивного отбора проб воздуха, осуществлять мониторинг загрязнения воздуха в длительном временном диапазоне, а также выполнять гигиеническую оценку загрязнения воздуха комплексом веществ и риска здоровью человека при их комбинированном воздействии. Положения настоящих инструкций реализованы при разработке расчетно-программного комплекса «Компьютерная информационно-расчетная система по оценке риска воздействия качества атмосферного воздуха на здоровье населения» (ИНВ №000238, ОФАП, БелЦМТ) с возможностью внедрения оценки риска в органах и учреждениях, осуществляющих государственный санитарный надзор.

Научно обоснованный и утвержденный гигиенический норматив (ОБУВ) с классом опасности вещества 2,2',4,4'-тетрабромдифениловый эфир (БДЭ-47) в атмосферном воздухе (постановления Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 28 октября 2014 г. №73 и №74) позволяет осуществлять санитарно-гигиенический контроль качества воздушной среды.

Обоснованные в результате проведенных научных исследований рекомендации и требования к содержанию и эксплуатации оборудования и помещений, качеству воздуха в учреждениях социального обслуживания, в части запрета на использование в качестве ограждений систем отопления древесно-стружечных плит и полимерных материалов, включены в санитарные нормы и правила «Требования для учреждений социального обслуживания, осуществляющих стационарное социальное обслуживание», предназначенные и для домов-интернатов для детей-инвалидов с особенностями психофизического развития (утверждены постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 31 декабря 2013 г. №136).

Разработанные и применяемые рационализаторские предложения «Способ экспресс-оценки потенциального риска здоровью при рефлекторном и хроническом воздействии формальдегида (метаналь)», «Способ гигиенической оценки степени загрязнения атмосферного воздуха», «Способ экспресс-оценки потенциального риска здоровью при рефлекторном и хроническом воздействии азота (IV) оксида (азота диоксид)» (удостоверения на рационализаторские предложения от 29 марта 2012 г. №1901, №1902, №1903) позволяют достоверно оценивать риск здоровью от воздействия химических веществ, загрязняющих воздушную среду, с меньшими временными и трудовыми затратами.

## СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

### Статьи в журналах и сборниках

1. Ганькин, А. Н. Полибромдифениловые эфиры в образцах волос человека / А. Н. Ганькин, Т. Д. Гриценко, Т. Н. Пронина // Здоровье и окружающая среда : сб. науч. тр. / Респ. науч.-практ. центр гигиены ; гл. ред. Г. Е. Косяченко. – Минск, 2013. – Вып. 22. – С. 25–29.

2. Законодательное обеспечение оценки риска воздействия на здоровье населения качества атмосферного воздуха в Республике Беларусь / Т. Е. Науменко, В. А. Рыбак, Т. Д. Гриценко, Л. М. Шевчук, А. Н. Ганькин, А. Е. Пшегорода // Анализ риска здоровью. – 2013. – № 1. – С. 30–35.

3. Применение расчетно-программного комплекса при оценке риска загрязняющих веществ в атмосферном воздухе для здоровья населения / Т. Д. Гриценко, Т. Е. Науменко, Л. М. Шевчук, В. П. Филонов, С. Т. Андрианова, А. Е. Пшегорода, А. Н. Ганькин // Здоровье и окружающая среда : сб. науч. тр. / Респ. науч.-практ. центр гигиены ; гл. ред. Г. Е. Косяченко. – Минск, 2013. – Вып. 22. – С. 36–37.

4. Стойкие органические загрязнители: полибромированные антипирены в воздухе учебных помещений школ г. Минска / А. Н. Ганькин, Т. Д. Гриценко, Т. Н. Пронина, Г. А. Харникова // Здоровье и окружающая среда : сб. науч. тр. / Респ. науч.-практ. центр гигиены ; гл. ред. Г. Е. Косяченко. – Минск, 2013. – Вып. 22. – С. 29–34.

5. Лабораторно-аналитический мониторинг показателей качества воздуха внутри и вне школьных помещений / Т. Н. Пронина, А. Н. Ганькин, Н. В. Бобок, Н. В. Карпович // Сан. врач. – 2014. – № 5. – С. 43–49.

6. Риск здоровью учащихся, формируемый загрязнением воздушной среды учебных помещений / А. Н. Ганькин, Т. Д. Гриценко, С. М. Соколов, Т. Н. Пронина // Анализ риска здоровью. – 2014. – № 1. – С. 40–48.

### Материалы конференций

7. Застенская, И. А. Стойкие органические загрязнители: мониторинг методом адсорбции на инертные фильтры-сорбенты / И. А. Застенская, А. Н. Ганькин, Т. Е. Науменко // Актуализированные проблемы здоровья человека и среды его обитания и пути их решения : материалы пленума науч. совета по экологии человека и гигиене окружающей среды РАМН и МЗ РФ, Москва, 14-15 дек. 2011 г. ; под ред. Ю. А. Рахманина. – М., 2011. – С. 171–173.

8. Гриценко, Т. Д. Оценка риска воздействия стойких органических загрязнителей на здоровье человека в воздухе жилых и нежилых помещений / Т. Д. Гриценко, А. Н. Ганькин, Т. Е. Науменко // Актуальные проблемы гигиены, эпидемиологии и профилактической медицины : материалы науч.-

практ. конф., Гомель, 2 нояб. 2012 г. ; под ред. С. Е. Дубинана. – Гомель, 2012. – С. 168.

9. Гриценко, Т. Д. Перспективы оценки и минимизации риска воздействия новых стойких органических загрязнителей – полибромированных антипиренов на здоровье населения / Т. Д. Гриценко, А. Н. Ганькин, Т. Е. Науменко // Окружающая среда и здоровье. Молодые ученые за устойчивое развитие страны в глобальном мире : материалы IV Всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов, Москва, 27-28 сент. 2012 ; под ред. Ю. А. Рахманина. – М., 2012. – С. 88–90.

10. Застенская, И. А. Стойкие органические загрязнители – полибромированные антипирены – в воздухе помещений жилых и общественных зданий / И. А. Застенская, А. Н. Ганькин, Т. Е. Науменко // Сахаровские чтения 2012 года: экологические проблемы XXI века : материалы 12-й междунар. науч. конф., Минск, 17-18 мая 2012 г. / МГЭУ им. А. Д. Сахарова ; под ред. С. П. Кундаса [и др.]. – Минск, 2012. – С. 117.

11. Информационные технологии в обеспечении здоровой среды обитания человека в Республике Беларусь / Т. Е. Науменко, В. А. Рыбак, Т. Д. Гриценко, Л. М. Шевчук, А. Н. Ганькин, А. Е. Пшегорода // Здоровье населения – основа процветания стран содружества : материалы межгос. форума государственных участников СНГ, Москва, 12-15 сент. 2012 г. – М., 2012. – С. 2–4.

12. Расчетно-программный комплекс по оценке риска воздействия на здоровье населения качества атмосферного воздуха / Т. Е. Науменко, В. А. Рыбак, Т. Д. Гриценко, А. Е. Пшегорода, С. Т. Андрианова, А. Н. Ганькин, // Научно-методологические и законодательные основы совершенствования нормативно-правовой базы профилактического здравоохранения: проблемы и пути решения : материалы пленума Науч. совета по экологии человека и гигиене окружающей среды Рос. Федерации, Москва, 13-14 дек. 2012 г. ; под ред. Ю. А. Рахманина. – М., 2012. – С. 313–316.

13. Gritsenko, T. Risk assessment of persistent organic pollutants on human health in indoor environment / T. Gritsenko, A. Gankine, T. Naumenko // Occupational Health and Safety: From policies to Practice: conference materials Riga, Dec. 4-6 2012. – Riga, 2012. – 72 p.

14. Гриценко, Т. Д. Мониторинг полибромированных антипиренов в атмосферном воздухе населенных пунктов / Т. Д. Гриценко, А. Н. Ганькин, Т. Е. Науменко // Сахаровские чтения 2013 года: экологические проблемы XXI века : материалы 13-й междунар. науч. конф., Минск, 16-17 мая / МГЭУ им. А. Д. Сахарова ; под ред. С. П. Кундаса [и др.]. – Минск, 2013. – С. 97–98.

15. Пронина, Т. Н. Мониторинг качества воздуха помещений с длительным периодом экспозиции: диффузионный отбор проб / Т. Н. Пронина, А. Н. Ганькин, Н. В. Карпович // Сахаровские чтения 2013 года: экологические проблемы XXI века : материалы 13-й междунар. науч. конф., Минск, 16-17 мая 2013 г./ МГЭУ им. А. Д. Сахарова; под ред. С. П. Кундаса [и др.]. – Минск,

2013. – С. 133–134.

16. Гриценко, Т. Д. Полибромированные антипирены в воздухе учебных помещений учреждений образования / Т. Д. Гриценко, А. Н. Ганькин, Т. Н. Пронина // Приоритеты профилактического здравоохранения в устойчивом развитии общества: состояние и пути решения проблем : материалы пленума науч. совета по экологии человека и гигиене окружающей среды РАМН и МЗ РФ, Москва, 12-13 дек. 2013 г. ; под ред. Ю. А. Рахманина. – М., 2013. – С. 66–67.

17. Информационные технологии: эколого-эпидемиологическая оценка риска влияния качества атмосферного воздуха на здоровье населения [Электронный ресурс] / Т. Е. Науменко, Л. М. Шевчук, Т. Д. Гриценко, А. Е. Пшегорода, А. Н. Ганькин, В. А. Рыбак // Влияние окружающей среды на здоровье населения государств участников СНГ : материалы науч.-практ. конгр., Москва, 29-31 мая 2013г. – Электрон. дан. и прогр. (10,1 МБ). – М., 2013. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM): зв., цв. – С. 97–101.

### **Нормативно-методические документы**

18. Компьютерная информационно-расчетная система по оценке риска воздействия качества атмосферного воздуха на здоровье населения : расчетно-программный комплекс : зарегистрирован в Отраслевом фонде алгоритмов и программ, ИНВ №000238 / Т. Е. Науменко, С. М. Соколов, Л. М. Шевчук, Т. Д. Гриценко, А. Е. Пшегорода, А. Н. Ганькин, В. А. Рыбак / Респ. науч.-практ. центр гигиены. – Минск, 2012.

19. Методика оценки риска здоровью населения факторов среды обитания : инструкция по применению № 025-1211 : утв. Гл. гос. сан. врачом Респ. Беларусь 08.06.2012 г. [Электронный документ] / В. П. Филонов, Т. Е. Науменко, С. М. Соколов, Т. Д. Гриценко, Л. М. Шевчук, А. Е. Пшегорода, А. Н. Ганькин / Респ. науч.-практ. центр гигиены. – Минск, 2012. – Режим доступа: [http://www.rspch.by/DevelopedDocuments\\_2012.html](http://www.rspch.by/DevelopedDocuments_2012.html). – Дата доступа: 02.08.2013.

20. Класс опасности 2,2',4,4'-тетрабромдифенилового эфира (БДЭ-47) в атмосферном воздухе : дополнение в «Классы опасности загрязняющих веществ в атмосферном воздухе. Величины показателей для определения классов опасности загрязняющих веществ» (п.674) : утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь 21.12.2010 г. № 174, в ред. постановлений 25.04.2012 г. № 38, 08.08.2013 г. № 71, 28.10.2014 г. № 73. – Минск, 2014. – 90 с.

21. Ориентировочно безопасный уровень воздействия (ОБУВ) 2,2',4,4'-тетрабромдифенилового эфира (БДЭ-47) в атмосферном воздухе населенных пунктов и мест массового отдыха населения : дополнение в «Нормативы предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и ориентировочно безопасные уровни воздействия загрязняющих

веществ в атмосферном воздухе населенных пунктов и мест массового отдыха населения» (п.1426) : утв. постановлением М-во здравоохранения Респ. Беларусь 30.12.2010 г № 186, в ред. постановлений 25.04.2012 г. № 39, 08.08.2013 г. № 72, 28.10.2014 г. № 74. – Минск, 2014. – 26 с.

22. Требования для учреждений социального обслуживания, осуществляющих стационарное социальное обслуживание : СанПиН : утв. постановление М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 31.12.2013 г. № 136 [Электронный ресурс]. / М-во здравоохранения Респ. Беларусь. – Минск, 2013. – Режим доступа: [http://minzdrav.gov.by/ru/static/acts/tehnicheskie/teksty/project\\_jilye\\_zdania](http://minzdrav.gov.by/ru/static/acts/tehnicheskie/teksty/project_jilye_zdania). – Дата доступа: 31.12.2013.

23. Метод оценки экспозиции химическими веществами, загрязняющими воздух помещений и атмосферный воздух : инструкция по применению № 009-0914 : утв. Гл. гос. сан. врачом Респ. Беларусь 09.09.2014 г. / Науч.-прак. центр гигиены ; сост.: А. Н. Ганькин, Т. Д. Гриценко, Л. С. Ивашкевич, Г. А. Харникова, Н. Ф. Белоглазова, К. В. Тимошенко. – Минск, 2014. – 13 с.

### **Удостоверения на рационализаторские предложения**

24. Способ гигиенической оценки степени загрязнения атмосферного воздуха : удостоверение на рацпредложение № 1902 от 29.03.2012 г. / Т. Е. Науменко, Т. Д. Гриценко, А. Н. Ганькин; ГУ «РНПЦ гигиены»; выдано 29.03.2012.

25. Способ экспресс-оценки потенциального риска здоровью при рефлекторном и хроническом воздействии формальдегида (метаналь) : удостоверение на рацпредложение № 1901 от 29.03.2012 г. / Т. Е. Науменко, А. Н. Ганькин; ГУ «РНПЦ гигиены»; выдано 29.03.2012.

26. Способ экспресс-оценки потенциального риска здоровью при рефлекторном и хроническом воздействии азота (IV) оксида (азота диоксид) : удостоверение на рацпредложение № 1903 от 29.03.2012 г. / Т. Е. Науменко, А. Е. Пшегорода, А. Н. Ганькин; ГУ «РНПЦ гигиены»; выдано 29.03.2012.

## РЭЗІЮМЭ

ГАНЬКІН АЛЯКСАНДР МІКАЛАЕВІЧ

### ГІГІЕНІЧНАЯ АЦЭНКА ШМАТКАМПАНЕНТНАГА ЗАБРУДЖВАННЯ ПАВЕТРАНАГА АСЯРОДДЗЯ НАВУЧАЛЬНЫХ ПАМЯШКАННЯЎ ПА КРЫТЭРЫЯХ РЫЗЫКІ ДЛЯ ЗДАРОЎЯ ВУЧНЯЎ

**Ключавыя словы:** забруджвальныя рэчывы, паветра памяшканняў, полібромдифнілавыя эфіры, камбінаванае ўздзеянне хімічных рэчываў, ацэнка рызыкі, здароўе.

**Мэта даследавання:** абгрунтаваць гігіенічныя крытэрыі ацэнкі рызыкі камбінаванага дзеяння шматкампанентнага забруджвання паветранага асяроддзя навучальных памяшканняў для здароўя навучэнцаў.

**Метады даследавання:** санітарна-гігіенічныя, хіміка-аналітычныя, эпідэміялагічныя і статыстычныя.

**Атрыманыя вынікі і іх навізна:** у выніку праведзенай ацэнкі якасці паветранай асяроддзя вучэбных памяшканняў устаноў адукацыі і ацэнкі рызыкі здароўю навучэнцаў, выкананых з выкарыстаннем дыфузнага пробоотбора, які забяспечвае вымярэння ў працяглым рэжыме, было ўстаноўлена, што ўзроўні забруджвання паветранай асяроддзя вучэбных памяшканняў вар'іруюць у шырокіх межах па паказчыках: талуол, этилбензол, ксілол, фармальдэгід, азоту дыяксід, бензол і  $PM_{10}$ . Асноўны ўклад у забруджванне паветранага асяроддзя вучэбных памяшканняў азоту дыяксідам,  $PM_{10}$  і бензолам уносіць атмасфернае паветра, тады як узровень забруджвання талуолам, этилбензолам, ксілолам і фармальдэгідам вызначаецца вылучэннем хімічных рэчываў з крыніц, размешчаных у навучальных памяшканнях. Усталявана зваротная карэляцыйная сувязь сярэдняй сілы паміж працягласцю эксплуатацыі школьнай мэблі і канцэнтрацыяй фармальдэгіду ў паветры навучальных памяшканняў. Якасць склад сумесі прадстаўнікоў полібраміраваных антыпірэнаў ў атмасферным паветры, у паветры вучэбных памяшканняў і валасах вучняў з'яўляецца аднастайным з перавагай БДЭ-209, БДЭ-47 і БДЭ-99 ізамерных формаў. Усталявана значная прычынна-следчая сувязь паміж ступенню забруджвання паветра вучэбных памяшканняў (выяўленай велічынёй комплекснага паказчыка «Р») і індэксам небяспекі развіцця захворванняў органаў дыхання, захворванняў вачэй і прыдатачнага апарата, а таксама захворванняў імуннай сістэмы.

**Рэкамендацыі па выкарыстоўванню:** распрацоўка, абгрунтаванне і ацэнка эфектыўнасці прафілактычных мерапрыемстваў па мінімізацыі рызыкі ўздзеяння забруджвання паветранага асяроддзя памяшканняў на здароўе чалавека.

**Вобласть выкарыстання:** дзяржаўны санітарны нагляд, які ажыццяўляецца органамі і ўстановамі Міністэрства аховы здароўя, медыцынскія ўніверсітэты, навукова-даследчыя цэнтры гігіенічнага профілю.

## РЕЗЮМЕ

ГАНЬКИН АЛЕКСАНДР НИКОЛАЕВИЧ

### ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МНОГОКОМПОНЕНТНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ УЧЕБНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ ПО КРИТЕРИЯМ РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ УЧАЩИХСЯ

**Ключевые слова:** загрязняющие вещества, воздух помещений, полибромдифениловые эфиры, комбинированное воздействие химических веществ, оценка риска, здоровье.

**Цель работы:** обосновать гигиенические критерии оценки риска комбинированного действия многокомпонентного загрязнения воздушной среды учебных помещений для здоровья учащихся.

**Методы исследования:** санитарно-гигиенические, химико-аналитические, эпидемиологические и статистические.

**Полученные результаты и их новизна:** в результате проведенной оценки качества воздушной среды учебных помещений учреждений образования и оценки риска здоровью учащихся, выполненных с использованием диффузного пробоотбора, обеспечивающего измерения в длительном режиме, было установлено, что уровни загрязнения воздушной среды учебных помещений варьируют в широких пределах по показателям: толуол, этилбензол, ксилол, формальдегид, азота диоксид, бензол и  $PM_{10}$ . Основной вклад в загрязнение воздушной среды учебных помещений азота диоксидом,  $PM_{10}$  и бензолом вносит атмосферный воздух, тогда как уровень загрязнения толуолом, этилбензолом, ксилолом и формальдегидом определяется выделением химических веществ из источников, расположенных внутри учебных помещений. Установлена обратная корреляционная связь средней силы между длительностью эксплуатации школьной мебели и концентрацией формальдегида в воздухе учебных помещений. Качественный состав смеси представителей полибромированных антипиренов в атмосферном воздухе, в воздухе учебных помещений и волосах учащихся является однородным с преобладанием БДЭ-209, БДЭ-47 и БДЭ-99 изомерных форм. Установлена значимая причинно-следственная связь между степенью загрязнения воздуха учебных помещений (выраженной величиной комплексного показателя «Р») и индексом опасности развития заболеваний органов дыхания, болезней глаз и придаточного аппарата, а также заболеваний иммунной системы.

**Рекомендации по использованию:** разработка, обоснование и оценка эффективности профилактических мероприятий по минимизации риска воздействия загрязнения воздушной среды помещений на здоровье человека.

**Область применения:** государственный санитарный надзор, осуществляемый органами и учреждениями Министерства здравоохранения, медицинские университеты, научно-исследовательские центры гигиенического профиля.

## SUMMARY

GANKINE ALEXANDR

### HYGIENIC EVALUATION OF MULTIPLE POLLUTION OF CLASSROOMS' INDOOR AIR AND CRITERIA FOR ASSESSMENT ON ELEMENTARY SCHOOL STUDENTS' HEALTH RISKS

**Key words:** air pollutants, indoor air, polybrominated diphenyl ethers, the combined exposure of multiple chemicals, risk assessment, human health.

**The aim of research:** to estimate hygiene criteria for assessment of risks of combined exposure to multiple classrooms' indoor air pollution to elementary school students' health.

**Methods of research:** hygienic, chemical, epidemiological and statistical.

**The obtained results and their novelty:** as a result of the assessment of classrooms' indoor air quality and elementary school students' health risk assessment performed with use of diffuse sampling allowing long-term observation, it was found that the level indoor air pollution varies significantly between either different classrooms and also investigated pollutants. The main contribution to the classrooms' indoor air pollution with nitrogen dioxide, PM<sub>10</sub> and benzene is provided by ambient air pollution, while the level of contamination of toluene, ethylbenzene, xylenes and formaldehyde emission mostly depend on emissions from sources inside of the classrooms. A strong correlation between the duration of furniture exportation and classrooms' indoor air pollution with formaldehyde was found. The composition of polybrominated diphenyl ethers congeners pollution of ambient air, classrooms' indoor air pollution and students' hair contamination is similar with predominance of BDE-209, BDE-47 and BDE-99 congeners. The significant causal relationship between the level of classrooms' indoor air pollution (expressed with the complex index of "P") and the index of the risk of respiratory diseases, eyes and the immune system diseases was discovered.

**Recommendations for use:** development, justification and evaluation of the effectiveness of preventive measures to minimize the human health risk posed by exposure to indoor air pollution.

**Field of application:** the state sanitary scrutiny operated by the bodies and institutions of the Ministry of Health, Medical Universities, research centers of hygiene.