

13. Katsnel'son B.A., Kuz'min S.V., Gurvich V.B. The concept of acceptable risk is the key debatable issue of the assessment and management of a risk to the population's health. *Gigiena i sanitariya*. 2007; 86(3): 76-80. (in Russian).
14. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Lyon; 2010.
15. Trusov P.V., Zaytseva N.V., Kir'yanov D.A., Kamaltdinov M.R., Tsinker M.Yu., Chigvintsev V.M., et al. A Mathematical Model for Evolution of Human Functional Disorders Influenced by Environment Factors. *Matematicheskaya biologiya i bioinformatika*. 2012; 2(7): 589-610. (in Russian)
16. Zaytseva N.V., Trusov P.V., Shur P.Z., Kir'yanov D.A., Chigvintsev V.M., Tsinker M.Yu. Methodical approaches to health risk assessment of heterogeneous environmental factors based on evolutionary models. *Analiz riska zdorov'yu*. 2013; (1): 3-11. (in Russian)
17. Rakhmanin Yu.A., Onishchenko G.G., eds. *Basis for Assessing the Risk to Public Health in the Presence of Chemicals Polluting the Environment [Osnovy otsenki riska dlya zdorov'ya naseleniya pri vozdeystvii khimicheskikh veshchestv, zagryaznyayushchikh okruzhayushchuyu sredu]*. Moscow; 2002. (in Russian)
18. Onishchenko G.G., Rakhmanin Yu.A., Zaytseva N.V., Zemlyanova M.A., Akatova A.A. *Scientific and Methodological Aspects of Ensuring of Population Hygienic Safety in Conditions of Chemical Influence [Nauchno-metodicheskie aspekty obespecheniya gigenicheskoy bezopasnosti naseleniya v usloviyakh vozdeystviya khimicheskikh faktorov]*. Moscow: Meditsinskaya kniga; 2004. (in Russian)
19. Murray C.J. Quantifying the burden of disease: the technical basis for disability-adjusted life years. *Bull. World Health Organ*. 1994; 72(3): 429-45.
20. Onishchenko G.G., Zaytseva N.V., May I.V., Shur P.Z. *Analysis of Health Risk in the Strategy of Social and Economic Development of the State [Analiz riska zdorov'yu v strategii gosudarstvennogo sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya]*. Perm', 2014. (in Russian)
21. Evidence on the developmental and reproductive toxicity of Chlorpyrifos. *Draf. California Environmental Protection Agency*; 2008.
22. Burnett R.T., Smith-Doiron M., Stieb D., Cakmak S., Brook J.R. Effects of particular and gaseous air pollution on cardiorespiratory hospitalizations. *Arch. Environ. Health*. 1999; 54(2): 130-9.
23. Burnett R.T., Cakmak S., Brook J.R., Krewski D. The role of particulate size and chemistry in the association between summertime ambient air pollution and hospitalization for cardiorespiratory disease. *Environ. Health Perspect*. 1997; 105(6): 614-20.
24. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Lyon; 1999.

Поступила 15.09.17

Принята к печати 25.12.2017

© НИКИФОРОВА Н.В., МАЙ И.В., 2018

УДК 614.37:691.175.5/8:547.281.1

Никифорова Н.В., Май И.В.

К ПРОБЛЕМЕ НОРМИРОВАНИЯ МИГРАЦИИ ФОРМАЛЬДЕГИДА ИЗ ПОЛИМЕРСОДЕРЖАЩИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ, ОТДЕЛОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ И МЕБЕЛИ

ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», 614045, Пермь

В статье рассматриваются вопросы химической безопасности полимерсодержащих материалов, в т. ч. мебели и сырья для её изготовления. Основное внимание исследования уделяется существующему на данный момент вопросу адекватности установленных нормативов эмиссии формальдегида из мебельной продукции и полимерсодержащих изделий из древесины. В статье приведены данные об уровнях миграции формальдегида из ряда строительных и отделочных материалов, используемых в сборно-каркасном строительстве жилых домов, установлено, что миграция формальдегида из всех исследуемых материалов не превышала допустимый уровень $0,01 \text{ мг/м}^3$. Приведены расчётные данные об уровнях загрязнения воздуха в условиях совокупного использования строительных и отделочных материалов, которые могут достигать $1,3 \text{ ПДК}_{\text{с.с.}}$. Представлены результаты инструментальных исследований содержания формальдегида в воздухе сборно-каркасных домов. Установлено, что среднесуточные концентрации формальдегида находились в диапазоне от $0,002$ до $0,083 \text{ мг/м}^3$ ($0,2-8,3 \text{ ПДК}_{\text{с.с.}}$). В статье представлен сравнительный анализ результатов углублённых медико-биологических исследований состояния здоровья населения, проживающего в сборно-каркасных домах, и населения, проживающего в домах из кирпича на условно-чистых территориях. На основании результатов углублённых медико-биологических исследований состояния здоровья населения получены достоверные, адекватные данным научной литературы математические зависимости экспозиции формальдегида с нарушениями здоровья населения; построена модель эволюции риска развития заболеваний органов дыхания. Оценён дополнительный риск формирования болезней органов дыхания при пожизненной среднесуточной экспозиции формальдегидом, так, например, установлено, что среднемноголетняя экспозиция на уровне $0,032 \text{ мг/м}^3$ формирует недопустимый для населения риск через 9 лет воздействия ($R = 1,10 \cdot 10^{-04}$).

Ключевые слова: полимерсодержащие материалы; формальдегид; эмиссия; эволюция риска; безопасность продукции; гигиеническое нормирование.

Для цитирования: Никифорова Н.В., Май И.В. К проблеме нормирования миграции формальдегида из полимерсодержащих строительных, отделочных материалов и мебели. *Гигиена и санитария*. 2017; 97(1): 43-49. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-1-43-49>

Для корреспонденции: Никифорова Надежда Викторовна, науч. сотр. отд. системных методов санитарно-эпидемиологического анализа и экспертиз ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», 614045, Пермь. E-mail: kriulina@fcrisk.ru.

Nikiforova N.V., May I.V.

TO THE PROBLEM OF RATING THE MIGRATION OF FORMALDEHYDE FROM POLYMER CONTAINING BUILDING, FINISHING MATERIALS AND FURNITURE

Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, 614015, Russian Federation

The article deals with the chemical safety of polymer-containing materials, including furniture and raw materials for its production. The focus of the study is on the current issue of the adequacy of established standards for the emission of formaldehyde from furniture products and polymer-containing wood products. The article presents data on the levels of formaldehyde migration from a number of constructing and finishing materials used in the prefabricated-frame construction of residential buildings. The migration of formaldehyde from all the materials studied was found to not exceed the permissible level of 0.01 mg/m³. There are presented calculated data on the levels of air pollution in conditions of the combined use of construction and finishing materials, which can reach 1.3 MPC for average daily dose (MPCadd). There are reported results of instrumental studies of the content of formaldehyde in the air of precast frame houses. The average daily concentrations of formaldehyde were found to be in the range from 0.002 to 0.083 mg/m³ (0.2-8.3 MPCadd). The article presents a comparative analysis of the results of in-depth medical and biological research on the health status of the population living in prefabricated frame houses and the population living in brick houses on conditionally clean territories. Based on the results of in-depth medical and biological research on the health status of the population, the mathematical dependencies of formaldehyde exposure with public health impairments, adequate to the scientific literature, were obtained; a model for the evolution of the risk of respiratory diseases has been constructed. The additional risk of forming respiratory diseases with lifetime daily average exposure to formaldehyde was estimated, for example, an average annual exposure of 0.032 mg/m³ was found to form an unacceptable risk for the population after 9 years of exposure ($R = 1.10 \cdot 10^{-04}$).

Keywords: polymer-containing materials; formaldehyde; emission; evolution of risk; product safety; hygienic standardization.

For citation: Nikiforova N.V., May I.V. To the problem of rating migration of formaldehyde from polymer containing building, finishing materials and furniture. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2018; 97(1): 43-49. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-1-43-49>

For correspondence: Nadezhda V. Nikiforova, MD, Junior researcher, Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, 614015, Russian Federation. E-mail: kriulina@fcrisk.ru

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgement. The study had no sponsorship.

Received: 15 September 2017

Accepted: 25 December 2017

Введение

Проблема допустимых уровней миграции формальдегида из полимерсодержащих материалов (ПСМ), в т. ч. мебели и полупродуктов для её изготовления, продолжает быть предметом дискуссии среди всех участников процесса производства и потребления этих видов продукции. Ассоциация предприятий мебельной и деревообрабатывающей промышленности России, указывая на необходимость наращивания отечественной мебели и изделий из деревообработки, прежде всего эконом- и бизнес-класса, считает крайне необходимым смягчить гигиенические нормативы миграции формальдегида до уровня 0,062 мг/м³ (Письмо Президента ассоциации № 043 от 17.04.2017 г. в адрес заместителя Председателя Правительства Российской Федерации). При этом указывается, что норматив эмиссии в России в 12 раз ниже требований, установленных для данного летучего вещества в индустриально развитых странах (Италии, Германии, Испании и др.). Предлагаемые нормативы рекомендуются закрепить, внося изменения в приложение 6.1. «Показатели безопасности полимерных и полимерсодержащих строительных материалов и мебели» Единых санитарно-эпидемиологических и гигиенических требований к продукции (товарам), подлежащей санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю), утверждённых Решением Комиссии Таможенного союза от 08 мая 2010 г. № 299. Одновременно предлагается в пункт 3 Раздела 6 Главы II этого же документа внести следующие изменения: «Технические требования по миграции формальдегида в воздушную среду из полимерсодержащих материалов (ПСМ), с кодами Товарной номенклатуры Внешнеэкономической деятельности Таможенного союза (ТН ВЭД) (ТН ВЭД ТС 4410, 4411, 4412), в том числе используемых для производства мебельной продукции, не должны превышать 0,124 мг/м³. Оценка миграции формальдегида проводится с использованием методов исследования (испытаний) согласно ГОСТ 30255-2014 «Мебель, древесные и полимерные материалы. Метод определения выделения формальдегида и других вредных летучих химических веществ в климатически

камерах» и МУ 2.1.2.1829-04 «Санитарно-гигиеническая оценка полимерных и полимерсодержащих строительных материалов и конструкций, предназначенных для применения в строительстве жилых, общественных и промышленных зданий».

Результаты оценки миграции из полимерсодержащих строительных, отделочных материалов и мебели химических веществ и прежде всего, формальдегида, равно как данные о воздействии выделяющихся примесей на здоровье человека, освещены в научной литературе довольно широко. Губернский Ю.Д. указывает на актуальность обеспечения гигиенической безопасности внутренней среды помещений, в том числе в связи с миграцией химических примесей из ПСМ и мебели [1, 2]. Работами Maroni M., (1995) [3], Franco A.L. dos Santos (2009) [4], Wantke F., (1996) [5] и др. показано, что ингаляционное воздействие формальдегида приводит к таким симптомам со стороны органов дыхания как кашель, диспноэ, сенсбилизация, поражение лёгких. Установлено, что формальдегид способен оказывать влияние на функцию лёгких, приводящее к уменьшению форсированного выдоха за 1 с. [6]. Доказано, что вещество способствует возникновению астмы у детского населения, и повышает сенсбилизацию к определённым аллергенам [7]. Данными И.И. Балаболкина, (1991), З.Т. Астаховой, (1995) [8, 9] выявлено снижение количества лейкоцитов, эритроцитов в условиях ингаляционного воздействия формальдегида. В работе Е.Н. Громовой показано, что в условиях хронического комбинированного воздействия фенола и формальдегида в течение 10-ти лет и более у экспонированных лиц регистрируется достоверное снижение Т-хелперов, Т-цитотоксических, Т-лимфоцитов, достоверно более низкая концентрация сывороточного иммуноглобулина класса А и достоверно более низкая функциональная активность нейтрофильных фагоцитов [10]. Исследованиями Н.В. Зайцевой и соавт. (2014) установлено, что воздействие формальдегида может приводить к развитию иммунных нарушений, в основе которых лежит дисбаланс маркёров апоптоза [11]. Выявлены особенности кардиальных нарушений у детей с хроническими заболеваниями органов дыхания, ассоциированными с аэроген-

ным воздействием химических факторов среды обитания, в т. ч. формальдегида [12].

Новые научные данные о воздействии формальдегида являются основанием для пересмотра гигиенически нормативов. В ряде случаев нормативы смягчаются, если ранее установленные уровни были приняты в основном в результате проведения токсикологических исследований на животных и пр., но с учётом принципов предосторожности; в ряде случаев нормативы ужесточаются, если были выявлены ранее неизвестные эффекты. При утверждении государственных нормативов качества среды обитания в ряде случаев учитывается реальная экономика-политическая ситуация, поскольку достижение определённых уровней безопасности влечёт за собой затраты на проведение санитарно-гигиенических, технических, организационных и иных мероприятий. Как следствие, допустимые уровни содержания формальдегида в воздухе, принятые в разных странах, существенно различаются. Так, например, норматив кратковременного воздействия формальдегида, присутствующего в воздухе помещений, установленный Всемирной организацией здравоохранения, составляет 0,1 мг/м³ [13], штатом Калифорния (США) – 0,055 мг/м³ [15], Китаем – 0,12 мг/м³ [17], Российской Федерацией – 0,05 мг/м³ [18]. Норматив хронического ингаляционного воздействия формальдегида закреплён законодательством штата Калифорния (США) на уровне 0,009 мг/м³ [15], штата Массачусетс (США) – 0,00008 мг/м³ [14], Канады – 0,08 мг/м³ [16], Российской Федерации – 0,01 мг/м³ [18].

Диапазон колебаний составляет почти 2 порядка. ВОЗ, к примеру, не установила допустимых нормативов для условий хронического воздействия, что не позволяет ориентироваться на данный норматив при оценке безопасности продукции длительного пользования, с которой, к тому же, человек контактирует постоянно в течение суток. А именно к такой продукции относится мебель, строительные и отделочные материалы, используемые внутри помещений. Поскольку система технического регулирования предназначена для обеспечения безопасности продукции для потребителей, а безопасность рассматривается как отсутствие недопустимого риска для здоровья, представляется целесообразным рассмотреть предлагаемые изменения в нормативах миграции с учётом критериев приемлемого (допустимого) риска для здоровья потребителей и фактической реализации этих рисков.

Цель исследования состояла в оценке безопасности полимерсодержащих строительных, отделочных материалов и мебели по показателям миграции формальдегида в среду обитания (воздух) с учётом критериев риска для здоровья потребителей.

В задачи исследования входило рассмотрение правовой базы системы Технического регулирования в части допустимых уровней миграции формальдегида; анализ результатов лабораторных и эпидемиологических исследований, посвящённых безопасности продукции и состоянию здоровья населения под воздействием мигрирующих веществ.

Материал и методы

Для оценки влияния миграции химических примесей из полимерсодержащих строительных и отделочных материалов на качество воздуха помещений были выполнены камерные исследования 71 образца 16 видов ПСМ, использованных при строительстве 89 сборно-каркасных жилых домов (как заселённых, так и подготовленных для въезда жильцов). Исследования материалов были проведены в климатических камерах в соответствии с методикой МУ 2.1.2.1829-04 «Санитарно-гигиеническая оценка полимерных и полимерсодержащих строительных материалов и конструкций, предназначенных для применения в строительстве жилых и общественных зданий».

В 211 помещениях были выполнены инструментальные измерения состава воздуха: взято более 850 проб методом активного пробоотбора в соответствии с РД 52.04.186-89, ГОСТ Р ИСО 16000-1-2007 «Воздух замкнутых помещений. Отбор проб. Общие положения». Дополнительно были исследованы помещения детских дошкольных учреждений с разной насыщенностью полимерсодержащей (в основном корпусной) мебелью: 56 игровых и 26 спальных комнат. Выполнен количественный анализ содер-

жания в воздухе помещений формальдегида, фенола, ароматических углеводородов. Исследования были проведены аккредитованными испытательно-лабораторными центрами ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Пермском крае» и ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровья населения». Применялись утверждённые методики измерений на базе высокоэффективной жидкостной хроматографии (формальдегид, фенол), МУК 4.1.1045-01 «ВЭЖХ определение формальдегида и предельных альдегидов (С2-С10) в воздухе», стирола – по МУК 4.1.662-97 «Методические указания по определению массовой концентрации стирола в атмосферном воздухе методом газовой хроматографии», бензола и этилбензола – газохроматографическим методом в соответствии с Руководством по контролю загрязнения атмосферы РД 52.04.186-89 п. 5.3.5.1, фенола – спектрофотометрическим методом в соответствии с Руководством по контролю загрязнения атмосферы РД 52.04.186-89 п. 5.3.3.5.

Параллельно были проведены углублённые медико-биологические исследования состояния здоровья лиц, постоянно проживающих в сборно-каркасных домах ($n = 60$, в том числе 24 ребёнка в возрасте до 14 лет и 36 взрослых), и выполнен анализ данных ФОМС (Фонда обязательного медицинского страхования) по обращаемости этих лиц за медицинской помощью до и после заселения в новые дома. Структура группы наблюдения была полностью определена фактическим проживанием людей в исследованных строениях. Адекватную по половозрастному составу группу сравнения (79 человек) подбирали из жителей, не предъявляющих жалобы на качество воздуха, постоянно проживающих в домах из кирпича на условно-чистых территориях. Группа наблюдения дети ($7,7 \pm 1,1$ лет, 45,8% – мальчики, 54,2% – девочки), группа сравнения дети ($6,6 \pm 0,8$ лет, 47,8% – мальчики, 52,2% – девочки). Группа наблюдения взрослые ($30,7 \pm 2,8$ лет, 41,7% – мужчины, 58,3% – женщины), группа сравнения взрослые ($28,6 \pm 3,8$ лет, 15,1% – мужчины, 84,9% – женщины). Исследование соматического статуса у населения групп наблюдения и сравнения включало клинико-лабораторные исследования, адекватные токсикологическому профилю загрязняющих веществ, клинический осмотр педиатра, терапевта, невропатолога, аллерголога-иммунолога, окулиста. 90 детей в возрасте 5 – 7 лет из двух образовательных учреждений с разным уровнем насыщенности мебелью из ПСМ прошли аналогичные обследования, группа наблюдения дети – 49 человек (44,9% – девочки, 53,1% – мальчики), группа сравнения дети – 41 человек (36,59% – девочки, 63,41% – мальчики).

Все медицинские и клинико-лабораторные процедуры были выполнены с соблюдением этических принципов, изложенных в Хельсинкской Декларации (1975 г. с доп. 1983 г.) и Национальным стандартом РФ ГОСТ-Р 52379-2005 «Надлежащая клиническая практика» (ICH E6 GCP). От каждого обследованного или его представителя получено информированное согласие на проведение обследования.

Статистическая обработка данных была проведена с использованием программы (Statistica 6.0). Проверка нормальности распределения данных была проведена с помощью критерия Шапиро – Уилка. Для оценки достоверности полученных результатов использовали критерии Фишера и Стьюдента, Манна–Уитни. Различия полученных результатов считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты

Анализ действующей правовой базы Таможенного союза показал, что Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 025/2012 «О безопасности мебельной продукции» (ст. 1), устанавливая требования к мебельной продукции в целях обеспечения защиты жизни и (или) здоровья человека, распространяется на выпускаемому в обращение на единой таможенной территории Таможенного союза мебельную продукцию – изделия, наборы, гарнитуры мебели бытовой и для общественных помещений и т. п. (ст. 2). Документ не устанавливает требования к сырью и полупродуктам, из которых изготовлена мебель.

Указание на то, что зарубежные нормативы для древесных плит в 10–12 раз «демократичней» российские (в Западной

Таблица 1

Средние концентрации формальдегида, создаваемые строительными и отделочными материалами, в воздухе климатических камер и модельных помещениях (температура – 20 °С, влажность – 30%)

Материал	Средняя концентрация, создаваемая материалами мг/м ³
Цементно-стружечные плиты со стены	0,0015 ± 0,0001
Цементно-стружечные плиты с пола	0,0011 ± 0,0003
Минеральная вата с пола	0,0020 ± 0,00014
Минеральная вата со стены	0,0017 ± 0,00014
Гипсокартонный лист с межкомнатной стены	0,0023 ± 0,0003
Утеплитель (минеральная вата)	0,0018 ± 0,0003
Фанера прессованная	0,0028 ± 0,0004
ГВЛ межкомнатной стены	0,0019 ± 0,0003
ГВЛ пола	0,0027 ± 0,0005
ОСП, пол	0,0021 ± 0,001
Изолирующий материал пола	0,003 ± 0,0006
Модельное помещение первого типа (6 одновременно используемых видов материалов)	0,010 ± 0,0016
Модельное помещение второго типа (8 одновременно применяемых материалов)	0,013 ± 0,0026

Европе – 0,124 мг/м³, в Северной Америке – 0,11 мг/м³) представлялось не точным, поскольку анализ методов проведения камерных исследований показал, что условия замеров выделения формальдегида из облицованных плит в России и за рубежом существенно различаются. Так, ГОСТ 30255–2014 (а ранее 30255–95) предусматривает герметизацию образцов с учётом соотношения длины негерметизированных кромок к площади образца, европейская методика по EN 717–1 позволяет оставлять открытыми 37% торцевых поверхностей, а североамериканские стандарты и вовсе не подразумевают кромкооблицовки. Таким образом, прямое сопоставление отечественных и зарубежных нормативов не является корректным.

Камерный анализ миграции формальдегида из реально применённых материалов показал, что из 71 образца ПСМ каждый третий выделял формальдегид. Прочие примеси – фенол, стирол, аммиак, метанол и пр. – были идентифицированы не чаще, чем в 10% проб либо определялись на уровнях ниже порога химико-аналитического метода исследования. Концентрации этих веществ в воздухе камер в основном не превышали уровня 0,1 от допустимого. Этот факт позволил рассматривать формальдегид как приоритетный фактор риска и сконцентрировать исследования на изучении влияния на здоровье экспонированных лиц именно этой примеси. Содержание формальдегида на уровне более 0,0025 мг/м³ (среднее значение из трёх измерений) в воздухе камер создавали изолирующие материалы, используемые для покрытия пола (ТН ВЭД – 3921) – на уровне 0,003 ± 0,0006 мг/м³, прессованная фанера (код ТН ВЭД 4412) – 0,0028 ± 0,0005 мг/м³, гипсоволокнистой плитой пола (код ТН ВЭД – 6809) – 0,0027 ± 0,0005 мг/м³, стен (код ТН ВЭД – 6809) – 0,0026 ± 0,0005 мг/м³ и т. п. Однако по отдельности почти все исследованные материалы при температурах в камерах 20 °С и влажности 30% укладывались в установленные гигиенические нормативы миграции (табл. 1). Вместе с тем, прогнозный расчёт на условия реальной насыщенности ПСМ жилых помещений показал, что уровни формальдегида в комнатах могли составлять от 0,01 мг/м³ (1,0 ПДК_{с.с.}) до 0,013 мг/м³ (1,3 ПДК_{с.с.}). Полная информация о проведённом моделировании загрязнения воздуха помещений химическими примесями, мигрирующими из совокупности

Таблица 2

Концентрации формальдегида в крови обследованных жителей сборно-каркасных домов и лиц из группы сравнения

Население	Среднее содержание в крови мг/дм ³		Кратность превышения уровня сравнения	Достоверность различий, <i>p</i>
	группа наблюдения	группа сравнения		
Дети	0,0127 ± 0,0026	0,0041 ± 0,0004	3,1	0,001
Взрослые	0,0146 ± 0,0019	0,0019 ± 0,0002	7,68	0,001

строительных и отделочных материалов, приведена в раннее опубликованной работе [19].

При повышении в камерах температуры до 40 °С и влажности до 60% выделение формальдегида регистрировали на уровнях в 1,5–2,5 раза выше. Наиболее высокие уровни примеси были созданы минеральной ватой потолка (0,0071 ± 0,0014 мг/м³), шумоизоляционными материалами пола (0,005 ± 0,0014 мг/м³). Это позволяло прогнозировать содержание формальдегида в воздухе жилых помещений на уровне 5–7 ПДК_{с.с.}. Ситуация вполне реальна для условий, когда в летние дни ряд элементов здания (особенно крыша) нагревается до температуры 60–80 °С, а прилегающие к горячим элементам изолирующие материалы (в т. ч. минеральная вата) сами могут нагреваться до температуры 50–60 °С. В течение суток перепады температуры минеральной ваты под крышей могут являться причиной конденсации влаги и увеличения влажности материала, что приводит к увеличению выделения формальдегида с поверхности материала. Вещество через прямой контакт материала с воздухом помещения, через щели, неплотности, технологические отверстия попадает во внутреннюю среду дома.

Прямые инструментальные измерения качества воздуха внутри помещений сборно-каркасных строений подтвердили расчётные данные. Формальдегид был количественно определён в 99% проб, отобранных внутри помещений. Помещения отличались степенью монтажа оконных рам и дверей, используемыми видами утеплителей, отделки плитнудов и пр., однако были построены по типовым проектам и с использованием одних и тех же или аналогичных ПСМ. Среднесуточные концентрации формальдегида колебались в диапазоне от 0,002 до 0,083 мг/м³ (0,2 – 8,3 ПДК_{с.с.}).

В детских садах с показателем насыщенности полимерсодержащей мебельной продукцией до 1,2 м²/м³ были зафиксированы концентрации формальдегида до 0,092 мг/м³ (9,2 ПДК_{с.с.}). Данные были сопоставимы с результатами аналогичных исследований [20, 21].

Количественный анализ биологических сред обследованных лиц позволил установить, что у лиц, постоянно проживающих в обследованных домах, уровни формальдегида в крови были достоверно выше, чем у неэкспонированных лиц (табл. 2). По иным примесям достоверных отличий установлено не было.

Более высокие уровни формальдегида в крови экспонированных лиц рассматривали как маркеры экспозиции, доказывающие наличие постоянного контакта жителей с химическим веществом.

У детей дошкольных учреждений, где применяли неинвазивные методы отбора биосред, были доказаны более высокие уровни формальдегида в моче. Химическое вещество регистрировали на уровне 0,024 ± 0,0009 мг/дм³ у детей группы наблюдения (*n* = 38) при показателе 0,015 ± 0,0004 мг/дм³ в группе сравнения (*n* = 29) (*p* = 0,03).

Предполагали, что повышенные уровни формальдегида в силу токсикологического профиля данной примеси могут формировать ряд нарушений биохимических и иммунологических показателей организма, повышение содержания эозинофилов, общего IgE, лимфоцитов и пр. Углублённые направленные обследования постоянно экспонируемых формальдегидом лиц показали наличие реакций иммунозависимого и неспецифического воспаления в организме детского и взрослого населения групп наблюдения на уровнях, не регистрируемых в группах сравне-

Результаты исследования гематологических показателей крови обследованного населения, проживающих в сборно-каркасных домах

Показатель	Группа наблюдения		Группа сравнения		p	
	дети	взрослые	дети	взрослые	дети	взрослые
<i>Реакции, характеризующие наличие иммунозависимого воспаления:</i>						
IgE специфический к формальдегиду, МЕ/см ³	1,14 ± 0,36	Не измеряли	0,746 ± 0,28	Не измеряли	0,04	Не измеряли
Эозинофильно-лимфоцитарный индекс, у.е.	0,095 ± 0,003	0,1 ± 0,013	0,074 ± 0,009	0,071 ± 0,02	0,00	0,003
Моноциты, %	9,0 ± 0,59	8,29 ± 0,425	6,25 ± 0,25	6,37 ± 0,46	0,000	0,001
<i>Реакции, характеризующие наличие неспецифического воспаления:</i>						
Лимфоциты, %	38,33 ± 2,91	36,16 ± 1,64	40,39 ± 1,89	31,43 ± 1,78	0,22	0,001
Лейкоциты, %	7,12 ± 1,0	6,37 ± 0,56	7,69 ± 0,30	6,29 ± 0,42	0,56	0,81
Палочкоядерные нейтрофилы, %	1,23 ± 0,22	1,38 ± 0,17	1,29 ± 0,14	1,09 ± 0,11	0,67	0,005

ния. У детей отмечены достоверно более высокие относительно группы сравнения показатели эозинофильно-лейкоцитарного индекса (кратность превышения показателей группы сравнения в 1,28 раза ($p = 0,0$), уровня IgE специфического к формальдегиду в 1,5 раза ($p = 0,036$), содержания моноцитов в крови в 1,4 раза ($p = 0,001$) и т. п. (табл. 3).

Оценка показателей неспецифической сенсibilизации организма свидетельствовала о выраженном повышении эозинофильно-лимфоцитарного индекса в крови. В среднем по всей выборке у детского населения группы наблюдения показатель составил $0,095 \pm 0,003$ у. е., что в 5,6 раз выше физиологического уровня ($p = 0,000$).

Результаты углублённого обследования состояния здоровья жителей исследованных домов показали, что в целом при очень схожей структуре заболеваемости детей и взрослых у детей группы наблюдения, которые постоянно проживали в помещениях с повышенным уровнем формальдегида от 1,5 до 3 лет, частота заболеваний по классам «Болезни органов дыхания» имела тенденцию к более высокому уровню: 83,3 сл./100 детей группы наблюдения и 75,0 сл./100 детей в группе сравнения. Показатель отношения шансов $OR_{ш} = 1,7$ и его доверительные границы 4,89–0,59 не позволяли однозначно доказать связь заболеваемости и фактора проживания в домах, но свидетельствовал о вероятном влиянии фактора на заболеваемость. Более высокая частота встречаемости у детей групп наблюдения была отмечена по таким нозологиям, как назофарингит, хронический ринит и тонзиллит.

Интересным представляется тот факт, что полученные при сопоставлении результатов углублённого обследования состояния здоровья населения, проживающего в сборно-каркасных домах, данные в целом хорошо коррелировались с данными ФОМС по обращаемости детского населения за медицинской помощью. Сравнительный деперсонифицированный анализ заболеваемости жителей, выполненный с учётом времени переселения в сборно-каркасные дома, показал, что через 2 года после заселения у детей заболевания органов дыхания регистрировались на уровне 0,82 сл./1 застрахованного, что было в 2,5 раза чаще, чем до заселения и чем в первый год после заселения (0,36 сл./1 застрахованного) ($p < 0,05$).

У взрослых лиц частота болезней органов дыхания составляла по данным обследования 33,3 сл./100 человек; в группе сравнения – 6,06 сл./100 человек. Величина отношения шансов $OR_{ш} = 7,75$ (доверительные границы 37,97 – 1,58), позволяет делать вывод о том, что факт постоянного проживания в условиях повышенного воздействия формальдегида влияет на развитие заболеваний органов дыхания. Среди нозологий класса болезни органов дыхания у взрослых лиц из группы наблюдения наиболее часто диагностировали хронический бронхит неуточнённый, острый назофарингит; другие болезни верхних дыхательных путей.

На основе результатов углублённых медико-биологических исследований состояния здоровья населения, проживающего в разных условиях ингаляционной экспозиции формальдегидом,

присутствующим в воздухе жилых помещений (диапазон концентраций 0,011–0,032 мг/м³) были получены 2 логистические зависимости, описывающие повышения уровня заболеваемости населения болезнями органов дыхания при возрастании концентрации формальдегида в воздухе (табл. 4).

Парную зависимость (2) использовали для построения математической модели, отражающей нарастание (эволюцию) риска формирования нарушений здоровья в условиях аэрогенного воздействия формальдегида.

Полученная модель имеет вид рекуррентного уравнения:

$$R_{t+1} = g \cdot (R_t + 0,0245 \cdot R_t + 0,00473 \times (\frac{1}{1+e^{-(-1,622+77,135 \cdot X)}} - \frac{1}{1+e^{-(-1,622+77,135 \cdot K)}})),$$

где $R_{(t+1)}$ – риск нарушений дыхательной системы в момент времени $t+1$; g – тяжесть нарушений здоровья при заболеваниях органов дыхания; R_t – риск нарушений дыхательной системы в момент времени t ; X – среднегодовая концентрация формальдегида в воздухе помещений, мг/м³; K – референтная концентрация формальдегида, мг/м³.

В качестве тяжести нарушения принимали величину, рекомендуемую Всемирной Организацией Здравоохранения для болезней верхних дыхательных путей ($g = 0,07$) [22]. Это позволило привести получаемую величину риска в диапазон, сопоставимый с рисками тяжёлого заболевания или смерти и в дальнейшем использовать стандартные критерии характеристики риска [23].

В качестве критериев для характеристики риска применяли рекомендуемую шкалу, в соответствии с которой риск, с тяжестью заболеваний или смертельного исхода, считали приемлемым, если он составлял не более $1 \cdot 10^4$.

Использование полученной математической модели дало возможность прогнозировать и оценивать дополнительные неканцерогенные риски, формируемые здоровью людей, постоянно испытывающих вредное воздействие формальдегида. Для моделирования ситуаций проживания в жилых помещениях сборно-каркасных домов были использованы среднесуточные концентрации формальдегида, установленные в результате на-

Таблица 4

Параметры зависимостей, описывающих повышения уровня заболеваемости населения, при повышении концентрации формальдегида в воздухе

Заболевание	Тип модели:	R^2	p
	$y = \frac{1}{1 + e^{-(b_0 + b_1 \cdot x)}}$		
Острая инфекция верхних дыхательных путей неуточнённая	$y = \frac{1}{1 + e^{-(12,892 + 654,889 \cdot x)}}$	0,86	0,014
Болезни органов дыхания	$y = \frac{1}{1 + e^{-(1,622 + 77,135 \cdot x)}}$	0,41	0,013

Таблица 5

Прогнозируемый дополнительный риск заболеваний органов дыхания при хроническом ингаляционном воздействии формальдегида

Возраст, годы	Дополнительный риск формирования болезней органов дыхания при постоянной пожизненной среднесуточной экспозиции формальдегидом				
	0,011 мг/м ³	0,020 мг/м ³	0,026 мг/м ³	0,032 мг/м ³	0,062 мг/м ³
0	0,00	0,00	0,00	0,00	1,97 · 10 ⁻⁵
1	0,00	3,81 · 10 ⁻⁶	7,60 · 10 ⁻⁶	1,11 · 10 ⁻⁵	3,99 · 10 ⁻⁵
2	0,00	7,71 · 10 ⁻⁶	1,54 · 10 ⁻⁵	2,24 · 10 ⁻⁵	6,06 · 10 ⁻⁵
3	0,00	1,17 · 10 ⁻⁵	2,34 · 10 ⁻⁵	3,41 · 10 ⁻⁵	8,18 · 10 ⁻⁵
4	0,00	1,58 · 10 ⁻⁵	3,15 · 10 ⁻⁵	4,60 · 10 ⁻⁵	1,04 · 10 ⁻⁴
8	0,00	3,32 · 10 ⁻⁵	6,63 · 10 ⁻⁵	9,66 · 10 ⁻⁵	1,96 · 10 ⁻⁴
9	0,00	3,78 · 10 ⁻⁵	7,55 · 10 ⁻⁵	1,10 · 10 ⁻⁴	2,20 · 10 ⁻⁴
10	0,00	4,25 · 10 ⁻⁵	8,49 · 10 ⁻⁵	1,24 · 10 ⁻⁴	2,45 · 10 ⁻⁴
12	0,00	5,24 · 10 ⁻⁵	1,05 · 10 ⁻⁴	1,52 · 10 ⁻⁴	2,98 · 10 ⁻⁴
20	0,00	9,68 · 10 ⁻⁵	1,93 · 10 ⁻⁴	2,82 · 10 ⁻⁴	5,33 · 10 ⁻⁴
21	0,00	1,03 · 10 ⁻⁴	2,06 · 10 ⁻⁴	3,00 · 10 ⁻⁴	5,66 · 10 ⁻⁴
30	0,00	1,66 · 10 ⁻⁴	3,31 · 10 ⁻⁴	4,83 · 10 ⁻⁴	9,00 · 10 ⁻⁴
35	0,00	2,07 · 10 ⁻⁴	4,14 · 10 ⁻⁴	6,03 · 10 ⁻⁴	1,12 · 10 ⁻³
40	0,00	2,54 · 10 ⁻⁴	5,07 · 10 ⁻⁴	7,39 · 10 ⁻⁴	1,37 · 10 ⁻³
45	0,00	3,07 · 10 ⁻⁴	6,12 · 10 ⁻⁴	8,92 · 10 ⁻⁴	1,65 · 10 ⁻³
50	0,00	3,66 · 10 ⁻⁴	7,31 · 10 ⁻⁴	1,07 · 10 ⁻³	1,96 · 10 ⁻³
55	0,00	4,33 · 10 ⁻⁴	8,65 · 10 ⁻⁴	1,26 · 10 ⁻³	2,32 · 10 ⁻³
60	0,00	5,09 · 10 ⁻⁴	1,02 · 10 ⁻³	1,48 · 10 ⁻³	2,41 · 10 ⁻³
65	0,00	5,95 · 10 ⁻⁴	1,19 · 10 ⁻³	1,66 · 10 ⁻³	2,65 · 10 ⁻³
70	0,00	5,08 · 10 ⁻⁴	1,40 · 10 ⁻³	1,85 · 10 ⁻³	2,89 · 10 ⁻³

турных исследований качества воздуха. Получено, что хроническая (пожизненная) экспозиция формальдегидом на уровне до 0,010 мг/м³ не формирует дополнительных рисков болезней органов дыхания выше, чем 1 · 10⁻⁴ в течение всей жизни человека. Увеличение хронической экспозиции до 0,020 мг/м³ может явиться причиной формирования неприемлемых рисков для здоровья через 22 года проживания с момента рождения (табл. 5).

Среднегодовалая суточная концентрация на уровне 0,026 мг/м³ (загрязнение, характерное для жилых помещений сборно-каркасных домов, построенных с применением одновременно 8–9 полимерсодержащих строительных материалов) формирует риски для здоровья выше допустимого уровня уже через 12 лет проживания ($R = 1,05 \cdot 10^{-4}$). К 60-ти годам такое воздействие может быть чревато риском нарушения здоровья на уровне выше $1 \cdot 10^{-3}$, что недопустимо даже для профессиональных лиц, постоянно контактирующих с опасным химическим фактором. Среднегодовалая экспозиция на уровне 0,032 мг/м³ формирует недопустимый для населения риск через 9 лет проживания ($R_9 = 1,10 \cdot 10^{-4}$), через 49 лет риск квалифицируется как неприемлемый и для профессиональных групп ($R_{49} = 1,03 \cdot 10^{-03}$).

Экстраполяция модели на среднегодовалый уровень воздействия 0,065 мг/м³ (величина, предлагаемая в качестве норматива миграции рядом производителей мебели) позволяет прогнозировать, что недопустимые риски могут формироваться у экспонированных лиц уже через 3–4 года воздействия.

Таким образом, полученные в ходе исследования результаты свидетельствуют о том, что хронические неканцерогенные риски для здоровья, формируемые химическими примесями, мигрирующими из строительных, отделочных материалов и мебели, реализуются при постоянной экспозиции в основном в виде заболеваний верхних дыхательных путей. При условии

минимального превышения допустимых уровней содержания формальдегида в воздухе помещений (0,011–0,015 мг/м³) риск здоровью населения может переходить в категорию «неприемлемый» через 50–60 лет проживания, в условиях содержания формальдегида в воздухе помещений на уровне 0,05–0,06 мг/м³ (5–6 ПДКс.с.) через 3–5 лет проживания.

Обсуждение

Систематический обзор научного материала показал, что допустимые уровни содержания формальдегида в воздухе, принятые в разных странах, существенно варьируются, и, соответственно, оценка опасности для здоровья при ингаляционном воздействии данного вещества различна. Использование формальдегида при производстве полимерсодержащих строительных и отделочных материалов и мебели, возможность его миграции в окружающую среду, длительный контакт потребителей с продукцией такого рода и существующие научные доказательства неблагоприятных эффектов со стороны здоровья при ингаляционном воздействии формальдегида на здоровье человека свидетельствуют о корректности выбора цели исследования.

Полученные результаты свидетельствуют, что одновременное применение при строительстве до 8 и более ПСМ, широкое использование мебели из древесных материалов с синтетическим компонентом может являться причиной повышенных рисков для здоровья потребителей, которые могут реализовываться, в основном, в виде заболеваний верхних дыхательных путей, что коррелируется с данными научной литературы, и результатами проведенных собственных исследований.

Полученная в ходе исследования эволюционная модель нарастания риска здоровью потребителей позволяет рассчитать прогнозируемый дополнительный риск заболеваний органов дыхания при хроническом ингаляционном воздействии формальдегида в условиях различной экспозиции. Например, в условиях минимального превышения допустимых уровней содержания формальдегида в воздухе помещений (0,011–0,015 мг/м³) риск здоровью населения может переходить в категорию «неприемлемый» через 50–60 лет проживания, в условиях содержания формальдегида в воздухе помещений на уровне 0,05–0,06 мг/м³ (5–6 ПДКс.с.) – через 3–5 лет проживания. В целом, полученные данные подтверждают корректность действующих гигиенических нормативов формальдегида. Принимая во внимание тесную связь между допустимым уровнем формальдегида в среде обитания человека, уровнем миграции формальдегида из продукции (товаров) и насыщенностью внутренней среды помещений строительными, отделочными материалами и мебелью из ПСМ, недопустимым представляется и смягчение нормативов миграции формальдегида из товаров потребительского спроса.

Заключение

Результаты камерных исследований ПСМ свидетельствуют о том, что приоритетным фактором риска является формальдегид. Установлено, что при соблюдении по отдельности каждым полимерсодержащим материалом гигиенических требований по миграции химических примесей в окружающую среду существует вероятность превышения предельно-допустимых концентраций загрязняющих веществ в воздухе помещений при использовании материалов в совокупности. У населения, проживающего в сборно-каркасных домах, построенных с использованием ПСМ, отмечены повышенные (относительно группы сравнения) уровни формальдегида в крови, содержания эозинофилов, общего IgE, IgE специфичного к формальдегиду, лимфоцитов, эозинофильно-лейкоцитарного индекса, моноцитов, регистрируется чаще патология органов дыхания. Результаты прогнозирования дополнительного риска заболеваний органов дыхания при хроническом ингаляционном воздействии формальдегида на базе эволюционных моделей свидетельствуют об отсутствии формирования дополнительного риска болезней органов дыхания у населения в течение всей жизни человека при воздействии формальдегида на уровне до 0,010 мг/м³, при увеличении хронической экспозиции до 0,020 мг/м³ формирование неприемлемых рисков для здоровья может ожидать через 22 года проживания с момента рождения.

В условиях использования ПСМ и мебели в совокупности минимизация рисков до допустимого уровня должна обеспечиваться на этапе выбора строительных и отделочных материалов и мебели на этапах строительства и внутренней отделки помещений. Для этого на основе данных об уровнях миграции веществ из материалов и о показателях реальной насыщенности проектируемых помещений ПСМ требуется выполнение предварительных расчётов риска и обоснование применения альтернативных видов продукции. При этом следует отметить, что достижение уровня миграции формальдегида $0,01 \text{ мг/м}^3$ и менее из ПСМ обеспечивается тщательным ламинированием, покраской, шпонируванием и т. п., что неоднократно описано в технической литературе и повсеместно рекламируется самими производителями [26]. Однако при текущем состоянии рынка ПСМ представляется недопустимым смягчение нормативов миграции формальдегида из товаров потребительского спроса ниже установленного.

Представляется возможным установление технических требований по миграции формальдегида в воздушную среду на уровне $0,124 \text{ мг/м}^3$ для полимерсодержащих материалов (коды ТН ВЭД ТС 4410; 4411; 4412) (величина, рекомендуемая рядом производителей полимерсодержащих древесных материалов) как полупродуктов, используемых в том числе и для производства мебельной продукции. В таком случае продукция не будет носить характера потребительской, может не подлежать санитарно-эпидемиологическому надзору. Возрастает роль входного производственного контроля у производителей мебели и урегулирования взаимоотношений между поставщиками сырья и производителями мебели, поскольку надзору будет подлежать мебель как конечный товар.

В целом минимизация рисков для здоровья населения Российской Федерации, где практически каждый житель является потребителем строительных, отделочных материалов и мебели, в том числе из ПСМ, может быть достигнута с помощью учёта выделения вредных веществ из совокупности материалов при принятии строительных и мебельно-ремонтных решений; внедрением риск-ориентированного надзора с приоритетным лабораторным контролем «рисковых» групп товаров; распространением процедуры государственной регистрации на полимерные и полимерсодержащие строительные материалы.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.
Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература (п.п. 3-7, 13-17, 22 см. References)

- Губернский Ю.Д., Калинина Н.В. Чтобы стройматериалы были безопасными. *Санэпидемконтроль*. 2012; (6). Available at: http://www.profiz.ru/sec/6_2012/stroitelnye_materialy
- Губернский Ю.Д., Калинина Н.В. Гигиеническая характеристика химических факторов риска в условиях жилой среды. *Гигиена и санитария*. 2001; 80(4): 21-4.
- Балаболкин И.И., Ефимова А.А., Авдеенко Н.В. Влияние экологических факторов на распространенность и течение аллергических болезней у детей. *Иммунология*. 1991; (4): 34-6.
- Астахова З.Т. Профилактика и лечение заболеваний сердца на предприятии нефтехимической промышленности. *Клиническая фармакология и терапия*. 1995; (4): 42.
- Громова Е.Н. *Комбинированное влияние фенола и формальдегида в воздухе жилых помещений на клинико-иммунологические параметры организма человека*: Автореф. дисс. Челябинск; 2007.
- Зайцева Н.В., Долгих О.В., Дианова Д.Г. Влияние контаминации формальдегидом на показатели иммунной системы. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2014; 16(5-2): 702-4.
- Маклакова О.А., Устинова О.Ю., Беляева Е.С., Шербаков А.А. Особенности кардиальных нарушений у детей с хроническими заболеваниями органов дыхания, ассоциированными с аэрогенным воздействием химических факторов среды обитания. *Анализ риска здоровью*. 2016; (1): 42-9.
- Постановление Главного государственного санитарного врача РФ № 37 «О внесении изменения №11 в ГН 2.1.6.1338-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест». М.; 2014.
- Никифорова Н.В., Кокоулина А.А., Загороднов С.Ю. Оценка загрязненности воздуха жилых помещений формальдегидом в условиях применения полимерсодержащих строительных и отделочных материалов. *Гигиена и санитария*. 2016; 95(1): 28-32.
- Латышевская Н.И., Крылова Н.В., Давыденко Л.А., Сливина Л.П. Гигиеническая оценка школьной мебели в образовательных учреждениях города Волгограда (экспериментальное исследование). *Профилактическая и клиническая медицина*. 2014; (1): 36-9.

- Ракитский В.Н., Устинова О.Ю., Валина С.Л. Обоснование оптимальной наполняемости групп с учетом санитарно-гигиенического состояния дошкольных образовательных организаций и рисков нарушений здоровья детей. *Анализ риска здоровью*. 2016; (3): 98-109.
- Р 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска здоровью населения при воздействии химических веществ. М.; 2004.
- Яремчук Л.А., Маслий В.В., Сомар Г.В. Методы снижения токсичности древесностружечных плит с помощью лакокрасочных материалов. Available at: http://science-bsea.narod.ru/2001/les_2001/jaremchuk_masliy.htm

References

- Gubernskiy Yu.D., Kalinina N.V. That the building materials were safe. *Sanepidkontrol'*. 2012; (6). Available at: http://www.profiz.ru/sec/6_2012/stroitelnye_materialy (in Russian)
- Gubernskiy Yu.D., Kalinina N.V. Hygienic characteristics of chemical risk factors in a residential environment. *Gigiya i sanitariya*. 2001; 80(4): 21-4. (in Russian)
- Maroni M., Seifert B., Lindvall B.V. *Indoor air quality: Air Quality monographs. Vol. 3*. Amsterdam: Elsevier Science; 1995.
- Lino dos Santos Franco A., Domingos H.V., Damazo A.S., Breithaupt-Faloppa A.C., de Oliveira A.P., Costa S.K., et al. Reduced allergic lung inflammation in rats following formaldehyde exposure: long-term effects on multiple effector systems. *Toxicology*. 2009; 256(3): 157-63.
- Wantke F., Demmer C.M., Tappler P., Götz M., Jarisch R. Exposure to gaseous formaldehyde induces IgE-mediated sensitization for formaldehyde in school-children. *Clin. Exp. Allergy*. 1996; 26(3): 276-80.
- Alexandersson R., Hedenstierna G., Kolmodin-Hedman B. Exposure to formaldehyde: effects on pulmonary function. *Arch. Environ. Health*. 1982; 37(5): 279-84.
- Smedje G., Norbäck D. Incidence of asthma diagnosis and self-reported allergy in relation to the school environment a four-year follow-up in school children. *Int. J. Tuberc. Lung Dis*. 2001; 5(11): 1059-66.
- Balabolkin I.I., Efimova A.A., Avdeenko N.V. Influence of ecological factors on the prevalence and course of allergic diseases in children. *Immunologiya*. 1991; (4): 34-6. (in Russian)
- Astakhova Z.T. Prevention and treatment of heart disease in the petrochemical industry. *Klinicheskaya farmakologiya i terapiya*. 1995; (4): 42. (in Russian)
- Gromova E.N. *Combined influence of phenol and formaldehyde in the air of residential premises on the clinical and immunological parameters of the human body*: Diss. Chelyabinsk; 2007. (in Russian)
- Zaytseva N.V., Dolgikh O.V., Dianova D.G. Effect of contamination with formaldehyde on the immune system. *Izvestiya Samarского nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*. 2014; 16(5-2): 702-4. (in Russian)
- Maklakova O.A., Ustinova O.Yu., Belyaeva E.S., Shcherbakov A.A. Features of cardiac disorders in children with chronic respiratory diseases associated with aerogenic exposure to chemical factors in the environment. *Analiz riska zdorov'yu*. 2016; (1): 42-9. (in Russian)
- WHO guidelines for indoor air quality. Selected pollutants. Geneva; 2010.
- EPA. National Air Toxics Information Clearinghouse: NATISH data base report on state, local and EPA air toxics activities. Available at: <https://www.epa.gov/national-air-toxics-assessment/2011-nata-assessment-results#modeled>
- Formaldehyde. Residential Indoor Air Quality Guideline. Health Canada. Available at: <https://www.canada.ca/content/dam/canada/health-canada/migration/healthy-canadians/publications/healthy-living-vie-saine/formaldehyde/alt/formaldehyde-eng.pdf>
- OEHHA. Individual Acute, 8-Hour, and Chronic Reference Exposure Level Summaries. December 2008 (Updated July 2014). Chronic Toxicity Summary Formaldehyde California Office 2005. Available at: <https://oehha.ca.gov/air/general-info/oehha-acute-8-hour-and-chronic-reference-exposure-level-rel-summary>
- Bai, Z., Jia C., Zhu T., Zhang J. Indoor air quality related standards in China. In: *The 9th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Proceeding. Vol. IV*. California; 2002.
- Decision of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation No. 37 «On Amendment No. 11 to GN 2.1.6.1338-03 «Maximum permissible concentration (MPC) of pollutants in the atmospheric air of populated areas». Moscow; 2014. (in Russian)
- Nikiforova N.V., Kokoulina A.A., Zagorodnov S.Yu. Assessment of air pollution in residential areas with formaldehyde in conditions of using polymer-containing construction and finishing materials. *Gigiya i sanitariya*. 2016; 95(1): 28-32. (in Russian)
- Latysheskaya N.I., Krylova N.V., Davydenko L.A., Sливина L.P. Hygienic assessment of school furniture in the educational institutions of the city of Volgograd (experimental study). *Profilakticheskaya i klinicheskaya meditsina*. 2014; (1): 36-9. (in Russian)
- Rakitskiy V.N., Ustinova O.Yu., Valina S.L. Substantiation of the optimal occupancy of groups, taking into account the sanitary-hygienic state of pre-school educational organizations and the risks of children's health disorders. *Analiz riska zdorov'yu*. 2016; (3): 98-109. (in Russian)
- R 2.1.10.1920-04. Guidance on assessing the health risks of the population when exposed to chemicals. Moscow; 2004. (in Russian)
- Yaremchuk L.A., Masliy V.V., Somar G.V. Methods for reducing the toxicity of particle boards using paint and varnish materials. Available at: http://science-bsea.narod.ru/2001/les_2001/jaremchuk_masliy.htm (in Russian)

Поступила 15.09.17

Принята к печати 25.12.2017