

Оценка рисков здоровью

© МАСНАВИЕВА Л.Б., ЕФИМОВА Н.В., 2018

УДК 614.72:616-053.6-092:612

Маснавиева Л.Б., Ефимова Н.В.

ОЦЕНКА СТРУКТУРЫ ИНГАЛЯЦИОННОГО РИСКА НАРУШЕНИЙ ИММУНИТЕТА ПРИ МНОГОМАРШРУТНОМ ПОСТУПЛЕНИИ ПОЛЛЮТАНТОВ

ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований», 665827, Ангарск

Введение. При изучении рисков нарушений здоровья, обусловленных ингаляционным поступлением химических соединений, распространена оценка опасности воздействия загрязнения атмосферного воздуха на население. Однако значительную часть времени люди проводят в помещениях, качество воздуха которых может отличаться от атмосферного по содержанию в нём поллютантов. Целью этого исследования явилось изучение вклада загрязнения воздушной среды помещений в формирование рисков нарушений иммунитета подростков при многомаршрутном поступлении иммуотропных соединений.

Материал и методы. Обследованы 520 подростков 12–17 лет, проживающих в промышленных центрах с предприятиями химической и нефтехимической промышленности и прилегающей к промышленному городу сельской местности. Изучено качество атмосферного воздуха, воздуха жилых и учебных помещений на изучаемых территориях. Рассчитаны персонализированные индексы опасности (Нр) нарушений иммунитета у подростков, вызванных загрязнением воздушной среды.

Результаты. У подростков промышленных городов и прилегающей к ним сельской местности Нр нарушений иммунной системы, обусловленные загрязнением воздушной среды, варьируют в диапазоне от 0,87 до 3,91. При многомаршрутном поступлении поллютантов воздушной среды Нр нарушений иммунитета, вызванные загрязнением атмосферного воздуха, составляют 0,7–1,1. В городе с центральным газоснабжением и посёлке с печным отоплением Нр, обусловленные воздействием поллютантов воздуха жилых помещений, достигают величины 2,3. Загрязнение воздушной среды учебных помещений вносит наименьший вклад в формирование рисков нарушений иммунитета (Нр развития патологии иммунной системы не превышает 0,22).

Обсуждение. Так как интенсивность воздействия химических соединений на организм подростков наибольшая в условиях влияния воздуха жилых помещений, необходимо проведение мероприятий, направленных на улучшение его качества.

Заключение. У подростков, проживающих в городах с предприятиями химической и нефтехимической промышленности и в прилегающей к ним сельской местности, Нр нарушений иммунитета, которые вызваны загрязнением воздушной среды, превышают безопасные уровни.

Ключевые слова: подростки; загрязнение атмосферного воздуха; воздух помещений; индексы опасности; иммунная система.

Для цитирования: Маснавиева Л.Б., Ефимова Н.В. Оценка структуры ингаляционного риска нарушений иммунитета при многомаршрутном поступлении поллютантов. *Гигиена и санитария*. 2018; 97(10): 940-944. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-10-940-944>

Для корреспонденции: Маснавиева Людмила Борисовна, канд. биол. наук, ст. науч. сотр. лаб. иммуно-биохимических и молекулярно-генетических исследований в гигиене ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований». E-mail: Masnavieva_Luda@mail.ru

Masnavieva L.B., Efimova N.V.

ESTIMATION OF THE STRUCTURE OF THE INHALATION RISK OF IMMUNE DISORDERS IN THE MULTI-ROUTE INTAKE OF POLLUTANTS

East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, 665827, Angarsk, Russian Federation

Introduction. People spend most of the time in rooms, where the air quality can differ in the atmospheric content of pollutants.

The aim of the study is to evaluate the contribution of indoor air pollution to the formation of risks of immune disorders in adolescents in the case of multi-route administration of immunotropic compounds.

Material and Methods. The study included 520 adolescents aged 12–17 years living in industrial centers with chemical and petrochemical industry enterprises and exposed to industrial emissions of the rural settlement. The content of chemical ingredients is studied in the atmospheric air, the air in residential and educational premises. Inhalation personalized hazard indices (PHIs) of immunity disorders for adolescents are calculated.

Results. PHIs disorders of the immune system due to air pollution vary in the range from 0.87 to 3.91 with the multi-route intake of pollutants. PHIs immunity disorders due to air pollution are in the range of 0.7-1.1. PHIs, caused by exposure to indoor air pollutant, reached a value of 2.3 in a city with a central gas supply and a rural settlement with stove heating. Pollution of the air environment of classrooms has the least impact on the formation of risks of immunity disorders, due to them PHIs <0.22.

Discussion. Since the intensity of the impact of chemical compounds on the body of adolescents is greatest under the influence of the indoor air, it is necessary to carry out activities aimed at improving its quality.

Conclusion. *Adolescents living in urbanized and rural areas are exposed to the increased danger of immune disorders due to the air pollution in out-door and in-door the premises.*

Key words: *adolescents; air pollution; indoor air; hazard indices; immune system.*

For citation: Masnavieva L.B., Efimova N.V. Estimation of the structure of the inhalation risk of immune disorders in the multi-route intake of pollutants. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2018; 97(10): 940-944. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-10-940-944>

For correspondence: *Liudmila B. Masnavieva*, MD, Ph.D., senior researcher of the Laboratory of immunological, biochemical, molecular and genetic research in hygiene in the East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, 665827, Angarsk, Russian Federation. E-mail: Masnavieva_Luda@mail.ru

Information about authors:

Masnavieva L.B., <http://orcid.org/0000-0002-1400-6345>; Efimova N.V., <http://orcid.org/0000-0001-7218-2147>.

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

Acknowledgment. Financing of the work was carried out at the expense of funds allocated for the state assignment of the East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research.

Received: 12 July 2018

Accepted: 18 October 2018

Введение

В настоящее время считается доказанным, что здоровье населения формируется при многофакторном сочетании воздействия окружающей среды на фоне биологических особенностей организма. Загрязнение воздушной среды оказывает влияние на организм человека и создаёт предпосылки для развития адаптационных или патологических процессов [1]. Одним из наиболее важных факторов среды, которые воздействуют на человека, является атмосферный воздух. Развитые промышленные и энергетические комплексы, локализованные в городах, приводят к загрязнению атмосферного воздуха прилегающих территорий [2, 3]. Данные литературы свидетельствуют, что у населения, проживающего в условиях загрязнения атмосферного воздуха, частота встречаемости патологии органов дыхания и иммунной системы выше [4–7].

Изучая риски нарушений здоровья, вызванных ингаляционным поступлением химических соединений, наиболее часто применяют оценку опасности воздействия загрязнения атмосферного воздуха на население, проживающее на данной территории [8–10]. Однако значительную часть времени люди проводят в помещениях, качество воздуха которых может отличаться от атмосферного по содержанию в нём поллютантов [11–13] и приводить к более высоким рискам нарушений здоровья. При этом исследования, посвящённые оценке риска для здоровья при различных маршрутах, встречаются не часто [14–16].

Цель исследования – изучение вклада загрязнения воздушной среды помещений в формирование персонализированных ингаляционных рисков нарушений иммунитета подростков при многомаршрутном поступлении химических соединений.

Материал и методы

Оценка загрязнения атмосферного воздуха проведена по данным стационарных постов Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) за 2003–2014 гг. и лаборатории аналитической экотоксикологии и биомониторинга ФГБНУ ВСИМЭИ (2013–2014 гг.). В воздухе жилых и учебных помещений изучено содержание диоксидов серы и азота, оксида углерода, формальдегида и взвешенных веществ (данные лаборатории аналитической экотоксикологии и биомониторинга ФГБНУ ВСИМЭИ). Исследования проведены в городских промышленных центрах Иркутской области – Ангарске и Саянске и в пос. Китой, непосредственно прилегающем к промышленной площадке г. Ангарска. В изучаемых городах размещены предприятия теплоэнергетики и химической и нефтехимической промышленности, что определяет некоторую схожесть состава паро-газовых выбросов, поступающих в атмосферный воздух. Однако отметим, что валовая эмиссия в г. Ангарске в 4 раза выше, чем из стационарных источников г. Саянска. Изучаемые территории различаются также и по размещению основных стационарных источников выбросов относительно селитебной части: промышленные предприятия Ангарска расположены в пределах 1 км, а Саянска – в 14 км от жилой зоны.

Для оценки индивидуальных ингаляционных рисков в исследование включены подростки 12–17 лет: школьники из Ангарска (379 человек) составили группу I, из Саянска (190 человек) – группу II, из пос. Китой (51 человек) – группу III. Критериями включения являлось рождение, постоянное проживание и посещение общеобразовательных учреждений на изучаемых территориях. При расчёте доз поступления химических веществ в организм ингаляционным путём учтены данные о содержании примесей в атмосферном воздухе, в воздухе жилых и учебных помещений, информация об организации учебного процесса и отдыха обучающихся (анкетирование выполнено сотрудником ФГБНУ ВСИМЭИ канд. мед. наук Мыльниковой И.В.), антропометрических и спирометрических параметров [17, 18].

Для оценки риска развития нарушенной иммунной системы вычисляли коэффициенты и индексы опасности (HQp и HIp) с использованием данных о доказанности вредного влияния на иммунную систему, информации о неканцерогенных эффектах и референтных уровнях. В основополагающих отечественных документах по оценке риска для населения при воздействии химических веществ указано, что на развитие заболеваний иммунной системы, включая аллергопатологию, влияют: соединения хрома, цинка, никеля, а также бенз(а)пирен, формальдегид [17]. Исследования как российских, так и зарубежных учёных доказывают, что воздействие взвешенных веществ, диоксидов азота и серы [6, 18–20] оказывают влияние в том числе и на иммунную систему.

Для статистической обработки результатов использовали пакет прикладных программ «Statistica 6.0». Результаты исследования представлены в виде медианы (Med) и интерквартильного диапазона от 25 до 75 перцентиля ($LQ-UQ$), минимальных и максимальных значений (Min и Max соответственно). Сравнение структуры проведено с помощью критерия χ^2 . Для сравнения количественных показателей использовали непараметрические тесты Краскела – Уоллиса и U -критерий Манна – Уитни. За уровень статистической значимости различий принят $p < 0,05$ для метода Краскела – Уоллиса и $p < 0,0166$ – для U -критерия Манна–Уитни с учётом поправки Бонферрони.

Результаты

При оценке качества атмосферного воздуха изучаемых населённых пунктов были выявлены превышения референтных уровней по содержанию в воздушной среде формальдегида, взвешенных веществ, меди, диоксида азота и бенз(а)пирена (табл. 1). Концентрации бенз(а)пирена в отдельные годы достигали $3,5 \cdot 10^{-6}$ мг/м³, что в 3,5 раза выше референтных. В воздухе жилых помещений выявлены превышения референтных концентраций формальдегида и взвешенных веществ. При анализе качества воздушной среды учебных помещений общеобразовательных учреждений установлены превышения референтных уровней по содержанию формальдегида, взвешенных веществ и диоксида азота.

По данным анкетирования, подростки проводят в помещениях от 20 до 23 ч/сут., поэтому загрязнение воздуха жилых и учебных помещений может оказывать значительное влияние

Таблица 1

Среднегодовое содержание примесей в атмосферном воздухе, воздухе жилых и учебных помещений, мг/м³

Статистическая характеристика показателя	Формальдегид	Диоксид азота	Взвешенные вещества	Оксид углерода	Диоксид серы
Референтные уровни	0,003	0,04	0,075	3,00	0,05
<i>Атмосферный воздух</i>					
Med (LQ-UQ)	0,006 (0,004–0,006)	0,021 (0,021–0,021)	0,052 (0,012–0,052)	1,189 (1,111–1,189)	0,007 (0,000–0,007)
Min	0,000	0,007	0,012	0,105	0,000
Max	0,012	0,068	0,195	2,344	0,038
<i>Воздух учебных помещений</i>					
Med (LQ-UQ)	0,005 (0,003–0,005)	0,013 (0,008–0,013)	0,058 (0,040–0,058)	0,085 (0,081–0,085)	0,018 (0,016–0,018)
Min	0,000	0,006	0,033	0,073	0,002
Max	0,008	0,044	0,135	0,340	0,028
<i>Воздух жилых помещений</i>					
Med (LQ-UQ)	0,004 (0,001–0,004)	0,017 (0,017–0,017)	0,057 (0,046–0,057)	0,669 (0,572–0,669)	0,022 (0,008–0,022)
Min	0,001	0,012	0,026	0,563	0,000
Max	0,007	0,020	0,188	0,678	0,033

на формировании химической нагрузки индивидов. При анализе данных о распорядке дня учащихся было установлено, что в учебный период школьники I группы проводят в жилых помещениях времени меньше (14,8 (14,1–15,6) ч/сут), чем их сверстники из II группы (15,0 (14,1–15,0) ч/сут, $p = 0,001$), и в каникулярный период столько же ($p = 0,999$). Подростки из сельской местности в период школьных занятий проводят дома 16,1 (14,1–16,1) ч/сут, что выше, чем показатели I и II групп ($p < 0,001$ и $p < 0,001$ соответственно), а во время каникул – 17,0 (17,0–17,0) ч/сут. ($p < 0,001$ и $p < 0,001$ по сравнению с группами I и II соответственно).

Результаты персонализированной оценки риска представлены по изучаемым группам в табл. 2.

При оценке среднегодовых HI нарушений иммунитета, обусловленные воздействием загрязнителей атмосферного воздуха, было установлено, что в группах II и III значения данного показателя были выше, чем в группе I ($p < 0,001$ и $p < 0,001$ соответственно).

Уровень HI , связанного с содержанием химических веществ в воздухе жилых помещений наиболее высокий в группах I и III. У подростков г. Саянска значение HI были в 5–7 раз были ниже, чем у их сверстников из г. Ангарска и пос. Китой ($p < 0,001$ и $p < 0,001$ соответственно).

Изучение персонализированных рисков нарушений иммунитета, сформированных под воздействием загрязнителей воздушной среды учебных помещений, выявило различия между группами. Так у школьников II группы данный показатель был выше, чем в I и III группах ($p < 0,001$ и $p < 0,001$ соответственно).

Среднегрупповые характеристики персонализированных индексов опасности для подростков, Med (LQ-UQ)

Группа	Маршрут воздействия			С учётом всех маршрутов поступления
	атмосферный воздух	воздух жилых помещений	воздух учебных помещений	
I	0,79 (0,47–1,02)	1,83 (1,57–2,15)	0,17 (0,10–0,21)	2,79 (2,61–2,85)
II	1,04 (1,02–1,26)	0,34 (0,25–0,35)	0,22 (0,19–0,25)	1,62 (1,53–1,71)
III	1,00 (0,86–1,15)	2,31 (2,22–2,32)	0,18 (0,16–0,21)	3,49 (3,37–3,61)

Таблица 2

При анализе рисков формирования нарушений иммунной системы установлено, что HI у школьников варьировали в диапазоне от 0,87 до 3,91. Среднегрупповое значение индивидуальных HI подростков группы III было статистически значимо выше по сравнению с группами I ($p < 0,001$) и II ($p < 0,001$). При этом среднегрупповая величина HI для подростков из Ангарска была выше, чем у их ровесников из Саянска ($p < 0,001$). Таким образом, наибольший риск нарушений иммунитета был у подростков, проживающих в городе без санитарно-защитной зоны между территорией нефтехимического комбината и жилым районом, а также в прилегающем к этому городу посёлке. Наименьший HI формирования патологии иммунной системы был у школьников из города с оптимальными градостроительными решениями.

В среднем для всех обследованных школьников вклад загрязнения атмосферного воздуха в формирование HI нарушений иммунитета составил 32,2%, воздуха жилых помещений – 60,7%, воздуха учебных помещений – 7,6%. Однако в зависимости от уровня загрязнения атмосферного воздуха, воздуха жилых и учебных помещений вклад в формирование ингаляционной химической нагрузки

был различен ($\chi^2 = 52,1$, при критическом значении 13,28, $p < 0,001$).

При рассмотрении структуры HI нарушений иммунитета установлено, что для I и III групп доминирующим в формировании рисков нарушений здоровья при многомаршрутном поступлении химических поллютантов являлось загрязнение воздуха жилых помещений (65,6 и 66,2% соответственно). Индексы опасности нарушений иммунитета, обусловленные воздействием химических загрязнителей воздушной среды учебных помещений, имели наименьшую значимость при многомаршрутном ингаляционном поступлении поллютантов для всех обследованных (вклад составил 6,1% для I группы, 14,1% – для II группы, 5,1% – для III группы).

Обсуждение

Анализируя полученные результаты, следует отметить, что среднегрупповые значения персонализированных HI , рассчитанные с учётом многомаршрутного поступления поллютантов, отличаются от HI , рассчитанных для населения с учётом данных о среднегодовых концентрациях поллютантов в атмосферном воздухе. Так, HI нарушений иммунитета, обусловленный загрязнением атмосферного воздуха, рассчитанный для населения Ангарска, составляет 2,74, для Саянска – 2,60, для Китой – 2,26. То есть в группах I и III, где вклад загрязнения воздушной среды жилых помещений был наибольшим, персонализированные HI выше, чем рассчитанные для населения названных территорий по уровню загрязнения атмосферного воздуха. Указанные различия могут быть вызваны более высоким уровнем загрязнения воздуха внутри помещений. В ряде работ приведены сведения, что мебель, ковры, отделочные и строительные материалы являются источниками загрязнения формальдегидом, а при сгорании дров, древесного угля в печах и природного газа в газовых плитках образуются углеводород, двуокись углерода, окись углерода, сернистый газ, сажа и соединения азота [13, 21–24]. Данные литературы свидетельствуют, что указанная выше дополнительная химическая нагрузка в помещениях служит причиной появления более высоких уровней (в 1,5–4 раза) загрязнения

воздуха в жилых помещениях по сравнению с атмосферным [11, 23, 25]. В связи с этим можно предположить, что более низкие уровни *НП* нарушений иммунитета у школьников группы II, связанные с загрязнением воздушной среды жилых помещений, являются следствием оборудования квартир, в которых они проживают, электрическими плитами, а более высокие значения этого показателя, установленные в I и III группах, вызваны тем, что в г. Ангарске в 89,2% жилых помещений установлены газовые плиты, в пос. Китой – отопительные печи. Подтверждением этого предположения служат результаты исследований, свидетельствующие, что при эксплуатации газовых плит в воздухе помещения увеличивается концентрации бензола, формальдегида и др. веществ в 1,25–1,8 раз [23], а при горении дров и угля повышается уровень взвешенных частиц, углекислого газа, диоксида азота и серы, нередко превышая референтные значения [22].

Выявленное нами более низкое среднегрупповое значение *Нпр* нарушений иммунитета обусловленное химическим загрязнением атмосферного воздуха, у школьников из Ангарска может быть следствием того, что подростки этого города в учебный период года проводят на улице на 11% времени меньше (1,7 (1,7–1,9) ч/сут.), чем их сверстники из групп II и III (1,9 (1,5–1,9) ч/сут., $p < 0,001$ и 1,9 (1,9–1,9) ч/сут., $p < 0,001$ соответственно). Следует отметить, что вклад загрязнения атмосферного воздуха в формирование рисков нарушений иммунитета в группах I–III составляет 23, 63 и 29%, что соответствует *НП* равному 0,8, 1,0 и 1,0, а время, которое подростки проводят на улице не превышает трёх часов, то есть менее 15% всего времени.

Химическое загрязнение воздушной среды учебных помещений, в которых старшеклассники проводят в день от 6 до 8 ч, несмотря на выявленные превышения референтных значений содержания формальдегида, оказывает наименьшее влияние на формирование рисков нарушений иммунитета. Значения *НП* нарушений иммунитета, обусловленного загрязнением воздушной среды учебных помещений, не превышают 0,22. Полученные нами данные согласуются с результатами, представленными в литературе [25–29]. Пичужкиной Н.М. с соавторами было установлено, что основной вклад (63,2%) в формирование химической нагрузки на учащихся общеобразовательных школ с учётом времени пребывания их в каждой микросреде вносит загрязнение воздуха жилых помещений [30].

Таким образом, интенсивность воздействия химических соединений на организм подростков наибольшая в условиях влияния воздуха жилых помещений и атмосферного воздуха. В связи с этим можно говорить о необходимости проведения мероприятий, направленных в первую очередь на улучшение качества воздушной среды жилых помещений за счёт внедрения новых подходов к системе вентиляции, замены газовых плит электрическими, применением отделочных материалов и мебели, соответствующих гигиеническим требованиям.

Полученные нами результаты подтверждают и уточняют данные, полученные другими исследователями, свидетельствующие о более высоких уровнях загрязнения воздушной среды помещений, по сравнению с атмосферным воздухом, а также о доминирующем вкладе загрязнения воздушной среды жилых помещений, оборудованных газовыми плитами и печным отоплением в формирование рисков нарушений иммунитета [13, 23, 25–27, 29]. Следует отметить, что в представленном исследовании есть ряд неопределённостей, связанных с погрешностями анализа, ограниченным спектром анализируемых показателей, возможностью влияния неучтённых факторов. В связи с этим полученные результаты требуют дальнейшего, более детального и углублённого изучения, персонафицированных методов учёта воздействующих и поглощённых доз.

Заключение

Установлено, что у подростков, проживающих в городах с предприятиями химической и нефтехимической промышленности и в прилегающей к ним сельской местности, *НП* нарушений иммунитета, связанные с загрязнением воздушной среды, превышают безопасные уровни ($НП \leq 1$). При многомаршрутном поступлении поллютантов воздушной среды *НП* нарушений иммунитета, вызванные загрязнением атмосферного воздуха изучаемых территорий, составляет 0,7–1,1. В городе с центральным

газоснабжением и посёлке с печным отоплением *НП* нарушений иммунитета, обусловленный воздействием поллютантов воздуха жилых помещений, вносит наибольший вклад в формирование рисков нарушений здоровья и в среднем достигает величины 2,3. Загрязнение воздушной среды учебных помещений оказывает наименьшее влияние на формирование рисков нарушений иммунитета, среднегрупповой персонафицированный *Нпр* не превышает 0,22.

Финансирование. Финансирование работы осуществлялось за счёт средств, выделяемых для выполнения государственного задания ФГБНУ ВСИМЭИ

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература

(пп. 2, 3, 5–7, 9, 13–16, 19, 20, 22, 23, 25–27 см.

References)

1. Рахманин Ю.А., Сеницына О.О. Состояние и актуализация задач по совершенствованию научно-методологических и нормативно-правовых основ в области экологии человека и гигиены окружающей среды. *Гигиена и санитария*. 2013; (5): 4–11.
4. Колесникова Л.И., Долгих В.В., Рычкова Л.В., Ефимова Н.В., Погодина А.В., Мандзяк Т.В., Поляков В.М. Особенности формирования здоровья детей, проживающих в промышленных центрах. *Бюллетень Сибирского отделения Российской академии медицинских наук*. 2008; 28(4): 72–76.
8. Зайцева Н.В., Устинова О.Ю., Землянова М.А. Медико-профилактические технологии управления риском нарушений здоровья, ассоциированных с воздействием факторов среды обитания. *Гигиена и санитария*. 2015; 94(2): 109–113.
10. Ефимова Н.В., Тихонова И.В., Жигалова О.В., Катальская О.Ю., Абраматец Е.А., Рычагова О.А. и др. Ингаляционный риск здоровью населения на территориях размещения химических предприятий (на примере Иркутской области). *Сибирский медицинский журнал (Иркутск)*. 2009; 88(5): 111–114.
11. Губернский Ю.Д., Калинина Н.В., Гапонова Е.Б., Банин И.М. Обоснование допустимого уровня содержания диоксида углерода в воздухе помещений жилых и общественных зданий. *Гигиена и санитария*. 2014; 93(6): 37–41.
12. Уланова Т.С., Карнажицкая Т.Д., Нахиева Э.А. Исследования качества воздуха помещений и атмосферного воздуха дошкольных образовательных учреждений в крупном промышленном центре. *Здоровье населения и среда обитания*. 2015; (12): 19–21.
17. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. Р 2.1.10.1920-04. М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 143 с.
18. Маснабиева Л.Б., Ефимова Н.В., Кудяева И.В. Оценка химического риска здоровью подростков и уровня специфических аутоантител. *Гигиена и санитария*. 2016; (8): 738–743.
21. Васильевич В.М., Половинкин Л.В., Соболев Ю.А. Материалы на полимерной и древесной основе как гигиенически значимые факторы загрязнения воздуха помещений. *Здоровье и окружающая среда*. 2010; (16): 287–291.
24. Юдин Р.А., Юдин И.Р. Особенности горения топлива производного химического состава. *Вестник Череповецкого государственного университета*. 2012; 1(37–2): 15–18.
28. Голиков Р.А., Суржиков Д.В., Кислицына В.В., Штайгер В.А. Влияние загрязнения окружающей среды на здоровье населения (Обзор литературы). *Научно-обзорное. Медицинские науки*. 2017; (5): 20–31.
29. Ганькин А. Н., Гриценко Т. Д., Соколов С. М., Пронина Т. Н. Риск здоровью учащихся, формируемый загрязнением воздушной среды учебных помещений. *Анализ риска здоровью*. 2014; (1): 40–48. doi: 10.21668/health.risk/2014.1.05
30. Пичужкина Н.М., Чубирко М.И. Аэрогенная нагрузка на учащихся общеобразовательных учреждений. *Научно-медицинский вестник Центрального Черноземья*. 2017; (70): 8–10.

References

- Rakhmanin Yu.A., Sinitsyna O.O. Status and actualization of tasks to improve the scientific-methodological and regulatory frameworks in the field of human ecology and environmental hygiene. *Gigiena i sanitariya*. 2013; (5): 4-11. (in Russian).
- Kondo M.C., Gross-Davis C.A., May K., Davis L.O., Johnson T., Mallard M, et al. Place-based stressors associated with industry and air pollution. *Health Place*. 2014; 28: 31-7. doi: 10.1016/j.healthplace.2014.03.004.
- Wang Y.J., Li L., Chen C.H., Huang C., Huang H.Y., Feng J.L., et al. Source apportionment of fine particulate matter during autumn haze episodes in Shanghai, China. *J Geophys Res-Atmos*. 2014; 119:1903-1914.
- Kolesnikova L.I., Dolgikh V.V., Rychkova L.V., Efimova N.V., Pogodina A.V., Mandzyak T.V. et al. Features of physical health of children in industrial cities. *Byulleten' Sibirskogo otdeleniya Rossiyskoy akademii meditsinskikh nauk*. 2008; 28(4): 72-76. (in Russian).
- Brozek G, Lawson J, Szumilas D, Zejda J. Increasing prevalence of asthma, respiratory symptoms, and allergic diseases: Four repeated surveys from 1993-2014. *Respir Med*. 2015; 109(8): 982-990. doi: 10.1016/j.rmed.2015.05.010
- Liu S.K., Cai S., Chen Y., Xiao B., Chen P., Xiang X.D. The effect of pollutional haze on pulmonary function. *J Thorac Dis*. 2016;8:E41-E56.
- Sun J., Zhou T. Health risk assessment of China's main air pollutants. *BMC Public Health*. 2017;17(1):212. doi: 10.1186/s12889-017-4130-1.
- Zaytseva N.V., Ustinova O.Yu., Zemlyanova M.A. Medical and preventive technologies of the management of the risk of health disorders associated with exposure to adverse environmental factors. *Gigiena i sanitariya*. 2015; 94(2): 109-113. (in Russian).
- Abuduwailil J., Zhaoyong Z., Fengqing J. Evaluation of the pollution and human health risks posed by heavy metals in the atmospheric dust in Ebinur Basin in Northwest China. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2015; (18):14018-14031. doi: 10.1007/s11356-015-4625-1.
- Efimova N.V., Tikhonova I.V., Zhigalova O.V., Katul'skaya O.Yu., Abrametats E.A., Rychagova O.A., Taranenko N.A., Lisetskaya L.G. Public health inhalation risk in the area of chemical enterprises placement. *Sibirskiy meditsinskiy zhurnal (Irkutsk)*. 2009; 88(5): 111-114. (in Russian).
- Gubernskiy Yu.D., Kalinina N.V., Gaponova E.B., Banin I.M. Rationale for the permissible level of carbon dioxide in indoor air in residential and public buildings with the permanent human presence. *Gigiena i sanitariya*. 2014; 93(6): 37-41. (in Russian).
- Ulanova T.S., Karnazhitskaya T.D., Nakhieva E.A. Indoor and outdoor air quality assessment in facilities of the preschool educational establishments of large industrial center. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*. 2015; (12): 19-21. (in Russian).
- Downward G.S., Hu W., Rothman N., Reiss B., Wu G., Wei F. et al. Outdoor, indoor, and personal black carbon exposure from cookstoves burning solid fuels. *Indoor Air*. 2016; 26(5):784-95. doi: 10.1111/ina.12255.
- Demirel G, Özden Ö, Döğeroğlu T, Gaga EO. Personal exposure of primary school children o BTEX, NO2 and ozone in Eskişehir, Turkey: relationship with indoor/outdoor concentrations and risk assessment. *Sci Total Environ*. 2014; 473-474:537-548. doi: 10.1016/j.scitotenv.2013.12.034;
- Matz CJ, Stieb DM, Davis K, Egyed M, Rose A, Chou B, Brion O. Effects of age, season, gender and urban-rural status on time-activity: Canadian human activity pattern survey 2 (CHAPS 2) *Int J Environ Res Public Health*. 2014; 11: 2108-2124. doi: 10.3390/ijerph110202108. ;
- Bozkurt Z, Dogan G, Arslanbas D, Pekey B, Pekey H, Dumanoglu Y, Bayram A, Tuncel G. Determination of the personal, indoor and outdoor exposure levels of inorganic gaseous pollutants in different microenvironments in an industrial city. *Environ Monit Assess*. 2015; 187(9): 590. doi: 10.1007/s10661-015-4816-8
- Rukovodstvo po ocenke riska dlja zdorov'ja naselenija pri vozdeystvii himicheskikh veshhestv, zagraznjajushhikh okruzhajushhuju sredu. R 2.1.10.1920-04. [Human Health Risk Assessment from Environmental Chemicals. R 2.1.10.1920-04.]. Moskva, Federal'nyj centr gossanepidnadzora Minzdrava Rossii, 2004, 143 p. (in Russian).
- Masnavieva L.B., Efimova N.V., Kudaeva I.V. Individual risks to adolescent health, caused by contaminating the air, and their relationship with the levels of specific autoantibodies. *Gigiena i sanitariya*. 2016; (8): 738-743. DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-8-738-742. (in Russian).
- Reinmuth-Selzle K., Kampf C.J., Lucas K., Lang-Yona N., Fröhlich-Nowoisky J., Shiraiwa M. Air pollution and climate change effects on allergies in the anthropocene: abundance, interaction, and modification of allergens and adjuvants. *Environ Sci Technol*. 2017; 51(8): 4119-4141. doi: 10.1021/acs.est.6b04908.
- Lakey PS, Berkemeier T, Tong H, Arangio AM, Lucas K, Pöschl U, Shiraiwa M. Chemical exposure-response relationship between air pollutants and reactive oxygen species in the human respiratory tract. *Sci Rep*. 2016; 6: 32916. doi: 10.1038/srep32916. (Retrieved 10.05.2018 <https://www.nature.com/articles/srep32916>)
- Vasil'kevich V.M., Polovinkin L.V., Sobol' Yu.A. The polymeric and wood-based materials are as hygienically significant factors of pollutions indoor air. *Zdorov'e i okruzhayushchaya sreda*. 2010; 16: 287-291.
- Soneja S.I., Tielsch J.M., Khatry S.K., Zaitchik B., Curriero F.C., Breyse P.N. Characterizing Particulate Matter Exfiltration Estimates for Alternative Cookstoves in a Village-Like Household in Rural Nepal. *Environ Manage*. 2017; 60(5):797-808. doi: 10.1007/s00267-017-0915-3.
- Ferrero A., Esplugues A., Estarlich M., Llop S., Cases A. et al. Infants indoor and outdoor residential exposure to benzene and respiratory health in a Spanish cohort. *Environ. Pollut*. 2017; 222 : 486-464. doi: 10.1016/j.envpol.2016.11.065
- Yudin R.A., Yudin I.R. Features of fuel burning arbitrary chemical composition. *Vestnik Cherepovetskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2012; 1(37-2): 15-18. (in Russian).
- Syazwan A.I., Rafee B.M., Hafizan J., Azman A, Nizar A., Izwyn Zet al., Development of an indoor air quality checklist for risk assessment of indoor air pollutants by semiquantitative score in nonindustrial workplaces. *Risk Manag. Health. Policy*. 2012; 5(1): 17-23. doi: 10.2147/RMHP.S26567
- Pegas PN, Nunes T, Alves CA, Silva JR, Vieira SLA, Caseiro A, Pio CA. Indoor and outdoor characterization of organic and inorganic compounds in city centre and suburban elementary schools of Aveiro, Portugal. *Atmos Environ*. 2012; 55: 80-89. doi: 10.1016/j.atmosenv.2012.03.059.
- Rivas I, Viana M, Moreno T, Pandolfi M, Amato F, Reche C, Bouso L, Alvarez-Pererol M, Alstuey A, Sunyer J, Querol X. Child exposure to indoor and outdoor air pollutants in schools in Barcelona. *Spain. Environ Int*. 2014; 69: 200-212. doi: 10.1016/j.envint.2014.04.009
- Golikov R.A., Surzhikov D.V., Kislitsyna V.V., Steiger V.A. The effect of environmental pollution on population health (Review of literature). *Nauchnoe obozrenie. Medicinskie nauki*. 2017; (5): 20-31. (in Russian).
- Gankin A.N., Gritsenko T.D., Sokolov S.M., Pronina T.N. Health risk of pupils formed by classrooms' air pollution. *Health Risk Analysis*. 2014; (1): 40-48. doi: 10.21668/health.risk/2014.1.05 (in Russian).
- Pichuzhkina N.M., Chubirko M.I. The air pollution gives off load on pupils of secondary schools. *Nauchno-medicinskij vestnik Central'nogo Chernozem'ya*. 2017; (70): 8-10. (in Russian).

Поступила 12.07.18
Принята к печати 18.10.18