

МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ФАКТОРОВ РИСКА

УДК 614.71: 612.017.1-053.6

DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.07

ОЦЕНКА ЗАВИСИМОСТИ РЕАКЦИИ МИГРАЦИИ ЛЕЙКОЦИТОВ ОТ УРОВНЯ ИНГАЛЯЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРИОРИТЕТНЫХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ

Л.Б. Маснавиева, И.В. Кудаева, В.С. Рукавишников

Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований, Россия, 665827, г. Ангарск, 12а микрорайон, 3

В настоящее время аллергическими заболеваниями страдает каждый четвертый человек, а распространенность аллергопатологии продолжает расти. В воздушной среде присутствуют соединения, которые обладают общетоксическим, сенсибилизирующим и аллергенным действием на организм. К их числу относятся формальдегид и диоксид азота. Целью исследования явилось выявление связи между выраженностью реакции торможения миграции лейкоцитов на формальдегид и уровнем ингаляционного воздействия изучаемых химических соединений. Обследовано 410 подростков, постоянно проживающих в промышленных центрах Иркутской области. Изучена индивидуальная ингаляционная нагрузка формальдегидом и диоксидом азота. Проведена оценка содержания эозинофилов в назальной слизи и определены индексы торможения миграции лейкоцитов крови на формальдегид. Установлено, что у 54 % обследованных подростков индекс опасности воздействия формальдегидом превышал 1. Наибольшее значение коэффициента опасности воздействия данным соединением составило 1,76. Индекс опасности воздействия диоксидом азота у обследованных не превышал 0,7. Полученные результаты указывают на влияние ингаляционной нагрузки формальдегидом и формирование к нему сенсибилизации у подростков промышленных городов. Установлено, что истинная реакция торможения миграции лейкоцитов в реакции с формальдегидом чаще проявлялась у индивидуумов, имеющих коэффициент опасности воздействия данным токсикантом менее 1. Получены модели, описывающие зависимость степени сенсибилизации к формальдегиду и количества эозинофилов в назальной слизи в зависимости от уровня изучаемых поллютантов в воздушной среде. Выявленная сенсибилизация организма подростков к химическим веществам, загрязняющим воздушную среду, обуславливает необходимость проведения мероприятий, направленных на снижение риска развития у них аллергопатологии.

Ключевые слова: подростки, формальдегид, диоксид азота, ингаляционная нагрузка, реакция торможения миграции лейкоцитов, риноцитограмма, эозинофилы.

В последние десятилетия увеличивается распространенность аллергических заболеваний, которыми страдает уже каждый четвертый человек [11, 14]. Установлено, что в промышленных городах и экологически неблагоприятных регионах частота встречаемости аллергопатологии выше [6, 7, 11, 15, 17, 18]. При этом отмечается увеличение случаев развития аллергонепереносимости к различным химическим веществам, в том числе достаточно инертным

[2], а также выявлена способность экополлютантов выступать в качестве аллергенов и сенсибилизирующих агентов [3, 12]. К последним может быть отнесен формальдегид, обладающий общетоксическим, сенсибилизирующим и аллергенным действиями на организм [6, 13, 16, 18, 19]. Выявлено, что в промышленных городах Восточной Сибири, где в суммарном индексе опасности ингаляционного воздействия 14 % принадлежит диоксиду азота, 9–18 % –

© Маснавиева Л.Б., Кудаева И.В., Рукавишников В.С., 2017

Маснавиева Людмила Борисовна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории иммунобиохимических и молекулярно-генетических исследований в гигиене (e-mail: Masnavieva_Luda@mail.ru; тел.: 8 (3955) 55-96-63; 8 (964) 657-11-62).

Кудаева Ирина Валерьевна – доктор медицинских наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории иммунобиохимических и молекулярно-генетических исследований в гигиене, заведующий клинико-диагностической лабораторией (e-mail: Kudaeva_Irina@mail.ru; тел. 8 (3955) 55-96-63; 8 (914) 883-88-63).

Рукавишников Виктор Степанович – член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук, профессор, директор (e-mail: rvs_2010@mail.ru; тел. 8 (3955) 55-40-77).

формальдегиду [8], 28–36 % детей страдают аллергическим ринитом или бронхиальной астмой [1]. Следует учесть, что в настоящее время отсутствуют данные, доказывающие наличие сенсибилизирующего действия у одного из приоритетных экополлютантов – диоксида азота, однако формирование чувствительности к нему может быть обусловлено развитием окислительного стресса и следующим за ним каскадом про- и противовоспалительных процессов, вызванных воздействием данных веществ. Проведенными ранее исследованиями была установлена высокая частота сенсибилизации к формальдегиду и нитриту натрия у детей, проживающих в промышленных городах с большой распространенностью аллергопатологии [4]. В то же время доказательства роли данных экологических факторов в развитии этих заболеваний отсутствуют.

В связи с этим **целью исследования** явилось выявление связи между выраженностью реакции торможения миграции лейкоцитов на формальдегид и уровнем ингаляционного воздействия химическими соединениями.

Материалы и методы. В обследование были включены 410 подростков в возрасте 14–17 лет, постоянно проживающих в промышленных центрах Иркутской области (г. Ангарск и Саянск), после подписания их родителями (законными представителями) информированного согласия.

Оценка качества атмосферного воздуха была осуществлена по данным стационарных постов Гидрометеослужбы, расположенных в г. Ангарске и Саянске. В пробах воздуха жилых и учебных помещений, отбор которых был выполнен сотрудниками ФГБНУ ВСИМЭИ (канд. биол. наук Л.Г. Лисецкая и канд. биол. наук Н.А. Тараненко), изучено содержание диоксидов серы и азота, оксида углерода, формальдегида и взвешенных веществ. При расчете индивидуальной химической нагрузки на организм подростков формальдегида и диоксида азота использовали данные о содержании примесей в атмосферном воздухе, в воздухе жилых и учебных помещений, информацию об организации учебного процесса и отдыха учащихся (анкетирование выполнено сотрудником ФГБНУ ВСИМЭИ канд. мед. наук И.В. Мыльниковой), антропометрические и спирометрические параметры (по данным медицинского обследования врачами клиники ФГБНУ ВСИМЭИ) [8]. Индивидуальные коэффициенты опасности ингаляционного воздействия химических соединений были рассчитаны в соответствии с руководством [10].

Исследование назальной слизи (риноцитограмма) осуществлялось общепринятым методом микроскопии. Расчет количества эозинофилов в мазках проводился на 100 подсчитанных клеток. Реакцию торможения миграции лейкоцитов (РТМЛ) осуществляли с использованием планшетов Costar по методике, описанной ранее, с добавлением хемокинетического фактора – формальдегида [9]. Подбор концентраций химического митогена для проведения РТМЛ производили экспериментальным путем. Индекс миграции (ИМ) вычисляли по соотношению размеров колоний тестируемых образцов к интактному контролю и выражали в процентах. Значения ИМ, выходящие за пределы диапазона (–20...+20 %), считали положительными.

Анализ результатов исследований осуществляли при помощи программы Statistica 6.0 непараметрическими методами – ранговой корреляции Спирмена (r), U -критерия Манна–Уитни. Сравнение частот отклонений от нормы содержания изучаемых показателей проводили с использованием метода распространенности признака в выборке. Для оценки влияния химических факторов на значение ИМ в РТМЛ применялась нелинейная регрессия с пошаговым включением. Во всех случаях различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение. Учитывая исследования, проведенные ранее на территории изучаемых промышленных городов, которыми было установлено, что наибольший вклад в формирование риска нарушений иммунной системы вносят формальдегид и диоксид азота [5, 8], был осуществлен расчет индивидуальной экспозиционной нагрузки указанными соединениями на организм подростков.

Коэффициенты опасности (HQ) воздействия формальдегида варьировались от 0,6 до 1,76, диоксида азота – от 0,05 до 0,59. В соответствии со значениями HQ воздействия загрязнителей воздушной среды обследованные подростки были разделены на группы. Подростки со значениями HQ воздействия формальдегида менее 1 вошли в группу I_{FA} (190 подростков), с уровнем 1 и выше – в группу II_{FA} (220 школьников).

Установлено, что количество эозинофилов в назальной слизи, повышение которых свидетельствует об аллергической настроенности организма, у групп подростков с различным уровнем ингаляционной нагрузки формальдегидом не различалось (табл. 1). Обращает на себя внимание тот факт, что отклик организма на формальдегид отмечен у 40 % обследованных, что

указывает на наличие у них сенсibilизации к данному веществу. При этом среднегрупповое значение ИМ на формальдегид у школьников с HQ воздействия данного токсиканта ≥ 1 было статистически значимо выше, чем у их сверстников с HQ до 1. Следует отметить, что в группе I_{FA} статистически значимо чаще встречались случаи торможения миграции лейкоцитов (33,9 %) и в два раза реже выявлялись случаи активации (10,7 %) по сравнению с группой II_{FA} (17,0 %, $p = 0,01$ и 21,8 %, $p = 0,08$ соответственно).

Деление на группы обследованных в соответствии с HQ воздействия диоксида азота (NO_2) осуществляли следующим образом: 104 человека со значениями данного показателя менее 0,3 вошли в группу I_{NO_2} , 306 школьников с уровнем ингаляционной нагрузки диоксидом азота 0,3 и выше составили группу II_{NO_2} .

При анализе относительного содержания эозинофилов в назальной слизи у подростков с различным HQ воздействия диоксида азота было выявлено, что их количество у школьников II_{NO_2} группы было выше, чем в I_{NO_2} (табл. 2). Обращает на себя внимание тот факт, что при делении обследуемых на группы в зависимости от HQ воздействия диоксида азота характер ответной реакции лейкоцитов на формальдегид в реакции торможения имел противоположную направленность по сравнению с группами I_{FA} и II_{FA} . Так, увеличение экспозиционной нагрузки диоксидом азота приводило к изменению ИМ на формальдегид со значений, свидетельствующих об активации миграции лейкоцитов (I_{NO_2} группа), на значения, характеризующие реакцию как торможение (II_{NO_2}).

Анализ корреляционных связей позволил установить наличие ассоциации слабой силы между HQ воздействия формальдегида, HQ воздействия диоксида азота и ИМ на формальдегид ($R = 0,18$, $p = 0,01$ и $R = -0,19$, $p = 0,01$ соответственно). При помощи регрессионного анализа было выявлено, что содержание эозинофилов в назальной слизи подростков зависит от ингаляционной нагрузки как формальдегидом, так и диоксидом азота. Уравнение, описывающее эту зависимость, имело следующий вид: $\text{ЭОЗ} = 71,57 - 0,13HQ_{NO_2} - 2,86HQ_{FA} + 2,68(HQ_{NO_2})^2$, где ЭОЗ – относительное содержание эозинофилов в назальной слизи, HQ_{NO_2} – HQ воздействия диоксидом азота, HQ_{FA} – HQ воздействия формальдегидом. Для данной модели $F(3,353) = 4,923$, $p < 0,002$, $R = 0,20$, $R^2 = 0,04$, скорректированный $R^2 = 0,03$.

Таблица 1

Показатели аллергической настроенности и сенсibilизации организма у подростков с различной ингаляционной нагрузкой формальдегидом, Med (LQ–UQ)

Показатель	Группа I_{FA}	Группа II_{FA}	p
Содержание эозинофилов в назальной слизи, %	2,00 (0,00–10,00)	1,00 (0,00–10,00)	0,082
Индекс миграции лейкоцитов в реакции на формальдегид, %	-9,13 (-26,55–-1,93)	0,00 (-13,78–18,15)	0,001

Таблица 2

Показатели аллергической настроенности и сенсibilизации организма у подростков с различной ингаляционной нагрузкой диоксидом азота, Med (LQ–UQ)

Показатель	Группа I_{NO_2}	Группа II_{NO_2}	p
Содержание эозинофилов в назальной слизи, %	0,00 (0,00–8,00)	2,00 (0,00–11,00)	0,004
Индекс миграции лейкоцитов в реакции на формальдегид, %	3,36 (-8,16–18,15)	-6,62 (-20,09–8,00)	0,006

Также были получены модели, описывающие зависимость степени сенсibilизации к формальдегиду от химической ингаляционной нагрузки изучаемыми соединениями. $ИМ_{FA} = 56,29 + 2,00(HQ_{FA})^2 - 0,32(HQ_{NO_2})^2 - 1,55HQ_{FA}$, где $ИМ_{FA}$ – ИМ на формальдегид, HQ_{NO_2} – HQ воздействия диоксидом азота, HQ_{FA} – HQ воздействия формальдегидом. Для модели определения $ИМ_{FA}$ $F(3,197) = 3,921$, $p < 0,009$, $R = 0,24$, $R^2 = 0,06$, скорректированный $R^2 = 0,04$.

Выводы. Полученные результаты доказывают факт влияния ингаляционной нагрузки формальдегидом на наличие к нему сенсibilизации у подростков промышленных городов. Истинная реакция торможения миграции лейкоцитов к формальдегиду чаще проявляется у индивидуумов, имеющих HQ данным токсикантом < 1 , к нитриту натрия – у школьников с уровнем HQ воздействия диоксида азота более 0,3. Детерминированность индекса миграции лейкоцитов в реакции на формальдегид и содержание эозинофилов в назальной слизи не имеет линейного характера и зависит не только от нагрузки формальдегидом, но и от

уровня поступления в организм диоксида азота, что свидетельствует в пользу предположения о косвенном влиянии данного поллютанта на уровень сенсibilизации и аллергизации организма.

Выявленная сенсibilизация организма подростков к химическим веществам, загряз-

няющим воздушную среду помещений и атмосферный воздух, обуславливает необходимость проведения мероприятий, направленных на снижение химической ингаляционной нагрузки и риска развития аллергопатологии, связанных с образом жизни, питанием и т.д.

Список литературы

1. Абраматец Е.А., Ефимова Н.В. Некоторые эпидемиологические аспекты аллергопатологии у подростков промышленных центров // Сибирский медицинский журнал (Иркутск). – 2011. – Т. 105, № 6. – С. 216–218.
2. Диагностика аллергонепереносимости протезных материалов / К.А. Лебедев, И.Д. Понякина, А.В. Митронин, Л.Г. Саган, И.Ю. Гончаров, М.И. Годунова // Российский стоматологический журнал. – 2005. – № 6. – С. 25–32.
3. Дугева Л.А., Карамышева А.В. Реакция специфической дегрануляции тучных клеток брыжейки крыс и морских свинок как новый тест для оценки аллергической активности химических веществ [Электронный ресурс] // Токсикологический вестник. – 2001. – № 4. – С. 19–23. – URL: <http://www.fesmu.ru/elib/Article.aspx?id=62265> (дата обращения: 08.06.2017).
4. Кудалева И.В., Маснабиева Л.Б. Результаты лабораторных методов диагностики аллергопатологии у подростков промышленных центров // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 11–2. – С. 287–290.
5. Маснабиева Л.Б., Ефимова Н.В., Кудалева И.В. Оценка химического риска здоровью подростков и уровня специфических аутоантител // Гигиена и санитария. – 2016. – № 8. – С. 738–743.
6. Овсянников Н.В., Ляпин В.А., Авдеев С.Н. Загрязнение окружающей среды и заболеваемость бронхиальной астмой взрослого населения крупного промышленного города // Казанский медицинский журнал. – 2011. – № 4. – С. 577–581.
7. Особенности кардиальных нарушений у детей с хроническими заболеваниями органов дыхания, ассоциированными с аэрогенным воздействием химических факторов среды обитания / О.А. Маклакова, О.Ю. Устинова, Е.С. Беляева, А.А. Щербаков // Анализ риска здоровью. – 2016. – № 1. – С. 42–49. DOI: 10.21668/health.risk/2016.1.05
8. Оценка степени загрязненности воздуха и патология верхних дыхательных путей у подростков урбанизированных территорий Иркутской области / Л.Г. Лисецкая, Л.А. Дедкова, И.В. Тихонова, Н.А. Тараненко // Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра СО РАМН. – 2013. – Т. 91, № 3–1. – С. 91–95.
9. Применение иммунобиохимических показателей для выявления хронической патологии верхних дыхательных путей / Л.Б. Маснабиева, И.В. Кудалева, Н.В. Ефимова, Л.А. Бударина, И.В. Тихонова // Гигиена и санитария. – 2014. – Т. 93, № 5. – С. 124–127.
10. Р 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. – М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 143 с.
11. Хаитов Р. М., Ильина Н.И. Аллергические болезни в России на рубеже веков. Оценка ситуации в XXI веке: обзор // Профилактическая и клиническая медицина. – 2005. – № 1. – С. 170–176.
12. Химическая сенсibilизация к солям хрома и формальдегида девочек-подростков / Д.И. Шапошников, М.М. Падруль, С.В. Польшгалова, И.В. Гомзякова, И.П. Корюкина, Г.П. Вдовина // Российский педиатрический журнал. – 2002. – № 1. – С. 21–24.
13. Air pollution interacts with past episodes of bronchiolitis in the development of asthma / B.J. Kim, J.H. Seo, Y.H. Jung, H.Y. Kim, J.W. Kwon, H.B. Kim, Y. Lee, S. Park, J. Yu, H.C. Kim, J.H. Leem, J.Y. Lee, J. Sakong, S.Y. Kim, C.G. Lee, D.M. Kang, M. Ha, Y.C. Hong, H.J. Kwon, S.J. Hong // Allergy. – 2013. – Vol. 68, № 4. – P. 517–523.
14. Increasing prevalence of asthma, respiratory symptoms, and allergic diseases: Four repeated surveys from 1993–2014 / G. Brozek, J. Lawson, D. Szumilas, J. Zejda // Respir. Med. – 2015. – Vol. 109, № 8. – P. 982–990.
15. Occupational Exposure to Urban Air Pollution and Allergic Diseases / L. Vimercati, M.F. Gatti, A. Baldassarre, E. Nettis, N. Favia, M. Palma, G.L. Martina, E. Di Leo, M. Musti // Int. J. Environ. Res. Public Health. – 2015. – Vol. 12, № 10. – P. 12977–12987. DOI: 10.3390/ijerph121012977
16. Sensitization to Formaldehyde in Northeastern Italy, 1996 to 2012. / A. Prodi, F. Rui, A. Belloni Fortina, M.T. Corradin, F. Larese Filon // Dermatitis. – 2016. – Vol. 27, № 1. – P. 21–25.
17. Shirinde J., Wichmann J., Voyi K. Allergic rhinitis, rhinoconjunctivitis and hayfever symptoms among children are associated with frequency of truck traffic near residences: a cross sectional study // Environ Health. – 2015. – Vol. 26, № 14. – P. 84. DOI: 10.1186/s12940-015-0072-1

18. The health of children in the industrialized / I.V. Yatsyna, E.L. Sineva, A.V. Tulakin, I.Y. Zhadan, E.A. Preobrazhenskaya, E.O. Sarancha // *Gig. Sanit.* – 2015. – Vol. 94, № 5. – P. 39–44.

19. Xiang R., Xu Y. Effect of formaldehyde inhalation on allergic rhinitis in mice // *Lin. Chung. Er. Bi. Yan. Hou. Tou. Jing. Wai. Ke. Za. Zhi.* – 2015. – Vol. 29, № 16. – P. 1467–1471.

Маснавиева Л.Б., Кудяева И.В., Рукавишников В.С. Оценка зависимости реакции миграции лейкоцитов от уровня ингаляционного воздействия приоритетных загрязнителей воздушной среды // Анализ риска здоровья. – 2017. – № 3. – С. 60–65. DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.07

UDC 614.71:612.017.1-053.6

DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.07.eng

ASSESSMENT OF CORRELATION BETWEEN LEUCOCYTES MIGRATION REACTION AND LEVEL OF INHALATION EXPOSURE TO PRIORITY AIR CONTAMINANTS

L.B. Masnavieva, I.V. Kudaeva, V.S. Rukavishnikov

East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, 12a microdistrict, 3, Angarsk, 665827, Russian Federation

Nowadays each forth person suffers from allergic diseases and allergic pathology prevalence is constantly growing. There are compounds in air which are generally toxic, or have sensitizing or allergenic effects on a body. For example, we can name formaldehyde and nitrogen dioxide. Our research goal was to reveal a correlation between reaction of leucocytes migration inhibition to formaldehyde and level of inhalation exposure to the examined chemicals. We examined 410 teenagers who permanently lived in industrial cities in Irkutsk region. We studied individual load as per formaldehyde and nitrogen dioxide. We estimated eosinophils content in nasal mucus and determined indexes of leucocytes migration inhibition to formaldehyde. Index of formaldehyde effects danger was detected to exceed 1 in 54% teenagers. The greatest value of danger coefficient in terms of exposure to this substance was equal to 1.76. anger index in terms of exposure to nitrogen dioxide didn't exceed 0.7 in the examined teenagers. The obtained results prove that inhalation formaldehyde load influences teenagers from industrial centers as sensitization to this substance evolves in them. We found out that true inhibition reaction of leucocytes migration in a reaction with formaldehyde more frequently occurred in people with danger index in terms of exposure to this substance being lower than 1. We obtained models which described correlation between level of sensitization to formaldehyde and a number of eosinophils in nasal mucus and it allowed us to detect that sensitization depended on the examined contaminants content in the air. The sensitization to chemical air contaminants which we revealed in teenagers calls for necessary activities aimed at reducing risks of allergenic pathology evolvement in them.

Key words: teenagers, formaldehyde, nitrogen dioxide, inhalation load, reaction of leucocytes migration inhibition, rhinocytogram, eosinophils.

References

1. Abramtets E.A., Efimova N.V. Nekotorye epidemiologicheskie aspekty allergopatologii u podrostkov promyshlennykh tsentrov [Some epidemiological aspect of allergopathology in teen-agers living in industrial centres]. *Sibirskii meditsinskii zhurnal (Irkutsk)*, 2011, vol.105, no. 6, pp. 216–218 (in Russian).

2. Lebedev K.A., Ponyakina I.D., Mitronin A.V., Sagan L.G., Goncharov I.Yu., Godunova M.I. Diagnostika allergoneperenosimosti proteznykh materialov [Diagnostics of allergic intolerance to prosthetic materials]. *Rossiiskii stomatologicheskii zhurnal*, 2005, no. 6, pp.25–32 (in Russian).

© Masnavieva L.B., Kudaeva I.V., Rukavishnikov V.S., 2017

Liudmila B. Masnavieva – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher at Laboratory for Immune-biochemical and molecular-genetic research in hygiene (e-mail: Masnavieva_Luda@mail.ru; tel. +7(3955)55-96-63; +7 (964) 657-11-62).

Irina V. Kudaeva – Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Leading Researcher at Laboratory for Immune-biochemical and molecular-genetic research in hygiene, Head of Clinical-diagnostics laboratory (e-mail: Kudaeva_Ilina@mail.ru; tel.:+7 (3955)55-96-63; +7 (914) 883-88-63).

Viktor S. Rukavishnikov – Corresponding Member of the Russian Academy of Sconces, Doctor of Medical Sciences, Professor, Director (e-mail: rvs_2010@mail.ru; tel.:+7 (3955) 55-40-77).

3. Dueva L.A., Karamysheva A.V. Reaktsiya spetsificheskoi degranulyatsii tuchnykh kletok bryzheiki krysa i morskikh svinok kak novyi test dlya otsenki allergicheskoi aktivnosti khimicheskikh veshchestv [Reaction of mastocytes specific degranulation in mesentery of rats and cavies as a new test to assess chemicals allergic activity]. *Toksikologicheskii vestnik*, 2001, no. 4, pp. 19–23. Available at: <http://www.fesmu.ru/elib/Article.aspx?id=62265> (08.06.2017) (in Russian).
4. Kudaeva I.V., Masnavieva L.B. Rezul'taty laboratornykh metodov diagnostiki allergopatologii u podrostkov promyshlennykh tseftrov [Results of laboratory methods for diagnosis of allergy adolescents living in the industrial centers]. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*, 2014, no. 11–2, pp. 287–290 (in Russian).
5. Masnavieva L.B., Efimova N.V., Kudaeva I.V. Otsenka khimicheskogo riska zdorov'yu podrostkov i urovnya spetsificheskikh autoantitel [Individual risks to adolescent health, caused by contaminating the air, and their relationship with the levels of specific autoantibodies]. *Gigiena i sanitariya*, 2016, no. 8, pp. 738–743.
6. Ovsyannikov N.V., Lyapin V.A., Avdeev S.N. Zagryaznenie Okruzhayushchei sredy i zabolevaemost' bronkhial'noi astmoi vzroslogo naseleniya krupnogo promyshlennogo goroda [Environmental pollution and the incidence bronchial asthma of the adult population of a large industrial city]. *Kazanskii meditsinskii zhurnal*, 2011, no. 4, pp. 577–581 (in Russian).
7. Maklakova O.A., Ustinova O.Yu., Belyaeva E.S., Shcherbakov A.A. Osobennosti kardial'nykh narushenii u detei s khronicheskimi zabolevaniyami organov dykhaniya, assotsirovannymi s aerogennym vozdeistviem khimicheskikh faktorov sredy obitaniya [Features of cardiac disorders in children with chronic respiratory diseases associated with aerogenic exposure to chemical environmental factors]. *Analiz riska zdorov'yu*, 2016, no. 1, pp. 42–49. DOI: 10.21668/health.risk/2016.1.05.eng (in Russian).
8. Lisetskaya L.G., L.A. Dedkova, I.V. Tikhonova, N.A. Taranenko Otsenka stepeni zagryaznenosti vozdukhа i patologiya verkhnykh dykhatel'nykh putei u podrostkov urbanizirovannykh territorii Irkutskoi oblasti [Assessment of air contamination and upper respiratory tract pathology in teenagers living on urbanized areas of Irkutsk region]. *Byulleten' Vostochno-Sibirskogo nauchnogo tsentra SO RAMN*, 2013, vol. 91, no. 3–1, pp. 91–95 (in Russian).
9. Masnavieva L.B., Kudaeva I.V., Efimova N.V., Budarina L.A., Tikhonova I.V. Primenenie immunobiohimicheskikh pokazatelei dlya vyyavleniya khronicheskoi patologii verkhnykh dykhatel'nykh putei [Application of immuno-biochemical indices for the identification of the chronic pathology of the upper respiratory tract]. *Gigiena i sanitariya*, 2014, vol. 93, no. 5, pp. 124–127 (in Russian).
10. Rukovodstvo po otsenke riska dlya zdorov'ya naseleniya pri vozdeistvii khimicheskikh veshchestv, zagryaznyayushchikh okruzhayushchuyu sredu R 2.1.10.1920-04 [Guide to health risk assessment when exposed to chemicals polluting the environment 2.1.10.1920-04]. Moscow, Federal'nyi tsentr gossanepidnadzora Minzdrava Rossii, Publ., 2004, 143 p. (in Russian).
11. Khaitov R.M., Il'ina N.I. Allergicheskie bolezni v Rossii na rubezhe vekov. Otsenka situatsii v XXI veke: Obzor [Allergic diseases in Russia at the turn of the century: evaluation of the situation in XXI century]. *Profilakticheskaya i klinicheskaya meditsina*, 2005, no. 1, pp. 170–176 (in Russian).
12. Shaposhnikov D.I., Padrul' M.M., Polygalova S.V., Gomzyakova I.V., Koryukina I.P., Vdovina G.P. Khimicheskaya sensibilizatsiya k solyam khroma i formal'degida devochek-podrostkov [Chemical sensitization to chromium salts and formaldehyde teenage girls]. *Rossiiskii pediatricheskii zhurnal*, 2002, no. 1, pp. 21–24 (in Russian).
13. Kim B.J., Seo J.H., Jung Y.H., Kim H.Y., Kwon J.W., Kim H.B., Lee Y., Park S., Yu J., Kim H.C., Leem J.H., Lee J.Y., Sakong J., Kim S.Y., Lee C.G., Kang D.M., Ha M., Hong Y.C., Kwon H.J., Hong S.J. Air pollution interacts with past episodes of bronchiolitis in the development of asthma. *Allergy*, 2013, vol. 68, no. 4, pp. 517–523.
14. 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, vol. 109, no. 8, pp. 982–990.
15. Vimercati L., Gatti M.F., Baldassarre A., Nettis E., Favia N., Palma M., Martina G.L., Di Leo E., Musti M. Occupational Exposure to Urban Air Pollution and Allergic Diseases. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2015, vol. 12, no. 10, pp.12977–12987. DOI:10.3390/ijerph121012977
16. Prodi A., Rui F., Belloni Fortina A., Corradin M.T., Larese Filon F. Sensitization to Formaldehyde in Northeastern Italy, 1996 to 2012. *Dermatitis*, 2016, vol. 27, no. 1, pp. 21–25.
17. Shirinde J., Wichmann J., Voyi K. Allergic rhinitis, rhinoconjunctivitis and hayfever symptoms among children are associated with frequency of truck traffic near residences: a cross sectional study. *Environ Health*, 2015, vol. 26, no. 14, pp. 84. DOI:10.1186/s12940-015-0072-1
18. Yatsyna I.V., Sineva E.L., Tulakin A.V., Zhadan I.Y., Preobrazhenskaya E.A., Sarancha E.O. The health of children in the industrialized. *Gig. Sanit.*, 2015, vol. 94, no. 5, pp. 39–44.
19. Xiang R., Xu Y. Effect of formaldehyde inhalation on allergic rhinitis in mice. *Lin Chung Er Bi Yan Hou Tou Jing Wai Ke Za Zhi*, 2015, vol. 29, no. 16, pp. 1467–1471.

Masnavieva L.B., Kudaeva I.V., Rukavishnikov V.S. Assessment of correlation between leucocytes migration reaction and level of inhalation exposure to priority air contaminants. *Health Risk Analysis*, 2017, no. 3, pp. 60–65. DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.07.eng

Получена: 05.06.2017

Принята: 16.08.2017

Опубликована: 30.09.2017