УДК 614.71:614.712/.614.718+616.2

ЭКОЛОГО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПО ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ ВЗВЕШЕННЫХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ НА РАЗВИТИЕ БОЛЕЗНЕЙ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ

Петров С.Б., Онучина Е.Н., Петров Б.А.

ГБОУ ВПО «Кировская ГМА Минздравсоцразвития России», Киров, e-mail: sbpetrov@mail.ru

В работе приведены материалы исследования по изучению влияния взвешенных веществ техногенной природы на развитие и распространенность болезней органов дыхания среди взрослого населения г. Кирова. Установлено, что в городских районах с интенсивным загрязнением атмосферного воздуха взвешенными веществами отмечается статистически значимое ($p < 0,05$) по сравнению с контрольным районом увеличение общего уровня распространенности болезней органов дыхания, уровней распространенности хронического бронхита, бронхоэктатической болезни, бронхиальной астмы. Влияние взвешенных веществ на развитие и распространенность среди взрослого населения болезней органов дыхания подтверждается данными однофакторного регрессионного анализа. Ведущее этиопатогенетическое значение в формировании болезней органов дыхания принадлежит пыли летучей золы предприятий теплоэнергетики.

Ключевые слова: атмосферный воздух городской среды, взвешенные вещества, взрослое население, болезни органов дыхания

EKOLOGICAL AND EPIDEMIOLOGICAL RESEARCH ACCORDING TO INFLUENCE OF AIRBORNE PARTICULAR MATTERS OF CITY ENVIRONMENT ON DEVELOPMENT OF ILLNESSES OF RESPIRATORY ORGANS

Petrov S.B., Onuchina E.N., Petrov B.A.

Kirov state medical academy, Kirov, e-mail: sbpetrov@mail.ru

In work research materials on studying of influence of airborne particular matters having a technogenic parentage on development and prevalence of illnesses of respiratory organs among adult population of Kirov are resulted. It is established that in city districts with intensive pollution of atmospheric air by particular matters it becomes perceptible statistically significant ($p < 0,05$) in comparison with control district augmentation of the general level of prevalence of illnesses of respiratory organs, levels of prevalence of a chronic bronchitis, a bronchoectatic disease, a bronchial asthma. Leading etiological and pathogenetic value in formation of illnesses of respiratory organs belongs to a dust of flying ashes of the power stations.

Keywords: atmospheric air of the city environment, particular matter, adult population, illnesses of respiratory organs

Исследования по изучению влияния экологических факторов городской среды на здоровье населения относятся в настоящее время к числу наиболее актуальных научных направлений профилактической медицины. Среди загрязнителей воздушного бассейна современных городов большой удельный вес принадлежит аэрозолям с твердой фазой, источниками поступления которых в атмосферный воздух являются промышленные предприятия, энергетические объекты, транспорт. Взвешенные вещества, наряду с оксидами серы, азота и углерода, отнесены экспертами ВОЗ к наиболее опасным для здоровья городского населения веществам, способствующим повышению уровня заболеваемости болезнями органов дыхания, системы кровообращения, злокачественными новообразованиями.

Целью настоящего исследования являлась эколого-эпидемиологическая оценка влияния взвешенных веществ в атмосферном воздухе на распространенность болезней органов дыхания среди городского взрослого населения. В задачи исследования входило проведение гигиенического районирования городской территории по уровням загрязненности атмосферного воздуха взвешенными веществами, статистического анализа заболеваемости взрослого населения с установлением причинно-следственных связей в системе «взвешенные вещества – взрослое население – болезни органов дыхания».

Материал и методы исследования

Оценка уровней загрязненности атмосферного воздуха взвешенными веществами (ВВ) проведена путем анализа данных территориального мониторинга суммарной запыленности с расчетом среднегодовых концентраций. Для районирования городской территории по уровню загрязненности атмосферного воздуха ВВ был проведен расчет коэффициентов концентрации (Кс) по формуле: $Kc = C/RfC$, где C – фактическая концентрация взвешенных веществ, мг/м^3; RfC – референтная концентрация взвешенных веществ, мг/м^3 [6].

Заболеваемость болезнями органов дыхания (БОД) взрослого населения, которое в сфере своей профессиональной деятельности не имеет контакта с производственными вредностями, изучалась путем анализа данных учета всех случаев обращений за медицинской помощью в городские учреждения здравоохранения (ф. № 12). Сбор информации проведен в поликлиниках, обслуживающих население районов, ранжированных по уровням загрязненности атмосферного воздуха взвешенными веществами.

Статистическая обработка результатов исследования проводилась с использованием программы SPSS for Windows, версия 13. В качестве показателя для коэффициентов концентрации ВВ применены среднее арифметическое (М) и стандартная ошибка среднего ($\pm m$) для каждого изучаемого района. Для сравнения уровня загрязненности атмосферного воздуха взвешенными веществами в разных районах города использован критерий Стьюдента для независимых выборок. Учитывая, что одним из условий применения данного критерия является равенство дисперсий показателя в сравниваемых совокупностях, для оценки равенства дисперсий был применен тест Левена, показавший допустимость применения критерия Стьюдента. Показатель заболеваемости по каждому изучаемому району представлен относительной величиной (P) и ошибкой относительной величины ($\pm m_p$) на 1000 взрослого населения. Для сравнения изучаемых районов по уровню заболеваемости БОД был применен z-критерий, использование данного критерия обусловлено большим объемом сравниваемых выборок, а также удобством его применения для сравнения выборочных относительных величин. В качестве критического уровня значимости принят уровень: $p < 0,05$.

При анализе распространенности БОД были рассчитаны коэффициенты относительного риска по формуле: $ОР = P_1/P_2$), где ОР – коэффициент относительного риска, P_1, P_2 – частота встречаемости статистически значимо различающихся показателей заболеваемости в сравниваемых районах, отличающихся по уровням воздействия взвешенных веществ. Оценка риска развития БОД, в связи с воздействием взвешенных веществ, проведена также путем расчета интегрального индекса риска (ИИР) по предложенной нами методике, основанной на применении информационного варианта решения Байеса:

$$ИИР = 5 \lg ОР_1 + 5 \lg ОР_2 + \ldots + 5 \lg ОР_n,$$

где $ОР_n$ – коэффициенты относительного риска по отдельным нозологическим формам. Величины ИИР $\leq 1,0$ свидетельствуют об отсутствии риска [3].

Для установления зависимости частоты распространенности БОД от уровня воздействия взвешенных веществ был применен однофакторный регрессионный анализ с построением уравнений регрессии. Моделирование проведено по фракционным концентрациям $PM_{2,5}$ и PM_{10}, которые определялись расчетным путем с использованием рекомендованных в литературе пересчетных коэффициентов соответственно 0,26 и 0,55 [2]. Достоверность и адекватность полученных данных оценивалась по коэффициенту корреляции Пирсона (r) и коэффициенту детерминации (r^2), критерию Фишера – (F), а также по оценке нормальности распределения остатков регрессии (тест Шапиро-Вилка).

Результаты исследования и их обсуждение

По средним значениям коэффициентов концентраций (Кс, М ± m) на городской территории были выделены районы, которые отличались по степени загрязненности атмосферного воздуха взвешенными веществами. Наиболее интенсивные уровни загрязнения атмосферного воздуха установлены в северо-западном (Кс = 3,55 ± 0,26) и юго-восточном (Кс = 3,20 ± 0,23) секторах городской территории, где размещаются основные промышленные и энергетические объекты (районы 1, 2). Относительно высокие уровни отмечаются в центральном (Кс = 2,94 ± 0,21) и юго-западном (Кс = 2,88 ± 0,20) секторах городской территории, входящих в зоны влияния промышленных выбросов по направлению господствующих ветров (районы 3, 4). Наименьший показатель загрязнения атмосферного воздуха ВВ (Кс = 2,08 ± 0,20) установлен в южном секторе городской территории, который был выбран в качестве контрольной территории (район 5; различие с показателями районов 1–4 статистически значимое – $p < 0,05$).

Как видно из приведенных в табл. 1 результатов медико-статистического анализа, в исследуемых районах 1–4, по сравнению с контрольным районом, наблюдается статистически значимое ($p < 0,05$) увеличение общего уровня распространенности БОД среди взрослого населения. В данных районах, по сравнению с контрольной территорией, отмечается статистически значимое ($p < 0,05$) увеличение уровней распространенности хронического бронхита, бронхоэктатической болезни, бронхиальной астмы. Значения ОР развития БОД среди взрослого населения, проживающего в данных районах, составляли для общего уровня от 1,16 до 1,70, бронхиальной астмы от 1,40 до 1,93, бронхоэктатической болезни от 1,23 до 1,60, хронического бронхита от 1,25 до 1,80.

Наиболее высокие значения ИИР развития БОД наблюдались в северо-западном (3,74) и юго-восточном (2,71) секторах городской территории, где сосредоточены основные источники поступления в атмосферный воздух твердых аэрозолей. В центральном и юго-западном секторах городской территории, входящих в зоны влияния промышленно-транспортных выбросов, значения ИИР составляли соответственно 2,51 и 1,31.

В табл. 2 приведены математические модели связей фракционных концентраций с показателями частоты распространенности болезней органов дыхания.

Как видно из данной табл. 2, регрессионный анализ позволил определить четкую связь между общим уровнем распространенности БОД, частотой распространенности бронхоэктатической болезни, хронического бронхита, бронхиальной астмы и средними фракционными концентрациями. Выявленные связи являются прямыми, сильными и статистически значимыми ($p < 0,05$).

Таблица 1

Уровни распространенности болезней органов дыхания (‰, $P \pm m$)

Нозологические формы	Районы исследования городской территории				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
Аллергический ринит	1,55 ± 0,10	1,54 ± 0,18	1,57 ± 0,23	1,46 ± 0,12	1,48 ± 0,11
Хронический фарингит	3,17 ± 0,24	3,06 ± 0,28	3,63 ± 0,15	3,52 ± 0,25	3,26 ± 0,17
Хронические болезни миндалин и аденоидов	2,25 ± 0,20	3,45 ± 0,26	3,48 ± 0,32	2,41 ± 0,18	2,71 ± 0,25
Хронический бронхит	18,72 ± 1,62*	15,08 ± 1,30*	13,87 ± 1,27*	12,97 ± 0,98*	10,33 ± 0,76
Бронхоэктатическая болезнь	7,21 ± 0,68*	6,46 ± 0,44*	5,58 ± 0,42*	5,51 ± 0,42*	4,47 ± 0,30
Бронхиальная астма	12,07 ± 1,11*	10,44 ± 1,07*	11,93 ± 1,0*	8,91 ± 0,75*	6,25 ± 0,52
Общий уровень	286,58 ± 1,2*	288,80 ± 2,7*	252,20 ± 1,3*	197,25 ± 1,1*	170,12 ± 1,4

Примечание.
* – различия с контрольным районом статистически значимы ($p < 0,05$).

Таблица 2

Связь расчетных фракционных концентраций взвешенных веществ и уровней распространенности болезней органов дыхания

Нозологические формы	r	r^2	F	p
Аллергический ринит	0,168 *0,590*	0,028 *0,348*	0,09 *1,60*	0,78 *0,30*
Хронический фарингит, назофарингит, синусит, ринит	0,162 *0,226*	0,026 *0,051*	0,08 *0,162*	0,80 *0,71*
Хронические болезни миндалин и аденоидов	0,636 *0,05*	0,405 *0,002*	2,04 *0,007*	0,24 *0,93*
Бронхиальная астма	0,890 *0,883*	0,793 *0,781*	11,47 *10,71*	0,04 *0,046*
Хронический бронхит	0,914 *0,952*	0,836 *0,907*	15,35 *29,27*	0,03 *0,012*
Бронхоэктатическая болезнь	0,906 *0,970*	0,822 *0,941*	13,87 *48,63*	0,03 *0,006*
Общий уровень	0,884 *0,891*	0,782 *0,794*	10,80 *11,56*	0,046 *0,042*

Примечание: начертание цифр – обычное ($PM_{2,5}$), курсивом (PM_{10}).

Связи частоты распространенности аллергического ринита, хронического фарингита, назофарингита, синусита, ринита, хронических болезней миндалин и аденоидов с уровнями расчетных фракционных концентраций являются статистически не значимыми ($p > 0,05$).

Уравнения регрессии, описывающие связи фракционных концентраций и уровней распространенности БОД:

$$y = 63,84 \cdot C\ PM_{2,5} - 2,08$$
(общий уровень);

$$y = 1,36 \cdot C\ PM_{2,5} + 0,59$$
(бронхоэктатическая болезнь);

$$y = 2,91 \cdot C\ PM_{2,5} - 1,08$$
(бронхиальная астма),

$$y = 3,95 \cdot C\ PM_{2,5} - 0,92$$
(хронический бронхит);

$$y = 106,13 \cdot C\ PM_{10} - 17,21$$
(общий уровень);

$$y = 2,25 \cdot C\ PM_{10} + 0,42$$
(бронхоэктатическая болезнь);

$$y = 4,77 \cdot C\ PM_{10} - 1,60$$
(бронхиальная астма),

$$y = 6,53 \cdot C\ PM_{10} - 1,57$$
(хронический бронхит).

Современные представления о механизмах патогенного действия пылевых частиц связаны с их способностью стимулировать длительное избыточное образование в легких активных формах кислорода, которые не только вызывают гибель кониофагов, но и обусловливают развитие морфологических, патофизиологических и иммунологических изменений, лежащих в основе клинических проявлений заболеваний органов дыхания, системы кровообращения [1, 7]. Патогенетическое значение имеют также рефлекторный и аллергический механизмы, раздражающее и цитотоксическое действие адсорбированных на поверхности пылевых частиц газообразных вредных химических соединений.

Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха на исследуемой территории являются предприятия теплоэнергетики, значительный объем пылевых выбросов которых составляют аэрозоли летучей золы. По данным наших экспериментальных исследований, биологическое действие летучей золы в составе пылегазовой смеси при хроническом воздействии в малых дозах, наряду с резорбтивно-токсическим эффектом, характеризуется активизацией процессов свободнорадикального окисления, дестабилизацией системы антиоксидантной защиты и формированием иммунопатологических процессов. Патоморфологические изменения в легких подопытных животных характеризуются развитием хронического экссудативно-продуктивного бронхита, формированием склероза части межальвеолярных перегородок, перибронхиального и периваскулярного склероза. В паренхиме легких, вследствие облитерации бронхов, образовывались очаги ателектаза, в пограничных участках с которыми развивались эмфизематические изменения разной интенсивности [4, 5].

Таким образом, из приведенных выше результатов эколого-эпидемиологического исследования видно, что в городских районах с интенсивным загрязнением атмосферного воздуха взвешенными веществами отмечается статистически значимое, по сравнению с контрольным районом, увеличение общего уровня распространенности болезней органов дыхания, уровней распространенности хронического бронхита, бронхоэктатической болезни, бронхиальной астмы. Влияние взвешенных веществ на развитие и распространенность среди взрослого населения болезней органов дыхания подтверждается данными однофакторного регрессионного анализа. Среди взвешенных веществ, витающих в приземном слое атмосферного воздуха на исследуемой территории, ведущее этиопатогенетическое значение в формировании болезней органов дыхания принадлежит пыли летучей золы предприятий теплоэнергетики.

Результаты исследования нашли практическое применение в качестве базовых данных для оценки и прогноза степени влияния взвешенных веществ на здоровье населения при проведении медико-экологического мониторинга на территории г. Кирова.

Список литературы

1. Величковский Б.Т. Экологическая пульмонология (роль свободнорадикальных процессов). – Екатеринбург, 2003. – 141 с.

2. Воронин С.А. Организация фракционного мониторинга загрязнения атмосферного воздуха взвешенными веществами в России / С.А. Воронин, Б.А. Кацнельсон, Е.А. Селезнева // Гигиена и санитария. – 2007. – № 3. – С. 60–63.

3. Петров С.Б. Функциональная подсистема социально-гигиенического мониторинга «атмосферный воздух – здоровье населения» / С.Б. Петров, Т.И. Шешунова, Б.А. Петров // Региональные и муниципальные проблемы природопользования: сб. статей 10-й Всероссийской НПК. – Киров, 2008. – С. 97–99.

4. Исследование биологического действия летучей золы в составе пылегазовой смеси / С.Б. Петров, Б.А. Петров, П.И. Цапок, Т.И. Шешунова // Экология человека. – 2009. – № 12. – С. 13–16.

5. Петров С.Б. Медико-экологические аспекты охраны атмосферного воздуха в районах размещения теплоэлектроцентралей. – Киров, 2010. – 222 с.

6. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 143 с.

7. The Adjuvant Effect of Ambient Particulate Matter Is Closely Reflected by the Particulate Oxidant Potential / N. Li, M. Wang, L.A. Bramble, D.A. Schmitz // Environ Health Perspect. – 2009. – Vol. 117, № 7. – P. 1116–1123.

Рецензенты:

Романов В.Г., д.м.н., профессор, профессор кафедры морфологии и микробиологии ГБОУ ВПО «Вятская государственная сельскохозяйственная академия» министерства сельского хозяйства РФ, г. Киров;

Шардаков В.И., д.м.н., профессор, руководитель лаборатории иммунологии лейкозов ФГУ «Кировский НИИ гематологии и переливания крови» Федерального медико-биологического агентства России, г. Киров.

Работа поступила в редакцию 19.10.2011.