

ПРАКТИКА ОЦЕНКИ РИСКА В ГИГИЕНИЧЕСКИХ, ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИХ И СОЦИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

УДК 614.715: 613.55: [691+621+669]-048.26
DOI: 10.21668/health.risk/2018.2.02

Читать
онлайн



ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ PM_{10} И $PM_{2.5}$ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ И РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ ЖИТЕЛЕЙ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ВЫБРОСОВ СТАЦИОНАРНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

И.А. Просвирякова, Л.М. Шевчук

Научно-практический центр гигиены, Республика Беларусь, 220012, г. Минск, ул. Академическая, 8

Объектом исследования явилось загрязнение твердыми частицами атмосферного воздуха территорий жилой застройки, расположенных в зонах влияния стационарных источников промышленных объектов по производству строительных материалов. Цель работы – исследование концентраций и фракционного состава твердых частиц, оценка риска воздействия загрязнения атмосферного воздуха мелкодисперсными твердыми частицами на здоровье населения, проживающего на территориях, прилегающих к границам санитарно-защитных зон промышленных предприятий. Исследование проведено с применением метода аналитического лабораторного контроля, оценки риска здоровью, санитарно-гигиенического и статистического методов. Измерения концентраций твердых частиц в условиях реального времени (с ежеминутной детекцией) позволили получить данные об усредненных за 20-минутный период концентрациях мелкодисперсных твердых частиц дисперсностью 10 и 2,5 мкм, суммы твердых частиц (недифференцированная по составу пыль/аэрозоль) в атмосферном воздухе на территориях жилой застройки, размещенных в зоне влияния стационарных источников промышленных предприятий. Выполнен анализ фракционного состава твердых частиц, проведена гигиеническая оценка степени загрязнения атмосферного воздуха и определены уровни риска здоровью населения, обусловленные загрязнением атмосферного воздуха территорий жилой застройки мелкодисперсными частицами. Полученные результаты послужили основой для разработки методов аналитического (лабораторного) контроля загрязнения атмосферного воздуха на границе санитарно-защитной и жилой зоны, гигиенической оценки содержания твердых частиц общей фракции и аэродинамическим диаметром 10 мкм и 2,5 мкм в атмосферном воздухе населенных пунктов.

Ключевые слова: атмосферный воздух, концентрация, санитарно-защитная зона, мелкодисперсные твердые частицы, предприятие, риск здоровью, жилая зона.

В Республике Беларусь гигиенические нормативы содержания в атмосферном воздухе мелкодисперсных твердых частиц установлены с 2004 г. Предельно допустимые концентрации трех периодов осреднения (максимальная разовая, среднесуточная, среднегодовая) предусмотрены в отношении: твердых частиц, фракции до 10 мкм (PM_{10}) – 150 мкг/м³, 50 мкг/м³, 40 мкг/м³, твердых частиц, фракции до 2,5 мкм ($PM_{2.5}$) –

65 мкг/м³, 25 мкг/м³, 15 мкг/м³, а также в отношении твердых частиц, не дифференцированных по составу пыль/аэрозоль (TSP) – 300 мкг/м³, 150 мкг/м³, 100 мкг/м³.

В Республике Беларусь твердые частицы являются одними из самых распространенных загрязняющих атмосферный воздух компонентов, оказывающих негативное влияние на состояние здоровья человека. Вклад твердых час-

© Просвирякова И.А., Шевчук Л.М. 2018

Просвирякова Инна Анатольевна – старший научный сотрудник лаборатории факторов среды обитания и технологий анализа риска здоровью (e-mail: risk.factors@rspch.by; тел.: +375 (17) 284-13-79).

Шевчук Лариса Михайловна – кандидат медицинских наук, доцент, заместитель директора по научной работе (e-mail: risk.factors@rspch.by; тел.: +375 (17) 292-50-15).

¹ Нормативы предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе: гигиенический норматив / утв. постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь № 113 08.11.2016 г. [Электронный ресурс] // Министерство здравоохранения Республики Беларусь: официальный сайт. – URL: http://minzdrav.gov.by/upload/dadvfiles/000352_132617_postan113.doc (дата обращения: 23.07.2017).

тиц в уровень многокомпонентного загрязнения атмосферного воздуха составляет от 7 до 25 %. Пыли входят в пятерку загрязняющих веществ, которые формируют 70 % технологических выбросов [1].

Сумма твердых частиц (TSP) является широко распространенным контролируемым и информативным показателем загрязненности воздуха. Система мониторинга атмосферного воздуха на территории Республики Беларусь предусматривает организацию наблюдений за содержанием суммы твердых частиц на 67 стационарных постах наблюдений Национальной системы мониторинга окружающей среды. Лабораторный контроль суммарного содержания твердых частиц осуществляется весовым методом, без учета их компонентного и дисперсного состава.

Мониторинг содержания в атмосферном воздухе PM₁₀ обеспечивает автоматизированная сеть мониторинга, включающая 19 станций автоматического контроля. Выполнение измерений PM₁₀ проводится круглосуточно в непрерывном режиме. Содержание в атмосферном воздухе PM_{2.5} контролируется только на двух станциях автоматического контроля – в г. Минске и Жлобине [2, 3].

Еще одним источником информации о содержании твердых частиц в атмосферном воздухе являются результаты аналитического лабораторного контроля, осуществляемого производственными лабораториями предприятий и территориальных органов государственного санитарного надзора на границах санитарно-защитных зон предприятий и на территориях жилой застройки, расположенных в зонах влияния промышленных выбросов. Однако в действующей на территории Республики Беларусь системе мониторинга уровней загрязнения атмосферного воздуха не предусмотрен производственный контроль технологических выбросов мелкодисперсных твердых частиц. Как результат: на сегодняшний день недостаточно данных о дисперсности твердых частиц и характере их распространения в атмосфере. В существующей практике установления размеров санитарно-защитных зон не предусмотрен учет дисперсного состава твердых частиц. Не проводится учет выбросов различных фракций твердых частиц в атмосфере на стадии проектирования, что значительно снижает точность определения зон влияния производственных источников на прилегающие территории. Вместе с тем многочисленными исследованиями

доказано негативное влияние именно мелкодисперсных пылей на здоровье человека (на сердечно-сосудистую систему [4], органы дыхания [5–7]), включая смертность по причине болезней органов дыхания и систем кровообращения [8, 9].

Проведен анализ результатов исследований фоновых концентраций PM₁₀ и суммы твердых частиц в атмосферном воздухе 450 территориально-промышленных комплексов Республики Беларусь (за период с 2012 по 2016 г.). Установлено, что вклад твердых частиц в суммарный показатель загрязнения атмосферы, а также в формирование индекса опасности развития неблагоприятных эффектов со стороны органов дыхания, обусловленный фоновым загрязнением атмосферного воздуха комплексом загрязняющих веществ, составляет более 30 %. На долю PM₁₀ в составе смеси твердых частиц приходится $55,00 \pm 0,02$ % (95%-ный ДИ 51,20–58,80 %). Данные хорошо коррелируются с результатами других исследований, в том числе зарубежных, в которых показано, что доля мелкодисперсных частиц в воздухе составляет от 30 до 60 % от общей массы пылей (total suspended particles) [10–14].

В Республике Беларусь наиболее высокие значения фоновых концентраций отмечаются в Могилевской, Минской и Гомельской областях. В разрезе отдельных территориально-промышленных комплексов наибольшие значения фоновых концентраций PM₁₀ и суммы твердых частиц установлены в районах размещения крупных предприятий по производству строительных материалов. На данных территориях вклад фоновых концентраций твердых частиц в суммарный показатель загрязнения атмосферного воздуха составляет 62,58 %. Индекс опасности развития неблагоприятных эффектов со стороны органов дыхания достигает 2,23. Вклад твердых частиц в формирование индекса опасности – 47,48 % [2].

Мелкодисперсные пыли содержатся в выбросах многих производств: черной и цветной металлургии, машиностроения, электротехники, строительства [15–19].

На промышленных предприятиях по производству строительных материалов существует большое количество технологических процессов, влекущих за собой образование твердых частиц. Результаты исследований мелкодисперсных твердых частиц на территории жилой застройки, проведенных в 2014 г.

в трех контрастных функциональных зонах: а) зона воздействия выбросов автотранспорта; б) зона воздействия выбросов стационарных источников промышленных предприятий; в) «условно чистая» селитебная зона, – подтвердили гипотезу о том, что выбросы предприятий по производству строительных материалов являются значимым фактором формирования экспозиции населения мелкодисперсными твердыми частицами [3].

С образованием полидисперсных твердых выбросов связаны процессы дробления, помола, смешения, хранения и транспортировки сухих измельченных металлов, порошков с малой степенью дисперсности. Выбросы промышленных предприятий содержат в себе твердые частицы размером от 0,5 до 200 микрон. Однако наибольший интерес представляют частицы с аэродинамическим размером менее 10 микрон, так как они практически не улавливаются наиболее распространенными в промышленности пылеочистными установками, в отличие от более крупных частиц, улавливаемых в количестве до 90–95 % [16, 20].

Цель работы – исследование фракционного состава и концентраций не дифференцированной по составу пыли: TSP, PM_{2.5} и PM₁₀ в атмосферном воздухе на территории жилой застройки, расположенной в зоне влияния выбросов стационарных источников промышленных предприятий, с последующей оценкой риска для здоровья населения, проживающего на этих территориях.

Материалы и методы. Выбор исследуемой территории основан на результатах пространственного анализа территории, взаимного расположения источников выбросов твердых частиц и селитебных территорий, а также на результатах предварительных расчетов рассеивания и переноса загрязнений.

Для изучения выбрана территория жилой застройки, расположенная в зоне максимального влияния выбросов стационарных источников крупных промышленных объектов по производству строительных материалов. Контрольные точки для отбора проб воздуха и инструментальных измерений твердых частиц устанавливали в зонах наибольших расчетных концентраций, создаваемых технологическими источниками выбросов. Всего было выбрано 6 точек в зоне жилой застройки на расстояниях 500–800 метров от источников. Исследования проводили с марта по июнь в рабочие дни при стандартном режиме работы предприятия по

производству строительных материалов. Точки были расположены на площадках с непылящим покрытием, вне аэродинамической тени зданий и зеленых насаждений.

Измерения концентраций TSP, PM_{2.5} и PM₁₀ в режиме реального времени (с ежеминутной детекцией) были выполнены методом ближнего рассеивания инфракрасного излучения прибором SKC EPAM-5000. Диапазон размеров регистрируемых частиц 0,1–100 мкм. Диапазон измерения массовой концентрации частиц аэрозоля 0,01–200 мг/м³. Всего было выполнено 144 измерения разовых (20-минутных) концентраций TSP, PM_{2.5} и PM₁₀.

Оценка результатов исследований атмосферного воздуха проведена в соответствии с величинами максимальных разовых предельно допустимых концентраций содержания TSP, PM₁₀ и PM_{2.5} (300; 150 и 65 мкг/м³ соответственно) в атмосферном воздухе [8]. Гигиеническая оценка степени опасности загрязнения атмосферного воздуха мелкодисперсными твердыми частицами проводилась по величине комплексного показателя «Р» и индекса качества атмосферного воздуха на основании верхних 95%-ных доверительных границ средних величин разовых концентраций твердых частиц, полученных при проведении исследований. Индекс качества атмосферного воздуха рассчитывался для каждой фракции и суммы твердых частиц отдельно, и наименьшее полученное значение принималось за значение индекса качества атмосферного воздуха, характеризующее комплексное загрязнение атмосферного воздуха твердыми частицами на исследуемой территории [9].

При оценке риска содержания в атмосферном воздухе мелкодисперсных твердых частиц для здоровья населения проводились расчеты значений риска немедленного (рефлекторного) действия и коэффициентов (индексов) опасности здоровью при кратковременном воздействии TSP, PM₁₀ и PM_{2.5}, с учетом критических органов (систем) [10]. Обработка данных проведена с помощью статистического пакета Microsoft Office Excel 2010, Statistica 10 (серийный номер 1234567890).

Результаты и их обсуждение. Анализ результатов исследований загрязнения атмосферного воздуха показал, что на территории жилой застройки в зоне влияния выбросов стационарных источников промышленных предприятий значения разовых концентраций как мелкодисперсных твердых частиц фракций PM₁₀ и PM_{2.5},

так и смеси TSP превышают установленные нормативы содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в 2,0, 2,7 и 1,7 раза. Фактические значения разовых концентраций твердых частиц в атмосферном воздухе представлены в табл. 1.

Сопоставительный анализ содержания в атмосферном воздухе суммы TSP и мелкодисперсных твердых частиц фракций PM₁₀ и PM_{2.5} позволил установить, что в зоне воздействия выбросов стационарных источников промышленных предприятий соотношение PM₁₀: PM_{2.5}: TSP соответствует 0,58:0,34:1,0. На долю твердых частиц фракции PM₁₀ в составе смеси TSP приходится от 56,41 до 60,04 %, на долю твердых частиц фракции PM_{2.5} – от 21,61 до 46,13 %. В среднем вклад PM₁₀ в формирование концентрации TSP составляет $58,34 \pm 0,05$ % (95%-ный ДИ 58,24–58,44 %), вклад PM_{2.5} – $34,38 \pm 0,18$ % (95%-ный ДИ 34,02–34,73 %) (табл. 2).

В зоне влияния промышленных выбросов концентрации PM₁₀ и TSP превышали фоновый уровень содержания твердых частиц в атмосферном воздухе в среднем в 4,08, и 4,56 раза соответственно (фоновый уровень PM₁₀ – 73,00 мкг/м³, TSP – 112,00 мкг/м³, для PM_{2.5} фоновый уровень не установлен [2]), что свидетельствует о локальном характере «повышенных» уровней загрязнения атмосферного воздуха твердыми частицами.

Значение показателя загрязнения атмосферного воздуха «Р» твердыми частицами фракций PM₁₀ и PM_{2.5} составляет $3,35 \pm 0,05$ (95%-ный ДИ 3,26–3,45) и соответствует «умеренной» степени загрязнения атмосферы. Индекс качества атмосферного воздуха, обусловленный содержанием в атмосферном воздухе твердых частиц, равен $137,33 \pm 6,96$ (95%-ный ДИ 122,49–152,17). «Умеренная» степень загрязнения атмосферного воздуха характеризуется напряжением адаптации организма человека к воздействию загрязняющих веществ, высоким уровнем риска здоровью и превышением фонового уровня заболеваемости. Полученные значения индекса качества атмосферного воздуха на исследуемой территории свидетельствуют о возможном превышении фонового уровня заболеваемости в общей популяции экспонируемого населения.

Риск развития неблагоприятных симптомов со стороны органов дыхания в первую очередь обуславливает «сверхнормативное содержание» (превышающее предельно допустимую

Таблица 1

Уровень загрязнения атмосферного воздуха твердыми частицами на территории жилой застройки в зоне влияния выбросов стационарных источников промышленных предприятий

Загрязняющее вещество	Номер контрольной точки	Фактическое значение разовой концентрации, мкг/м ³ , $M \pm m$	Минимум–максимум, мкг/м ³
PM ₁₀	1	298,30 ± 0,97	287,00–316,00
	2	299,00 ± 0,88	286,00–308,00
	3	299,35 ± 0,53	291,00–313,00
	4	297,22 ± 0,89	272,00–309,00
	5	298,59 ± 0,89	272,00–309,00
	6	294,46 ± 0,45	274,00–310,00
	В целом по территории		297,94 ± 1,40
PM _{2.5}	1	167,65 ± 1,72	136,00–213,00
	2	183,63 ± 0,35	113,00–250,00
	3	172,82 ± 0,81	150,00–232,00
	4	170,11 ± 2,70	135,00–206,00
	5	187,25 ± 1,23	174,00–206,00
	6	185,46 ± 0,51	175,00–206,00
	В целом по территории		175,56 ± 3,43
TSP	1	515,86 ± 0,81	505,00–536,00
	2	520,25 ± 0,46	507,00–542,00
	3	511,51 ± 1,17	497,00–538,00
	4	502,79 ± 1,66	467,00–525,00
	5	508,70 ± 1,42	467,00–535,00
	6	502,17 ± 0,72	463,00–523,00
	В целом по территории		510,38 ± 2,48

Таблица 2

Фракционный состав твердых частиц в атмосферном воздухе на территории жилой застройки, расположенной в зоне влияния выбросов стационарных источников промышленных предприятий

Контрольная точка	Массовая доля твердых частиц, %, $M \pm m$	
	PM ₁₀	PM _{2.5}
№ 1	57,82 ± 0,13	32,49 ± 0,31
№ 2	57,47 ± 0,12	35,27 ± 0,49
№ 3	58,53 ± 0,07	33,81 ± 0,44
№ 4	59,12 ± 0,08	33,82 ± 0,51
№ 5	58,70 ± 0,01	35,89 ± 0,94
№ 6	58,61 ± 0,01	36,07 ± 0,06

концентрацию) в атмосферном воздухе PM_{2.5} и PM₁₀. При этом значения коэффициента опасности развития неблагоприятных эффектов со

стороны органов дыхания и потенциального риска немедленного (рефлекторного) действия $PM_{2.5}$ достоверно выше аналогичных показателей риска здоровью, обусловленного воздействием PM_{10} ($t = 13,54$ и $t = 12,66$ при $p < 0,05$).

Так, величина потенциального риска здоровью населения, обусловленного загрязнением атмосферного воздуха PM_{10} , составляет $0,108 \pm 0,001$ (95%-ный ДИ 0,105–0,111) и характеризуется удовлетворительным уровнем, коэффициент опасности развития неблагоприятных эффектов со стороны органов дыхания – средний ($1,99 \pm 0,01$, 95%-ный ДИ 1,97–2,01). При данном уровне риска здоровью, как правило, отмечается тенденция к росту фонового уровня заболеваемости, возможны частые случаи жалоб населения на различные дискомфортные состояния, связанные с воздействием оцениваемого фактора².

Величина потенциального риска здоровью населения от воздействия $PM_{2.5}$ характеризуется неудовлетворительным уровнем ($0,230 \pm 0,010$, 95%-ный ДИ 0,209–0,250), коэффициенты опасности развития неблагоприятных эффектов со стороны органов дыхания и сердечно-сосудистой системы соответствуют среднему уровню ($2,70 \pm 0,05$, 95%-ный ДИ 2,59–2,81). Неудовлетворительный уровень риска характеризуется систематическими жалобами населения на различные дискомфортные состояния, связанные с воздействием оцениваемого фактора и тенденцией к росту общей заболеваемости [8].

Значения индекса опасности развития неблагоприятных эффектов со стороны органов дыхания и потенциального риска немедленного (рефлекторного) действия TSP с учетом дисперсности твердых частиц ($4,81 \pm 0,05$, 95%-ный ДИ 4,71–4,91 и $0,338 \pm 0,010$, 95%-ный ДИ 0,316–0,359) превышают аналогичные показатели без учета дисперсности ($1,70 \pm 0,01$, 95%-ный ДИ 1,68–1,72 и $0,068 \pm 0,001$, 95%-ный ДИ 0,066–0,071) в 2,8 и 5,0 раза соответственно ($t = 6,39$ и $2,62$ при $p < 0,05$). Качественная оценка значений риска, полученных при учете дисперсности твердых частиц, входящих в состав TSP,

позволяет охарактеризовать риск здоровью населения от воздействия TSP как неудовлетворительный. Вклад $PM_{2.5}$ в формирование индекса опасности развития неблагоприятных эффектов со стороны органов дыхания, обусловленный воздействием суммы TSP, составляет $56,07 \pm 0,57$ % (95%-ный ДИ 54,86–57,29 %), вклад PM_{10} – $41,34 \pm 0,34$ % (95%-ный ДИ 40,61–42,06 %).

Данные представляют исключительное значение для формирования корректных программ мониторинга качества атмосферного воздуха, ориентированных, прежде всего, на контроль факторов наибольшего риска для здоровья населения [21].

Выводы. Таким образом, на территории жилой застройки, расположенной в зоне влияния выбросов стационарных источников промышленных предприятий, максимальные разовые концентрации PM_{10} , $PM_{2.5}$ и TSP превышают гигиенический норматив в 2,0, 2,7 и 1,7 раза соответственно. Загрязнение атмосферного воздуха мелкодисперсными твердыми частицами характеризуется как умеренное.

Максимальные разовые концентрации PM_{10} и TSP превышают фоновый уровень содержания твердых частиц в атмосферном воздухе в среднем в 4,08 и 4,56 раза соответственно, что подтверждает локальный характер загрязнения атмосферного воздуха твердыми частицами, а именно повышенное загрязнение атмосферного воздуха в пределах зоны влияния стационарных источников промышленных предприятий.

Доля твердых частиц фракции $PM_{2.5}$ в составе TSP составляет 34,38 %, доля твердых частиц фракции PM_{10} – от 58,34 %. Значения потенциального риска здоровью населения и индекса опасности развития неблагоприятных эффектов со стороны органов дыхания с учетом дисперсности твердых частиц, входящих в состав TSP, превышают аналогичные показатели, определенные без учета дисперсности твердых частиц в 2,5 и 5,0 раза соответственно.

Потенциальный риск здоровью населения характеризуется удовлетворительным уровнем при воздействии PM_{10} и неудовлетворительным – при воздействии $PM_{2.5}$. Значения коэф-

² Оценка риска для здоровья населения от воздействия химических веществ, загрязняющих атмосферный воздух: инструкция 2.1.6.11-9-29-2004 / Ф.А. Германович [и др.]; утв. Постановлением главного государственного санитарного врача Республики Беларусь № 63 05.07.2004 г. // Современные методы диагностики, лечения и профилактики заболеваний: сб. инструктивно-методической документации. – Минск, 2005. – Т. 6, вып. 5. – С. 83–157.

Эпидемиологическая оценка риска влияния окружающей среды на здоровье населения: инструкция № 18-0102 / сост. В.П. Филонов [и др.]; утв. главным государственным санитарным врачом Республики Беларусь 11.07.2002 г. – Минск: Республиканский научно-практический центр гигиены, 2002. – 29 с.

фициента опасности развития неблагоприятных эффектов со стороны органов дыхания и риска немедленного (рефлекторного) действия PM_{2.5} достоверно выше аналогичных показателей риска, обусловленного воздействием PM₁₀.

Таким образом, полученные данные подтверждают актуальность определения дисперсного состава твердых частиц как для оценки качества атмосферного воздуха территорий жилой застройки, так и для оценки влияния мелкодисперсных твердых частиц на здоровье населения. Учет дисперсности состава твердых

частиц позволяет выявить реальные уровни риска здоровью населения, формировать адекватные программы контроля загрязнения, обосновать планировочные решения по оптимальному размещению жилой застройки и принимать иные решения по управлению рисками здоровью жителей.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Просвирякова И.А. Методологические подходы к гигиенической оценке содержания мелкодисперсных твердых частиц в атмосферном воздухе // *Здоровье и окружающая среда: сборник научных трудов* / под ред. С.И. Сычика. – Минск: РНМБ, 2015. – Т. 1, вып. 25. – С. 85–87.
2. Просвирякова И.А., Шевчук Л.М. Исследования фоновый уровня содержания твердых частиц в атмосферном воздухе // *Здоровье и окружающая среда: сборник научных трудов* / под ред. С.И. Сычика. – Минск: РНМБ, 2016. – Вып. 26. – С. 53–55.
3. Просвирякова И.А., Шевчук Л.М. Оценка содержания твердых частиц PM₁₀ и PM_{2.5} в атмосферном воздухе на территории жилой застройки в зоне влияния выбросов автотранспорта // *Здоровье и окружающая среда: сборник научных трудов* / под ред. С.И. Сычика. – Минск: РНМБ, 2017. – Вып. 27. – С. 51–54.
4. Effects of particulate matter (PM₁₀, PM_{2.5} and PM₁) on the cardiovascular system / G. Polichetti, S. Cocco, A. Spinali, V. Trimarco, A. Nunziata // *Toxicology*. – 2009. – Vol. 261, № 1–2. – P. 1–8.
5. Public-health impact of outdoor and traffic-related air pollution: a European assessment / N. Künzli, R. Kaiser, S. Medina, M. Studnicka, O. Chanel, P. Filliger, M. Herry, F.Jr. Horak, V. Puybonnieux-Texier, P. Quénel, J. Schneider, R. Seethaler, J.C. Vergnaud, H. Sommer // *The Lancet*. – 2000. – Vol. 356, № 9232. – P. 795–801.
6. Assessment of human health impact from PM₁₀ exposure in China based on satellite observations / W. Wang, T. Yu, P. Ciren, P. Jiang // *Journal of Applied Remote Sensing*. – 2015. – Vol. 9, № 1. – P. 15100.
7. Влияние мелкодисперсной пыли на биосферу и человека / С.З. Калаева, Я.В. Чистяков, К.М. Муратова, П.В. Чеботарев // *Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле*. – 2016. – № 3. – С. 40–63.
8. Berico M., Luciani A., Formignani M. Atmospheric aerosol in an urban area – measurements of TSP and PM₁₀ standards and pulmonary deposition assessments // *Atmospheric Environment*. – 1997. – Vol. 31, № 21. – P. 3659–3665.
9. Powe N.A., Willis K.G. Mortality and morbidity benefits of air pollution (SO₂ and PM₁₀) absorption attributable to woodland in Britain // *Journal of Environmental Management*. – 2004. – Vol. 70, № 2. – P. 119–128.
10. Dust deposition and ambient PM₁₀ concentration in Northwest China: spatial and temporal variability / X.-X. Zhang, X. Chen, Z.-F. Wang, Y.-H. Guo, J. Li, H.-S. Chen, W.-Y. Yang, B. Sharratt, L.-Y. Liu // *Atmospheric Chemistry and Physics*. – 2017. – Vol. 17, № 3. – P. 1699–1711.
11. Podbevšek N., Jereb B. PM₁₀ Risks In Countries of European Union // *Вестник СамГУПС*. – 2014. – № 3 (25). – С. 9–17.
12. Assessment of the main sources of PM₁₀ in an industrialized area situated in a Mediterranean Basin / A. Soriano, S. Pallarés, A.B. Vicente, T. Sanfeliu, M.M. Jordán // *Fresenius Environmental Bulletin*. – 2011. – Vol. 20, № 9 A. – P. 2379–2390.
13. PM₁₀ Source apportionment in Milan (Italy) using time-resolved data / V. Bernardoni, R. Vecchi, G. Valli, A. Piazzalunga, P. Fermo // *The Science of the Total Environment*. – 2011. – Vol. 409, № 22. – P. 4788–4795.
14. Airborne PM₁₀ and metals from multifarious sources in an industrial complex area / J.-M. Lim, J.-H. Moon, Y.-S. Chung, J.-H. Lee, K.-H. Kim // *Atmospheric Research*. – 2010. – Vol. 96, № 1. – P. 53–64.
15. Липатов Г.Я., Адриановский В.И. Выбросы вредных веществ от металлургических корпусов медно-плавильных заводов // *Санитарный врач*. – 2013. – № 8. – С. 41–43.
16. Анализ источников загрязнения атмосферного воздуха мелкодисперсной пылью [Электронный ресурс] / А.Б. Стреляева, Н.С. Барикаева, Е.А. Калужина, Д.А. Николенко // *Интернет-вестник ВолгГАСУ. Серия: Политематическая*. – 2014. – № 3 (34). – URL: <http://vestnik.vgasu.ru/?source=4&articleno=1715> (дата обращения: 17.07.2017).
17. Оценка потенциального загрязнения атмосферного воздуха мелкодисперсными частицами в зоне расположения машиностроительного предприятия / И.В. Май, С.Ю. Загороднов, А.А. Макс, М.Ю. Загород-

нов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Урбанистика. – 2012. – № 2. – С. 109–118.

18. Янин Е.П. Химические элементы в пылевых выбросах электротехнических предприятий и их роль в загрязнении окружающей среды // Экологические системы и приборы. – 2009. – № 2. – С. 53–58.

19. Стреляева А.Б., Маринин Н.А., Азаров А.В. О значимости дисперсного состава пыли в технологических процессах [Электронный ресурс] // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Серия: Политематическая. – 2013. – № 3 (28). – URL: <http://vestnik.vgasu.ru/?source=4&articulo=1381> (дата обращения: 17.07.2017).

20. Исследования запыленности в жилой зоне, расположенной вблизи промышленных предприятий частицами PM_{10} и $PM_{2.5}$ / А.Б. Стреляева, Л.М. Лаврентьева, В.В. Лупиногин, И.А. Гвоздков // Инженерный вестник Дона. – 2017. – Т. 45, № 2. – С. 154–156.

21. Зайцева Н.В., Май И.В., Клейн С.В. Оптимизация программ наблюдения за качеством атмосферного воздуха селитебных территорий в системе социально-гигиенического мониторинга на базе пространственного анализа и оценки риска для здоровья населения // Пермский медицинский журнал. – 2010. – Т. 27, № 2. – С. 130–138.

Просвирякова И.А., Шевчук Л.М. Гигиеническая оценка содержания твердых частиц PM_{10} и $PM_{2.5}$ в атмосферном воздухе и риска для здоровья жителей в зоне влияния выбросов стационарных источников промышленных предприятий // Анализ риска здоровью. – 2018. – № 2. – С. 14–22. DOI: 10.21668/health.risk/2018.2.02

UDC 614.715: 613.55: [691+621+669]-048.26

DOI: 10.21668/health.risk/2018.2.02.eng

Read
online



HYGIENIC ASSESSMENT OF PM_{10} AND $PM_{2.5}$ CONTENTS IN THE ATMOSPHERE AND POPULATION HEALTH RISK IN ZONES INFLUENCED BY EMISSIONS FROM STATIONARY SOURCES LOCATED AT INDUSTRIAL ENTERPRISES

I.A. Prosviryakova, L.M. Shevchuk

Scientific-practical Hygiene Center, 8 Akademicheskaya Str., Minsk, 220012, Republic of Belarus

Our research focused on air contamination with solid particles which occurred in settlements influenced by stationary sources located at enterprises involved in construction materials production. Our goal was to examine concentrations and fractional structure of solid particles and to assess health risks caused by air contamination with fine-dispersed solid particles for population living on territories adjoining to sanitary-hygienic zones of industrial enterprises. The research was conducted with laboratory control techniques, health risk assessment, sanitary-hygienic and statistic techniques. We measured solid particles concentrations in real-time detecting them incessantly, and it allowed us to obtain data on concentrations of fine-dispersed solid particles (10 and 2.5 microns diameter) averaged over 20-minutes period; we also managed to calculate sums of solid particles (dust/aerosol not differentiated in its compound) in the atmosphere in settlements influenced by stationary sources located at industrial enterprises. We analyzed fractional structure of solid particles, performed a hygienic assessment of atmospheric air contamination, and determined population health risks caused by atmospheric air contamination with fine-dispersed particles. The obtained results gave grounds for working out analytical (laboratory) techniques for control over atmospheric air contamination at a border between a residential area and a sanitary-hygienic zone and for hygienic assessment of solid particles content in the air in settlements, both for overall fraction and for particles with aerodynamic diameter 10 microns and 2.5 microns.

Key words: atmospheric air, concentration, sanitary-hygienic zone, fine-dispersed solid particles, enterprise, health risk, a residential area.

© Prosviryakova I.A., Shevchuk L.M., 2018

Inna A. Prosviryakova – Senior Researcher at Laboratory for Environmental Factors and Health Risk Analysis Technologies (e-mail: risk.factors@rspch.by; tel.: +375 (17) 284-13-79).

Larisa M. Shevchuk – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Deputy Director for Research (e-mail: risk.factors@rspch.by; tel.: +375 (17) 292-50-15).

References

1. Prosviryakova I.A. Metodologicheskie podkhody k higienicheskoi otsenke sodержaniya melkodispersnykh tverdykh chastits v atmosfernom vozdukh [Methodological approaches to hygienic assessment of fine-dispersed solid particles contents in the atmosphere]. *Zdorov'e i okruzhayushchaya sreda: sbornik nauchnykh trudov*. In: S.I. Sychik ed. Minsk, RNMB Publ., 2015, vol. 1, no. 25, pp. 85–87 (in Russian).
2. Prosviryakova I.A., Shevchuk L.M. Issledovaniya fonovogo urovnya sodержaniya tverdykh chastits v atmosfernom vozdukh [Research on background concentrations of solid particles in the atmosphere]. *Zdorov'e i okruzhayushchaya sreda: sbornik nauchnykh trudov*. In: S.I. Sychik ed. Minsk, RNMB Publ., 2016, no. 26, pp. 53–55 (in Russian).
3. Prosviryakova I.A., Shevchuk L.M. Otsenka sodержaniya tverdykh chastits RM₁₀ i RM_{2,5} v atmosfernom vozdukh na territorii zhiloi zastroyki v zone vliyaniya vybrosov avtotransporta [Assessment of PM₁₀ and PM_{2,5} solid particles content in the atmosphere in settlements on territories influenced by emissions from motor transport]. *Zdorov'e i okruzhayushchaya sreda: sbornik nauchnykh trudov*. In: S.I. Sychik ed. Minsk, RNMB Publ., 2017, no. 27, pp. 51–54 (in Russian).
4. Polichetti G., Cocco S., Spinali A., Trimarco V., Nunziata A. Effects of particulate matter (PM₁₀, PM_{2,5} and PM₁) on the cardiovascular system. *Toxicology*, 2009, vol. 261, no. 1–2, pp. 1–8.
5. Künzli N., Kaiser R., Medina S., Studnicka M., Chanel O., Filliger P., Herry M., Horak F. Jr., Puybonnieux-Texier V., Quénel P., Schneider J., Seethaler R., Vergnaud J.C., Sommer H. Public-health impact of outdoor and traffic-related air pollution: a European assessment. *The Lancet*, 2000, vol. 356, no. 9232, pp. 795–801.
6. Wang W., Yu T., Ciren P., Jiang P. Assessment of human health impact from PM₁₀ exposure in China based on satellite observations. *Journal of Applied Remote Sensing*, 2015, vol. 9, no. 1, pp. 15100.
7. Kalaeva S.Z., Chistyakov Ya.V., Muratova K.M., Chebotarev P.V. Vliyanie melkodispersnoi pyli na biosferu cheloveka [Influencing fine-dispersed dust upon biosphere and human]. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle*, 2016, no. 3, pp. 40–63 (in Russian).
8. Berico M., Luciani A., Formignani M. Atmospheric aerosol in an urban area – measurements of TSP and PM₁₀ standards and pulmonary deposition assessments. *Atmospheric Environment*, 1997, vol. 31, no. 21, pp. 3659–3665.
9. Powe N.A., Willis K.G. Mortality and morbidity benefits of air pollution (SO₂ and PM₁₀) absorption attributable to woodland in Britain. *Journal of Environmental Management*, 2004, vol. 70, no. 2, pp. 119–128.
10. Zhang X.-X., Chen X., Wang Z.-F., Guo Y.-H., Li J., Chen H.-S., Yang W.-Y., Sharratt B., Liu L.-Y. Dust deposition and ambient PM₁₀ concentration in Northwest China: spatial and temporal variability. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 2017, vol. 17, no. 3, pp. 1699–1711.
11. Podbevšek N., Jereb B. PM₁₀ Risks In Countries of European Union. *Vestnik SamGUPS*, 2014, no. 3 (25), pp. 9–17.
12. Soriano A., Pallarés S., Vicente A.B., Sanfeliu T., Jordán M.M. Assessment of the main sources of PM₁₀ in an industrialized area situated in a Mediterranean Basin. *Fresenius Environmental Bulletin*, 2011, vol. 20, no. 9 A, pp. 2379–2390.
13. Bernardoni V., Vecchi R., Valli G., Piazzalunga A., Fermo P. PM₁₀ Source apportionment in Milan (Italy) using time-resolved data. *The Science of the Total Environment*, 2011, vol. 409, no. 22, pp. 4788–4795.
14. Lim J.-M., Moon J.-H., Chung Y.-S., Lee J.-H., Kim K.-H. Airborne PM₁₀ and metals from multifarious sources in an industrial complex area. *Atmospheric Research*, 2010, vol. 96, no. 1, pp. 53–64.
15. Lipatov G.Ya., Adrianovskii V.I. Vybrosov vrednykh veshchestv ot metallurgicheskikh korpusov medeplavil'nykh zavodov [Hygienic estimation of harmful substances emissions from metallurgical units of copper plants]. *Sanitarnyi vrach*, 2013, no. 8, pp. 41–43 (in Russian).
16. Strelyaeva A.B., Barikaeva N.S., Kalyuzhina E.A., Nikolenko D.A. Analiz istochnikov zagryazneniya atmosfernogo vozdukh melkodispersnoi pyl'yu [Analysis of sources causing air contamination with fine-disperse dust]. *Internet-vestnik VolgGASU. Seriya: Politematicheskaya*, 2014, no. 3 (34). Available at: <http://vestnik.vgasu.ru/?source=4&artcleno=1715> (17.07.2017) (in Russian).
17. May I.V., Zagorodnov S.Yu., Maks A.A., Zagorodnov M.Yu. Otsenka potentsial'nogo zagryazneniya atmosfernogo vozdukh melkodispersnyimi chastitsami v zone raspolozheniya mashinostroitel'nogo predpriyatiya [Assessment of potential air pollution finely dispersed particles in the zone of machine building enterprise]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Urbanistika*, 2012, no. 2, pp. 109–118 (in Russian).
18. Yanin E.P. Khimicheskie elementy v pylevykh vybrosakh elektrotekhnicheskikh predpriyatii i ikh rol' v zagryaznenii okruzhayushchei sredy [Chemical elements in dust discharge of electrical engineering enterprises as source pollution of the environment]. *Ekologicheskie sistemy i pribory*, 2009, no. 2, pp. 53–58 (in Russian).

19. Strelyaeva A.B., Marinin N.A., Azarov A.V. O znachimosti dispersnogo sostava pyli v tekhnologicheskikh protsessakh [On importance of dust disperse compound in technological processes]. *Internet-vestnik VolgGASU. Seriya: Politematicheskaya*, 2013, no. 3 (28). Available at: <http://vestnik.vgasu.ru/?source=4&artid=1381> (17.07.2017) (in Russian).

20. Strelyaeva A.B., Lavrent'eva L.M., Lupinogin V.V., Gvozdokov I.A. Issledovaniya zapylenosti v zhiloi zone, raspolozhennoi vblizi promyshlennykh predpriyatii chastitsami PM_{10} i $PM_{2.5}$ [Studies of dustiness in a residential area located near industrial enterprises with PM_{10} and $PM_{2.5}$ particles]. *Inzhenernyi vestnik Dona*, 2017, vol. 45, no. 2, pp. 154–156 (in Russian).

21. Zaitseva N.V., May I.V., Kleyn S.V. Optimizatsiya programm nablyudeniya za kachestvom atmosfernogo vozdukha selitebnykh territorii v sisteme sotsial'no-gigienicheskogo monitoringa na baze prostanstvennogo analiza i otsenki riska dlya zdorov'ya naseleniya [How to optimize programs for monitoring over atmospheric air quality in settlements in the social-hygienic monitoring system on the basis of spatial analysis and population health risk assessment]. *Permskii meditsinskii zhurnal*, 2010, vol. 27, no. 2, pp. 130–138 (in Russian).

Prosviryakova I.A., Shevchuk L.M. Hygienic assessment of PM_{10} and $PM_{2.5}$ contents in the atmosphere and population health risk in zones influenced by emissions from stationary sources located at industrial enterprises. Health Risk Analysis, 2018, no. 2, pp. 14–22. DOI: 10.21668/health.risk/2018.2.02.eng

Получена: 03.04.2018

Принята: 10.06.2018

Опубликована: 30.06.2018