

ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОЦЕНКИ ФОНОВЫХ УРОВНЕЙ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ С УЧЕТОМ ИХ ДИСПЕРСНОСТИ

РУП «Научно-практический центр гигиены», г. Минск¹,
УО «Белорусский государственный медицинский университет», г. Минск²

В статье представлены результаты гигиенической оценки загрязнения атмосферного воздуха населенных мест мелкодисперсными твердыми частицами на основании результатов исследования фактических концентраций твердых частиц дисперсностью 10 и 2,5 мкм, степени опасности загрязнения атмосферного воздуха и уровней риска здоровью. Выявлены закономерности изменений уровней риска в зависимости от степени загрязнения атмосферного воздуха мелкодисперсными твердыми частицами. Определены критерии гигиенической оценки степени загрязнения атмосферного воздуха твердыми частицами с учетом их дисперсного состава и критерии оценки влияния загрязнения атмосферного воздуха мелкодисперсными твердыми частицами на здоровье населения. Разработаны методические подходы к определению степени опасности загрязнения атмосферного воздуха твердыми частицами с учетом их дисперсности.

Ключевые слова: атмосферный воздух, мониторинг, загрязняющие вещества, твердые частицы, лабораторный контроль.

S. M. Sokolov, L. M. Sheuchuk, I. A. Prosviryakova

RESEARCH BACKGROUND LEVELS OF CONTAMINANTS IN AMBIENT AIR TAKING INTO ACCOUNT THEIR DISPERSION

Hygienic assessment of atmospheric air pollution in populated areas with finely dispersed solid particles was made on the basis of the results of the study of actual concentrations of solid particles with a dispersion of 10 and 2,5 microns, the degree of air pollution risk and the level of health risk. The patterns of changes in risk levels were determined depending on the degree of atmospheric air pollution by finely dispersed solid particles. The criteria for hygienic assessment of the degree

of atmospheric air pollution by solid particles, taking into account their dispersion composition, and criteria for assessing the influence of atmospheric air pollution by finely dispersed solid particles on the health of the population were determined. Methodical approaches were developed to determine the degree of danger of atmospheric air pollution by solid particles, taking into account their dispersion.

Key words: *air, monitoring, pollutants, solid particles, laboratory control.*

В последние годы интенсивно развиваются медико-биологические исследования, конечной целью которых является разработка мер профилактики неблагоприятных воздействий физических, химических и биологических факторов среды обитания на здоровье человека. При этом важнейшую роль при проведении профилактических и оздоровительных мероприятий играет установление безопасных уровней воздействия, назначение которых предупреждать негативное влияние токсикантов на здоровье с одной стороны, а с другой – оптимизировать материальные затраты, связанные с мероприятиями по защите здоровья населения.

Все разнообразие техногенных факторов, подлежащих изучению и последующему гигиеническому регламентированию, целесообразно разделить на две группы: факторы, которые оказывают постоянное влияние на человека, и потенциально вредные факторы, присутствие которых в среде обитания человека должно быть оценено с позиции их воздействия на здоровье населения. Подходы к гигиеническому регламентированию факторов первой группы предусматривают определения оптимальных (в отдельных случаях минимальных и/или максимальных) гигиенических нормативов. Это, в частности, касается норм микроклимата, освещенности, норм питания и т. д.

В отношении факторов второй группы речь идет об установлении границы допустимости в среде обитания человека потенциально токсичных химических веществ, шума, вибрации и т. д. В основе гигиенического регламентирования веществ второй группы лежит принцип пороговости, т. е. любой раздражитель, в частности химическое вещество вызывает соответствующую реакцию только при определенной пороговой силе. Действия раздражителя пороговой силы приводит к возникновению специфического ответа в зависимости от функциональных особенностей реагирующих систем.

Для большей части регламентированных загрязнителей атмосферного воздуха гигиенические нормативы представлены не только максимально разовыми предельно допустимыми концентрациями (ПДК_{мр}), но и среднесуточными (ПДК_{ср}) и среднегодовыми (ПДК_г), что является определенным приоритетом законодательства Республики Беларусь. По мнению многих авторов, наиболее объективные и достоверные результаты оценки влияния загрязняющих химических веществ на здоровье населения можно получить на основе анализа данных по их максимальным и усредненным значениям концентраций в приземном слое атмосферы в сочетании с методами оценки степени риска здоровью населения от воздействия загрязненного атмосферного воздуха.

Фоновая концентрация вредного вещества (фон) является важной характеристикой существующего загрязнения атмосферы, создаваемого всеми источниками выбросов, имеющими как естественное, так и антропо-

генное происхождение. Значения фоновых концентраций служит реальным показателем способным ограничивать величину выброса загрязняющих веществ в атмосферный воздух на конкретной территории, тем самым предупреждая возможность формирования на территории жилой застройки зон сверхнормативного загрязнения атмосферного воздуха. При размещении предприятий в районах, где атмосферный воздух уже загрязнен выбросами ранее введенных в эксплуатацию предприятий, нормирование выбросов проектируемых предприятий подлежит ограничению с учетом присутствующих в воздухе фоновых концентраций примесей.

За фоновую концентрацию принимается статистически достоверная максимальная разовая концентрация примеси, значение которой превышает в 5% случаев. Фоновая концентрация каждого вредного вещества определяется по данным мониторинга на стационарных постах в течение 5-ти лет [1–3].

На территории Республики Беларусь мониторинг состояния атмосферного воздуха проводится в 20 промышленных городах, включая областные центры, а также г. Полоцк, г. Новополоцк, г. Орша, г. Бобруйск, г. Мозырь, г. Речица, г. Светлогорск, г. Пинск, г. Новогрудок, г. Жлобин, г. Лида, г. Солигорск, г. Борисов, г. Барановичи.

Наблюдения за уровнем загрязнения воздушного бассейна обеспечивают 67 стационарных постов наблюдений Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь, включенные в Государственный реестр пунктов наблюдений Республики Беларусь, в том числе в Минске – 12 постов, в Могилеве, Гомеле и Витебске – по 5 постов, в Бресте и Гродно – по 4 поста; в остальных промышленных центрах – 1–3 поста наблюдений.

Репрезентативное количество и территории размещения стационарных постов наблюдений определены на основании предварительного исследования состояния воздушной среды городов, выбросов загрязняющих веществ, метеорологических условий рассеивания примесей, с учетом территориального размещения крупных источников выбросов и жилых районов. В целом, в Республике Беларусь, регулярными наблюдениями охвачены территории, на которых проживает 87 % населения [4].

Контроль качества атмосферы на стационарных постах наблюдений проводится как по основным «классическим» примесям (твердые частицы диоксид серы, оксид углерода, диоксид азота), так и по специфическим (фенол, аммиак, формальдегид, свинец, кадмий и т. д.). Исследования содержания в атмосферном воздухе загрязняющих веществ осуществляются по 2-м основным видам программ:

«неполной» программе, предназначенной для получения информации о максимальных разовых концентрациях загрязняющих веществ, предусматривающей про-

ведение исследований атмосферного воздуха ежедневно 3 раза в сутки, в строго регламентированное время в 7, 13, 19 часов;

«полной» программе, обеспечивающей возможность получения данных о максимальных разовых и среднесуточных концентрациях загрязняющих веществ. Исследования по «полной» программе проводятся ежедневно путем непрерывной регистрации с помощью автоматических устройств или дискретно через равные промежутки времени не менее 4 раз в сутки при обязательном отборе в 1, 7, 13, 19 часа.

Ежегодно на стационарных постах отбирается и анализируется более 50 тысяч проб атмосферного воздуха [3, 4].

С 2006 года на территории Республики Беларусь наряду с осуществляемым мониторингом содержания в атмосферном воздухе суммы твердых частиц недифференцированных по составу пыль/аэрозоль (далее – TSP), организован автоматизированный мониторинг твердых частиц с аэродинамическим диаметром менее 10 микрон (далее – PM₁₀). Автоматизированную сеть мониторинга составляют 19 станций автоматического контроля, обеспечивающих выполнение измерений PM₁₀ круглосуточно в непрерывном режиме.

Материалы и методы. Оценка фонового уровня загрязнения атмосферы проводилась на основании сведений о фоновых концентрациях загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, установленных государственным учреждением «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторинга окружающей среды» по результатам исследований на стационарных постах наблюдений в период с 2010 по 2014 г.

В работе были проанализированы фоновые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе 346 территориально-промышленных комплексов Республики Беларусь (территориально-промышленные комплексы городов областного, районного подчинения, поселков, деревень, агрогородков и т. д.).

Гигиеническая оценка фонового содержания твердых частиц в атмосферном воздухе населенных пунктов проведена на основании результатов сравнения факти-

ческого содержания твердых частиц в атмосферном воздухе (согласно справочников Гидромет о значениях фоновых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе) и значений гигиенических нормативов. Дополнительно был рассчитан суммарный показатель загрязнения атмосферы, определена степень опасности загрязнения атмосферного воздуха и вклад твердых частиц в ее формирование [5].

Для оценки возможного влияния фонового загрязнения атмосферного воздуха на здоровье населения, в качестве критерия относительной опасности, применялся индекс качества атмосферного воздуха, рассчитаны значения острого и хронического риска воздействия TSP и PM₁₀ [6, 7].

В работе использовались современные, характерные для эколого-эпидемиологических исследований санитарно-гигиенические, аналитические и статистические методы.

Статистическая обработка результатов проводилась с помощью средств анализа электронных таблиц Microsoft Excel 2000.

Результаты и обсуждение

В результате гигиенической оценки фонового уровня загрязнения атмосферного воздуха 346 территориально-промышленных комплексов Республики Беларусь (территориально-промышленные комплексы городов областного, районного подчинения, поселков, деревень, агрогородков и т. д.) в период с 2010 по 2014 годы, установлено, что средние значения фоновых концентраций TSP ($80,14 \pm 23,00$ мкг/м³ [71,85; 88,43]) и PM₁₀ ($41,31 \pm 8,59$ мкг/м³ [38,21; 44,41]) не превышают установленные для них гигиенические нормативы (300 мкг/м³ и 150 мкг/м³, соответственно), таблица 1.

Соотношение средних значений фоновых концентраций PM₁₀ к сумме твердых частиц (TSP) в атмосферном воздухе населенных пунктов составляет $0,55 \pm 0,25$ ($TSP = PM_{10} \cdot 0,55 \pm 0,25$). Таким образом, на долю частиц PM₁₀ приходится 55% от TSP. Следует отметить, что наблюдаемая в фоновом уровне загрязнения атмосферы населенных пунктов особенность распределения твердых частиц по фракционному составу, подтверждается также в работах Ревича Б. А. [8], однако данная законо-

Таблица 1. Фоновые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе по Республике Беларусь (среднее арифметическое ± стандартное отклонение [доверительный интервал])

Вещество	Класс опасности	Предельно допустимая максимально разовая концентрация, мкг/м ³	Фоновая концентрация, мкг/м ³
TSP	3	300	80,14 ± 23,00 [71,85; 88,43]
PM ₁₀	3	150	41,31 ± 8,59 [38,21; 44,41]
Серы диоксид	3	500	32,3 ± 8,9 [29,09; 35,51]
Углерода оксид	4	5000	804,19 ± 238,96 [718,03; 890,34]
Азота диоксид	2	250	45,34 ± 21,74 [37,51; 53,18]
Фенол	2	10	2,89 ± 0,77 [2,61; 3,16]
Аммиак	4	200	53,99 ± 7,58 [51,26; 56,72]
Формальдегид	2	30	17,83 ± 1,65 [17,24; 18,43]
Свинец и его неорганические соединения (в пересчете на свинец)	1	1	0,05 ± 0,04 [0,03; 0,06]
Кадмий и его соединения (в пересчете на кадмий)	1	3	0,01 ± 0,001 [0,01; 0,012]
TSP : PM ₁₀			0,55 ± 0,25 [0,45; 0,64]

Таблица 2. Гигиеническая оценка фонового загрязнения атмосферного воздуха населенных мест

Показатель	Значение (оценка)
Суммарный показатель фонового загрязнения атмосферы «Р» комплексом загрязняющих веществ (TSP, PM ₁₀ , серы диоксид, углерода оксид, азота диоксид, фенол, аммиак, формальдегид, свинец, кадмий)	1,13 ± 0,12 [1,12; 1,15]
Степень опасности фонового загрязнения атмосферы комплексом загрязняющих веществ	I – допустимая
Суммарный показатель фонового загрязнения атмосферы «Р» (TSP, PM ₁₀)	0,39 ± 0,08 [0,38; 0,4]
Степень опасности фонового загрязнения атмосферы (TSP, PM ₁₀)	I – допустимая
Вклад TSP и PM ₁₀ в суммарный показатель фонового загрязнения атмосферы комплексом загрязняющих веществ, %	34,33 ± 6,18 [33,56; 35,1]

мерность отмечались им при изучении особенностей рассеивания выбросов «пылящих источников» промышленных предприятий.

Суммарный показатель фонового загрязнения атмосферного воздуха TSP и PM₁₀ составляет 0,39 ± 0,08 [0,38; 0,4] и соответствует допустимой степени опасности загрязнения атмосферы. Вклад TSP и PM₁₀ в суммарный показатель загрязнения атмосферы – более 30 %, таблица 2.

Допустимая степень опасности загрязнения атмосферного воздуха характеризуется процессом адаптации организма, фоновым уровнем заболеваемости и приемлемым риском здоровью. При допустимой степени загрязнения атмосферного воздуха регламентирована низкая приоритетность действий, не требующая дополнительных мер, поддерживается действующая система управления риском [5].

При оценке риска здоровью населения широко применяется метод оценки индекса опасности здоровью воздействия загрязняющего вещества с учетом критических органов и систем, в которых при возрастании уровня дозы (концентрации) возникает первый вредный эффект или его предвестник. Критическими органами при воздействии твердых частиц, содержащихся в атмосферном воздухе, являются органы дыхания [5, 7].

По результатам выполненных исследований установлено, что риск здоровью населения, обусловленный содержанием TSP и PM₁₀ в воздухе населенных мест, характеризуется приемлемым уровнем (0,0104 ± 0,003 д. ед. [0,01; 0,011] и 0,0107 ± 0,002 д. ед. [0,0104; 0,011], соответственно), индекс опасности развития неблагоприятных эффектов со стороны органов дыхания оценивается как низкий (0,21 ± 0,06 [0,207; 0,222] и 0,33 ± 0,067 [0,34; 0,32], соответственно). Вклад TSP и PM₁₀ в формирование индекса опасности развития неблагоприятных эффектов со стороны органов дыхания, обусловленный фоновым загрязнением атмосферного воздуха комплексом загрязняющих веществ (TSP, PM₁₀, серы диоксид, углерода оксид, азота диоксид, фенол, аммиак, формальдегид, свинец, кадмий) составляет более 30 % (34,43 ± 4,002 % [33,93; 34,93]).

Установлено, что наибольшие значения фоновых концентраций TSP и PM₁₀ отмечаются в атмосферном воздухе 5-ти территориально-промышленных комплексов: в г. Кричеве и г. Костюковичи (214 мкг/м³ и 52 мкг/м³, соответственно); г. Гомеле (144 мкг/м³ и 72 мкг/м³, соответственно); г. Бобруйске (136 мкг/м³ и 55 мкг/м³, соответственно); г. Минске в районе улицы Радиальной и улицы Тимирязева (112 мкг/м³ и 73 мкг/м³, соответственно).

На выделенных территориях вклад фоновых концентраций TSP и PM₁₀ в суммарный показатель загрязнения атмосферного воздуха комплексом загрязняющих веществ составляет от 45,2 %, 54,2 % и 56,07 % (в г. Борисове, г. Минске и г. Гомеле, соответственно) до 58,73% (в г. Кричеве и г. Костюковичи).

Индекс опасности развития неблагоприятных эффектов со стороны органов дыхания достигает 2,03–2,09 в г. Кричеве, г. Костюковичи и г. Гомеле; 2,0 – в г. Борисове; 1,93 – в г. Минске. Вклад TSP и PM₁₀ в формирование индекса опасности составляет 47 % в г. Кричеве, г. Костюковичи и г. Гомеле; 45,6 % – в г. Минске и 40 % – в г. Борисове.

Таким образом, полученные результаты исследований фонового загрязнения атмосферного воздуха свидетельствуют о присутствии в воздухе населенных пунктов TSP и PM₁₀ в концентрациях, не превышающих установленные гигиенические нормативы. Средние значения фоновых концентраций TSP PM₁₀ составляют 80,14 ± 23,00 мкг/м³ [71,85; 88,43] и 41,31 ± 8,59 мкг/м³ [38,21; 44,41], соответственно.

Соотношение средних значений фоновых концентраций PM₁₀ к сумме твердых частиц (TSP) в атмосферном воздухе населенных пунктов составляет 0,55 ± 0,25 (TSP = PM₁₀ * 0,55 ± 0,25). На долю частиц PM₁₀ приходится 55 % от TSP.

Вклад TSP и PM₁₀ 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%.

Наибольшие значения фоновых концентраций TSP и PM₁₀ отмечаются в атмосферном воздухе 5-ти территориально-промышленных комплексов: в г. Кричеве, г. Костюковичи, г. Гомеле, г. Бобруйске, г. Минске в районе улицы Радиальной и улицы Тимирязева. На выделенных территориях вклад фоновых концентраций TSP и PM₁₀ в суммарный показатель загрязнения атмосферного воздуха комплексом загрязняющих веществ составляет от 45,2 %, 54,2 и 56,07 % (в г. Борисове, г. Минске и г. Гомеле, соответственно) до 58,73 % (в г. Кричеве и г. Костюковичи). Индекс опасности развития неблагоприятных эффектов со стороны органов дыхания достигает 2,03–2,09 в г. Кричеве, г. Костюковичи и г. Гомеле; 2,0 – в г. Борисове; 1,93 – в г. Минске. Вклад TSP и PM₁₀ в формирование индекса опасности составляет 47 % в г. Кричеве, г. Костюковичи и г. Гомеле; 45,6 % – в г. Минске и 40 % – в г. Борисове.

❑ Оригинальные научные публикации

Загрязнение атмосферного воздуха населенных пунктов TSP и PM₁₀ в г. Кричеве, г. Костюковичи, г. Борисове, г. Гомеле и г. Минске требует проведения дополнительных исследований. Актуальной остается оценка дисперсного состава выбросов твердых частиц конкретных территорий, с учетом источников и специфики загрязнения атмосферного воздуха.

Литература

1. РД 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. – М.: Госкомгидромет СССР, 1991. – Часть I и II. – 615 с.
2. ОНД-86. Методика расчета концентрации в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. – Л.: Гидрометеиздат, 1987 – 73 с.
3. ГОСТ 17.2.3.01-86. Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов. – Введ. 01.01.1987 – Взамен ГОСТ 17.2.3.01-77. – Минск, 2015. – 8 с.

4. Мониторинг атмосферного воздуха [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rad.org.by/articles/vozduh/monitoring-atmosfernogo-vozduha.html/>. – Дата доступа 06.05.2016.

5. Методика оценка риска здоровью населения факторов среды обитания : инструкция по применению от 08.06.2012 г., рег. № 025-1211. – Минск, 2012. – 54 с.

6. МР 1139-9711. Методические рекомендации по гигиенической оценке качества атмосферного воздуха и эколого-эпидемиологической оценке риска для здоровья населения: утв. Гл. гос. санитар. врачом Респ. Беларусь от 10.02.1998. – Минск, 2015. – 34 с.

7. Оценка риска для здоровья населения от воздействия химических веществ, загрязняющих атмосферный воздух: инструкция 2.1.6.11-9.29.2004: утв. 05.07.2004 г. / Ф. А. Германович [и др.] // Современные методы диагностики, лечения и профилактики заболеваний: сб. инструктив.-метод. док. – Минск, 2005. – Вып. 5, т. 6. – С. 83–57.

8. Ревич, Б. А., Авалиани С. Л., Тихонова Г. И. Экологическая эпидемиология. – М., – 384 с.

Поступила 31.11.2018 г.