

verse effects resulting from exposure to fine particles (with diameter less than 10 μm) has been previously reported. It was revealed that pollen grains have the diameter equivalent to the one of the fine particles. As both of the contaminants are present in the ambient air in the form of biological aerosol, an expressed effect of summation can be observed. To estimate a human exposure an averaged mass of individual pollen grain concentration for each of the dominant taxons expressed in m^3 was converted to pollen ambient air concentration represented as mg/m^3 . Averaged daily concentrations were calculated for six dominating plant taxons. Inhalation load of seasonal pollen pollution was estimated based on the indices of pollen pollution for each of the dominant allergens. It was estimated that inhalation dose was 0,008 mg/kg for adults and 0,0374 mg/kg for children. Obtained doses can be considered as a safety criteria and become a basis for the further development of the local hygienic standard for the Kiev city.

УДК 614.715+613.15

ГИГИЕНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ НОРМИРОВАНИЯ ВЗВЕШЕННЫХ ЧАСТИЦ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ С УЧЕТОМ ИХ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА

Ермаченко А.Б., Котов В.С.

Донецкий национальный медицинский университет им. М. Горького, г. Донецк

Актуальность темы. Одним из существенных факторов загрязнения атмосферного воздуха урбанизированных территорий являются взвешенные частицы различных фракций. Мелкодисперсные взвешенные вещества сами по себе и в комбинации с другими загрязнителями представляют угрозу для здоровья человека.

Бурно развивающиеся в последние годы нанотехнологии предполагают использование в той или иной сфере производства наночастиц, линейные размеры которых составляют от одного до ста нанометров. Наиболее «популярными» наночастицами являются частицы из углерода (нанотрубки, фуллерены, графен), наночастицы оксида кремния, золота, серебра, а также оксида цинка и диоксида титана. Главная особенность наночастиц состоит в том, что их физические и химические свойства зачастую существенно отличаются от свойств макропорций того же самого вещества.

Это, с одной стороны, открывает новые возможности использования наноматериалов в области биомедицины, фармакологии, производстве продуктов питания, при решении экологических и сельскохозяйственных проблем. Но с другой стороны, вы-

сокая биологическая активность наночастиц несет в себе риски токсических эффектов.

Установлено, что многие наночастицы обладают высокой проникающей способностью: легко проникают через мембраны клеток, обнаруживаются в клеточном ядре, преодолевают гематоэнцефалический барьер. Однако токсичность различных наноматериалов изучена крайне недостаточно; нет данных по метаболизму и механизму их действия, не определены критические органы и системы [1].

Показана опасность для здоровья ингаляционного поступления наночастиц высокодисперсных аморфных кремнеземов в организм работающих в условиях их производства [2].

Ранее нами была сделана попытка обобщения характеристик наночастиц по их химико-физическим и медико-биологическим эффектам, а также оценки их риска для здоровья населения [3].

Вредность пыли зависит от количества, дисперсности и формы (структуры) пылинки. Более крупные пылинки быстро оседают в воздухе, а при вдыхании задерживаются в носоглотке и удаляются мерцательным эпителием к пищеводу. Пылинки размером от 0,1 до 10 μm в воздухе оседают мед-

ленно и проникают глубоко в легкие. При этом они могут вызывать профессиональные заболевания – пневмокониозы.

Наиболее часто обнаруживаются следующие размерные фракции взвешенных частиц: PM10 – частицы с аэродинамическим диаметром менее 10 мкм; PM_{2,5} – с аэродинамическим диаметром менее 2,5 мкм; PM-1 – менее 1,0 мкм. Мельчайшая частица (наночастица) – с аэродинамическим диаметром менее 0,1 мкм [4].

Важными параметрами атмосферных аэрозолей, характеризующих их физико-химические свойства и воздействие на окружающую среду, являются массовая концентрация, функция распределения частиц по размерам и элементный состав.

При неизвестном дисперсном составе пыли предлагается принимать для пылящего источника выброса долю частиц PM 10 – 55%, частиц PM_{2,5} – 26% от общей массы выброса пыли в атмосферу [5].

Обнаружено, что мелкодисперсные частицы PM10 составляют до 70% всех взвешенных частиц, ультратонкие частицы менее 0,1 мкм (наночастицы) составляют до 40% выбросов мелкодисперсных фракций при эксплуатации автомобильного транспорта. При этом исследования проб атмосферного воздуха показали, что средние концентрации свинца, никеля, хрома, кобальта, цинка и железа в этой пыли превышают гигиенические нормативы. Кроме того, частицы в своем составе несут биологические компоненты (бактерии, грибы), а также их фрагменты, что усугубляет негативный эффект в развитии респираторных и аллергических заболеваний населения, проживающего на урбанизированной территории [6].

Наночастицы входят в состав аэрозолей конденсации, образующихся при электро- и газосварке, электротермической плавке кремнийсодержащих ферросплавов и технически чистого кремния, кварцевудвух работах, содержатся в выхлопных газах бензиновых и особенно дизельных двигателей. Обнаружено, что при образовании аэрозолей дезинтеграции возникающие наночастицы прилипают к поверхности более крупных пылинок и без специальной обработки не могут быть выделены в виде самостоятельной фракции. [7].

Углеродные наночастицы различной морфологии были обнаружены в донецких углях и практически во всех твердых продуктах, получаемых при их коксовании (коксе, пыли, улавливаемой при выгрузке кокса, коксовой пыли из установок тушения кокса, пековом коксе и пироуглеродных отложениях в камерах коксовых печей) [8].

Показано, что зона загрязнения атмосферного воздуха с учетом дисперсного состава пылей характеризуется большей площадью, чем без учета деления частиц на фракции [9].

Данный вид загрязнения за рубежом изучается более 20 лет. В России только в 2010 г. введены предельно допустимые максимальные разовые и среднесуточные концентрации взвешенных частиц PM10 (0,3 мг/м³ и 0,06 мг/м³ соответственно) и взвешенных частиц PM_{2,5} (0,16 мг/м³ и 0,035 мг/м³ соответственно). Кроме того, установлены предельно допустимые среднегодовые концентрации для взвешенных частиц PM10 – 0,04 мг/м³ и взвешенных частиц PM_{2,5} – 0,025 мг/м³ [10], а также методические указания по контролю содержания наночастиц на предприятиях nanoиндустрии [11].

В Украине же до настоящего времени нормы содержания наночастиц в атмосферном воздухе не разработаны.

Наночастицы с высоким содержанием металлов были обнаружены в наших предыдущих исследованиях в выбросах теплоэлектростанций, предприятий по производству огнеупоров, коксохимических и металлургических предприятий, горящих угольных породных отвалов.

Учет дисперсного состава пылей позволит выявить реальные угрозы для здоровья населения и разработать мероприятия по снижению массы пылей, выбрасываемых в атмосферу.

Объекты и методы исследований. Исследован фракционный и химический состав пыли в воздухе рабочей зоны металлургического комбината при производстве ванадия а также в атмосферном воздухе [12,13].

Результаты исследований и их обобщение. Микрофотографии пылевых частиц показали, что их размер составлял от десятитысячных долей микрона до 50 мкм. Бы-

ло обнаружено, что в состав частиц входили кремний, кальций, магний, калий, алюминий и ванадий.

Концентрации ванадия в воздухе рабочей зоны при этом были выше ПДК_{р.з.} в 1,1-2,1 раза.

В атмосферном воздухе в районе размещения металлургического комбината со-

держание пятиоксида ванадия превышало ПДК_{мр} на расстоянии до 2000 м от источника выбросов.

Изучение распределения пылевых частиц показало, что относительно крупные частицы пыли оседали из воздуха вблизи источника образования, доля более мелких частиц увеличивалась с расстоянием (таб. 1).

Таблица 1. Распределение пылевых частиц в атмосферном воздухе в районе исследований.

Расстояние от источника выбросов, м	Содержание частиц пыли разных фракций, %		
	>10 мкм	2,5-10 мкм	< 2,5 мкм
500	56	26	18
1000	39	38	23
2000	28	43	29
3000	21	45	34

При этом выявлена достоверная связь содержания пылевых частиц в атмосферном воздухе и показателей заболеваемости населения (особенно заболеваниями органов дыхания).

Полученные данные подтверждают актуальность определения дисперсного состава пылегазовых выбросов как для задач оценки влияния выбросов пылей (в том числе мелкодисперсных частиц) на здоровье населения, так и для задач нормирования выбросов.

При этом возникают следующие задачи нормирования загрязнения атмосферного воздуха: инвентаризация источников выделения взвешенных веществ с различным содержанием мелкодисперсных взвешенных частиц с определением величины валового выброса вышеуказанных мелкодисперсных частиц, а также выполнение расчетов загрязнения атмосферы от выбросов мелкодисперсных взвешенных частиц.

Выводы

Анализ литературных источников и результатов собственных исследований позволил установить, что в настоящее время для урбанизированных территорий особое значение приобретает недостаточно изученный фактор как распространенности, так и негативного воздействия на организм человека наночастиц. Вблизи источников выбросов опасность представляют повышенные концентрации поллютантов в пыли, а с увеличением расстояния (2000-3000 м) возрастает доля мелкодисперсных частиц (в т.ч. наночастиц) в атмосферном воздухе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беляева Н.Н. / Оценка влияния многослойных углеродных нанотрубок на морфофункциональное клеточное состояние тонкого кишечника мышей / Н.Н. Беляева, Р.И. Михайлова, Л.П. Сычева и др. // Гигиена и санитария. – 2012. – 6. – С. 58-61.
2. Диденко М.Н. / Влияние наночастиц аморфного высокодисперсного кремнезема на морфологическую структуру внутренних органов крыс / М.Н. Диденко, В.А. Стежка // Биотехнологія. – 2009. – Т.2. – №1. – С. 80-87.
3. Гребняк М.П. / Нанотехнологічні фактори ризику для здоров'я населення / М.П. Гребняк, О.Б. Єрмаченко // Environment & Health. – 2011 – №1. – С. 52-55.

4. Азаров В.Н. Регулирование качества атмосферного воздуха / В.Н. Азаров, А.Ю. Недре, С.А. Усова // Проблемы промышленной экологии: сборник материалов и научных трудов инженеров-экологов. – ВолгГАСУ, – 2009. – Вып.3. – С. 11-16.
5. Рапопорт О.А. К вопросу о нормировании выбросов мелкодисперсных частиц размерами менее 10 мкм (PM 10) и менее 2,5 мкм (PM 2,5) / О.А. Рапопорт, И.Д. Копылов, Г.Н. Рудой // Экологический вестник России. – 2012. – №4. – С. 56-61.
6. Копытенкова О.И. Невидимые убийцы, или риски, обусловленные мелкодисперсной пылью от транспорта / О.И. Копытенкова, А.В. Леванчук, И.Р. Мингулова // Нанотехнологии Экология Производство. – 2013. – №1 (20). – С. 35-37.
7. Величковский Б.Т. Дискуссионные вопросы о влиянии частиц нанометрового диапазона на органы дыхания / Б.Т. Величковский, Г.Г. Кругликов // Пульмонология. – 2011. – №3. – С. 5-8.
8. Шмалько В.М. / Нано- и микроволокна, выделяемые из каменноугольного пекового кокса / В.М. Шмалько // Хімія, фізика та технологія поверхні. – 2012. – Т.3. – №1. – С. 102-107.
9. Макс А.А. Количественный анализ компонентного и фракционного состава пылей выбросов машиностроительных производств как основа оценки пылевой экспозиции населения / А.А. Макс, С.Ю. Загороднов, М.Ю. Загороднов // Фундаментальные и прикладные аспекты анализа риска здоровью населения: Материалы Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и специалистов Роспотребнадзора: – Пермь: Книжный формат, – 2012. – Т.2. – С. 7-16.
10. Гигиенические нормативы ГН 2.1.6.2604-10. Дополнение №8 к ГН 2.1.6.1338-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест». – М.: МЗ РФ.
11. МР 1.2.2639-10. 1.2. Гигиена, токсикология, санитария. Использование методов количественного определения наноматериалов на предприятиях nanoиндустрии. Методические рекомендации. – М.: МЗ РФ. – 4 с.
12. Коузов П.А. Основы анализа дисперсного состава промышленных пылей и измельченных материалов. / П.А. Коузов. – 3-е изд., перераб. – Л.: Химия, – 1987. – 264 с.
13. РД 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы // М.: МЗ СССР, – 1991. – С. 135-138.

**ГІГІЄНІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ НОРМУВАННЯ
ЗВАЖЕНИХ ЧАСТОК В АТМОСФЕРНОМУ ПОВІТРІ З УРАХУВАННЯМ
ЇХ ФРАКЦІЙНОГО СКЛАДУ**

Єрмаченко О.Б., Котов В.С.

Досліджено фракційний і хімічний склад пилу в повітрі робочої зони металургійного комбінату при виробництві ванадію а також в атмосферному повітрі. Поблизу джерел викидів небезпеку становлять підвищені концентрації металів у пилу; із збільшенням відстані зростає вміст дрібнодисперсних часток (у т.ч. наночасток) в атмосферному повітрі.

**HYGIENIC RATIONALE FOR NORMALIZATION SUSPENDED PARTICLES IN
ATMOSPHERIC AIR WITH REGARD TO THEIR FRACTIONAL COMPOSITION**

A. Yermachenko, V. Kotov

Fractional and chemical composition of the dust in the working area of metallurgical plant in the production of vanadium and also in the air were investigated. Near sources of emissions danger is represented by higher concentrations of metals in the dust, with the distance the proportion of fine particles (including nanoparticles) in ambient air increases.