

УДК 615.9:613.632.2:621.791:001.5

ЧАСТИЦЫ НАНОДИАПАЗОНА: ВОЗМОЖНЫЙ ВКЛАД В РАЗВИТИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНО ОБУСЛОВЛЕННОЙ ПАТОЛОГИИ

Демешкая А.В., Кучерук Т.К., Мовчан В.А.

Институт медицины труда АМН Украины, г. Киев

Нанотехнологическая революция стала причиной нового витка в развитии машиностроения, информационных технологий, медицинской диагностики и обусловила появление новой «субкатегории» токсикологии — нанотоксикологии. Предполагается, что наночастицы, присутствующие в воздухе рабочей зоны, могут способствовать повышению заболеваемости и смертности от патологии дыхательной и сердечно-сосудистой систем вследствие специфической токсикологической роли ультрадисперсных частиц. Изучение биологических свойств и роли наночастиц в развитии профессионально обусловленной патологии является одной из актуальных проблем как в мире, так и в Украине.

Ключевые слова: нанотехнологии, нанотоксикология, наночастицы, ультрадисперсные частицы, сварочные аэрозоли

В настоящее время человечество стоит на пороге нанотехнологической революции. Следует отметить, что для понятия «нанотехнология» не существует исчерпывающего определения, однако по аналогии с микротехнологиями можно сказать, что нанотехнологии — это технологии, оперирующие величинами порядка нанометра ($1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$), т.е. величинами, в сотни раз меньшими длины волны видимого света и сопоставимыми с размерами атомов. Таким образом, переход от «микро» к «нано» — это воистину скачок от манипуляций веществами к манипуляциям отдельными атомами [16, 32]. «Отцами» нанотехнологии по праву можно считать греческого философа Демокрита, который в 400 г. до н.э. впервые использовал слово «атом» (греч. — нераскалываемый) для описания самой малой частицы вещества, Альберта Эйнштейна, доказавшего в 1905 г., что размер молекулы сахара составляет примерно 1 нм, а также японского физика Норио Танигучи, который в 1974 г. ввел понятие «нанотехнология».

Наночастицы существуют в космосе, атмосфере, гидросфере, горных породах и магме. В геологических процессах наночастицы могут образовываться при фазовых переходах из жидкого или газообразного состояния в твердое, при процессах выветривания. В космосе наночастицы образуются при физических процессах (электрические разряды и реакции конденсации, происходящие в солнечной туманности). Именно наночастицы являются так называемым «зародышем» для образования крупных кристаллов полезных ископаемых и силикатов. Отдельное место в работах ученых разных стран занимает изучение техногенных частиц, находящихся в атмосфере [9, 16, 33, 35]. Реакция в тропосфере с участием наночастиц существенно влияет на концентрацию в воздухе та-

ких важнейших газообразных загрязнителей, как азотная кислота, двуокись серы и другие. Эти реакции часто изменяют состав частиц, что сказывается на формировании облаков, рассеивании и поглощении света, воздействии на здоровье человека и окружающую среду.

В настоящее время частицы нанодиапозона условно разделяют на две группы: ультратонкие, или ультрадисперсные, ультрамалые частицы (аэродинамический диаметр менее 100 нм), и тонкие, или малые (аэродинамический диаметр более 100 нм). Для сравнения, размер клеток составляет 1000–10000 нм, вирусов — 20–450 нм, молекул белков — 5–50 нм, генов — 2 нм в ширину и 10–100 нм в длину [16, 32].

Интерес ученых к наночастицам в большей мере обусловлен тем фактом, что они занимают промежуточное положение между атомно-молекулярным и конденсированным состоянием вещества. Даже простые нанообъекты (например, наночастицы металлов) имеют физические и химические свойства, отличные от свойств более крупных объектов из того же материала, а также от свойств отдельных атомов. Размер и форма нанообъекта могут существенно влиять на его оптические, магнитные, электрические свойства и даже на цвет. Тип материала наночастиц и их концентрация сильно влияют на теплофизические и магнитные свойства. Так, при малых концентрациях значительно возрастают магнитные и парамагнитные свойства, и наночастицы вещества проявляют уникальное свойство — «самосборку кристаллической структуры» [12, 17, 21, 23, 27, 34].

Одна из главных отличительных особенностей наночастиц состоит в большой площади удельной поверхности [8, 12, 24]. Первичные частицы могут быть в различной степени агрегированы и агломери-

рованы, при этом, чем меньше средний размер первичных частиц, тем сильнее выражен эффект образования агрегатов и агломератов. Известно, что группы наночастиц могут обладать новыми качествами, возникающими в результате их взаимодействия друг с другом.

В настоящее время нанотехнологии являются одним из наиболее приоритетных направлений исследований крупнейших университетов и ведущих научно-исследовательских центров развитых стран мира. Появление высокоразрешающих методик изучения вещества дало исследователям инструмент для прямого наблюдения за процессами зарождения минералов, а также изучения различных материалов на наноуровне [10, 16, 21, 32, 34]. Развитие нанотехнологий осуществляется в трех основных направлениях: изготовление электронных схем с активными элементами, размеры которых сравнимы с размерами молекул и атомов, непосредственная манипуляция атомами и молекулами, а также разработка и изготовление наномашин (механизмов и роботов размером с молекулу), использование наночастиц для адресной доставки лекарственных веществ (ЛВ). Реализация этих направлений уже началась. Исследование природных ультрадисперсных систем инициировало создание современных наноматериалов. Уже сегодня в некоторых областях промышленности осуществляется нанотехнологический контроль изделий и материалов. Активно развиваются нанотехнологические методы, позволяющие создавать активные элементы (транзисторы, диоды) размером с молекулу и формировать из них многослойные трехмерные схемы. По оценкам специалистов, в ближайшие годы начнется масштабное производство наноэлектронных чипов, например, микросхем памяти емкостью в десятки гигабайт. Особого внимания заслуживает успешное применение нанотехнологий в медицине и фармации. Так, в течение последних 10–15 лет на основе известных лекарственных веществ были созданы препараты, обладающие новыми свойствами. Как известно, традиционные лекарственные формы не обеспечивают подачу ЛВ внутрь целевых клеток. Эту задачу смогли решить с помощью наноносителей (нанокапсул, нанокристаллов, наносфер), поскольку с их помощью возможен целенаправленный транспорт ЛВ в орган-мишень или ткань-мишень, что является одним из базовых элементов технологии контролируемого пролонгированного их высвобождения. При длительной циркуляции наноносителей в кровяном русле содержащееся в них ЛВ защищается от инактивизации, а его действие пролонгируется. Полимерные нанокапсулы и наночастицы с сорбцией ЛВ в массе частицы могут транспортировать высокотоксичные ЛВ

внутри клеток при минимальном проявлении общей токсичности. Последнее было использовано при создании нанокапсул и наночастиц с противоопухолевыми высокотоксичными ЛВ. Кроме противоопухолевых средств, в наноносителях используются антибактериальные и антималярийные препараты, адrenomоляторы, а также другие ЛВ, требующие внутриклеточного введения. Также в наноносители могут быть включены диагностические маркеры, что позволит выявлять наличие в организме трансформированных клеток на ранних стадиях заболевания [10, 11, 14, 22, 28].

Стремительное развитие нанотехнологий, появление новых антропогенных источников загрязнения окружающей среды, а также данные о физико-химических свойствах частиц нанодиапазона инициировали изучение возможного негативного влияния ультрадисперсных частиц на организм человека. Результаты экспериментальных исследований с использованием лабораторных животных, посвященных потенциальной токсичности ультрамалых частиц, привлекли внимание ведущих ученых разных стран мира. Последнее явилось основой для возникновения нового раздела токсикологии — нанотоксикологии [15, 16, 24, 32].

В настоящее время известно, что высокие уровни воздействия респираторных частиц диаметром менее 100 нм могут стать причиной увеличения заболеваемости и смертности вследствие патологии дыхательной и сердечно-сосудистой систем. Существуют убедительные данные о том, что, попадая в организм, ультрамалые частицы могут диффундировать в различные отделы респираторного тракта, транспортироваться через эпителиальные и эндотелиальные клетки в кровеносную и лимфатическую системы, и, в конечном итоге, накапливаться в костном мозге, лимфатических узлах, селезенке и сердце [32, 35].

Токсикологические и эпидемиологические исследования базируются на предположениях о том, что причиной изменений в состоянии здоровья работающих могут быть ультрадисперсные частицы, поступающие в организм ингаляционным путем [19, 29]. Несмотря на то, что токсикологические механизмы таких эффектов недостаточно изучены, очевидно, что по сравнению с более крупными частицами, ультрамалые частицы обладают большей биологической активностью и могут индуцировать интенсивные воспалительные реакции [16, 30].

Предполагается, что даже краткосрочные воздействия частиц нанодиапазона, присутствующих в атмосферном воздухе и воздухе рабочей зоны, могут являться причиной разнообразных реакций со стороны сердечно-сосудистой системы (ССС), при чем их выраженность может варьировать достаточно широко.

ко: от незначительных нарушений сердечного ритма до инфаркта миокарда [20, 35]. Ряд исследователей предполагает наличие связи между воздействием ультрамалых частиц и риском развития ишемической болезни сердца (ИБС), а также тромбообразования [13, 30, 36]. Адсорбция наночастиц на поверхности эритроцитов может приводить к дестабилизации мембраны и гемолизу. Некоторые ультрадисперсные частицы могут взаимодействовать с рецепторным аппаратом мембран Т-лимфоцитов, связывая их и, соответственно, уменьшая их количество [18]. Кроме того, ультрадисперсные частицы могут осуществлять транзит металлов и органических токсикантов к клеткам-мишеням [16, 32].

В настоящее время имеются данные и о том, что ультрадисперсные частицы могут индуцировать значительные повреждающие эффекты, включая нарушения легочного клиренса, хронические воспалительные процессы, фиброз легочной ткани и опухоли легких. Такие эффекты могут возникать при воздействии частиц даже с низкой цитотоксичностью (при условии длительного ингаляционного воздействия) [29, 31].

Способность ультрадисперсных частиц ингибировать фагоцитоз открывает им беспрепятственный доступ в легочный интерстиций. Поступая в легкие ультрамалые частицы вызывают более сильную воспалительную реакцию, чем частицы больших размеров, что по всей видимости, обусловлено большей площадью их удельной поверхности. В ряде эпидемиологических исследований установлено, что ухудшение легочных функций человека и животных коррелирует с поступлением в организм ультрадисперсных частиц, диаметр которых составляет не более 20 нм. Именно частицы данного диапазона могут диффундировать в альвеолы и накапливаться в них. При этом установлено, что увеличение конвекционного эффекта и уровня диффузии наиболее характерно для альвеол с повышенной прочностью альвеолярной стенки. Также для таких патологически измененных альвеол характерно увеличение удержания скоплений наночастиц. На основании полученных данных было высказано предположение о существовании связи между отложением и задержкой наночастиц в легких с патологическими изменениями легочной ткани (фиброз и ухудшение эластичности). Рядом исследователей высказывается предположение о том, что если воздействию ультрадисперсных частиц предшествовала длительная экспозиция частицами более крупного размера, обусловившая возникновение патологических изменений легочной ткани, то ультрадисперсные частицы могут скапливаться в альвеолах, способствуя, таким образом, развитию эмфиземы легких [19, 29, 31].

Ультрадисперсные частицы могут индуцировать повреждения ДНК, а также ингибировать процессы репарации [25]. Кроме того, как уже было отмечено, ультрадисперсные частицы атмосферного воздуха и воздуха рабочей зоны могут ингибировать фагоцитоз микроорганизмов альвеолярными макрофагами, что в свою очередь, способствует повышению восприимчивости к инфекционным агентам, а также возникновению хронических обструктивных заболеваний органов дыхания [26].

Вместе с тем, следует отметить, что исследования, посвященные биологическим свойствам наночастиц достаточно малочисленны, — изучение роли ультрадисперсных частиц в развитии экологически и профессионально обусловленных заболеваний только начинает осуществляться и большей частью находится на гипотетическом уровне [9, 15, 33, 37]. Так, проблема, связанная с повреждающим действием на организм человека наночастиц твердой составляющей сварочных аэрозолей (ТССА) является сегодня хотя и чрезвычайно актуальной, но крайне недостаточно разработанной. Данных относительно гигиенического значения таких аэрозолей, а также о механизмах их проникновения через легкие к внутренним средам, в частности, в кровь, лимфу, с последующим повреждающим действием на сердечно-сосудистую систему, дыхательную, иммунную и прочие системы и органы, — недостаточно. В то же время решение именно этих вопросов имеет большое значение для понимания роли наночастиц сварочных аэрозолей как приоритетных загрязнителей производственной и окружающей среды (в частности аэрозолей тяжелых металлов, полиметаллических сварочных аэрозолей и т.п.), в формировании патологических нарушений в организме, и, следовательно, для повышения эффективности средств первичной и вторичной профилактики экологически- и производственно обусловленных заболеваний [37].

Наиболее часто нарушения в состоянии здоровья рабочих основных отраслей промышленного производства, занятых в рамках трудовой деятельности в технологических процессах, связанных с выделением в воздух рабочей зоны химических веществ и их соединений проявляются функциональными изменениями центральной нервной системы с развитием астенических и астено-невротических состояний. Не менее существенно развивающиеся изменения бронхо-легочной системы, нередко сопровождающиеся патологией верхних дыхательных путей. При этом различия в отдельных профессиональных группах обследованных могут проявляться не только распространенностью патологического процесса, но и характером происходящих изменений (воспалительные заболевания, дистрофические нарушения, склеротические изменения).

Значительные изменения нередко претерпевает сердечно-сосудистая система (ССС), что может быть обусловлено как токсичностью компонентов сварочного аэрозоля, так и опосредованно — в связи с развитием бронхо-легочной патологии. При этом могут развиваться токсические кардиопатии с изменением стенок артерий, питающих миокард, по типу системного васкулита либо артериита с проявлениями обусловленной или так называемой легочной гипертензии. В то же время, одной из важных особенностей патологии СССР, которая развивается у лиц, имеющих профессиональный контакт с аэрозолями металлов, является поражение артерий внутренних органов. Было доказано, что ИБС у сварщиков развивается преимущественно на фоне ускорения темпов их старения, поражения коронарных артерий по типу системного васкулита или раннего артериосклероза [5].

Методом электронной дифракции установлено, что частицы различных размеров, присутствующие в аэрозоле, отличаются друг от друга по составу и структуре. Л.Н. Горбанем и сотрудниками лаборатории гигиены труда в электросварочном производстве и токсикологии сварочных аэрозолей Института медицины труда АМН Украины было показано, что частицы ТССА, образующиеся при сварке низкоуглеродистой стали электродами рутилового типа и имеющие размеры 0,1–0,4 мкм (100–400 нм), состоят из магнезита и шпинели $(\text{Fe}, \text{Mn}) \times \text{OFe}_2\text{O}_3$, а более мелкие — 0,01–0,02 мкм (10–20 нм) — из кристаллов сложного силиката вида $\text{K} - \text{Na} - \text{Mn} - \text{Si} - \text{O}$. Хром может присутствовать в ТССА в соединениях с различной валентностью (Cr^{3+} , Cr^{6+} и др.) и растворимостью, что оказывает существенное влияние не только на их токсичность, но и на способность вызывать генетические повреждения в клетках, а также способствовать опухолевому росту [1].

Как известно, особенностью вредного действия СА различного состава (марганец-железо-, хром-никельсоставляющих) являются довольно специфические взаимосвязи токсикокинетических и токсикодинамических характеристик, а также интоксикации, которые указывают на преимущественно хроническое течение патологии даже в случаях, когда дозы тяжелых металлов, поступающие ингаляционно, равняются или превышают количества, достаточные для развития подострых и острых отравлений. Сопоставление физических (дисперсность, структура), физико-химических (элементный состав, растворимость в биологических средах и растворах-имитаторах биосред) характеристик ТССА и проявлений их действия дают основания к выдвиганию гипотезы о том, что механизм влияния на организм СА может существенно отличаться от существующих научных представлений.

Прежде всего, это касается возможной способности наночастиц твердой составляющей таких аэрозолей непосредственно проникать из альвеол через межклеточные пространства в кровяное русло и оказывать влияние на органы и ткани, как благодаря их растворимой составляющей, так и местному действию за счет малорастворимых ингредиентов после инкорпорации и фиксации таких частичек в эндотелии и других гистологических структурах сосудов. Подтверждение существования такого механизма действия наночастиц может открыть новые возможности для разработки методов, способов терапии и профилактики патологических сдвигов, которые обусловлены ультрадисперсными металлосоставляющими СА.

Как известно, одной из особенностей патологии сердечно-сосудистой системы, которая развивается у лиц, имеющих профессиональный контакт с аэрозолями металлов, является поражение артерий внутренних органов. ИБС у сварщиков развивается преимущественно на фоне ускорения темпов их старения, и характеризуется некоторыми особенностями, а именно, — частым возникновением у людей молодого возраста, развитием мелкоочагового инфаркта миокарда, а также не вполне типичной в большинстве случаев локализацией инфаркта миокарда в задней стенке левого желудочка сердца [5, 6]. Во второй половине прошлого века было сделано предположение о том, что ИБС у сварщиков является следствием поражения коронарных артерий химическими веществами — ингредиентами сварочных аэрозолей (СА) с развитием васкулита и раннего артериосклероза в связи с их кардиовазотоксическим действием, что является одной из особенностей патогенеза этих поражений [2]. Дальнейшие исследования по изучению заболеваемости ИБС и инфарктом миокарда молодых людей подтвердили роль ксенобиотиков в воздействии на вены артерии сердца. Эти данные хорошо коррелируют с имеющейся в настоящее время информацией о вкладе в развитие этих заболеваний ультрадисперсных частиц [3, 4, 5, 13, 35].

С другой стороны, профессиональный контакт с компонентами СА может стать причиной развития пневмокониоза электросварщиков (сидеросиликоза). Как известно, морфологическим субстратом сидеросиликоза является интерстициальный фиброз с редкими скоплениями очажков пыли. В легких отмечается различная степень межучного склероза с отложением пыли, утолщением междольковых и альвеолярных перегородок, периваскулярным и перибронхиальным склерозом. Характерны рассеянные фиброзно-пылевые узелки, в центре которых обычно располагается сосуд с резко суженным просветом [7]. Ведущая роль в развитии заболевания принадлежит частицам размером в несколько микрон (несколько

сотен-нанометров). При этом вполне вероятно, что, несмотря на то, что сидеросиликоз характеризуется относительно доброкачественным течением, именно воздействие частиц нанодиапазона, присутствующих в воздухе рабочей зоны, на фоне имеющихся воспалительных и атрофических изменений может значительно отягощать состояние больного и ухудшать прогноз заболевания, обуславливая дальнейшие патологические изменения легочной ткани вплоть до возникновения эмфиземы и рака легкого.

Исходя из изложенного, можно предположить, что высокий уровень заболеваемости электросварщиков обусловлен не только токсичностью компонентов сварочного аэрозоля, обладающих раздражающим и мутагенным действием, но также и способностью глубокого проникновения в ткани мельчайших частиц, которым принадлежит, по-видимому, первостепенное пусковое патогенное действие. Можно сделать предположение относительно того, что существующие нормативы допустимого содержания компонентов сварочного аэрозоля в воздухе

рабочей зоны сварщика не гарантируют безопасность сварочных работ, если они не учитывают размеры частиц аэрозоля, образующихся при каждом конкретном виде сварки. Вместе с тем, следует учитывать, что во время сварки пары металла, нагретые до высокой температуры, компоненты электродного покрытия или других сварочных материалов поднимаются над местом сварки и попадают в зону, температура которой соответствует температуре окружающего воздуха, поэтому пары быстро конденсируются и твердеют [1]. Последнее может повышать вероятность агломерации наночастиц ТССА, что существенно усложняет изучение их роли в развитии профессионально обусловленных заболеваний у рабочих сварочных профессий.

Таким образом, существующие гипотезы относительно негативного влияния частиц нанодиапазона на организм работающих, в частности, рабочих сварочных профессий, требуют подтверждения посредством проведения углубленных экспериментальных исследований.

Література

1. Горбань Л.Н., Прилипко В.А., Войткевич В.Г., Федорина Е.Е. Строение частиц сварочного аэрозоля и их биологическая активность // Пиг. и сан.- 1986.- №7.- С. 23-26.
2. Зербино Д.Д. Васкулиты и ангиопатии.- К.: Здоровье, 1977.- 100 с.
3. Зербино Д.Д., Поспішіль Ю.О. Інфаркт міокарда в молодому віці: етіологія і патогенез // Лікарська справа.- 1993.- №5.- С. 117-119.
4. Зербино Д.Д., Поспішіль Ю.О. Інфаркт міокарда і порівняльний аналіз етіологічних факторів // Допов. АН України.- 1995.- №9.- С. 177-119.
5. Мацко Н.В. Фактори професійного ризику та особливості формування і перебігу ішемічної хвороби серця у зварювальників сталей: Автореф. дис.... канд. мед. наук.- Львів, 2000.- 20 с.
6. Смирнова И.П., Кухля Ю.И. Эпидемиологическое исследование ишемической болезни сердца и ее факторов риска в неорганизованной популяции // Врачеб. дело.- 1981.- №9.- С. 31-33.
7. Профессиональные болезни/Под ред. Е.М.Тареева, А.А.Безродных.- М.: Медицина, 1976.- С. 97-99.
8. Auer S., Frenkel D. Suppression of crystal nucleation in polydisperse colloids due to increase of the surface free energy // Nature.- 2001.- V.413, №6857.- P. 711-713.
9. Brouwer D.H., Gijsberg J.H., Lurvink M.W. Personal exposure to ultrafine particles in the workplace: exploring sampling techniques and strategies // Ann. Occup. Hyg.- 2004.- V.48, №5.- P. 439-453.
10. Chaumet P.C., Rahmani A. Optical trapping and manipulation of nano-objects with an apertureless probe // Phys. Rev. Lett.- 2002.- V.88, №12.- P. 123601.
11. Chew N.Y., Chan H.K. The role of particle properties in pharmaceutical powder inhalation formulations // J. Aerosol. Med.- 2002.- V.15, №3.- P. 325-330.

12. Cintron J.M., Colon L.A. Organo-silica nano-particles used in ultrahigh-pressure liquid chromatography // Analyst.- 2002.- V.127, №6.- P. 701-704.

13. Delfino R.J., Sioutas C., Malik S. Potential role of ultrafine particles in associations between airborne particle mass and cardiovascular health // Environ. Health Perspect.- 2005.- V.113, №8.- P. 934-946.

14. Delie F. Evaluation of nano- and microparticle uptake by the gastrointestinal tract // Adv. Drug Deliv. Rev.- 1998.- V.34, №3-4.- P. 544-547.

15. Donaldson K., Stone V. Current hypotheses on mechanisms of toxicity of ultrafine particles // Ann. Ist. Super Sanita.- 2003.- V.39, №3.- P. 405-410.

16. Donaldson K., Stone V., Tran C.L. et al. Nanotoxicology // Occup. Environ. Med.- 2004.- V.61.- P. 727-728.

17. Fukumori Y. Structure and function of nano-size biomagnetic particle // Seikagaku.- 2000.- V.72, №9.- P. 1165-1168.

18. Geiser M., Rothen-Rutishauser B., Kapp N. Ultrafine particles cross cellular membranes by nonphagocytic mechanism in lungs and in cultured cells // Environ. Health Perspect.- 2005.- V.113, №11.- P. 1555-1560.

19. Gradon L., Orlicki D., Podgorski A. Deposition and retention of ultrafine aerosol particles in the human respiratory system. Normal and pathological cases // Int. J. Occup. Saf. Ergon.- 2000.- V.6, №2.- P. 189-207.

20. Ibaldo-Mulli A., Wichmann H./E., Kreyling W., Peters A. Epidemiological evidences on health effects of ultrafine particles // J. Aerosol. Med.- 2002.- V.12, №2.- P. 189-201.

21. Ingelsten H./H., Bagwe R., Palmvist A. Kinetics of the Formation of Nano-Sized Platinum Particles in Water-in-Oil Microemulsions // J. Colloid Interface Sci.- 2001.- V.241, №1.- P. 104-111.

22. Ishida T., Iden D.L., Allen T.M. A combinatorial approach to producing sterically stabilized (Stealth) immunoliposomal drugs // FEBS Lett.- 1999.- V.460, №1.- P. 129-133.

23. Jaeger L., Westhof E., Leontis N.B. TectoRNA: modular assembly units for the construction of RNA nano-objects // *Nucl. Acids Res.*– 2001.– V.29, №2.– P. 455–463.
24. Kaewatawong T., Kavamura N., Okajima M. et al. Acute pulmonary toxicity caused by exposure to colloidal silica: particle size dependent pathological changes in mice // *Toxicol. Pathol.*– 2005.– V.33.– P. 745–751.
25. Kim H., Liu X., Kobayashi T. Ultrafine carbon black particles inhibit human lung fibroblast-mediated collagen gel contraction // *Am. J. Res. Cell Mol. Biol.*– 2003.– V.28.– P. 111–120.
26. Lundborg M., Dahlen S.E., Johard U. et al. Aggregates of ultrafine particles impair phagocytosis of microorganisms by humab alveolar macrophages // *Environ. Res.*– 2005.– Sep.17 [Epub. ahead print]
27. Lu J., Rosenzweig Z. Nanoscale fluorescent sensors for intracellular analysis // *J. Anal. Chem.*– 2000.– V.366, №23–24.– P. 569–575.
28. Maxwell D.J., Taylor J.R., Nie S. Self-assembled nano-particle probes for recognition and detection of biomolecules // *J. Am. Chem. Soc.*– 2002.– V.124, №32.– P. 9606–9612.
29. Oberdorster G. Pulmonary effects of inhaled ultrafine particles // *Int. Arch. Occup. Environ. Health.*– 2001.– V.74, №1.– P. 1–8.
30. Oberdorster G. Significance of particle parameters in the evaluation of exposure-dose-response relationships of inhaled particles // *Inhal. Toxicol.*– 1996.– V.8.– P. 73–89.
31. Oberdorster G., Finkelstein J.N., Johnston C. et al. Acute pulmonary effects of ultrafine particles in rats and mice // *Res. Rep. Health Eff. Inst.*– 2000.– V.96, №5.– P. 74–86.
32. Oberdorster G., Oberdorster E., Oberdorster J. Nanotoxicology: an emerging discipline evolving from studies of ultrafine particles // *Environ. Health Perspect.*– 2005.– V.113, №7.– P. 823–839.
33. Thomassen Y., Koch W., Dunkhott W., Ellingsen D.G. Ultrafine particles at workplaces of a primary aluminium smelter // *J. Environ. Monit.*– 2006.– V.8, №1.– P. 123–133.
34. Tobias H.J., Beving D.E., Ziemann P.J. Chemical analysis of diesel engine nanoparticles using a nano-DMA/thermal desorption particle beam mass spectrometer // *Environ. Sci. Technol.*– 2001.– V.35, №11.– P. 2233–2243.
35. Von Klot S., Peters A., Aalto P. Ambient air pollution is associated with increased risk of hospital cardiac readmissions of myocardial infarction survivors in five European cities // *Circulation.*– 2005.– V.112, №20.– P. 3073–3079.
36. Yu X., Song S.K., Chen J. High-resolution MRI characterization of human thrombus using a novel fibrin-targeted paramagnetic nanoparticle contrast agent // *Magn. Reson. Med.*– 2000.– V.44, №6.– P. 867–872.
37. Zimmer A.T. The influence of metallurgy on the formation of welding aerosols // *J. Environ. Monit.*– 2002.– V.4, №5.– P. 628–632.

Демешька О.В., Кучерук Т.К., Мовчан В.О.

ЧАСТКИ НАНОДІАПАЗОНУ: МОЖЛИВИЙ ВНЕСОК У РОЗВИТОК ПРОФЕСІЙНО ЗУМОВЛЕНОЇ ПАТОЛОГІЇ

Інститут медицини праці АМН України, м. Київ

Нанотехнологічна революція спричинила новий виток у розвитку машинобудування, інформаційних технологій та діагностики, а також обумовила появу нової «субкатегорії» токсикології – нанотоксикології. Передбачається, що наночастинки повітря робочої зони можуть спричинити підвищення захворюваності та смертності від патології дихальної та серцево-судинної систем через специфічні токсикологічні властивості ультрадисперсних часток. Вивчення біологічних властивостей та ролі наночасток у розвитку професійно зумовленої патології є дуже актуальною проблемою як у світі, так і в Україні.

Ключові слова: нанотехнології, нанотоксикологія, наночастки, ультрадисперсні частки, зварювальні аерозолі

Demetskaya A.V., Kucheruk T.K., Movchan V.A.

NANOPARTICLES: POSSIBLE CONTRIBUTION TO DEVELOPMENT OF OCCUPATIONAL PATHOLOGY

Institute for occupational health of AMS of Ukraine, Kiev

The revolution in nanotechnology is set to bring advantages in areas of our lives as diverse as engineering, information technology, diagnostics and a new subcategory of toxicology – «nanotoxicology». Nanoparticles of airborne at workplaces have been associated with increased pulmonary and cardiovascular morbidity and mortality due of a specific toxicological role of ultrafine particles. In present investigations of biological properties and role of nano-particles in developing of occupational diseases are very actual problem in the world and in the Ukraine.

Key words: nanotechnology, nanotoxicology, nanoparticles, ultrafine particles, welding aerosols

Поступила: 27.12.2005 г.

Контактное лицо: Демешька Александра Витальевна, 01033 г. Киев, ул. Саксаганского, 75, тел. 289-43-66 (раб.), 235-39-66 (дом.)