Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека

1.2. ГИГИЕНА, ТОКСИКОЛОГИЯ, САНИТАРИЯ

Контроль наноматериалов в воздухе

Методические рекомендации
МР 1.2.0037—11

gost.e-ecolog.ru

ББК 51.2
К64

К64 **Контроль** наноматериалов в воздухе: Методические рекомендации.—М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2012.—27 с.

1. Разработаны: Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Г. Г. Онищенко, И. В. Брагина, О. И. Аксенова, Т. Ю. Завистяева); Федеральным научным центром гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (А. И. Потапов, В. Н. Ракитский, А. В. Тулакин, Л. А. Луценко, Т. К. Татянюк, Р. С. Гильденскиольд, И. Л. Винокур, А. М. Егорова, Л. П. Аксёнова, Л. Л. Гвоздева, Г. М. Кузнецова, О. В. Бобылёва, Т. Г. Смирнова, Н. А. Гореленкова); НИИ питания РАМН (В. А. Тутельян, И. В. Гмошинский, С. А. Хотимченко, Е. А. Арианова, В. В. Бессонов, М. М. Гаппаров, Р. В. Распопов, В. В. Смирнова, О. Н. Тананова, А. А. Шумакова, О. И. Передеряев, А. А. Казак); Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы» (С. А. Кононогов, С. С. Голубев), Центром «Биоинженерия» РАН (К. Г. Скрябин, О. А. Зейналов, Н. В. Равин, С. П. Комбарова); Институтом биохимии РАН им. А. Н. Баха (В. О. Попов, Б. Б. Дзантиев, А. В. Жердев, И. В. Сафенкова, О. Д. Гендриксон); Российской медицинской академией последипломного образования Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации (С. Л. Авалиани, В. И. Баранов); ФБУЗ «Федеральный центр гигиены и эпидемиологии» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (А. И. Верещагин, А. А. Катуркина); ООО «Интерлаб» (А. Н. Веденин, Г. В. Казыдуб).

2. Разработаны в рамках Федеральной целевой программы «Развитие инфраструктуры наноиндустрии в Российской Федерации на 2008—2011 годы».

3. Утверждены Руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации Г. Г. Онищенко 17 октября 2011 г.

4. Введены в действие 17 октября 2011 г.

5. Введены впервые.

ББК 51.2

© Роспотребнадзор, 2012
© Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2012

Содержание

I. Область применения 4
II. Нормативные ссылки 4
III. Общие положения 7
IV. Контроль наноматериалов в воздухе производственных помещений 10
4.1. Организация контроля 10
4.2. Методы контроля 11
V. Контроль наноматериалов в воздухе населённых мест 15
5.1. Принципы составления программы контроля 15
5.2. Методы контроля 17
Приложение 1. Схема проведения экспериментов по электронно-микроскопической визуализации и идентификации наночастиц в различных воздушных системах окружающей среды 19
Приложение 2. Термины и определения 21
Приложение 3. Классификация и краткая характеристика основных наноматериалов, подлежащих контролю в воздухе рабочей зоны и атмосферном воздухе населённых мест 22
Приложение 4. Рекомендуемый список литературы по вопросам промышленной безопасности наноматериалов 26
Приложение 5. Обозначения и сокращения 27

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель Федеральной службы
по надзору в сфере защиты прав
потребителей и благополучия человека,
Главный государственный санитарный
врач Российской Федерации

Г. Г. Онищенко
17 октября 2011 г.
Дата введения: с момента утверждения

1.2. ГИГИЕНА, ТОКСИКОЛОГИЯ, САНИТАРИЯ

Контроль наноматериалов в воздухе

Методические рекомендации
МР 1.2.0037—11

I. Область применения

1.1. Настоящие методические рекомендации определяют порядок контроля наноматериалов, представляющих потенциальную опасность для здоровья человека, в воздухе рабочей зоны производственных помещений и атмосферном воздухе населенных мест.

1.2. Методические рекомендации применяются в ходе осуществления социально-гигиенического мониторинга в целях принятия решений по снижению рисков, связанных с присутствием наночастиц в воздухе.

1.3. Методические рекомендации разработаны с целью обеспечения единого научно обоснованного подхода к определению и оценке наноматериалов в воздухе.

1.4. Методические рекомендации предназначены для специалистов органов и организаций Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, а также могут быть использованы научно-исследовательскими организациями гигиенического профиля и иными организациями и учреждениями, проводящими исследования по оценке безопасности наноматериалов.

II. Нормативные ссылки

2.1. Федеральный закон от 30 марта 1999 г. № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения».

2.2. Федеральный закон от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений».

2.3. Федеральный закон от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании».

2.4. Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды».

2.5. Федеральный закон от 22 июля 1993 г. № 5487-1 «Основы законодательства Российской Федерации об охране здоровья граждан».

2.6. Федеральный закон от 26 декабря 2008 г. № 294-ФЗ «О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля».

2.7. Основы государственной политики в области обеспечения химической и биологической безопасности Российской Федерации на период до 2010 года и дальнейшую перспективу (утверждены Президентом Российской Федерации 4 декабря 2003 г. № ПР – 2194).

2.8. Постановление Правительства Российской Федерации от 27 октября 2003 г. № 646 «О вредных и (или) опасных производственных факторах и работах, при выполнении которых проводятся предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), и порядке проведения этих осмотров (обследований)».

2.9. Постановление Правительства Российской Федерации от 15 сентября 2005 г. № 569 «О Положении об осуществлении государственного санитарно-эпидемиологического надзора в Российской Федерации».

2.10. Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 16 августа 2004 г. № 83 «Об утверждении перечней вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), и порядка проведения этих осмотров (обследований)».

2.11. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 16 мая 2005 г. № 338 «О внесении изменений в приложение № 2 к приказу Минздравсоцразвития России от 16 августа 2004 г. № 83».

2.12. Приказ Минздравмедпрома Российской Федерации от 14 марта 1996 г. № 90 «О порядке проведения предварительных и периодических медицинских осмотров работников и медицинских регламентах допуска к профессии».

2.13. Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 23 июля 2007 г. № 54 «О надзоре за продук-

цией, полученной с использованием нанотехнологий и содержащей наноматериалы».

2.14. Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 31 октября 2007 г. № 79 «Об утверждении Концепции токсикологических исследований, методологии оценки риска, методов идентификации и количественного определения наноматериалов».

2.15. Приказ Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека от 19 июля 2007 г. № 224 «О санитарно-эпидемиологических экспертизах, обследованиях, исследованиях, испытаниях и токсикологических, гигиенических и иных видах оценок».

2.16. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200—03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. Новая редакция».

2.17. СанПиН 1.2.2353—08 «Канцерогенные факторы и основные требования к профилактике канцерогенной опасности».

2.18. СП 1.1.1058—01 «Организация и проведение производственного контроля за соблюдением санитарных правил и выполнением санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий».

2.19. ГН 2.2.5.1313—03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны».

2.20. ГН 2.2.5.2308—07 «Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) вредных веществ в воздухе рабочей зоны».

2.21. ГН 2.1.6.1338—03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населённых мест».

2.22. ГН 2.1.6.1339—03 «Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населённых мест».

2.23. ГН 1.2.2633—10 «Гигиенические нормативы содержания приоритетных наноматериалов в объектах окружающей среды».

2.24. МУ 1.2.2520—09 «Токсиколого-гигиеническая оценка безопасности наноматериалов».

2.25. МУ 1.2.2636—10 «Проведение санитарно-эпидемиологической экспертизы продукции, полученной с использованием нанотехнологий и наноматериалов».

2.26. МР 1.2.2639—10 «Использование методов количественного определения наноматериалов на предприятиях наноиндустрии».

2.27. МР 1.2.2641—10 «Определение приоритетных видов наноматериалов в объектах окружающей среды, пищевых продуктах и живых организмах».

2.28. МР 1.2.2522—09 «Выявление наноматериалов, представляющих потенциальную опасность для здоровья человека».

2.29. МР 1.2.0016—10 «Методика классифицирования нанотехнологий и продукции наноиндустрии по степени их потенциальной опасности».

2.30. Руководство Р 2.2.2006—05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда».

2.31. Руководство Р 2.2.1766—03 «Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки».

2.32. ГОСТ 8.207—76 «Государственная система обеспечения единства измерений. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдения. Основные положения».

2.33. ГОСТ 12.1.007—76 «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности».

2.34. ГОСТ 12.1.005—88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

2.35. ГОСТ 17.2.3.01—86 «Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населённых мест».

2.36. ГОСТ Р ИСО 7708—2006 «Качество воздуха. Определение гранулометрического состава частиц при санитарно-гигиеническом контроле».

2.37. ГОСТ Р ИСО 14644-3—2007 «Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды. Часть 3. Методы испытаний».

2.38. ISO 14971:2007 «Изделия медицинские. Применение менеджмента рисков к медицинским изделиям».

III. Общие положения

3.1. Целью и назначением контроля наноматериалов в воздухе является обеспечение безопасности населения при поступлении в воздух рабочей зоны производств и атмосферный воздух населенных мест наночастиц и наноматериалов различного искусственного происхождения (далее – наноматериалы).

3.2. Контроль наноматериалов в воздухе осуществляется органами и учреждениями Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, а также организациями (испыта-

тельными лабораториями), аккредитованными на проведение исследований безопасности наноматериалов и нанотехнологий в установленном порядке.

3.3. Для проведения мероприятий по контролю наноматериалов в воздухе организациями, осуществляющими контроль, составляется программа контроля наночастиц в воздухе, которая учитывает вероятность их поступления в воздух и связанные с этим риски, с учётом данных паспортизации наноматериалов. В паспорт контролируемого наноматериала включаются следующие сведения:

1) наименование наноматериала;

2) полные сведения об организации-производителе;

3) технология производства наноматериалов с оценкой возможности поступления наноматериала в производственную и окружающую природную среду;

4) сведения о составе наноматериала: название, формула вещества, молекулярная масса. Информация о составе наноматериала должна раскрывать риск, связанный с его производством и применением;

5) физические и химические свойства:

- физическое состояние, размер, площадь поверхности;
- относительная плотность;
- температура кипения, плавления, вспышки, воспламенения;
- состояние при воспламеняемости, возможность и условия самовозгарания;
- растворимость (в воде или растворителях, скорость растворения, концентрация раствора или эмульсии, pH водного раствора);
- способность к агломерации.

Дополнительная информация может включать:

- структуру наноматериала;
- гомогенность и гетерогенность;
- химические свойства поверхности (в том числе окислительные);
- коэффициент распределения;
- заряд поверхности;
- кристаллическую структуру;
- электромагнитные свойства;

6) стабильность и химическая активность с указанием условий, которых следует избегать (температура, удары и др.), чтобы не вызвать опасную реакцию; перечисление веществ, контакт с которыми следует избегать, чтобы не вызвать опасной реакции;

7) токсичность, с полным описанием вредных воздействий при контакте с организмом человека;

8) воздействие на окружающую среду: подвижность, стойкость, биокумулятивный потенциал (при наличии данных);

9) виды опасного воздействия и условия их возникновения, в том числе возможные результаты при неправильном использовании наноматериала; пути возможного поступления в организм;

10) средства предотвращения поступления наноматериалов в производственную и окружающую природную среду. Меры по предотвращению чрезвычайных ситуаций; меры личной и коллективной безопасности;

11) правила обращения и хранения.

3.4. Объектами контроля в воздухе рабочей зоны являются аэрозоли наноматериалов, образуемые в ходе осуществления технологических процессов и отдельных операций при разработке, производстве, хранении, транспортировании и утилизации наноматериалов. Сведения о составе и свойствах наноматериалов получают из технологических регламентов и иной нормативно-технической документации.

3.5. Объектами контроля наноматериалов в воздухе населённых мест являются наноразмерные аэрозольные частицы, которые могут поступать в воздушную среду при промышленном производстве, в том числе с использованием нанотехнологий, а также при использовании населением бытовых приборов, косметических препаратов и прочих материалов, изготовленных при помощи нанотехнологии и способствующих поступлению наночастиц в атмосферный воздух.

3.6. При контроле состояния атмосферного воздуха в качестве объектов наблюдения выбираются регион, область, город, район, характеризующиеся наличием нанотехнологических и иных производств, связанных с получением, использованием и утилизацией наночастиц и наноматериалов.

3.7. Перечень приоритетных наночастиц и наноматериалов, подлежащих контролю в атмосферном воздухе, устанавливается по сведениям о составе и характере выбросов от источников загрязнения на основе данных инвентаризации выбросов предприятий (объектов), ожидаемых концентраций (по результатам расчётов рассеивания примесей в атмосфере), а также с учётом потенциальных рисков воздействия наноматериалов в аэрозольной форме.

3.8. При проведении процедур контроля атмосферного воздуха соблюдаются правила надлежащей лабораторной практики в соответствии

с правилами организации наблюдений за уровнем загрязнения атмосферы в городах и населённых пунктах, предусмотренными ГОСТ 17.2.3.01—86.

3.9. Методы и средства измерения содержания наночастиц в воздухе подлежат стандартизации и метрологическому контролю в установленном порядке.

IV. Контроль наноматериалов в воздухе производственных помещений

4.1. Организация контроля

4.1.1. Организации, проводящие контроль наноматериалов в воздухе рабочей зоны, руководствуются требованиями нормативно-методических документов по контролю вредных веществ (СП 1.1.1058—01; Р 2.2.2006—05; ГОСТ 12.1.007—76, ГОСТ 12.1.005—88), методов оценки и минимизации риска (Р 2.2.1766—03; ISO/TR 12885:2008(E), ИСО 14971) и других утвержденных в установленном порядке методик выполнения измерений.

4.1.2. Цель производственного контроля заключается в выявлении, идентификации и оценке содержания наноматериалов в воздухе рабочей зоны.

4.1.3. Элементы системы контроля за аэрозольными наночастицами и наноматериалами в производственных условиях должны включать: мониторинг условий труда по вредным факторам; контроль эффективности работы вентиляции; контроль средств индивидуальной защиты (учёт частоты замены и/или очистки СИЗ; условий хранения и состояния респираторов); контроль санитарной обработки оборудования; контроль соблюдения мер безопасности согласно ISO/TR 12885:2008(E).

4.1.4. В соответствии с постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 31 октября 2007 г. № 79, каждый индивидуальный наноматериал следует рассматривать как новую продукцию и относить к веществам, потенциально опасным для здоровья человека. До официального установления класса опасности наноматериалов (в рамках их гигиенического нормирования) рекомендуется придерживаться алгоритма определения степени потенциальной опасности наноматериала с выделением низкой, средней и высокой степени потенциальной опасности (согласно МР 1.2.2522—09).

4.1.5. Перечень, объем и периодичность лабораторных исследований воздушной среды определяются с учетом санитарно-эпидемиологической характеристики нанотехнологического объекта и степени потен-

циальной опасности наноматериала, определенных в соответствии с МР 1.2.2522—09.

4.1.6. Текущий контроль наноматериалов в воздухе рабочей зоны осуществляется юридическим лицом или индивидуальным предпринимателем самостоятельно при наличии лабораторной базы, соответствующей задачам контроля, либо с привлечением лаборатории, аккредитованной на проведение таких работ.

4.1.7. Для выявления опасных технологических участков, процессов и источников образования и выделения наноаэрозолей в воздух рабочей зоны проводится контроль максимальной их концентрации. Для оценки риска воздействия наноматериалов на организм работника контролируется среднесменная концентрация наноаэрозоля с учетом длительности контакта конкретной профессии с вредным веществом на протяжении всей рабочей смены (Руководство Р.2.2.2006—05).

4.1.8. Перечень точек отбора проб для лабораторного исследования воздуха рабочей зоны должен содержаться в «Программе производственного контроля» (согласно СН 1.1.1058—01) в текстовом либо графическом виде.

4.1.9. Критерием безопасности и (или) безвредности воздуха рабочей зоны является соблюдение предельно допустимых концентраций (ПДК) либо ориентировочных безопасных уровней воздействия (ОБУВ) наноматериалов в воздухе рабочей зоны, которые устанавливаются в соответствии с законодательством Российской Федерации. При отсутствии указанных видов нормативов для наноматериалов, относимых к высокой или средней степени потенциальной опасности, они определяются в соответствии с установленным порядком.

4.2. Методы контроля

4.2.1. Контроль содержания наноматериалов в воздухе рабочей зоны проводится согласно ГОСТ 12.1.005—88, Р 2.2.2006—05, СП 1.1.1058—01 с учетом особенностей технологического процесса, класса опасности веществ в наноразмерной форме и настоящих методических рекомендаций.

4.2.2. Отбор проб воздуха проводят в зоне дыхания работника (постоянное рабочее место). При непостоянном рабочем месте отбор проб проводится в точках, в которых работник может находиться в течение смены. Устройства для отбора проб могут быть стационарными или персональными (индивидуальными).

4.2.3. При наличии технологических процессов с использованием высоких температур или размещении технологического оборудования

на открытых промышленных площадках, отбор проб рекомендуется проводить в теплый и холодный периоды года.

4.2.4. Периодичность контроля вредных веществ в воздухе рабочей зоны и количество проб устанавливается согласно ГОСТ 12.1.005—88 и Руководству Р 2.2.2006—05 (прилож. 9, обязательное): для веществ I класса опасности периодичность контроля – не реже 1 раза в 10 дней; II класса опасности – 1 раз в месяц; III класса опасности – 1 раз в 3 месяца; IV класса опасности – 1 раз в 6 месяцев.

4.2.5. Рекомендуется следующий метод лабораторного контроля наночастиц, представленных в воздухе в виде аэрозоля с твердой фазой: в аппарат Кротова (или в его аналогах) помещают чашку Петри диаметром 8,5 см с 20,0 $см^3$ дистиллированной воды. Затем включают аппарат на 10 мин для прокачки воздуха из окружающей среды с определенной скоростью, которая устанавливается по шкале. На входе аппарата устанавливают фильтр для отсечения крупных частиц.

На пять электронно-микроскопических медных сеточек, покрытых формваровой или коллодиевой пленкой, наносят по одной капле суспензии частиц из воздуха (50—100 $мм^3$), через 1 мин удаляют всю жидкость с поверхности сеточки и окрашивают 1,0 %-м раствором уранилацетата. Параллельно на электронно-микроскопические сеточки препарируют контрольные образцы с искомыми наночастицами. Для этого на электронно-микроскопические сеточки наносят водную суспензию одного вида наночастиц или водную суспензию нескольких видов наночастиц, выпускаемых предприятиями, расположенными в зоне отбора проб воздуха.

Просмотр сеточек с исследуемым материалом проводят в просвечивающем электронном микроскопе при увеличениях 20 000—100 000 и ускоряющем напряжении не менее 80 кВ.

В электронном микроскопе с каждой сеточки, при оптимальном разрешении, фотографируют или снимают на электронном носителе 10 полей изображения исследуемого объекта, на котором присутствуют твердые частицы из воздуха. Для этого оператор намечает линию, проходящую через весь образец, и вдоль этой линии измеряет 30 равномерно отстоящих друг от друга изображений в режиме просвечивающей электронной микроскопии. Изображения наночастиц необходимо сохранять в файл, обращая внимание на то, чтобы на изображениях была масштабная метка.

При увеличении 50 000 расстояние между регистрируемыми изображениями составляет 10—30 полей зрения. Количество пропускаемых полей зрения меняется прямо пропорционально используемому увели-

чению: при увеличении 100 000 пропускается 20—60 полей зрения; при увеличении 10 000 пропускается 2—6 полей зрения. Если в образце обнаружены области неоднородного скопления электронно-контрастного материала, то линия, вдоль которой измеряются изображения, по возможности, должна пройти мимо этих областей. Для подсчета пропускаемых полей рекомендуется использовать дефекты подложки или неоднородности образца, контролируя по ним перемещение образца. Если в поле зрения, от которого предполагается регистрировать изображение, наночастицы отсутствуют, то записывать изображение в файл не следует, однако количество таких полей зрения должно быть посчитано и учтено при анализе плотности и однородности распределения наночастиц по образцу (при анализе количества обнаруженных наночастиц).

На экране электронного микроскопа, затем на электронных микрофотографиях (изображениях) образца определяют следующие структурные и морфометрические характеристики наночастиц в исследуемых пробах воздуха: размер и распределение по размеру наночастиц, форма частиц, степень агрегированности частиц.

Схема проведения исследований по электронно-микроскопической визуализации и идентификации наночастиц в различных воздушных системах окружающей среды представлена в прилож. 1.

Результаты и заключение электронно-микроскопической визуализации и идентификации наночастиц в пробах воздуха содержат информацию о форме, тонкой структуре (наличие канала, полости, пустот, структура рельефа поверхности частиц и др.) и размерах наночастиц, данные о степени агрегированности наночастиц, электронные изображения частиц, гистограммы, отражающие структурные и морфометрические особенности наночастиц в исследуемых пробах воздуха.

4.2.6. Для контроля неорганических наноматериалов, состав которых известен заранее, в воздухе рабочей зоны используются методы атомно-эмиссионной спектрофотометрии или масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой в соответствии с МР 1.2.2641—10. При выборе маркёрного химического элемента, используемого для количественного анализа наноматериала, следует ориентироваться на данные табл. 1.

Таблица 1

Список приоритетных наноматериалов и соответствующих индикаторных химических элементов для определения методами МС-ИСП и АЭС

№ п/п	Тип наноматериала	Индикаторный химический элемент	Возможности анализа (±)		Предел обнаружения, мг/кг образца	Примечание
			МС-ИСП	АЭС		
1	Наночастицы золота	Au	+++	++	$1 \cdot 10^{-6}$	Указаны пределы обнаружения для современных ИСП-МС измерительных комплексов с системами устранения полиатомных интерференций
2	Наночастицы серебра	Ag	+++	++	$1 \cdot 10^{-6}$	
3	Наночастицы диоксида титана (анатаз, рутил)	Ti	+++	++	$1 \cdot 10^{-6}$	
4	Наночастицы диоксида кремния (кварц, аморфный кремнезём)	Si	+++	++	$5 \cdot 10^{-6}$	
5	Наночастицы оксида алюминия	Al	+++	++	$1 \cdot 10^{-6}$	
6	Магнитные наночастицы	Fe Co Ni	+++	++	$3 \cdot 10^{-6}$	
7	Наночастицы оксида церия	Ce	+++	++	$1 \cdot 10^{-6}$	
8	Наночастицы глин	Al	+++	++	$1 \cdot 10^{-6}$	
9	Квантовые точки	Cd Se Te As	+++	++	$1 \cdot 10^{-6}$	
10	Наночастицы оксида цинка	Zn	+++	++	$1 \cdot 10^{-6}$	
11	Наночастицы оксида меди	Cu	+++	++	$1 \cdot 10^{-6}$	
12	Углеродные нанотрубки	Fe Co Ni Cu	+++	++	$1 \cdot 10^{-6}$	

4.2.7. Для контроля содержания фуллеренов рекомендуется использование системы высокоэффективной жидкостной хроматографии, снабженной колонкой размером 4,6 × 150 мм, заполненной С18 фазой с

размером гранул 5 мкм, насосом высокого давления, детектором с диодной матрицей, петлевым инжектором (или автосемплером) и системой обработки хроматограмм.

4.2.8. Для выявления и идентификации углеродных нанотрубок, наночастиц органических полимеров, латексов, дендримеров может использоваться метод ПЭМ с контрастированием солями тяжелых металлов.

4.2.9. Атомно-силовая микроскопия рекомендуется для определения наночастиц органических полимеров, латексов, дендримеров.

4.2.10. Дополнительно для контроля наночастиц в воздушной среде рекомендуется использовать методы оценки массовой концентрации и площади поверхности наночастиц, а также измерение распределения наночастиц, используя анализ подвижности частицы, инерционное смещение; измерения импакторами низкого давления (согласно ГОСТ Р ИСО 7708—2006, 14644-3—2007, ISO/TR 12885:2008).

4.2.11. Для количественного определения наночастиц (число, поверхность, изображение) могут быть использованы следующие приборы: CPC-Конденсационный счётчик частиц, DMA – Дифференциальный Анализатор Подвижности, TEOM – измерители содержания массы пыли и др.

4.2.12. При калибровке методов определения аэрозольных наночастиц используют стандартные образцы наноматериалов. Каждый стандартный образец наноматериала должен быть снабжён «Паспортом безопасности наноматериалов», который должен быть составлен в соответствии с ГОСТ 30333—2007.

V. Контроль наноматериалов в воздухе населённых мест

5.1. Принципы составления программы контроля

5.1.1. Приоритетные наноматериалы, подлежащие контролю в воздухе населённых мест, устанавливаются на основе:

- анализа сведений о производствах, расположенных на данной территории (регионе, городе, районе), производящих наноматериалы, использующих их в своём производственном цикле или занимающихся их утилизацией;
- определения потенциальной опасности выявленных наноматериалов – загрязнителей воздушной среды для здоровья человека (согласно МР 1.2.2522—09).

5.1.2. Определение потенциальной опасности наноматериалов, подлежащих контролю, проводится с использования алгоритма оценки опасности в соответствии с МР 1.2.2522—09.

5.1.3. Для выявления зон риска проводится систематический мониторинг за загрязнением атмосферного воздуха, который предполагает выбор контрольных точек (постов) и определённого режима наблюдений.

5.1.4. Постом наблюдения является выбранное место (точка местности), на котором размещают соответствующие приборы для отбора (анализа) проб воздуха. Посты наблюдений устанавливаются 3 категорий: стационарные, маршрутные, подфакельные.

Стационарный пост предназначен для обеспечения непрерывной регистрации содержания загрязняющих веществ или регулярного отбора проб воздуха для последующего анализа.

Маршрутный пост предназначен для регулярного отбора проб воздуха в случаях, когда необходимо более детально изучить состояние загрязнения атмосферного воздуха в отдельных районах, например, в жилых районах за пределами СЗЗ.

Подфакельный пост предназначен для отбора проб воздуха под дымовым (газовым) факелом с целью выявления зоны влияния данного источника промышленных выбросов. Подфакельные посты располагаются в точках на фиксированных расстояниях от источника выбросов. Они перемещаются в соответствии с направлением факела источника выбросов.

Наблюдения на маршрутных и подфакельных постах проводятся с помощью передвижной лаборатории, оснащенной необходимым оборудованием и приборами.

5.1.5. При проведении натурных исследований с целью выявления зон риска (зон загрязнения атмосферного воздуха наночастицами) в окружении предприятий (или иных объектов), размещение постов отбора проб воздуха и последующие лабораторные исследования атмосферного воздуха проводятся на границе предполагаемой санитарно-защитной зоны (в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200—03), основанной на расчетах вероятности поступления наночастиц в атмосферный воздух, а также на территории ближайшей жилой застройки.

Анализ содержания наноматериалов в воздухе населенных мест производится лабораториями, аккредитованными в установленном порядке на проведение таких работ.

5.1.6. Выбор местоположения постов наблюдения проводится с учётом ситуационного плана взаимного размещения загрязняющего атмосферу объекта и жилых (и иных защищаемых) территорий. При подфакельных наблюдениях отбор проб воздуха осуществляется с подветренной стороны от промышленной площадки.

5.1.7. Каждый пост размещается на открытой, проветриваемой со всех сторон площадке с непылящим покрытием (на асфальте, твёрдом грунте, газоне). При этом необходимо устанавливать пост наблюдений с удалением от ближайшего «экрана» – фасада здания, границы лесных насаждений и пр. на расстоянии не менее одной высоты этих объектов с подветренной стороны; в стороне от возможных пересечений площадки улицами или лесными просеками. По условиям диффузии пылевых (аэрозольных) загрязнений в свободной атмосфере эти правила существенно влияют на результаты исследований.

5.1.8. Размещение постов наблюдений согласовывается с территориальными органами Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. Число стационарных постов наблюдений определяется в зависимости от характера рельефа местности, площадного распределения источников загрязнения, количества и территориальной близости жилых, рекреационных, курортно-санаторных и других территорий.

5.1.9. Регулярные наблюдения на установленных стационарных или маршрутных постах (в соответствии с розой ветров для данной местности и направлению по странам света в отношении защищаемых территорий), осуществляющих отбор проб, проводятся по программе получения информации о разовых и среднесуточных концентрациях загрязняющих веществ.

Программа наблюдений (частота отбора проб) устанавливается по согласованию с территориальными органами Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.

5.1.10. Одновременно с отбором проб воздуха определяют метеорологические параметры: направление и скорость ветра, температуру воздуха, атмосферное давление, состояние погоды и подстилающей поверхности.

5.2. Методы контроля

5.2.1. Правила организации наблюдений за уровнем загрязнения атмосферы в городах и населённых пунктах выполняются в соответствии с ГОСТ 17.2.3.01—86. Отбор проб воздуха ведётся на постах наблюдения.

5.2.2. Перечень образцов для отбора на постах наблюдения и последующего анализа устанавливается по сведениям о составе и характере выбросов от источников загрязнения на основе данных инвентаризации выбросов предприятий (или иных объектов).

5.2.3. При определении приземной концентрации загрязнителей в атмосфере отбор проб проводится на высоте 1,5—3,5 м от поверхности земли. Продолжительность отбора проб при определении разовых концентраций должна составлять 20—30 минут.

5.2.4. Пробы воздуха, отобранные на постах наблюдения, доставляются в специализированные лаборатории, где осуществляется детальный анализ отобранных проб воздуха.

5.2.5. Отбор проб воздуха для последующего лабораторного анализа осуществляется путём аспирации определённого объёма воздуха через поглотительный прибор, заполненный жидким или твёрдым сорбентом для улавливания вещества, или через аэрозольный фильтр. Для отбора проб используются стандартные средства измерения: воздухоотборник «Компонент», электроаспираторы различных моделей и др., используемые в практике работы Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, которые могут размещаться в комплексных лабораториях «Пост-1», «Пост-2», «Атмосфера-II» и др.

5.2.6. Для физико-химической характеристики наноматериалов в настоящее время могут быть использованы методы атомно-абсорбционной спектрофотометрии, инверсионной вольтамперометрии, рентгеноэмиссионной спектрометрии, спектроскопии электронного парамагнитного резонанса, лазерной корреляционной спектрометрии и др.

5.2.7. Для выявления и идентификации наноматериалов и их содержания в атмосферном воздухе также могут быть использованы методы, рекомендуемые в разделе 4.2 настоящих методических рекомендаций.

Приложение 1

Схема проведения экспериментов по электронно-микроскопической визуализации и идентификации наночастиц в различных воздушных системах окружающей среды

Объект исследования	Воздушная среда предприятий, цехов, коммунально-бытовых помещений
Физическая форма объекта исследования	Газообразная
Количество материала для выполнения исследований	10,0 $м^3$
Приборное обеспечение	Аппарат Кротова для отбора проб воздуха, просвечивающий электронный микроскоп, анализатор изображений, соединенный с электронным микроскопом или цифровая фотокамера с матрицей не ниже 5 мегапикселей и компьютер
Материалы	Пинцет для электронно-микроскопических работ, электронно-микроскопические сеточки, пластинка тефлона размером 10 × 20 см, чашки Петри, автоматическая микропипетка на 100 $мм^3$, наконечники к микропипетке, колбы вместимостью 100 $см^3$, пробирки вместимостью 20 $см^3$, пипетки
Химические реактивы	Формвар, коллодий, амилацетат, дихлорэтан, уранилацетат, дистиллированная вода
Препарирование образцов для исследования в электронном микроскопе	Этап 1: подготовка реактивов и материалов к эксперименту: – приготовление 0,15 % раствора формвара на дихлорэтане или 0,5 % раствора коллодия на амилацетате; – покрытие электронно-микроскопических сеточек формваровой (коллодиевой) пленкой; – приготовление 1,0 % раствора уранилацетата. Этап 2: препарирование образцов наноматериалов для электронной микроскопии: – чашку Петри с дистиллированной водой помещают в аппарат Кротова и выдерживают в потоке воздуха 10 мин; – на электронно-микроскопические сеточки наносят по одной капле суспензии частиц из воздуха (50—100 $мм^3$), через 1 мин удаляют всю жидкость с поверхности сеточки и окрашивают 1,0 % водным раствором уранилацетата; – сеточки с наноматериалом контрактируют 1,0 % раствором уранилацетата в течение 1—2 мин

Продолжение

1	2
Исследование образцов (проб воздуха) в просвечивающем электронном микроскопе	Основные этапы: – предварительная оценка качества образца при низких увеличениях; – исследование и фотографирование структуры образца при высоких разрешениях; – поиск наночастиц на изображениях; – фотографирование 10 случайных полей изображения образца
Анализ электронно-микроскопических изображений структуры твердой фракции проб воздуха	Основные этапы: – визуализация наночастиц в пробах воздуха; – морфометрический анализ наночастиц; – определение степени полиморфизма; – определение коэффициента формы наночастиц; – определение степени агрегированности наночастиц в воздухе; –определение степени загруженности воздуха наночастицами (количество частиц на единицу объема воздуха)
Основные параметры и характеристики твердой фракции воздуха для выдачи заключения	Структурные и морфометрические характеристики наноматериала: – наличие частиц размерами 1,0—100,0 нм в пробах воздуха; – уровень электронно-оптической плотности частиц (уровень электронно-оптической плотности частиц – как и в оптическом диапазоне, структурный элемент образца может быть прозрачным, полупрозрачным, непрозрачным. Это характеризует элементный состав образца: металлы непрозрачны для электронов и изображения получаются сильно контрастными, легкие металлы почти не рассеивают электроны и выглядят на микрофотографии полупрозрачными); – форма частиц; – коэффициент формы наночастиц; – степень полиморфизма наночастиц в воздухе; – степень агрегированности частиц в пробах воздуха

Приложение 2

Термины и определения

Агрегат – гетерогенная частица, в которой различные компоненты скрепляются относительно сильными силами и таким образом их не легко разъединить.

Агломерат – группа частиц, скрепляемых относительно слабыми силами, включая силы van der Waals, электростатические силы и поверхностное натяжение.

Аэрозоль – метастабильная суспензия твердых или жидких частиц в газе.

Дифференциальный анализатор подвижности – устройство, позволяющее получить распределение частиц по размеру, работа которого основана на принципе подвижности частиц в электрическом поле.

Каскадный импактор – устройство для отбора проб, в котором накапливаются частицы, отбираемые из аэрозоля, на серии накопительных пластин, используя принцип импакции (осаждения).

Концентрация частиц – число частиц в единице объема воздуха.

Наноаэрозоль – аэрозоль, включающий или состоящий из наночастиц и наноструктурных частиц.

Площадь поверхности, активная – поверхностная область частицы, которая непосредственно вовлечена во взаимодействия с окружающими газовыми молекулами.

Площадь поверхности, определенная – площадь поверхности на единицу массы частицы или материала.

Размер частицы – диаметр сферы, сигнал от которой в контрольном приборе, определяющем размер частиц, равен сигналу от оцениваемой частицы.

Распределение частиц по размерам – кумулятивное распределение концентрации частиц в зависимости от их размеров.

Схема отбора проб – процедура отбора проб, включающая в себя «переключение» (переход) от одного плана выборочного контроля (например, стандартного) к другому (например, более жёсткому).

Счетчик ядер конденсации – устройство, которое позволяет увеличивать размеры ультрамелкой частицы за счет эффекта конденсации с целью их последующего счета с использованием оптических методов счета частиц.

Приложение 3

Классификация и краткая характеристика основных наноматериалов, подлежащих контролю в воздухе рабочей зоны и атмосферном воздухе населённых мест

К основным видам наноматериалов, подлежащих контролю в воздухе рабочей зоны и атмосферном воздухе населённых мест принадлежат:

- углеродные наночастицы (фуллерены, нанотрубки, графен, углеродные нанопены),
- наночастицы металлов и неметаллов,
- наночастицы бинарных соединений (оксидов, нитридов, карбидов металлов и неметаллов),
- квантовые точки (наночастицы полупроводников),
- наночастицы сложных органических соединений (силикатов и алюмосиликатов, титанатов, солей различного состава),
- наночастицы органических полимеров (латексы, дендримеры),
- дисперсии наночастиц органических веществ (мицеллярные растворы, наноэмульсии, наноинкапсуляты, нанолипосомы и т. д.),
- биогенные наночастицы (частицы биополимеров, рекомбинантных вирусов и псевдовирусных частиц).

Ниже представлены краткие сведения по характеристике области применения приоритетных наноматериалов и их свойствах.

Наночастицы оксида цинка. Наночастицы оксида цинка имеют форму, близкую к сферической и размер в диапазоне 10—100 нм. Они представляют собой лёгкий порошок белого цвета, не растворимый в воде и органических растворителях, но легко растворимый в разбавленных кислотах и щелочах. Применяется в качестве белой краски (цинковые белила); как ускоритель вулканизации резиновых смесей; в производстве солей цинка, типографских красок, стекла, керамики, спичек, целлулоида; зубного цемента, косметических средств; в текстильной промышленности и пр. Окись цинка широко применяется в солнцезащитных кремах.

Наночастицы диоксида кремния – кремневый ангидрид, аморфный кремнезем, кварц. Форма частиц близка к сферической, размер в зависимости от условий получения варьирует от 5 до 80 нм. Внешний вид наноматериала: лёгкие порошки белого цвета. Наночастицы аморфного кремнезема обладают различной степенью пористости, поэтому данные оценки их удельной площади поверхности на основании геометрии частиц и по методу изотерм адсорбции инертных газов могут сильно рас-

ходиться. В среде биологических жидкостей различного состава наночастицы диоксида кремния так же, как и диоксида титана, агрегируют с образованием комплексов субмикронного размера.

Природный кремнезем используют в производстве силикатных стекол, изделий из фарфора и фаянса, бетона, силикатного кирпича, керамики. Синтетический кремнезем – наполнитель в производстве резины; аэросил (безводный кремнезем) используют как адсорбент в хроматографии; как загуститель смазочных материалов, клеев, красок; в радиотехнике, оптике, самолётостроении, электронике, а также как сырьё для производства монокристаллов кварца, кварцевого стекла. Кварцевые волокна используют для создания линий связи и систем передач информации. Также может использоваться в качестве пищевой добавки.

Наночастицы диоксида титана. Диоксид титана существует в виде полиморфных форм: анатаза, рутил. Анатаза – представлена наночастицами формы, близкой к сферической, и размером в диапазоне 5—15 нм; рутил – представлен наночастицами в форме палочек или стержней диаметром около 10 и длиной до 40 нм. Обе изоформы наноразмерного диоксида титана в чистом виде представляют собой лёгкие белые порошки, которые интенсивно электризуются. Они не растворимы в воде, но легко диспергируются в воде с образованием жидкостей молочно-белого цвета, которые затем медленно (на протяжении часов) седиментируют. В среде биологических жидкостей различного состава наночастицы диоксида титана агрегируют с образованием комплексов субмикронного размера.

Используется для активирования исходных реагентов и достижения требуемых характеристик (плотности, прозрачности, прочности, термостойкости) при синтезе различных материалов. Используется в производстве пигментов лакокрасочной промышленности и наполнителей композиционных полимерных материалов, диэлектрической керамики и керамических плёнок. Применяется в виде титановых белил, для обмазки сварочных электродов, в качестве катализатора, как пигмент и наполнитель в резиновой промышленности, в производстве пластмасс, линолеума. Используется как покрытие для увеличения механической прочности изделий. Широко используется в области фотокатализа. Одной из областей применения диоксида титана является создание солнечных батарей.

Наночастицы асбеста. Пыль асбестосодержащая с содержанием хризотиласбеста до 10 %. Применяется в самых различных областях: строительстве, автомобильной промышленности и ракетостроении. Текстильные сорта асбеста (с длиной волокон более 2—8 мм) применяют

для изготовления шифера, труб и др. Кислотостойкие сорта используют как наполнители пластмасс. Асбест входит в состав более чем трёх тысяч изделий в самых различных областях техники. Из волокон асбеста изготовляют фильтры, брезенты, защитные костюмы (для пожарных), бумагу, картон, асбоцементные строительные материалы и др.

Фуллерены – наночастицы, образованные счетным (обычно 60 или 70) числом атомов углерода, организованных в сферический каркас. Фуллерены можно рассматривать как отдельную аллотропическую форму углерода, не тождественную двум ранее известным – алмазу и графиту. Форма выпуска фуллеренов: порошки или растворы в органических растворителях, а также нанопленки (толщиной до 20 нм). В эту группу входят и химически модифицированные фуллерены: гидроксилированные, галогенированные, связанные с аминокислотами и металлами. Немодифицированные фуллерены практически нерастворимы в воде и полярных растворителях, а также в алифатических углеводородах и в жирах; умеренно растворимы в ароматических углеводородах (толуол, ксилол, хлорбензол). Возможно получение коллоидных (мицеллярных) водных растворов фуллеренов в комплексе с некоторыми поверхностно-активными веществами и полимерами. Многие химически модифицированные фуллерены хорошо растворимы в воде. Истинные (молекулярные) растворы фуллеренов окрашены (имеют красный или фиолетовый цвет), имеют характеристический максимум поглощения в ближнем ультрафиолете при длине волны 324—340 нм. Контаминация объектов природной среды фуллеренами возможна в ходе их производства, перевозки фуллерен-содержащей продукции и утилизации её отходов.

Углеродные нанотрубки по структуре близки к фуллеренам, но представляют собой не сферические, а линейные (протяженные) каркасные конструкции, сложенные атомами углерода. Различают однослойные (одностенные) и многослойные (многостенные) нанотрубки. Последние представляют из себя конструкции из коаксиально вложенных одна в другую однослойных нанотрубок разного диаметра. Другим показателем структуры нанотрубок является спиральность, то есть величина атомарного сдвига, достигаемого при замыкании плоского слоя, образованного атомами углерода, в трубку. В промышленных условиях производятся нанотрубки различного диаметра (от 1 до 90 нм) и различной степени очистки в виде порошков, суспензий в органических растворителях, в отдельных случаях в виде гелей или пленок. Нанотрубки, как и фуллерены, практически нерастворимы в воде и полярных растворителях, однако они обладают липофильностью и способны накапливаться в организме. По условиям своего получения одностенные угле-

родные трубки практически всегда содержат примесь металлических катализаторов (как правило, переходных металлов VIII группы или меди).

Наночастицы металлического серебра имеют форму, близкую к сферической, и размер, в зависимости от условий получения, от 5 до 80 нм. Различные препараты наносеребра имеют разную степень гетерогенности по размерам частиц. Препараты наночастиц серебра нестабильны и проявляют выраженную склонность к агрегации с образованием комплексов значительно большего, чем исходные частицы, размера. Стабильные дисперсии наночастиц серебра в воде или в органических растворителях (гексан, бензол и т. д.) могут быть получены в присутствии анионактивных поверхностно-активных веществ или полимеров, например, поливинилпирролидона. Они представляют собой жидкости, окрашенные (в зависимости от концентрации наночастиц) в жёлтый или коричневый цвет.

Наночастицы оксида алюминия имеют сферическую форму и размер в диапазоне, как правило, 30—60 нм. В форме нанопорошков они стабильны, в воде и биологических жидкостях проявляют склонность к агрегации. По своему агрегатному состоянию представляют собой лёгкие порошки белого цвета, нерастворимые в воде и органических растворителях, но растворимые в разбавленных кислотах и щелочах.

Приложение 4

Рекомендуемый список литературы по вопросам промышленной безопасности наноматериалов

1. Андриевский Р. А., Рагуля А. В. Наноструктурные материалы: Учебное пособие для вузов. М.: Академия, 2005. 192 с.

2. Белоусов В. П., Будтов В. П., Данилов О. Б., Мак А. А. //Оптический журнал. 1997. Т. 64. № 12. С. 3.

3. Большая Российская энциклопедия. М., 2006. Т. 5. С. 174.

4. Елецкий А. В., Смирнов Б. М. Фуллерены и структуры углерода. УФН, 1995. № 9. С. 977—1009.

5. Лысцов В. Н., Мурзин Н. В. Проблемы безопасности нанотехнологий. М., 2007. 46 с.

6. Обсуждение проблем нанотехнологии. Научная сессия Общего собрания РАН 19.12.2002 //Вестник РАН. 2003. Т. 73. № 5. С. 429.

7. Пиотровский А. Б., Киселев О. И. Фуллерены в биологии. С.-Пб: Изд-во «ООО Росток», 2006. 336 с.

8. Borm P.J., Kreyling W. Toxicological hazards of inhaled nanoparticlespotential implications for drug delivery //J. Nanosci. Nanotechnology. 2004. V.4, No 4. P. 521—531.

9. EPA Nanotechnology White Paper. 2007. EPA/100/B-07/001 Feb. 2007, 120 p.

10. EPA. Peer Rexiew Meet.Draft Paper. 2006. 71 FR 14205. April 2006.

11. Hood E. Nanotubes causes cardiovascular damage. Environ. Health Perspect. 2007, 115, N. 3, p. 152.

12. Linfried K., Albrecht C., Klotz L.-O., Von Mikecz A., Grether-Beck S., Schins R.P.F. Cellular responses to nanoparticles. Target structures and mechanisms. Nanotoxicology, V. 1, No 1 Mar 2007, P. 52—71.

13. Monteiro-Riviero N.A., Tran C.L. Nanotechnology Characterization, Dosing and Health Effects. 2007, 392 p.

14. National Nanotechnology Initiative: leading to the next industrial revolution /A Rep. by Interagency Working Group on Nanoscience, Engineering and Technology. Committee on Technology of Nat.Sci. and Techn. Council, USA, Washington D.C., Feb. 2000.

15. U.S. Departament of Agricultura. 2003. Nanoskale Science and Engineering for Agriculture and Food Systems. Report Submitted to Cooperative State Research, Education, and Extension Service. Norman Scott (Cornell University) and Hongda Chen (CSREES/USDA) Co-chairs.

16. NIOSH CURRENT INTELLIGENCE BULLETIN: Evaluation of Health Hazard and Recommendations for Occupational Exposure to Titanium Dioxide November 22, 2005.

17. BSI British Standards Published Document PD 6699-2:2007 «Guide to safe handling and disposal of manufactured nanomaterials».

18. ISO/TR 12885:2008(E) Nanotechnologies Health and safety practices in occupational settings relevant to nanotechnologies.

19. ISO/TR 27628 Workplace atmospheres – Ultrafine, nanoparticle and nano-structured aerosols. Inhalation exposure characterization and assessment.

Приложение 5

Обозначения и сокращения

АСМ	Атомно-силовая микроскопия
ВЭЖХ	Высокоэффективная жидкостная хроматография
ИСП-МС	Масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой
МР	Методические рекомендации
МУ (МУК)	Методические указания (методические указания по методам контроля)
ПДК	Предельная допустимая концентрация
ПЭМ	Просвечивающая электронная микроскопия
СЗЗ	Санитарно-защитная зона
СИЗ	Средства индивидуальной защиты
BSC	Биологически безопасный кабинет
CPC	Конденсационный счётчик частиц
DMA	Дифференциальный Анализатор Подвижности
ELPI	Электрический низкого давления импактор
HEPA	Высокоэффективный воздушный фильтр
ICRP	Международная Комиссия по радиологической защите
SPM	Сканирующая зондовая микроскопия
TEOM	Измерители содержания массы пыли

gost.e-ecolog.ru