**Государственное санитарно-эпидемиологическое нормирование Российской Федерации**

1.2. ГИГИЕНА, ТОКСИКОЛОГИЯ, САНИТАРИЯ

# Контроль наноматериалов, применяемых в химической промышленности

**Методические рекомендации**
**МР 1.2.0024—11**

Издание официальное

**Москва • 2011**

gost.e-ecolog.ru

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

1.2. ГИГИЕНА, ТОКСИКОЛОГИЯ, САНИТАРИЯ

# Контроль наноматериалов, применяемых в химической промышленности

**Методические рекомендации**
**МР 1.2.0024—11**

ББК 51.2
К64

К64 **Контроль** наноматериалов, применяемых в химической промышленности: Методические рекомендации.—М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2011. —31 с.

ISBN 978—5—7508—1050—5

1. Разработаны Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Г. Г. Онищенко, Б. Г. Бокитько, А. С. Гуськов, А. А. Волков, Т. Ю. Завистяева); Федеральным учреждением науки «Федеральный научный центр 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, Т. В. Юдина, Л. А. Луценко, А. М. Егорова, А. В. Ильницкая, И. В. Березняк, Л. Л. Гвоздева); Учреждением Российской академии медицинских наук Научно-исследовательский институт 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, А. А. Козак, О. И. Передеряев); Учреждением Российской академии наук Центр «Биоинженерия» РАН (К. Г. Скрябин, О. А. Зейналов, Н. В. Равин, С. П. Комбарова); Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы» (С. А. Кононогов, С. С. Голубев); Учреждением Российской академии медицинских наук Институт биохимии им. А. Н. Баха РАН (В. О. Попов, Б. Б. Дзантиев, А. В. Жердев, О. Д. Гендриксон); ООО «Интерлаб» (А. Н. Веденин, Г. В. Казыдуб).

Разработаны в рамках Федеральной целевой программы «Развитие инфраструктуры наноиндустрии в Российской Федерации на 2008—2010 гг.».

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

3. Введены в действие с момента утверждения.

4. Введены впервые.

**ББК 51.2**

**© Роспотребнадзор, 2011**
**© Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2011**

## Содержание

I. Область применения ..... 4
II. Нормативные ссылки ..... 5
III. Общие положения ..... 8
IV. Порядок проведения лабораторных исследований ..... 12
V. Контроль безопасного использования наноматериалов ..... 20
*Приложение 1.* Термины и определения ..... 27
*Приложение 2.* Перечень распространенных наночастиц и наноматериалов, применяемых и/или производимых в химической промышленности, и область их применения ..... 28
*Приложение 3.* Список литературы для разработки программы обучения по вопросам нанобезопасности ..... 29
*Приложение 4.* Список интернет-сайтов, публикующих актуальную информацию по проблемам безопасности производств, использующих наночастицы и наноматериалы ..... 30
*Приложение 5.* Обозначения и сокращения ..... 31

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель Федеральной службы
по надзору в сфере защиты прав
потребителей и благополучия человека,
Главный государственный санитарный
врач Российской Федерации
Г. Г. Онищенко
17июня 2011 г.
Дата введения: с момента утверждения

1.2. ГИГИЕНА, ТОКСИКОЛОГИЯ, САНИТАРИЯ

# Контроль наноматериалов, применяемых в химической промышленности

## Методические рекомендации МР 1.2.0024—11

## I. Область применения

1.1. Настоящие методические рекомендации определяют применение методов контроля искусственных наноматериалов, используемых в химической промышленности на стадии их разработки, производства, транспортирования, хранения, использования и утилизации.

1.2. Методические рекомендации разработаны с целью обеспечения единства измерений и адаптации имеющихся методов и средств измерений наноматериалов для контроля за безопасностью наноматериалов и здоровья работников, занятых в сфере химических технологий, защиты окружающей среды.

1.3. Методические рекомендации предназначены для органов и организаций Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, а также юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, осуществляющих подготовку к вводу и/или производство, хранение, транспортирование и реализацию нанопродукции, предназначенной к применению в химической промышленности.

1.4. Методические рекомендации могут использоваться научно-исследовательскими организациями гигиенического профиля, медицин-

скими учебными заведениями и иными организациями и учреждениями заинтересованных министерств и ведомств.

## II. Нормативные ссылки

2.1. Федеральный закон от 22.06.1993 № 5487-1 «Основы законодательства Российской Федерации об охране здоровья граждан».

2.2. Федеральный закон от 25.11.2009 № 267-ФЗ «О внесении изменений в Основы законодательства Российской Федерации об охране здоровья граждан и отдельные законодательные акты Российской Федерации».

2.3. Федеральный закон от 30.03.1999 № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения».

2.4. Федеральный закон от 27.12.2002 № 184-ФЗ «О техническом регулировании».

2.5. Федеральный закон от 18.07.2009 № 189-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О техническом регулировании».

2.6. Федеральный закон от 26.12.2008 № 294-ФЗ «О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля».

2.7. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды».

2.8. Федеральный закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления».

2.9. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

2.10. Федеральный закон от 26.06.2008 № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений».

2.11. Постановление Правительства Российской Федерации от 28.03.2001 № 241 «О мерах по обеспечению промышленной безопасности опасных производственных объектов на территории Российской Федерации».

2.12. Постановление Правительства Российской Федерации от 15.09.2005 № 569 «О положении об осуществлении государственного санитарно-эпидемиологического надзора в Российской Федерации».

2.13. Приказ Минздравмедпрома России от 14.03.1996 № 90 «О порядке проведения предварительных и периодических медицинских осмотров работников и медицинских регламентах допуска к профессии».

2.14. Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 06.02.2001 № 23 «О внесении изменений в приказ Минздравмедпрома России от 14.03.1996 № 90».

2.15. Приказ Минздравсоцразвития Российской Федерации от 16.08.2004 № 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)».

2.16. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 16.05.2005 № 338 «О внесении изменений в приложение № 2 к приказу Минздравсоцразвития России от 16 августа 2004 г. № 83».

2.17. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 22.06.2009 № 357н «Об утверждении Типовых норм бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты работникам, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением».

2.18. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 01.07.2009 № 378н «Об утверждении Типового положения о территориальном органе Федеральной службы по труду и занятости».

2.19. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 29.05.2006 № 413 «Об утверждении типового Положения о комитете (комиссии) по охране труда».

2.20. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 28.05.2009 № 284 «Об организации обучения по охране труда отдельных категорий застрахованных в 2009 г.».

2.21. Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 23.07.2007 № 54 «О надзоре за продукцией, полученной с использованием нанотехнологий и содержащей наноматериалы».

2.22. Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 31.10.2007 № 79 «Об утверждении Концепции токсикологических исследований, методологии оценки риска, методов идентификации и количественного определения наноматериалов».

2.23. Приказ Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека от 19.07.2007 № 224 «О сани-

тарно-эпидемиологических экспертизах, обследованиях, исследованиях, испытаниях и токсикологических, гигиенических и иных видах оценок».

2.24. СП 2.2.2.1327—03 «Гигиенические требования к организации технологических процессов, производственному оборудованию и рабочему инструменту».

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

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

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

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

2.29. СанПиН 1.2.1330—03 «Гигиенические требования к производству пестицидов и агрохимикатов».

2.30. СанПиН 2.1.6.1032—01 «Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест».

2.31. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200—03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. Новая редакция. СанПиН 2.2.1./2.1.1.2361—08 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов». Изменение 1 к СанПиН 2.2.1./2.1.1.1200—03. Новая редакция».

2.32. СанПиН 2.1.5.980—00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод».

2.33. СанПиН 2.1.7.573—96 «Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения».

2.34. СП 2.1.7.1038—01 «Гигиенические требования к устройству и содержанию полигонов для твердых бытовых отходов».

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

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

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

2.38. МУ 1.2.2634—10 «Микробиологическая и молекулярно-генетическая оценка воздействия наноматериалов на представителей микробиоценоза».

2.39. МУ 1.2. 2635—10 «Медико-биологическая оценка безопасности наноматериалов».

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

2.41. МР 1.2.2566—09 «Оценка безопасности наноматериалов *in vitro* и в модельных системах *in vivo*».

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

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

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

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

2.46. ГОСТ 30333—2007 «Паспорт безопасности химической продукции. Общие требования».

2.47. ГОСТ 12.4.034—2001 «Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Классификация и маркировка».

2.48. ГОСТ Р ИСО 14001—2007 «Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению».

2.49. ISO/TR 12885:2008(E) «Нанотехнологии. Правила техники безопасности, применяемые в профессиональной деятельности».

## III. Общие положения

3.1. В химической промышленности создаются и находят применение разнообразные наноматериалы (катализаторы, адсорбенты, нейтрализаторы и др.), ожидаемое влияние которых на человека и среду обитания требует обеспечения мер безопасности путем выполнения санитарных правил, санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий, организации и осуществления контроля за их соблюдением.

3.2. Объектами контроля (надзора) на химических предприятиях являются: сырье, полуфабрикаты, готовая химическая продукция, получаемая с использованием нанотехнологий, технологические процессы, технологическое оборудование, рабочие места, производственные помещения, здания, сооружения и площадки, санитарно-защитные зоны предприятий, зоны санитарной охраны водоемов, транспорт, а также отходы производства.

3.3. Методические рекомендации определяют порядок проведения и объем лабораторных исследований, входящих в комплекс мероприятий по производственному контролю на нанотехнологическом объекте, и рекомендуют перечень мер безопасности.

3.4. Лабораторные исследования в рамках производственного контроля за наноматериалами (далее – лабораторные исследования), применяемыми в химических производствах, проводятся юридическими лицами или индивидуальными предпринимателями. Они разрабатывают программу (план) их проведения до начала осуществления указанного вида деятельности. Дополнения и изменения в программу (план) производственного контроля вносятся при изменении вида деятельности, технологии производства, новых сведений об опасности наноматериалов, введении в действие новых нормативных документов, иных существенных изменениях деятельности юридического лица (индивидуального предпринимателя).

3.5. Целью лабораторных исследований является контроль присутствия наночастиц и/или нанопродукции в воздухе рабочей зоны и других контролируемых средах, а также контроль уровня их воздействия на человека и окружающую среду (при наличии гигиенических нормативов) для обоснования мер коллективной и индивидуальной защиты при производстве наноматериалов, хранении, транспортировании и реализации продукции, утилизации промышленных отходов.

3.6. В соответствии с постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 31 октября 2007 г. № 79 каждый созданный и предназначенный к использованию наноматериал должен пройти полную токсикологическую оценку. До установления степени опасности конкретных наноматериалов их следует рассматривать как новую продукцию и относить к веществам, потенциально опасным для здоровья человека.

3.7. На каждый наноматериал необходимо иметь всю необходимую документацию, оформленную в установленном порядке, включая «Паспорт безопасности» (по ГОСТ 30333—2007), который подлежит центра-

лизованному учету, хранению и депонированию в учреждениях, на базе которых организуются специализированные банки с информационными функциями.

3.8. К применению в промышленном объеме допускаются наноматериалы, прошедшие оценку безопасности согласно МР 1.2.2522—09, МУ 1.2.2520—09, МР 1.2.2566—09, МУ 1.2.2634—10, МУ 1.2.2635—10 и другим документам, утверждённым в установленном порядке.

3.9. В качестве временной меры при оценке риска наноматериалов можно руководствоваться результатами прогнозно-аналитической оценки (по МР 1.2.2522—09) с отнесением наноматериала к низкому, среднему или высокому уровню потенциальной опасности.

Первоочередного внимания требует организация мер безопасности и их соблюдение при производстве, применении, транспортировании и хранении наноматериалов, особенно отнесенных к высокой степени потенциальной опасности либо представляющих собою крупнотоннажные химические продукты, т. к. в этом случае возможно увеличение числа экспонированных лиц.

3.10. При работе с наноматериалами необходимо предусматривать мероприятия (организационно-технологические, гигиенические, санитарно-технические, медико-биологические), направленные на устранение или ослабление действия наночастиц на организм человека и реализацию системы управления профессиональными рисками. При этом рекомендуется использовать прогрессивные технологии, информативные методы контроля, мониторинг условий труда персонала по вредным факторам рабочей среды, эффективные средства коллективной защиты, надежные средства индивидуальной защиты.

3.11. При разработке, организации и внедрении технологических процессов на предприятиях химической промышленности, конструировании производственного оборудования и рабочего инструмента необходимо обеспечить отсутствие наночастиц искусственного происхождения в воздухе рабочих зон, атмосферном воздухе населенных мест и воде или, если это невозможно, их содержание на уровне, не превышающем установленных для них гигиенических нормативов (при наличии таковых).

3.12. В химических производствах следует предусматривать контроль как самих наноматериалов, так и вредных примесей веществ макроскопической степени дисперсности, содержащихся в наноматериале или загрязняющих его по условиям технологии его получения.

3.13. При внедрении нанотехнологий обеспечивается соблюдение безопасных уровней вредных факторов, причём эти уровни не должны быть выше, чем на аналогичных промышленных объектах (при их наличии), не использующих в технологии производства наночастицы и наноматериалы.

3.14. Согласно международным требованиям (ISO/TR12885:2008(E)) предусмотрены следующие мероприятия, уменьшающие экспозицию наночастицами работников производств и населения:

• выпускать продукцию, содержащую наночастицы, в непылящих формах (пасты, гранулы вместо аэрозолей и порошков) и в герметизированных упаковках;

• заменять наноматериалы с большей потенциальной опасностью менее опасными материалами, где это возможно по условиям технологического процесса;

• использовать везде, где это возможно, допустимое по технологии увлажнение сырья и продукции, особенно при наличии источников пылевыделения;

• осуществлять модификацию поверхности потенциально опасных наночастиц, например покрытие квантовых точек молекулярными слоями инертных малотоксичных неорганических веществ (сульфид цинка, кремнезем) или органическими детергентами;

• автоматизировать и механизировать технологию производства, транспортирования и расфасовки сырья, полуфабрикатов и продукции, содержащей наноматериалы, с целью исключения непосредственного контакта работников с вредными и опасными производственными факторами;

• применять в производственном оборудовании конструктивные решения и средства защиты, направленные на уменьшение интенсивности выделения пыли наночастиц и наноматериалов и локализацию вредных производственных факторов;

• проводить установку систем автоматического контроля, сигнализации и управления технологическим процессом, особенно на участках, где возможен внезапный выброс аэрозолей наночастиц;

• обеспечить автоматическую блокировку производственных систем и оборудования на участках, опасных по аварийным ситуациям;

• обеспечить соблюдение требований эргономики и технической эстетики к производственному оборудованию и эргономических требований к организации рабочих мест и трудового процесса;

• предусматривать включение гигиенических требований в нормативно-техническую документацию.

3.15. При разработке, организации и ведении технологических процессов, связанных с использованием наноматериалов, предусматриваются мероприятия по охране среды обитания в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 14001—2007.

3.16. При конструировании оборудования для технологических процессов, связанных с использованием наноматериалов, следует предусматривать максимальную механизацию его монтажа, технического обслуживания, ремонта и демонтажа.

Подлежащее техническому ремонту оборудование перед началом работ очищается от содержащихся наноматериалов с использованием систем пылеулавливания наноразмерных аэрозолей, а при наличии остатков ядовитых веществ макроскопической дисперсности – подвергается дополнительному обеззараживанию методами, рекомендованными для данных загрязнителей. Машины, механизмы и другое технологическое оборудование после модернизации или ремонта проходят проверку на их соответствие действующим нормативным документам.

3.17. При проектировании промышленных зданий, предназначенных для работы с наноматериалами, особое внимание обращают на расположение цехов предприятия, оборудования и установок на открытых площадках, автоматизацию процессов, обустройство рабочих мест. При проектировании важно учитывать розу ветров и разделять рабочие места, контактирующие с различными опасными материалами.

## IV. Порядок проведения лабораторных исследований

4.1. Перечень наноматериалов, подлежащих контролю, объем, методы и периодичность лабораторных исследований составляются на основании данных санитарно-эпидемиологической экспертизы объекта, сведений об особенностях технологического процесса, составе и свойствах продукции, возможности экспонирования ими персонала предприятия и населения прилегающих к нему территорий.

4.2. Перечень точек отбора проб для лабораторного исследования должен содержаться в «Программе производственного контроля» в текстовом либо графическом виде.

4.3. Лабораторные исследования осуществляются юридическим лицом или индивидуальным предпринимателем самостоятельно при наличии лабораторной базы, соответствующей задачам контроля, либо с привлечением лаборатории, аккредитованной в установленном порядке.

4.4. Перечень основных видов наноматериалов, применяемых в химической промышленности и/или производимых химическими способами:

- наночастицы металлов, сплавов и интерметаллических соединений;
- металлооксидные наночастицы;
- силикатные и алюмосиликатные наночастицы и нановолокна;
- магнитные жидкости;
- наночастицы органических полимеров;
- наночастицы углерода (фуллерены, сажи, углеродные нанотрубки);
- наноэмульсии пестицидов.

4.5. Рекомендации по месту проведения отбора проб, объему и периодичности лабораторных исследований.

4.5.1. На этапах технологического процесса, где наноматериалы или содержащие их продукты представлены в виде порошка, суспензии, раствора либо в твердой физической форме, осуществляют контроль проб с визуализацией и идентификацией наночастиц в составе образцов.

4.5.2. Отбор проб воздуха для контроля наноаэрозолей проводят в зоне дыхания работника (постоянное рабочее место). При непостоянном рабочем месте отбор проб проводится в точках, в которых работник находится в течение смены.

4.5.3. Устройства для отбора проб воздуха могут быть стационарными или персональными (индивидуальными).

4.5.4. При высоко- или низкотемпературных технологических процессах, а также размещении оборудования на открытых промышленных площадках отбор проб воздуха для контроля наноматериалов рекомендуется проводить в теплый и холодный периоды года.

4.5.5. В воздухе рабочей зоны контроль наноматериалов рекомендуется осуществлять по максимальной (МК) и/или среднесменной концентрации (ССК), ориентируясь на основной характер биологического действия, как это принято для веществ макроскопической дисперсности. Вредные вещества химической природы с ведущим токсическим механизмом действия контролируются как по МК, так и ССК. Для вредных веществ, опасных для развития острого отравления, и аллергенов, определяющим является контроль МК; канцерогенов – ССК; высоко- и умеренно фиброгенной пыли – как МК, так и ССК; слабофиброгенной – только ССК (в соответствии с руководством Р 2.2.2006—05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда»).

4.5.6. Периодичность контроля наноматериалов устанавливается аналогично их химическим аналогам в форме макроскопической дисперсности, как указано в ГОСТ 12.1.005—88 и руководстве Р 2.2.2006—05 (прилож. 9): для веществ – I класса опасности – не реже 1 раза в 10 дней; II класса – 1 раз в месяц; III класса – 1 раз в 3 месяца; IV – 1 раз в 6 месяцев. При контроле МК в каждой точке, как правило, следует отобрать не менее трех проб. Проба ССК является средневзвешенной величиной за 8-часовой рабочий день.

4.5.7. Отбор проб атмосферного воздуха, воды, почвы в районе размещения химического предприятия, использующего наноматериалы, следует проводить согласно действующим нормативным документам.

4.6. Методы подготовки проб и идентификации наночастиц в структуре образца, применяемые в ходе контроля наноматериалов.

4.6.1. Твердые и жидкие (конденсированные) фазы, содержащие наноматериалы.

*А. Химические средства в порошкообразной и жидкой формах.*

Изучаемые образцы наноматериалов суспензируют или растворяют в дистиллированной воде. Последующие этапы исследования отражены в табл. 1.

Таблица 1

**Схема проведения исследований по электронно-микроскопической визуализации и идентификации наночастиц в порошкообразной и жидкой формах**

| Вид продукта, наноматериала | Промышленные товары |
|---|---|
| 1 | 2 |
| Физическая форма продукта, наноматериала | Порошок, суспензия, раствор |
| Количество материала для выполнения исследований | 50—100 мг (0,5—1,0 $см^3$) |
| Приборное обеспечение | 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, микропипетка вместимостью 50 $мм^3$, наконечники к микропипетке, колбы вместимостью 100 $см^3$, пробирки вместимостью 20 $см^3$, пипетки |

Продолжение табл. 1

| 1 | 2 |
|---|---|
| Химические реактивы | Формвар, коллодий, амилацетат, дихлорэтан, уранилацетат, дистиллированная вода |
| Препарирование образцов для исследования в электронном микроскопе | Этап 1 (подготовка реактивов и материалов к эксперименту):<br>– приготовление 0,15 %-го раствора формвара на дихлорэтане или 0,5 %-го раствора коллодия на амилацетате;<br>– покрытие электронно-микроскопических сеточек формваровой (коллодиевой) пленкой;<br>– приготовление 1,0 %-го раствора уранилацетата.<br>Этап 2 (препарирование образцов наноматериалов для электронной микроскопии):<br>– суспензию или раствор наноматериала наносят на электронно-микроскопические сеточки, покрытые формваровой (коллодиевой) пленкой;<br>– сеточки с наноматериалом контрастируют 1,0 %-м раствором уранилацетата |
| Исследование образцов наноматериалов в просвечивающем электронном микроскопе | Основные этапы:<br>– предварительная оценка качества образца при низких увеличениях;<br>– исследование и фотографирование структуры образца при низких увеличениях – для визуализации структуры исследуемого образца и при высоких разрешениях – для визуализации наночастиц в структуре образца;<br>– *поиск наночастиц в структуре образца;*<br>– фотографирование 10 полей изображения структуры образца |
| Анализ электронно-микроскопических изображений структуры наноматериала (продукта) | Основные этапы:<br>– визуализация наночастиц в структуре наноматериала или продукта;<br>– морфометрический анализ наночастиц;<br>– определение степени полиморфизма наночастиц в материале;<br>– определение степени агрегированности наночастиц в материале |
| Основные параметры и характеристики наноматериала (продукта) для выдачи заключения | Структурные и морфометрические характеристики образца наноматериала:<br>– *наличие частиц размерами 1,0—100,0 нм; уровень* электронно-оптической плотности наночастиц; форма наночастиц; коэффициент формы наночастиц; степень полиморфизма наночастиц в материале; степень агрегированности наночастиц в образце наноматериала |

Результаты и заключение электронно-микроскопической визуализации и идентификации наночастиц в продукции содержат информацию о форме и размерах наночастиц в исследуемом материале, данные о степени агрегированности наночастиц, сведения о характере распределения наночастиц в образцах, электронно-микроскопические изображения частиц и структуры продукта.

*Б. Химические средства в твердой форме.*

Целью лабораторного контроля является определение наличия наночастиц в продукции и морфометрическая идентификация частиц на ультратонких срезах твёрдых (плотных) образцов.

Схема проведения исследований по электронно-микроскопической визуализации и идентификации наночастиц в средствах в твердой форме представлена в табл. 2.

Таблица 2

**Схема проведения исследований по электронно-микроскопической визуализации и идентификации наночастиц в твердой форме**

| Вид продукта, наноматериала | Промышленные товары |
|---|---|
| 1 | 2 |
| Физическая форма продукта, наноматериала | Твердая |
| Количество материала для исследований | 50—100 мг |
| Приборное обеспечение | Ультрамикротом, прибор для изготовления ножей для ультрамикротома, термостат.<br>Далее – аналогично табл. 1 |
| Материалы | Аналогично табл. 1 и дополнительно – автоматическая микропипетка на 100 мм$^3$ |
| Химические реактивы | Абсолютный этиловый спирт или 100 % ацетон, эпоксидные смолы (аралдит или эпон), цитрат свинца.<br>Далее – аналогично табл. 1 |
| Препарирование образцов для исследования в электронном микроскопе | Этап 1 (подготовка реактивов и материалов к исследованию):<br>Аналогично табл. 1 и дополнительно:<br>– приготовление раствора цитрата свинца;<br>– приготовление эпоксидной смолы.<br>Этап 2 (препарирование образцов наноматериалов для электронной микроскопии): |

Продолжение табл. 2

| 1 | 2 |
|---|---|
| | – фрагменты образца объемом 1—2 мм$^3$ или порошок наноматериала выдерживают в трех сменах абсолютного этилового спирта или ацетона;<br>– наноматериал пропитывают в трех сменах абсолютного этилового спирта и аралдита;<br>– образцы наноматериала заключают в аралдит и полимеризуют в течение 72 ч при температуре 60 °С;<br>– на ультрамикротоме стеклянным ножом из образцов наноматериала получают ультратонкие срезы толщиной 30,0—60,0 нм;<br>– ультратонкие срезы монтируют на электронно-микроскопические сеточки, покрытые формваровой пленкой;<br>– ультратонкие срезы наноматериала окрашивают цитратом свинца и 1,0 %-м раствором уранилацетата |
| Исследование образцов наноматериалов в просвечивающем электронном микроскопе | Основные этапы:<br>аналогично табл. 1 |
| Анализ электронно-микроскопических изображений структуры наноматериала (продукта) | Основные этапы:<br>– визуализация наночастиц на ультратонких срезах наноматериала или продукта.<br>Далее – аналогично табл. 1 |
| Основные параметры и характеристики наноматериала (продукта) | Структурные и морфометрические характеристики наноматериала:<br>аналогично табл. 1 |

Полученные результаты излагаются в заключении.

4.6.2. Аэрозоли с твердой фазой.

Целью лабораторного контроля является определение наличия наночастиц в воздухе рабочей зоны и коммунально-бытовых помещений предприятий.

Схема проведения исследований по электронно-микроскопической визуализации и идентификации наночастиц в составе аэрозолей с твёрдой фазой представлена в табл. 3.

Для идентификации наночастиц в составе аэрозоля с твердой фазой рекомендуется придерживаться отбора проб воздуха с использованием аппарата Кротова (или иных аналогов), на входе которого установлен

фильтр для отсечения крупных частиц. Прибор градуируется, регулярно поверяется метрологической службой.

Параллельно готовят контрольные образцы с искомыми наночастицами. Для этого на электронно-микроскопические сеточки наносят водную суспензию одного или нескольких видов наночастиц, выпускаемых различными подразделениями изучаемого предприятия, либо иными объектами, расположенными в зоне отбора проб воздуха.

Таблица 3

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

| Объект исследования | Воздушная среда предприятий, цехов, коммунально-бытовых помещений |
|---|---|
| 1 | 2 |
| Физическая форма объекта исследования | Газообразная |
| Количество материала для выполнения исследований | 10,0 $м^3$ |
| Приборное обеспечение | Аппарат Кротова для отбора проб воздуха, далее – аналогично табл. 2 |
| 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 | Аналогично табл. 2 |
| Препарирование образцов для исследования в электронном микроскопе | Этап 1 (подготовка реактивов и материалов к эксперименту):<br>аналогично табл. 2.<br>Этап 2 (препарирование образцов наноматериалов для электронной микроскопии):<br>– чашку Петри с дистиллированной водой помещают в аппарат Кротова и выдерживают в потоке воздуха 10 мин;<br>– 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 %-м водным раствором уранилацетата;<br>– сеточки с наноматериалом контрактируют 1,0 %-м раствором уранилацетата в течение 1—2 мин |

Продолжение табл. 3

| 1 | 2 |
|---|---|
| Исследование образцов в просвечивающем электронном микроскопе | Основные этапы:<br>аналогично табл. 2 |
| Анализ электронно-микроскопических изображений структуры твердой фракции проб воздуха | Основные этапы:<br>– визуализация наночастиц в пробах воздуха;<br>– морфометрический анализ наночастиц;<br>– определение степени полиморфизма; коэффициента формы; степени агрегированности наночастиц в воздухе; 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; форма частиц; коэффициент формы наночастиц; степень полиморфизма наночастиц в воздухе; степень агрегированности частиц в пробах воздуха |

Результаты электронно-микроскопической визуализации и идентификации наночастиц в пробах воздуха отражают в заключении. Рекомендуется обращать внимание на уровень электронно-оптической плотности частиц – как и в оптическом диапазоне, структурный элемент образца может быть прозрачным, полупрозрачным, непрозрачным, что характеризует элементный состав образца: металлы непрозрачны для электронов и изображения получаются сильно контрастными, легкие металлы почти не рассеивают электроны и выглядят на микрофотографии полупрозрачными.

4.7. Методы контроля наноаэрозолей в воздухе рабочей зоны.

4.7.1. Для контроля наноаэрозолей рекомендуется использовать методы электронно-микроскопической визуализации и идентификации наночастиц при условии предварительного отбора проб воздуха на фильтры, предусмотренные ГОСТ Р ИСО 7708—2006, ГОСТ Р ИСО 14644-3—2007 для мелких частиц.

4.7.2. Для выявления и идентификации отдельных видов наноматериалов (перечень – п. 4.4) в отобранных пробах могут быть использованы следующие методы:

• *неорганические наноматериалы в виде твердых и жидких фаз*: атомно-эмиссионная спектрофотометрия; масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой;

• *углеродсодержащие наноматериалы (фуллерены)*: система высокоэффективной жидкостной хроматографии;

• углеродные нанотрубки, наночастицы органических полимеров, латексов, дендримеров: метод ПЭМ с контрастированием солями тяжелых металлов;

• *наночастицы металлов, оксидов металлов, силикатов, алюмосиликатов (диоксид титана, оксиды металлов: железа, кобальта, никеля, церия, цинка, меди, алюминия и наноглины)*: метод ПЭМ в режиме неконтрастирующих методик;

• *наночастицы органических полимеров, латексов, дендримеров*: атомно-силовая микроскопия.

4.7.3. В качестве дополнительных методов идентификации наноматериалов могут применяться инфракрасная фотолюминесцентная спектроскопия и ИК-спектроскопия поглощения.

4.7.4. Для контроля наночастиц в воздушной среде рекомендуется использовать методы оценки массовой концентрации и площади поверхности наночастиц, а также измерение распределения наночастиц с применением анализа подвижности частицы, инерционного смещения; измерения импакторами низкого давления (согласно ISO/TR 12885:2008(E), ГОСТ Р ИСО 7708—2006, ГОСТ Р ИСО 14644-3—2007).

Рекомендуемые приборы: CPC – конденсационный счётчик частиц, DMA – дифференциальный анализатор подвижности, TEOM – измерители содержания массы пыли и др.

## V. Контроль безопасного использования наноматериалов

5.1. Контроль сырья и материалов, используемых в производстве наноматериалов.

5.1.1. В помещениях, где осуществляется работа с порошкообразными наноматериалами, способными привести к пылевыделению в воздух рабочей зоны, контролируется наличие противопылевых мероприятий, которые включают: оборудование герметичных укрытий источников пылевыделения; аспирационные устройства; использование для манипуляций с порошкообразными наноматериалами устройств, обеспеченных надежным укрытием и находящихся под разряжением (воздушные сепараторы, электромагнитные устройства и др.).

5.1.2. При проведении манипуляций (дозирования, смешения, сепарации, формования) с небольшими порциями порошкообразных наноматериалов контролируется наличие специальных герметичных боксов, автоматических дозаторов с укрытиями, оборудованными механической вытяжной вентиляцией.

5.1.3. На производствах, осуществляющих фасовку и упаковку высокоопасных порошкообразных наноматериалов, контролируется наличие специального фасовочного оборудования, изолированного в боксах или установленного в отдельном помещении, снабженного аспирационным укрытием и системой тонкой очистки выбросов от пыли с учетом ее дисперсного распределения.

5.1.4. При работе с наноматериалами, представленными в виде жидкостей, коллоидов, суспензий и классифицированными как наноматериалы высокой или средней потенциальной опасности согласно МР 1.2.2522—09, контролю подлежит степень контакта с ними кожных покровов работающих, что достигается применением герметичной аппаратуры, автоматизацией технологического процесса, его ведением в непрерывном замкнутом цикле, использованием защитной спецодежды, перчаток и спецобуви работниками.

5.1.5. В рабочих помещениях, где проводится работа с наноматериалами, отнесенными к высокому или среднему уровню потенциальной опасности, контролируется наличие гидрантов, фонтанчиков с автоматическим включением или душа для немедленного смывания наноматериалов и используемых в работе с ними вредных веществ макроскопической дисперсности в случае попадания их на кожу или слизистые оболочки глаз.

5.2. Контроль безопасности технологического процесса.

5.2.1. На предприятии, проводящем работы с наноматериалами, контролируется степень их изоляции от окружающей среды на стадиях их получения (приёмки), хранения, использования и утилизации отходов.

5.2.2. В числе изолирующих мероприятий контролируется наличие:

- воздушных замков и контейнеров для сбора наноматериалов из реактора;
- отдельных закрытых помещений для проведения синтезов наноматериалов;
- чистых комнат с положительным дифференциалом давления для работы с наноматериалами, способными к образованию аэрозолей или выделяющими токсические вещества в виде паров и газов;

• портативных перистальтических насосов для доставки жидкости в контейнеры.

5.2.3. При работе с биогенными наноматериалами и отдельными видами абиогенных наноматериалов, относящихся к высокой степени потенциальной опасности, контролируется наличие мер максимальной защиты работников, аналогичных используемым при работе с особо опасными инфекционными микробиологическими агентами. Одним из таких является «Биологически безопасный кабинет» (BSC) III класса (ISO/TR 12885:2008(E)), представляющий собой газонепроницаемую камеру с неоткрывающимся окном. Доступ для ввода материалов в камеру осуществляется через специальный шлюз, который может быть дезактивирован между использованием. Приточный и удаляемый воздух фильтруется HEPA-фильтром. Удаляемый воздух должен пройти через два фильтра HEPA или фильтр HEPA и воздушную установку для сжигания отходов перед выходом на улицу. Камера находится под отрицательным давлением. К камере приложены длинные, сверхпрочные резиновые перчатки, которые предотвращают прямой контакт пользователя с опасными материалами. Изоляция, согласно ISO/TR 12885:2008(E), эффективна для воздушных наночастиц таких материалов, как газовая сажа, кварц, наночастицы $TiO_2$, металлы и оксиды металлов, наночастицы биоорганических веществ (ДНК, РНК, белки).

При контроле используемых в работе с биогенными наноматериалами ламинарных шкафов контролируется их соответствие характеристикам, устанавливаемым ISO/TR 12885:2008(E), а именно:

| | |
|---|---|
| Эффективность HEPA-фильтра | 99,997 % для частиц > 0,3 мкм |
| Скорость потока | > 0,45 м/с |
| Интенсивность освещения | > 1 000 Люкс |
| Потребляемая мощность, не более | 500 Вт |
| Питание | 220 В; 50 Гц |

5.2.4. При работе с самовоспламеняющимися и взрывчатыми наноматериалами, такими как нанодисперсии активных металлов в органических растворителях, контролируется наличие дистилляционной системы для испарения растворителей из коллоидных дисперсий.

5.2.5. Контроль безопасного использования наноматериалов включает мониторинг работы вытяжных вентиляционных систем, организованный в ключевых пунктах системы. Вытяжка используется при работе с различными типами наноматериалов: нанопорошки, углеродные на-

нотрубки, коллоидные дисперсии, фуллерены, квантовые точки, полимеры, нанокристаллы, сажа. Контроль эффективности вентиляционных систем, согласно ISO/TR 12885:2008(E), включает проверку наличия фильтрующих систем, способных улавливать наноразмерные аэрозоли, например, HEPA-фильтров, и регулярность их замены или очистки.

5.2.6. В производственных помещениях, где выполняются работы с наноматериалами, контролируется состояние поверхностей стен, пола и потолка, которые должны быть гладкими, без щелей, легко обрабатываемыми, устойчивыми к действию детергентов и дезинфицирующих средств; полы не должны быть скользкими.

5.2.7. При контроле хранилищ стандартизованных образцов наноматериалов, применяемых в ходе идентификации и контроля наноматериалов, учитывают, что хранилище должно находиться в отдельном помещении, ориентированном на север, имеющем отопление, вентиляцию, искусственное освещение и оснащенном холодильниками, сейфами, иными видами герметичных укрытий для хранения нанообразцов, а также системами предупреждения несанкционированного доступа (кодовый замок, охранная сигнализация).

5.2.8. На предприятии, осуществляющем работы, при которых образуются отходы наноматериалов, контролируется:

- наличие системы учёта и паспортизации этих отходов;
- проведение утилизации твердых наноразмерных отходов производства только на специальных предприятиях или полигонах с привлечением специализированных аккредитованных организаций по обезвреживанию опасных промышленных и бытовых отходов;
- использование для складирования отходов плотно закрываемых или герметизируемых контейнеров (стеклянных, металлических), имеющих специальную маркировку;
- нанесение на контейнеры предупреждающих надписей и (или) пиктограмм, например:



Наноопасность!

5.2.9. Система контроля состояния окружающей среды на территории химического предприятия, применяющего наноматериалы, включает отбор и анализ проб атмосферного воздуха, почвы, воды открытых водоёмов, растительного и снегового покрова на открытых производственных площадках и на границе санитарно-защитной зоны на содержание наноматериалов, представляющих опасность для здоровья человека, с периодичностью, определяемой в соответствии с п. 4.5.6.

5.2.10. При осуществлении производственной деятельности, связанной с использованием наноматериалов при производстве химической продукции, осуществляется лабораторный контроль работы очистных сооружений и систем промышленной канализации, контроль состава сбрасываемых сточных вод.

5.3. Контроль системы обеспечения безопасности работников производства.

5.3.1. Контроль предприятий, проводящих работы с наноматериалами, включает проверку наличия в администрации предприятия отчётной документации о следующих мероприятиях по обеспечению безопасности работников производства:

- оценка риска;
- учет и анализ состояния здоровья персонала (ведётся конфиденциально, с учётом действующего законодательства об охране персональных данных);
- учет несчастных случаев, травм и болезней, обусловленных профессиональной деятельностью;
- медосмотры работников производств с периодичностью, установленной действующим законодательством;
- экспертиза рабочего места;
- разработка инструкций по правилам безопасной работы с наноматериалами и по устранению последствий нештатных ситуаций;
- обучение работников безопасному обращению с наноматериалами;
- учёт регулярности замены средств индивидуальной и коллективной защиты;
- другие отчеты и распоряжения.

5.3.2. Контроль программ по подготовке и обучению персонала химического предприятия, применяющего наноматериалы, включает проверку наличия в них следующих разделов: сведения об опасности и токсичности наноматериалов; меры безопасного обращения с наноматериалами; средства индивидуальной защиты; промышленный контроль; первая доврачебная помощь; удаление отходов; охрана окружающей среды;

мониторинг воздействия наноматериалов на человека и окружающую среду.

Источники информации для подготовки кадров приведены в прилож. 2, 3, 4.

5.3.3. Контроль соблюдения мер личной гигиены при работе с наноматериалами включает следующие мероприятия.

5.3.3.1. Проверка наличия на рабочих местах раковин и душевых для мытья участков кожи, подвергающихся действию пыли или жидкости.

5.3.3.2. Недопущение курения, приема пищи и воды, использования косметики на рабочем месте; проверка наличия специальных помещений для приема пищи, изолированных от других.

5.3.3.3. Проверка наличия раздевалок, предусматривающих раздельное хранение домашней и рабочей одежды, регулярности замены рабочей спецодежды и спецобуви, раздельного сбора и утилизации загрязненной рабочей одежды, наличия специальных ковриков для чистки спецобуви.

5.4. Контроль средств индивидуальной защиты (СИЗ).

5.4.1. СИЗ органов дыхания.

5.4.1.1. Контроль фильтрующих респираторов с полной маской или маской, наполовину закрывающей лицо, включает использование в них высокоэффективных фильтров (например, HEPA с 99,9 % эффективности) и регулярность их смены, особенно при работе с наноматериалами в порошкообразной форме.

5.4.1.2. Полумаски серии 6000 (например, 3M 6700/6800/6900) со сменными патронами, фильтрами и предфильтрами используются при содержании кислорода не менее 18 %. При действии газов и паров рекомендуется респиратор РУ-60М газозащитный. Можно использовать панорамные маски типа Пан 719 с фильтрами HEPA.

5.4.1.3. При работе с особо токсичными наноматериалами и работе в замкнутом пространстве с содержанием кислорода менее 18 % контролируется использование изолирующих противогазов.

5.4.2. Средства защиты кожных покровов и глаз.

5.4.2.1. При работе с наноматериалами контролируется отсутствие их воздействия на кожу, что достигается путём использования рабочей одежды из хлопка, нейлона, обработанных антистатическими препаратами.

5.4.2.2. Согласно международным рекомендациям (ICON) при работе с наноматериалами контролируется использование защитных перчаток. В качестве материала перчаток рекомендуется использовать нит-

рил, латекс, каучук, другие материалы, включая поливинилхлорид, полиэтилен, неопрен и кожу. Рекомендуется использование длинных перчаток, которые покрывают запястья, двойных перчаток и перчаток с манжетами. Можно использовать перчатки универсальные химически стойкие НЕОТОП, которые имеют стойкость к нефтепродуктам и химикатам кислотам и щелочам до 10 %-й концентрации и хорошую эластичность.

5.4.2.3. При работе с особо токсичными материалами контролируется использование защитных комбинезонов.

5.4.2.4. При работе с самовоспламеняющимися, взрывчатыми наноматериалами контролируется наличие у работников специальных шляп и антистатических ботинок (таких, например, как боты диэлектрические), а также диэлектрических ковриков.

5.4.2.5. При работе с наноматериалами высокой степени потенциальной опасности, наноразмерными аэрозолями и дисперсиями наночастиц активных металлов в органических растворителях контролируется использование специальных защитных очков, щитков для всего лица по типу очков защитных панорамных. Возможно использование специальных респираторов, в которых защищаются глаза в дополнение к защите органов дыхания.

Приложение 1

## Термины и определения

**Дифференциальный анализатор подвижности** (differential mobility analyzer, DMA) – устройство, позволяющее получить распределение частиц по размеру, работа которого основана на принципе подвижности частиц в электрическом поле.

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

**Концентрация частиц** (particle concentration) – число частиц в единице объема воздуха.

**План отбора проб** – запланированная процедура, включающая схему отбора проб, определяющая необходимое количество элементов, инкрементов, формирующих пробу, которые должны быть случайно отобраны от инспектируемого лота, учитывающая виды контролируемых характеристик, которые необходимы для оценки статуса лота и по которой лот будет исследован и квалифицирован как «соответствующий» или «не соответствующий» установленным требованиям.

**Размер частицы** (particle size) – диаметр сферы, сигнал от которой в контрольном приборе, определяющем размер частиц, равен сигналу от оцениваемой частицы.

**Распределение частиц по размерам** (particle size distribution) – кумулятивное распределение концентрации частиц в зависимости от их размеров [ИСО 14644-1, (подраздел 2.2.4)].

**Счетчик ядер конденсации** (condensation nucleus counter, CNC) – устройство, которое позволяет увеличивать размеры ультрамелкой частицы за счет эффекта конденсации с целью их последующего счета с использованием оптических методов счета частиц.

**Эффективность счета** (counting efficiency) – отношение полученной концентрации частиц в определенном диапазоне размеров к действительной концентрации таких частиц.

Приложение 2

## Перечень распространенных наночастиц и наноматериалов, применяемых и/или производимых в химической промышленности, и область их применения

К распространенным наноматериалам, применяемым и/или производимым в химической промышленности, относятся прежде всего ультрадисперсные (нано-) порошки (НП).

Нанопорошки в настоящее время широко используются в качестве катализаторов химических процессов (синтеза, окисления, дегидрирования-дегидратации и др.). Среди них наибольшее промышленное применение находят наночастицы металлов: железа, подгруппы меди в структурированной $SiO_2/P_2O_5/B_2O_3$ матрице, благородных металлов, диспергированных на оксидных носителях ($Au/Al_2O_3$, $Pt/A_{l2}O_3$), алюминия, легированного редкими землями, смешанные металлические порошки (Co-Fe, Cu-Ni-$Cr_2O_3$); наночастицы оксидов алюминия и титана, кристаллических алюмосиликатов (цеолиты, алюмофосфаты), металл-углеродные нанокомпозитные системы. Для ускорения процессов катализа разрабатываются также композиционные материалы на основе многостенных углеродных нанотрубок.

Значительное место отводится наноматериалам среди активных сорбентов для очистки жидкостей и газов (наночастицы оксидов алюминия, углерода) и добавок к смазкам, лакам, краскам и др.

Сверхвысокомолекулярный полиэтилен используется для получения сверхпрочных волокон.

К перспективным наноматериалам, используемым в химической промышленности, относят полимерные нанокомпозиты, состоящие из полимерной матрицы и нанонаполнителя. В качестве последних могут быть наночастицы металлов, слоистые силикаты, наночастицы углерода (фуллерены, нанотрубки, нановолокна). Область применения их весьма широка. Данные наноматериалы могут использоваться в процессах катализа, адсорбции, при производстве нового поколения полимерных материалов, резины, клея, лаков, красок, смазок, паст, герметиков, тканей, нитей, керамики и пр.

Разнообразие нанопродукции, применяемой и производимой в химической промышленности, свидетельствует о необходимости учитывать вероятное ее вредное воздействие на организм работающих и необходимость обоснования мер безопасности.

Приложение 3

## Список литературы для разработки программы обучения по вопросам нанобезопасности

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

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

3. Обсуждение проблем нанотехнологии. Научн. сессия Общего собрания РАН 19.12.2002. Вестник РАН, 2003, т. 73, № 5, с.429.

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

5. Рыжонков Д. И. Наноматериалы: учебное пособие /Д. И. Рыжонков, В. В. Лёвина, Э. Л. Дзидзигури. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. 365 с. (ил. Нанотехнология).

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

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

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

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

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

Приложение 4

## Список интернет-сайтов, публикующих актуальную информацию по проблемам безопасности производств, использующих наночастицы и наноматериалы

1. gost.e-ecolog.ru .
2. gost.e-ecolog.ru .
3. gost.e-ecolog.ru
E56_on_Nanotechnology.html.
4. gost.e-ecolog.ru .
5. gost.e-ecolog.ru .
6. gost.e-ecolog.ru 7953.
7. gost.e-ecolog.ru .
8. gost.e-ecolog.ru .
9. gost.e-ecolog.ru .
htm?commid=381983&published=on&includesc=true.

Приложение 5

## Обозначения и сокращения

АСМ – атомно-силовая микроскопия
ВЭЖХ – высокоэффективная жидкостная хроматография
ГН – гигиенические нормативы
МР – методические рекомендации
МУ – методические указания
ПЭМ – просвечивающая электронная микроскопия
СИЗ – средства индивидуальной защиты
СП – санитарные правила
СанПиН – санитарные правила и нормы
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

**Контроль наноматериалов, применяемых в химической промышленности**

**Методические рекомендации**
**МР 1.2.0024—11**

Редактор Е. В. Николаева
Технический редактор Г. И. Климова

Подписано в печать 07.09.11

Формат 60x88/16 Печ. л. 2,0
Тираж 200 экз. Заказ 112

Федеральная служба по надзору
в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека
127994, Москва, Вадковский пер., д. 18, стр. 5, 7

Оригинал-макет подготовлен к печати и тиражирован
отделом издательского обеспечения
Федерального центра гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора
117105, Москва, Варшавское ш., 19а
Отделение реализации, тел./факс 952-50-89

gost.e-ecolog.ru