
**Нанотехнологии. Менеджмент
профессиональных рисков, связанных
с разработанными наноматериалами.**

**Часть 1.
Принципы и подходы**

*Nanotechnologies — Occupational risk management applied to
engineered nanomaterials —
Part 1: Principles and approaches*

ISO/TS 12901-1:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b90784df-88a9-4c77-9337-8088bdfaede1/iso-ts-12901-1-2012>

Ответственность за подготовку русской версии несёт GOST R
(Российская Федерация) в соответствии со статьёй 18.1 Устава ISO



Ссылочный номер
ISO/TS 12901-1:2012

Отказ от ответственности при работе в PDF

Настоящий файл PDF может содержать интегрированные шрифты. В соответствии с условиями лицензирования, принятыми фирмой Adobe, этот файл можно распечатать или смотреть на экране, но его нельзя изменить, пока не будет получена лицензия на интегрированные шрифты и они не будут установлены на компьютере, на котором ведется редактирование. В случае загрузки настоящего файла заинтересованные стороны принимают на себя ответственность за соблюдение лицензионных условий фирмы Adobe. Центральный секретариат ISO не несет никакой ответственности в этом отношении.

Adobe – торговый знак фирмы Adobe Systems Incorporated.

Подробности, относящиеся к программным продуктам, использованные для создания настоящего файла PDF, можно найти в рубрике General Info файла; параметры создания PDF были оптимизированы для печати. Были приняты во внимание все меры предосторожности с тем, чтобы обеспечить пригодность настоящего файла для использования комитетами-членами ISO. В редких случаях возникновения проблемы, связанной со сказанным выше, просьба проинформировать Центральный секретариат по адресу, приведенному ниже.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO/TS 12901-1:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b90784df-88a9-4c77-9337-8088bdfaede1/iso-ts-12901-1-2012>



ДОКУМЕНТ ЗАЩИЩЕН АВТОРСКИМ ПРАВОМ

© ISO 2012

Все права сохраняются. Если не указано иное, никакую часть настоящей публикации нельзя копировать или использовать в какой-либо форме или каким-либо электронным или механическим способом, включая фотокопии и микрофильмы, без предварительного письменного согласия ISO, которое должно быть получено после запроса о разрешении, направленного по адресу, приведенному ниже, или в комитет-член ISO в стране запрашивающей стороны.

ISO copyright office
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax + 41 22 734 09 47
E-mail copyright @ iso.org

Web www.iso.org

Опубликовано в Швейцарии

Содержание

Страница

Предисловие	v
Введение	vi
1 Область применения	1
2 Термины и определения	1
3 Обозначения и аббревиатуры	4
4 Типы и характеристики наноматериалов	5
4.1 Общие положения.....	5
4.2 Фуллерены.....	5
4.3 Углеродные нанотрубки	5
4.4 Нанопровода (нанопроводники)	5
4.5 Квантовые точки (КТ).....	5
4.6 Металлы и оксиды металлов, керамика	5
4.7 Технический углерод	6
4.8 Дендримеры	6
4.9 Наноглины	6
5 Опасность, воздействие и риск, связанные с наноматериалами	6
5.1 Общие положения.....	6
5.2 Проблемы потенциального риска для здоровья при вдыхании NOAA	7
5.3 Учет потенциальных рисков для здоровья от воздействия на кожу или при проглатывании	8
5.4 NOAA как опасные материалы	8
5.5 Риск возгорания и взрыва от NOAA	9
6 Общие подход к менеджменту рисков от NOAA.....	9
7 Идентификация и компетенция лица, проводящего оценку рисков	11
8 Сбор данных.....	11
9 Оценка риска для здоровья	12
9.1 Общие положения.....	12
9.2 Оценивание опасности	12
9.3 Оценка воздействия.....	12
9.4 Оценивание риска для здоровья и определение приоритетов	13
9.5 Документация и анализ	14
10 Контроль риска	14
10.1 Иерархия контроля	14
10.2 Контроль воздействия	15
10.3 Выбор контроля.....	16
10.4 Оценка эффективности контроля.....	18
10.5 Информация, инструкции и обучение	18
11 Методы измерений для оценки контроля.....	19
11.1 Необходимость измерений	19
11.2 Выбор контрольно-измерительных приборов	19
11.3 Стратегия пробоотбора	21
11.4 Ограничения	22
12 Наблюдение за состоянием здоровья	23
13 Утечки или случайные выбросы.....	23
14 Процедуры утилизации.....	24

14.1	Планирование хранения и утилизации наноматериалов	24
14.2	Хранение отходов наноматериалов перед утилизацией.....	25
14.3	Утилизация отходов наноматериалов.....	25
15	Предотвращение возгорания и взрывов	25
Приложение А (информативное) Концепции контроля.....		27
Библиография		35

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO/TS 12901-1:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b90784df-88a9-4c77-9337-8088bdfaede1/iso-ts-12901-1-2012>

Предисловие

Международная организация по стандартизации (ISO) является всемирной федерацией национальных организаций по стандартизации (комитетов-членов ISO). Разработка международных стандартов обычно осуществляется техническими комитетами ISO. Каждый комитет-член, заинтересованный в деятельности, для которой был создан технический комитет, имеет право быть представленным в этом комитете. Международные правительственные и неправительственные организации, имеющие связи с ISO, также принимают участие в работах. ISO тесно сотрудничает с Международной электротехнической комиссией (IEC) по всем вопросам стандартизации в области электротехники.

Международные стандарты разрабатываются в соответствии с правилами, приведенными в Директивах ISO/IEC, Часть 2.

Основная задача технических комитетов состоит в разработке международных стандартов. Проекты международных стандартов, принятые техническими комитетами, рассылаются комитетам-членам на голосование. Для опубликования их в качестве международного стандарта требуется одобрение не менее 75 % комитетов-членов, принимающих участие в голосовании.

При других обстоятельствах, особенно при наличии настоятельных требований рынка, технический комитет может решить опубликовать другие типы нормативных документов:

- общедоступные технические условия ISO (ISO/PAS), представляющие собой соглашение между техническими экспертами рабочей группы ISO, и публикуемые при условии получения одобрения более чем 50% голосов членов головного технического комитета, принимавших участие в голосовании;
- технические условия ISO (ISO/TS), представляющие собой соглашение между членами технического комитета и публикуемые при условии утверждения 2/3 голосов членов комитета, принимавших участие в голосовании.

Документы ISO/PAS или ISO/TS пересматриваются через три года с целью принятия решения либо о продлении их действия на следующие три года, либо о пересмотре и публикации в качестве международного стандарта, либо прекращении действия. Если принимается решение о продлении действия ISO/PAS и ISO/TS, они должны быть пересмотрены через следующие три года, когда они должны быть либо преобразованы в международный стандарт, либо отменены.

Следует учитывать возможность того, что некоторые элементы настоящего документа могут быть предметом патентного права. ISO не несет ответственности за идентификацию любого из таких патентных прав.

ISO/TS 12901-1 был подготовлен Техническим комитетом ISO/TC 229, *Нанотехнологии*.

ISO/TS 12901-1 включает следующие части под общим заголовком *Нанотехнологии. Менеджмент профессиональных рисков, связанных с разработанными наноматериалами*:

- *Часть 1. Принципы и подходы*

Введение

Область нанотехнологий продолжает быстро продвигаться вперед через разработку новых материалов, изделий и применений. В то же время возникает множество вопросов, касающихся потенциальных рисков для здоровья людей и окружающей среды со стороны этих новых наноматериалов. На мировом уровне ведутся широкомасштабные исследования, чтобы лучше понять и количественно оценить эти риски. Хотя некоторые материалы по исследованиям сейчас публикуются, работу по этой программе необходимо продолжать в будущем. В то же время, участники разработки и использования наноматериалов продолжают требовать оценивания рисков и внедрения эффективных методов менеджмента рисков на основе оптимально доступных данных. Международной стандартизации нанотехнологий следует внести свой вклад в реализацию потенциала этих технологий для улучшения и устойчивого развития нашего мира посредством экономического развития, повышения качества жизни, а также для улучшения и защиты здоровья и окружающей среды.

Данная часть ISO/TS 12901 поддерживает это описание основных концепций менеджмента профессиональных рисков и дает практические советы по его внедрению на основе оптимальных имеющихся и появляющихся данных, касающихся потенциальных рисков, связанных с наноматериалами. Технические условия ISO/TS 12901-2, находящиеся на стадии разработки, описывают конкретный подход, основанный на контрольной группе, к дальнейшей поддержке внедрения надлежащей практики в этой сфере.

iteh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO/TS 12901-1:2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b90784df-88a9-4c77-9337-8088bdfaede1/iso-ts-12901-1-2012)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b90784df-88a9-4c77-9337-8088bdfaede1/iso-ts-12901-1-2012>

Нанотехнологии. Менеджмент профессиональных рисков, связанных с разработанными наноматериалами.

Часть 1.

Принципы и подходы

1 Область применения

Настоящая часть ISO/TS 12901 обеспечивает руководство по производственной гигиене и мерам безопасности, связанным с разработанными наноматериалами, включая применение инженерного контроля и соответствующих средств индивидуальной защиты, руководство по выбросам и аварийным сбросам, а также рекомендации по соответствующему обращению с этими материалами при утилизации.

Настоящая часть ISO/TS 12901 предназначена для использования компетентным персоналом, например, руководителями в области здравоохранения и безопасности, технологами, экологами, специалистами по охране труда и промышленной гигиене и другими, несущими ответственность за безопасную работу мощностей, занятых в производстве, обработке, транспортировании и утилизации разработанных наноматериалов.

Настоящая часть ISO/TS 12901 применима к разработанным (искусственным) наноматериалам, включая нанобъекты, такие как наночастицы, нановолокна, нанотрубки и нанопровода (нанопроволока) а также агрегаты и агломераты этих материалов (NOAA).

Термин "NOAA", как он используется в данной части ISO/TS 12901, применяется к таким компонентам, либо в изначальной форме, либо включенным в материалы или препараты, из которых они могут выделяться в определенном объеме на протяжении жизненного цикла, включая, как результат, последующие действия, например, утилизацию.

2 Термины и определения

В настоящем документе используются следующие термины и определения.

2.1

агломерат **agglomerate**

скопление слабо связанных частиц или агрегатов или смесей того и другого, когда результирующая площадь наружной поверхности равна сумме площадей отдельных компонентов

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Силы, удерживающие агломерат как целое, это слабые силы, например, силы Ван дер Ваальса, или простое физическое переплетение.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Агломераты также называют вторичными частицами, а частицы первоисточника называют первичными частицами.

[ISO/TS 27687:2008, определение 3.2]

2.2

агрегат **aggregate**

частица, состоящая из прочно связанных между собой или сплавленных частиц, где результирующая площадь наружной поверхности может быть значительно меньше суммы вычисленных площадей поверхности отдельных компонентов

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Силы, удерживающие агрегат как целое, являются значительными, например, ковалентные связи, или силы, возникающие при спекании, или сложное физическое переплетение.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Агрегаты также называют вторичными частицами, а частицы первоисточника называют первичными частицами.

[ISO/TS 27687:2008, определение 3.3]

2.3
разработанный наноматериал
искусственный наноматериал
engineered nanomaterial

наноматериал, спроектированный для конкретной цели или функции

[ISO/TS 80004-1:2010, определение 2.8]

2.4
воздействие
exposure

контакт с химическим, физическим или биологическим веществом посредством проглатывания, вдыхания или попадания на кожу или в глаза

ПРИМЕЧАНИЕ Воздействие может быть краткосрочным (сильное кратковременное воздействие), средней продолжительности или длительным (хроническое воздействие).

2.5
опасность
hazard

биологический, физический или химический элемент или фактор, который неблагоприятно влияет на людей, окружающую среду, процесс или продукт

[ISO 14698-2:2003, определение 3.10]

2.6
опасность для здоровья
угроза здоровью
health hazard

потенциальный источник ущерба для здоровья

[ISO 10993-17:2002, определение 3.7]

2.7
нановолокно
nanofibre

нанообъект с двумя подобными наружными размерами в наномасштабе при третьем размере, значительно превышающим первых два

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Нановолокно может быть гибким или жестким.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Считается, что два подобных наружных размера отличаются менее чем в три раза, а значительно больший наружный размер отличается от двух других больше чем в три раза.

ПРИМЕЧАНИЕ 3 Самый большой наружный размер необязательно должен быть в наномасштабе.

[ISO/TS 27687:2008, определение 4.3]

2.8
нанообъект
nano-object

материал с одним, двумя или тремя наружными размерами в наномасштабе

ПРИМЕЧАНИЕ Родовой термин для всех дискретных объектов в наномасштабе.

[ISO/TS 27687:2008, определение 2.2]

2.9

наночастица **nanoparticle**

нанообъект, имеющий все три размера в наномасштабе

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Если длина самой длинной и самой короткой осей нанообъекта отличаются значительно (обычно более чем втрое), то вместо термина "наночастица" используют термины "наностержень" и "нанопластина".

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Взято из ISO/TS 27687.

2.10

нанопластина **nanoplate**

нанообъект, имеющий один наружный размер в наномасштабе, а два других наружных размера значительно больших

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Наименьшим наружным размером является толщина нанопластины.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Считается, что два значительно больших размера отличаются от наноразмера более чем втрое.

ПРИМЕЧАНИЕ 3 Большие наружные размеры необязательно должны быть в наномасштабе.

[ISO/TS 27687:2008, определение 4.2]

2.11

наномасштаб **nanoscale**

диапазон размеров приблизительно от 1 нм до 100 нм

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b90784df-88a9-4c77-9337->

ПРИМЕЧАНИЕ 1 В этом диапазоне размеров обычно, но не исключительно, проявляются свойства, которые не являются экстраполяцией от большего размера. Для таких свойств размерные пределы считаются приблизительными.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Нижний предел указанного диапазона (приблизительно 1 нм) введен для того, чтобы не относить к нанообъектам или элементам наноструктур отдельные атомы и небольшие группы атомов, к чему может привести отсутствие нижней границы диапазона.

[ISO/TS 27687:2008, определение 2.1]

2.12

частица **particle**

мелкая часть вещества с определенными физическими границами

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Физическая граница может также быть описана как граница раздела.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Частица может перемещаться как одно целое.

ПРИМЕЧАНИЕ 3 Такое общее определение частицы применимо к нанообъектам.

[ISO/TS 27687:2008, определение 3.1]

2.13

риск **risk**

сочетание вероятности возникновения ущерба и тяжести его последствий

[ISO/IEC Guide 51:1999, определение 3.2]

3 Обозначения и аббревиатуры

ADME	адсорбция, распределение, метаболизм и выведение (из организма)
ACGIH	Американская конференция государственных и промышленных специалистов по гигиене
BMD	контрольная доза
BMDL	нижняя доверительная граница контрольной дозы
CB	контрольная группа
CNT	углеродная нанотрубка
COSH	учет опасных для здоровья человека веществ
CPC	счетчик конденсированных частиц
DMPS	дифференциальный анализатор подвижности частиц
EDX	энергодисперсионный рентгеновский анализ
ELPI	импактор (кониметр) электростатический низкого давления
ES	стандарт воздействия
GHS = СГС	согласованная на глобальном уровне система классификации опасности и маркировки химической продукции
HEPA	высокоэффективные твердые частицы
LCL	нижняя доверительная граница
LEV	местная вытяжная вентиляция
LOAEL	наименьший наблюдаемый уровень неблагоприятного воздействия
MWCNT	многослойная (многостенная) углеродная нанотрубка
NEAT	метод оценки воздействия наночастиц
NIOSH	Национальный институт по охране труда и промышленной гигиене
NOAA	нанообъекты, и их агломераты и агрегаты размером больше 100 нм
NOAEL	уровень, на котором неблагоприятное воздействие не наблюдается
OECD=ОЭСР	Организация по экономическому сотрудничеству и развитию
OEL	предельно допустимая концентрация (ПДК) в воздухе рабочей зоны
OPC	оптический счетчик частиц
PB-ECL	предел управления воздействием по эффективности
PPE	средства индивидуальной защиты
RPE	средства индивидуальной защиты органов дыхания
SEM=СЭМ=РЭМ	сканирующая (растровая) электронная микроскопия
SWCNT	однослойная углеродная нанотрубка
TEM=ПЭМ	просвечивающая электронная микроскопия
TEM EDX	энергодисперсионный рентгеновский анализ с помощью ПЭМ
TEOM=ТЕОМ	вибрационные микровесы с коническим элементом
TLV=ППЗ	предельное пороговое значение
WEL	Предельный уровень воздействия в рабочей зоне

4 Типы и характеристики наноматериалов

4.1 Общие положения

Данный раздел описывает некоторые из наиболее распространенных искусственных наноматериалов, к которым можно применить данное руководство. В нем не предполагается представить полное и всестороннее руководство или определение для этих типов наноматериалов.

4.2 Фуллерены

Фуллерены содержат один из четырех типов встречающихся в природе форм углерода, впервые открыты в 1980-х^[6]. Их молекулы полностью составлены из атомов углерода и имеют форму полой сферы (многогранника). Фуллерены по структуре подобны графиту, который составлен из плоских гексагональных углеродных колец, но также могут содержать пента- и гептагональные кольца, которые образуют пространственные (3D) структуры. Одним из самых распространенных описанных фуллеренов является C₆₀, известный как Бакинстер фуллерен или бакибол (букибол). Фуллерены являются химически стабильными материалами и растворимы в водных растворах. Потенциальное применение включает доставку лекарственных средств, покрытия и накопление (хранение) водорода^[7].

4.3 Углеродные нанотрубки

Углеродные нанотрубки^[8] являются аллотропной формой углерода цилиндрической структуры, с высоким характеристическим отношением диаметров и длин трубок, а также со структурой, *главным образом*, состоящей из однослойных (одностенных) или многослойных (многостенных) трубчатых графеноподобных листов^[9]. Основные типы обычно классифицируются как SW (однослойные), DW (двухслойные), и MW (многослойные) УНТ (CNT). Диаметры могут варьироваться от примерно 1 нм для SWCNT до более 100 нм для MWCNT. Длина трубок может превышать несколько сотен микрометров. Технические УНТ часто могут содержать значительное количество других углеродных аллотропов и неорганических катализаторов из наночастиц.

4.4 Нанопровода (нанопроводники)

Нанопровода представляют собой проводящие или полупроводящие нановолокна с монокристаллической структурой, типичный диаметр составляет несколько десятков нм с большим характеристическим отношением. Различные металлы использовались для производства нанопроводов, включая кобальт, золото и медь. Также были изготовлены кремниевые нанопровода. Потенциальное применение включает соединительные провода в нанoeлектронных устройствах, гелиотехнике и датчиках.

4.5 Квантовые точки (КТ)

Квантовые точки — это мелкие (от 2 нм до 10 нм) блоки (ансамбли) из полупроводниковых материалов с новыми электронными, оптическими, магнитными и каталитическими свойствами. Обычно включают от 1 000 до 100 000 атомов, квантовые точки считаются чем-то средним между удлиненной твердой структурой и одномолекулярным объектом. Полупроводниковые квантовые точки проявляют отчетливые фотоэлектрические свойства, которые напрямую связаны с их размером. Например, при изменении размера частицы свет, испускаемый этой частицей при возбуждении, может быть настроенным на конкретную желательную длину волны. Применяются в катализе, диагностической визуализации в медицине, оптических устройствах и датчиках.

4.6 Металлы и оксиды металлов, керамика

Эта категория включает широкий диапазон компактных форм наночастиц, включая ультратонкий диоксид титана и белую сажу. Такие наночастицы могут быть получены из многих материалов, включая металлы, оксиды металлов и керамику. Хотя первичные частицы имеют компактную форму, эти материалы зачастую имеются только в агрегированной или агломерированной форме. Они могут быть композитными, имеющими, например, металлическое ядро с оксидной оболочкой, или сплавами,

в которых присутствуют смеси металлов. Эта группа наночастиц обычно менее определена с позиции размеров и формы, и вероятнее производятся в больших массах, чем другие формы наночастиц. Применяются как покрытия и пигменты, в катализе, средствах личной гигиены, косметике и композитных материалах.

4.7 Технический углерод

Технический углерод является фактически чистым элементарным углеродом в форме частиц, полученных при неполном сгорании или термическом разложении газообразных или жидких углеводородов в контролируемых условиях. Физически внешне он является тонким порошком или гранулами черного цвета. Его применение в производстве шин, резины и пластмасс, типографской краски и покрытий связано со свойствами удельной площади поверхности, размером частиц и структурой, проводимостью и цветом. Размер первичной частицы технического углерода в большинстве случаев меньше 100 нм, но технические формы агрегированы, обычно размером выше 100 нм. Технический углерод является одним из первых 50 промышленных химических веществ, производимых в мире, по ежегодному объему производства.

4.8 Дендримеры

Дендримеры являются полимерными частицами, в которых атомы расположены в форме разветвленной структуры, обычно симметрично относительно сердцевины. Дендримеры обычно монодисперсны с большим числом функциональных периферических групп. В настоящее время они нашли применение как средства транспортирования лекарств.

4.9 Наноглины

Наноглины представляют собой керамические наночастицы из слоистых минеральных силикатов. Наноглины могут встречаться в природе, или их получают искусственным путем с приданием конкретных свойств. Встречающиеся в природе формы включают несколько классов, а именно: монмориллонит, бентонит, каолинит, гекторит и галлуазит. Наноглины также включают органоглины, т.е. глины, которые прошли через катионный обмен, обычно с большими органическими молекулами, который частично или полностью расслоил первичные листы.

5 Опасность, воздействие и риск, связанные с наноматериалами

5.1 Общие положения

За многие годы установлено, что воздействие при вдыхании множества типов частиц, включая наночастицы, может привести к заболеваниям отдельных людей или популяций, подвергшихся воздействию. Эти данные взяты из исследований, проведенных среди рабочих, животных и всех слоев населения, подвергшихся воздействию воздуха, загрязненного твердыми частицами. Влияние на легкие зависит от полученной дозы частиц, физико-химических свойств и восприимчивости отдельных людей. Исследования на животных показали, что наночастицы могут вызывать более неблагоприятные последствия для легких в массе, чем более крупные вдыхаемые частицы за счет большей площади поверхности на единицу массы^[10]. Имеется множество примеров негативного влияния на легкие, связанные с воздействием в результате производственной деятельности и загрязнения окружающей среды. Например, в рабочей зоне, воздействие угольной пыли явно связано с возникновением легочных заболеваний, таких как пневмокониоз и хроническое обструктивное легочное заболевание (COPD), а воздействие асбеста напрямую связано с асбестозом, мезотелиомой и раком легких. В контексте окружающей среды в исследованиях сообщается о связи между загрязнением воздуха частицами и ростом количества заболеваний и смертности от заболеваний органов дыхания и сердечно-сосудистой системы, в первую очередь, среди восприимчивого населения, такого как пожилые люди или страдающие хроническими заболеваниями^[11].

В то же время миллионы людей ежедневно подвергаются воздействию частиц в результате загрязнения окружающей среды без каких-либо очевидных отрицательных последствий для здоровья. Для любого материала риск или вероятность заболеваний растет при увеличении дозы. Доза преимущественно связана с тем, 'как много' получает орган и 'как долго' доза остается в этом органе. Токсичность, особенно в отношении относительно нерастворимых веществ, связана с общей

площадь поверхности частиц. В то же время, существуют другие физико-химические факторы, которые могут повлиять на токсичность наноматериалов, например, токсичность некоторых углеродных нанотрубок^[12].

5.2 Проблемы потенциального риска для здоровья при вдыхании NOAA

В более чем 30 периодических изданий и аналитических записок обсуждались потенциальные риски для здоровья и окружающей среды от воздействия NOAA^[13]. Потенциальные риски для здоровья от вдыхания NOAA, особенно биоустойчивых NOAA¹⁾, можно свести к следующему:

- a) Ввиду малого размера, нанообъекты могут достичь частей биологических систем, которые обычно недоступны для более крупных частиц. Это включает возрастающую возможность пересечения границ клетки или переход из легких с током крови во все органы тела, или даже смещение от носа прямо к мозгу. Этот процесс известен как транслокация и, в общем, нанообъекты могут перемещаться гораздо свободнее, чем более крупные структуры.
- b) NOAA имеют более высокую площадь поверхности, чем более крупные частицы той же массы. В той степени, в которой площадь поверхности является определяющим фактором токсичности, это ясно подразумевает потенциально повышенные токсичные воздействия.
- c) Важной мотивацией разработки наноматериалов является то, что они обладают новыми, улучшенными или усиленными свойствами по сравнению с более крупными частицами того же материала. Можно ожидать, что изменение химических и/или физических свойств будет сопровождаться изменением биологических свойств, некоторые из которых могут подразумевать повышенную токсичность.
- d) Конкретный вопрос касается сравнений между биоустойчивым высоким характеристическим отношением (отношение длины к диаметру), NOAA (например, некоторые формы углеродных нанотрубок или нанопроводов) и асбеста. Некоторые биоустойчивые волоконоподобные частицы вызывают заболевания, так как их можно вдохнуть и попасть в альвеолярную область легких, из которой их нелегко удалить, поскольку (i) их физические размеры означают, что они не могут быть удалены с помощью простых механизмов очистки легких, и (ii) они очень прочные и не растворяются в жидкостях, покрывающих легкие. Следовательно они остаются в легких на длительный период, вызывая раздражение, воспаление и, в конечном итоге, заболевание. Асбест является примером такого биоустойчивого волокна. NOAA с высоким характеристическим отношением подобной морфологии (форма и жесткость) и прочности поэтому остаются в легких после вдыхания.
- e) Кроме того, для некоторых NOAA, показано, что уменьшение размера связано с увеличением растворимости. Этот эффект может привести к повышенному бионакоплению материалов, которые считаются нерастворимыми или плохо растворимыми, если имеют частицы более крупного размера²⁾.

Наряду с возрастающими объемами производства, понижением стоимости и увеличением общего присутствия наноматериалов в промышленности и коммерческой деятельности, возникшие проблемы показывают, что необходимо прилагать больше усилий для оценки потенциальных рисков, связанных с этими NOAA, и что следует применить соответствующий осторожный подход в обращении с ними и утилизации.

Возможность (или риск) возникновения заболевания зависит от физико-химических свойств данного наноматериала и дозы в том органе, который может поразить заболевание. Доза, накопленная в людях, оценивается не напрямую, а только по воздействию, которое для частиц в воздухе складывается из концентрации частиц в воздухе, скорости вдыхания, эффективности перемещения по дыхательным путям, специфичной для

1) Если частицы легко растворимы, они будут восприниматься организмом таким же образом, как другие химические вещества и классическая токсичность, и токсичность частиц будет отслеживаться.

2) Если частицы полностью растворяются и вещество действует только своими молекулами и ионами, то дело сводится к классической токсичности, а влияние частиц больше неактуально.