

УДК 620.3

UDC 620.3

**СТАНДАРТИЗАЦИЯ ТЕРМИНОВ В  
ОБЛАСТИ НАНОТЕХНОЛОГИИ (ЧАСТЬ 1)**

**STANDARDIZATION OF TERMS IN THE  
FIELD OF NANOTECHNOLOGIES (PART 1)**

Павлыго Татьяна Михайловна  
к.т.н.  
*Институт проблем материаловедения НАН  
Украины, Киев*

Pavligo Tatyana Mikhailovna  
Cand.Tech.Sci  
*Institute of problems of materials science of NAS of  
Ukraine, Kiev*

Пломодьяло Роман Леонидович  
к.т.н.

Plomodyalo Roman Leonidovich  
Cand.Tech.Sci

Свистун Лев Иванович  
д.т.н.  
*Кубанский государственный технологический  
университет, Краснодар, Россия*

Svistun Lev Ivanovich  
Dr.Sci.Tech  
*Kuban State Technological University, Krasnodar,  
Russia*

Сердюк Геннадий Георгиевич  
д.т.н.  
*Институт проблем материаловедения НАН  
Украины, Киев*

Serdyuk Gennadiy Georgiyevich  
Dr.Sci.Tech  
*Institute of problems of materials science of NAS of  
Ukraine, Kiev*

Ниров Аслан Дантесович  
к.т.н.  
*Кубанский государственный технологический  
университет, Краснодар, Россия*

Nirov Aslan Dantesovich  
Cand.Tech.Sci  
*Kuban State Technological University, Krasnodar,  
Russia*

В статье рассмотрены имеющиеся стандарты и проекты стандартов по терминам в области нанотехнологии. Дано обобщение специфической терминологии в области нанотехнологий, терминов, используемых для определения нанообъектов, углеродных наноматериалов, наноструктурных материалов

The article describes the existing standards and draft standards for the terms in the field of nanotechnology. The generalization of specific terminology in the field of nanotechnology, the terms used to define the nanostructures, carbon nanomaterials and nanostructured materials is presented

Ключевые слова: НАНОТЕХНОЛОГИИ,  
НАНООБЪЕКТ, НАНОМАТЕРИАЛ,  
НАНОСТРУКТУРНЫЙ МАТЕРИАЛ

Keyword: NANOTECHNOLOGIES, NANOOBJECT,  
NANOMATERIAL, NANOSTRUCTURAL  
MATERIAL

Повышенный интерес к нанотехнологии начался в 1996 – 1998 годах, когда научная общественность предприняла изучение мирового опыта исследований и разработок в области создания новых наноматериалов с новыми свойствами и поведением в процессе использования. На этапе начального развития любого нового научного направления одной из приоритетных является проблема становления единой адекватной терминологии. Решение терминологической проблемы очень важно и актуально для успешного развития нанотехнологического направления, в особенности из-за его междисциплинарного характера, большой

социальной значимости и вызванного им нынешнего информационного взрыва.

В области указанных нанотехнологии и наноматериалов широко применяется специфическая терминология, которая до настоящего времени не является устоявшейся и в отношении которой только в 2010 году Техническим комитетом ISO/TC<sup>1</sup> 229 «Нанотехнологии» разработан и представлен для обсуждения странам-членам ISO (в том числе России и Украине) соответствующий международный предварительный стандарт – технические требования (TS<sup>2</sup>) под общим названием ISO/TS 80004 Нанотехнологии – Словарь. В этом стандарте каждый термин имеет свою дефиницию (точное научное определение). Создание такого терминологического словаря крайне необходимо, поскольку применение нанотехнологий уже наблюдается в коммуникации, здравоохранении, при производстве новых материалов, ожидается дальнейшее развитие нанотехнологий и разработка их промышленных вариантов. Чтобы создать единый терминологический стандарт в него включены термины, касающиеся наномасштабных частиц, нанообъектов, наноматериалов и используемые как в нанонауке, так и в нанотехнологиях.

В настоящее время разработаны и представлены странам-членам ISO следующие части словаря:

- ISO/TS 80004-1: Основные термины [1];
- ISO/TS 80004-3: Углеродистые нанообъекты [2];
- ISO/TS 80004-4: Наноструктурные материалы [3];
- ISO/TS 80004-5: Межфазная нано/био-граница [4];
- ISO/TS 80004-7: Диагностика и терапия в области здравоохранения [5].

---

<sup>1</sup> ISO - International Organization for Standardization (Международная организация по стандартизации);  
TC – Technical Committee (Технический комитет)

<sup>2</sup> TS - Technical Specification (технические требования)

Ранее был разработан предварительный стандарт ISO/TS 27687 - Нанотехнологии. Терминология и определения для нанообъектов. Наночастица, нановолокно и нанопластинка [6], который планируется преобразовать во вторую часть словаря - ISO/TS 80004–2.

В разработанных частях словаря представлены термины общетехнического назначения (части 1 – 4) и предназначенные для биологов, медицинских работников, производителей медицинского оборудования (части 5 и 7). Последние две части стандарта, не рассматриваются в этой статье, поскольку она предназначена для профессионалов в области порошковой металлургии и нанотехнологий.

В настоящее время разрабатываются две части словаря, относящиеся к проблемам создания и освоения специализированных измерительных приборов (часть 6) и процессов нанопроизводства (часть 8).

ISO/TS 80004-1 представляет определения основных и новых дополнительных терминов и служит основой для более широкой терминологии, представленной в вышеуказанной серии стандартов. Для развития рациональной иерархической системы определений, которая позволит систематически строить словарный запас и соответствует большой иерархии терминов относительно развития нанотехнологий, используются в качестве основных термины **наноматериал**, **нанообъект** и **наноструктурный материал**. Наряду с указанными широко используются и другие термины, представленные в таблице 1.

Следует отметить, что определение термина «**наношкала**» (см. таблицу 1) подразумевает расширение фактического размерного диапазона нанообъектов, который может выходить за пределы точных границ, означая, что верхняя и нижняя границы являются приблизительными. Нижняя граница (приблизительно 1 нм) вводится в это определение, чтобы не относить к нанообъектам отдельные и небольшие

группы атомов или элементов наноструктуры, которые могли бы быть к ним отнесены из-за отсутствия в определении нижней границы.

Таблица 1 – Основные термины, используемые в наноматериаловедении

Термины	Определения
<b>наноматериал</b>	материал, по крайней мере, с одним внешним размером, соответствующим <b>наношкале</b> , или с внутренней или поверхностной наноразмерной структурой
<b>нанообъект</b>	материальное тело с одним, двумя или тремя внешними размерами, соответствующими <b>наношкале</b>
<b>наноструктурный материал</b>	материал, который имеет внутреннюю или поверхностную <b>наноструктуру</b>
<b>наношкала</b>	интервал размеров приблизительно от 1 нм до 100 нм
<b>нанонаука</b>	изучение, обнаружение и изучение вещества с размерами, соответствующими <b>наношкале</b> , у которого могут обнаруживаться размерно- и структурнозависимые свойства и поведение, в отличие от отдельных атомов и молекул или сыпучих материалов
<b>нанотехнология</b>	применение научного знания для обработки и контроля вещества с размерами по <b>наношкале</b> , чтобы, в отличие от отдельных атомов и молекул или сыпучих материалов, использовать размерно- и структурнозависимые свойства и явления
<b>наноструктура</b>	композиция из взаимозависимых составляющих частей, в которой хотя бы одна из этих частей представляет собой область с размерами, соответствующими <b>наношкале</b>
<b>технический наноматериал</b>	<b>наноматериал</b> , предназначенный для заданной цели или функции
<b>производственный наноматериал</b>	<b>наноматериал</b> с заданными свойствами и составом, специально изготовленный в коммерческих целях
<b>побочный наноматериал</b>	<b>наноматериал</b> , полученный как случайный побочный продукт процесса
<b>нанопроизводство</b>	целенаправленный синтез, формирование или контроль <b>наноматериалов</b> , или этапы изготовления в коммерческих целях изделий с размерами по <b>наношкале</b>
<b>нанопроизводственный процесс</b>	совокупность действий для целенаправленного синтеза, формирования или контроля <b>наноматериалов</b> , или этапы изготовления в коммерческих целях изделий с размерами по <b>наношкале</b>
<b>наномасштабное явление</b>	явление, присущее <b>нанообъектам</b> или областям с размерами по <b>наношкале</b>
<b>наномасштабное свойство</b>	характеристика <b>нанообъекта</b> или его области с размерами по <b>наношкале</b>

В проекте стандарта отмечается, что наноматериалы, которые имеют размеры или содержат структурные области, соответствующие наномасштабу, могут иметь присущие им свойства или функции, отличающиеся от тех, которые связаны с отдельными атомами, молекулами или сыпучими материалами. Кроме того, важно признать, что изготовленные предметы, которые содержат наноматериалы, сами не обязательно являются наноматериалами.

На рисунке 1 показана схема иерархии наноматериалов.



Рисунок 1 – Схема иерархии наноматериалов

Следует отметить, что проект стандарта ISO/TS 80004-1 вводит в действие новые термины, которые используются при создании последующих частей стандарта-словаря.

Две последующие части посвящены терминологии относительно нанообъектов разной формы, примерами которых являются наночастицы, нановолокна, нанопластинки, нанотрубки и др. Три первых объекта из этого перечня показаны на рисунке 2.

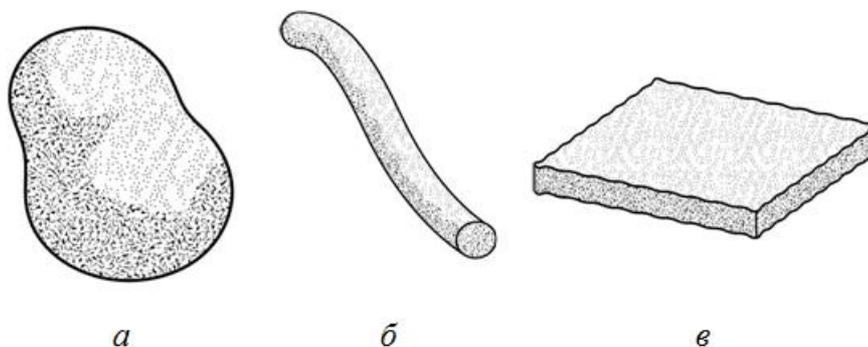


Рисунок 2 –Некоторые формы нанообъектов:

*а* – наночастица, *б* – нановолокно, *в* - нанопластинка

Существуют иерархические отношения между терминами, касающимися нанообъектов. Один из примеров приведен на рисунке 3.

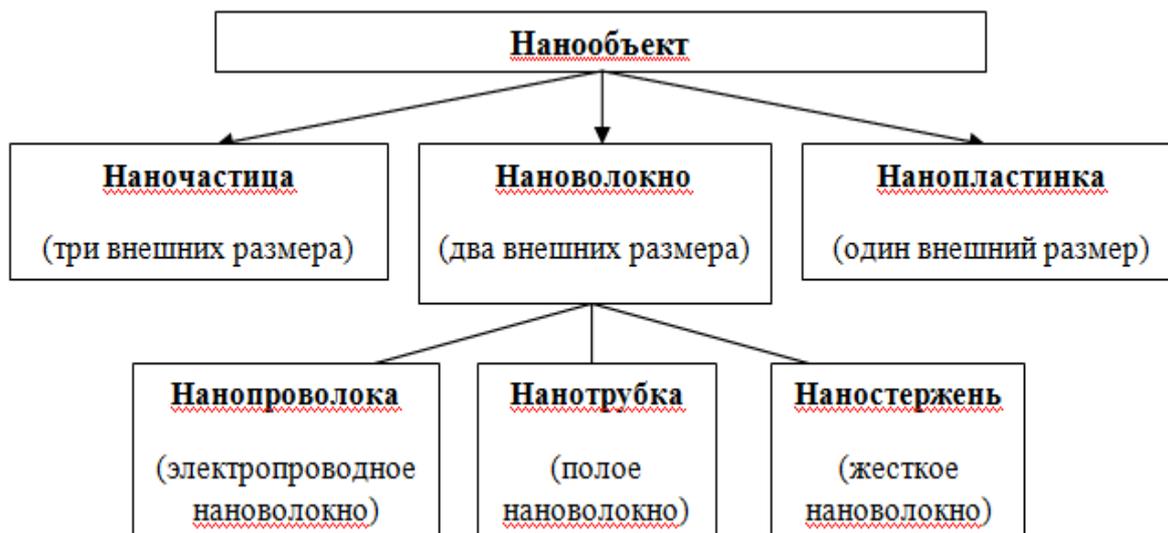


Рисунок 3 - Фрагменты иерархии терминов, относящихся к нанообъектам

Определения приведенных в проекте стандарта терминов для нанообъектов представлены в таблице 2.

Размер нанобъекта - основное свойство сыпучих материалов. В рассматриваемых проектах стандартов обсуждается определение размера наночастиц.

Таблица 2 - Термины, используемые для определения нанобъектов

<b>Термины</b>	<b>Определения</b>
<b>наночастица</b>	нанобъект со всеми тремя внешними размерами по наношкале
<b>нановолокно</b>	нанобъект с двумя наименьшими внешними размерами, соответствующими наношкале, и третьим значительно большим размером
<b>нанопластинка</b>	нанобъект с одним внешним размером по наношкале и двумя другими значительно большими внешними размерами
<b>нанопроволока</b>	электропроводящее или полупроводящее <b>нановолокно</b>
<b>нанотрубка</b>	полое <b>нановолокно</b>
<b>наностержень</b>	сплошное <b>нановолокно</b>
<b>квантовая точка</b>	кристаллическая <b>наночастица</b> , которая имеет размернозависимые свойства в результате эффектов квантовой локализации на электронных уровнях

Наночастицы существуют в разных видах - с различными размерами, формой, морфологией и составом. Для качественного измерения сначала необходимо получить репрезентативный образец из достаточного количества частиц, чтобы адекватно охарактеризовать их совокупность. На необходимое соответствие частиц влияет окружающая среда, а также перенос частиц из одной среды в другую. Примером является осаждение частиц из жидкости, воздуха или порошка на подкладку для электронной микроскопии в вакууме. В различных средах с частицами могут происходить изменения (например, частицы летучих веществ могут дегазировать), агломераты могут рассыпаться под действием разрушающих усилий во время измерения (например, в сопле каскадного сепаратора частиц). При переносе частиц из одной среды в другую представительный образец из оригинального материала также может стать непригодным.

Измеряемый размер частицы всегда зависит от конкретного метода, который используется для изучения, измерения и визуализации частиц. Размер частиц определяют методами, основанными на одном или нескольких физических явлениях, эффективность которых зависит от размера исследуемой частицы. Примерами являются различные измерительные методы, основанные на диффузионной скорости в жидкостях, электрофоретической подвижности в газах и динамическом рассеянии света частицами, а также адсорбции пара интегрированной поверхностью системы частиц (метод БЕТ). Любая измеряемая частица будет взаимодействовать с окружающей средой в соответствии со своими специфическим физическим строением и химическим составом. Это означает, что размеры частицы, которые определяются разными методами, могут отличаться.

Во многих областях техники имеется правило различать размерные ряды частиц на основе одинаковых критериев, происхождения или состава, используя метод измерения, заложенный в определение. Например, имеется термин «ультратонкие частицы», который определяет частицы с эквивалентными диаметром менее 100 нм. Термин «эквивалентный диаметр» относится к практике представления данных о размере частицы без обозначения состава материала или ее форме, как будто состав известен, а частица имеет сферическую форму. Например, когда размеры частиц измеряют инерционным прибором, их аэродинамический диаметр соответствует эквивалентному диаметру, вычисленному при предположении, что частица имеет удельную массу и сферическую форму, которые соответствуют измеряемой скорости движения этой частицы. Надо отметить, что термин «ультратонкая частица» иногда используют наравне с термином «наночастица».

Выбор метода измерения определяется соотношением размерных фракций совокупных частиц, при этом часто используются оптические

счетные методы. Другими типами являются измерения объема методами ультразвуковой спектроскопии или интенсивности рассеянного света для оптических групповых методов, применение которых зависит от уровня крупности частиц. Соответствующие допущения должны быть введены в программные средства для преобразования измерений частиц в количественные или объемные распределения.

Необходимо учитывать, что для большинства методов измерения частиц не установлено однозначной прослеживаемости метрологических результатов измерений длин в единицах СИ. Возможность оперативного контроля всех используемых различных размерозависимых физических явлений может быть определена, но в большинстве случаев этого еще не было проведено. Поэтому при представлении результатов измерения размера частиц необходимо описать используемый соответствующий метод. Часто планируемое использование данных о размере частиц, например, в требованиях к продукции или явлениям здоровья, диктует выбор конкретного используемого метода измерения.

В заключение следует отметить, что термины, касающиеся наномасштабных частиц, придуманы, чтобы обеспечить развитие рациональной иерархической системы определений. Такая иерархия позволит систематически строить словарный запас и соответствует большой иерархии терминов по развитию нанотехнологий. Рассмотренные предварительные стандарты содержат последние перечни терминов и определений. Эти перечни являются частью проектируемой многосоставной терминологии и определений, документально охватывающих различные аспекты нанотехнологий.

Терминологические стандарты предназначены для обеспечения связи между организациями и отдельными лицами в промышленности и тех, кто взаимодействует с ними.

### Список литературы

1. ISO/TS 80004–1:2010 Nanotechnologies – Vocabulary – Part 1: Core terms. – Ed. 2010–10–15. – ISO, 2010. – 4 p.
2. ISO/TS 80004–3:2010 Nanotechnologies – Vocabulary – Part 3: Carbon nano–objects. – Ed. 2011–12–01. – ISO, 2011. – 7 p.
3. ISO/TS 80004–4:2011 Nanotechnologies – Vocabulary — Part 4: Nanostructured materials. – Ed. 2011–12–01. – ISO, 2011. – 7 p.
4. ISO/TS 80004–5:2011 Nanotechnologies – Vocabulary – Part 5: Nano/bio interface. – Ed. 2011–12–01. – ISO, 2011. – 5 p.
5. ISO/TS 80004 - 7: Nanotechnologies -- Vocabulary -- Part 7: Diagnostics and therapeutics for healthcare. - Ed. 2011–10–01. - ISO, 2011. – 8 p.
6. ISO/TS 27687:2008 Nanotechnologies – Terminology and definitions for nano–objects – Nanoparticle, nanofibre and nanoplate. – Ed. 2008–08–15. – ISO, 2008. – 7 p.

### References

1. ISO/TS 80004–1:2010 Nanotechnologies – Vocabulary – Part 1: Core terms. – Ed. 2010–10–15. – ISO, 2010. – 4 p.
2. ISO/TS 80004–3:2010 Nanotechnologies – Vocabulary – Part 3: Carbon nano–objects. – Ed. 2011–12–01. – ISO, 2011. – 7 p.
3. ISO/TS 80004–4:2011 Nanotechnologies – Vocabulary — Part 4: Nanostructured materials. – Ed. 2011–12–01. – ISO, 2011. – 7 p.
4. ISO/TS 80004–5:2011 Nanotechnologies – Vocabulary – Part 5: Nano/bio interface. – Ed. 2011–12–01. – ISO, 2011. – 5 p.
5. ISO/TS 80004 - 7: Nanotechnologies -- Vocabulary -- Part 7: Diagnostics and therapeutics for healthcare. - Ed. 2011–10–01. - ISO, 2011. – 8 p.
6. ISO/TS 27687:2008 Nanotechnologies – Terminology and definitions for nano–objects – Nanoparticle, nanofibre and nanoplate. – Ed. 2008–08–15. – ISO, 2008. – 7 p.