

УДК 620.3

UDC 620.3

**СТАНДАРТИЗАЦИЯ ТЕРМИНОВ В
ОБЛАСТИ НАНОТЕХНОЛОГИИ (ЧАСТЬ 2)**

**THE STANDARDIZATION OF TERMS IN THE
FIELD OF NANOTECHNOLOGIES (PART 2)**

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 Gennady 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 нанобъектов, 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, nanostructured materials have been presented

Ключевые слова: НАНОТЕХНОЛОГИИ,
НАНООБЪЕКТ, НАНОМАТЕРИАЛ,
НАНОСТРУКТУРНЫЙ МАТЕРИАЛ

Keyword: NANOTECHNOLOGIES, NANOOBJECT,
NANOMATERIAL, NANOSTRUCTURAL
MATERIAL

Начальным результатом работы в части терминологии, употребляемой для наноразмерных углеродных материалов, стал предварительный стандарт ISO/TS 80004-3 [1]. Такие углеродные наноматериалы, как фуллерены и углеродные нанотрубки, были обнаружены, синтезированы и произведены уже более двух десятилетий тому назад. Это перспективные материалы для многих отраслей промышленности, потому что они имеют уникальные электронные, электромагнитные, тепловые, оптические и механические свойства. Специальный стандарт по определению основных терминов и концепций углеродных нанобъектов ставит целью выяснение

их взаимосвязи, а также их отношений к существующим терминам, ранее использовавшимся для обычных углеродных материалов.

В рассматриваемый стандарт введены термины, описывающие углеродные нанобъекты, специфические типы углеродных наночастиц, нанотрубок и нанопластинок (таблице 1).

Таблица 1 – Термины, используемые для определения углеродных наноматериалов

Термины	Определения
Основные нанобъекты	
наноанион	сферическая наночастица с концентрическими разноструктурными оболочками
наноконус	нановолокно или наночастица конической формы
нанолента	нанопластинка с одним из двух его наибольших размеров по наношкале и другим значительно большим размером
Наносоединения	
фуллерен	молекула, состоящая только из четного числа атомов углерода, которые образуют замкнутую, подобную сфере многоциклическую систему из 12 пятиугольных граней и присоединенных шестиугольных граней. Примером является фуллерен C₆₀ , который имеет сферически подобную форму с внешним размером около 1 нм
фуллереновое производное	соединение, которое образуется из фуллерена при замене углерода или ковалентном присоединении остатка
эндоэдральный фуллерен	фуллерен с дополнительным атомом или атомами, заключенными в оболочке фуллерена
металлофуллерен	эндоэдральный фуллерен с внедренным металлическим ионом или ионами
Термины	Определения
углеродный наноанион	наноанион, материалом которого является углерод
Специфические нанобъекты	

углеродное нановолокно	нановолокно, материалом которого является углерод
графитовое нановолокно	углеродное нановолокно , материалом которого является графен с многослойной структурой
углеродная нанотрубка	нанотрубка, материалом которой является углерод
одностенная углеродная нанотрубка	углеродная нанотрубка с однослойной цилиндрической стенкой из графена
многостенная углеродная нанотрубка	углеродная нанотрубка , которая образована вложенными концентрическими или почти концентрическими графеновыми листами с межповерхностными расстояниями, подобными таковым у графита
двухстенная углеродная нанотрубка	многостенная углеродная нанотрубка , состоящая только из двух вложенных концентрических одностенных углеродных нанотрубок
наноанион	сферическая наночастица с концентрическими разноструктурными оболочками
чашечная углеродная нанотрубка	углеродная нанотрубка , состоящая из упакованных усеченных графеновых наноконусов
углеродный наностручок	линейное множество фуллеренов , помещенных в углеродную нанотрубку
углеродный нанорожок	короткая углеродная нанотрубка неправильной формы с наноконусной вершиной
углеродная нанолента	нанолента из углерода

Что касается основных терминов в области наноструктурных материалов, то они (термины) определены и охарактеризованы в предварительном стандарте ISO/TS 80004 – 4 [2]. Согласно стандарту

наноструктурные материалы характеризуются наномасштабными внутренней или поверхностной структурами.

Материал не должен характеризоваться как наноструктурный исключительно на основе своего кристаллостроения. В дополнение к материалам с относительно большими нанокристаллическими фракциями зерна, наномасштабными пустотами и порами или образовавшимися наномасштабными включениями (например, с нанообъектами в твердой матрице) имеются другие возможности квалифицировать материалы как "наноструктурные" (см. [3], таблица 1). Так почти все материалы всегда имеют наномасштабные поверхности с морфологической и химической неоднородностью. Только поверхности, которые были специально изменены или текстурированы, чтобы иметь наноразмерные морфологические или химические неоднородности, определяют материалы как "наноструктурные".

Как в нанопорошках, так и в жидких нанодисперсиях, нанообъекты (или их агрегаты или агломераты) распределены не случайно (генерация ближнего порядка, т.е. структура). Кроме того, признано, что в большинстве случаев нанообъекты (или их агрегаты или агломераты) будут взаимодействовать с молекулами жидкости (особенно в полярных жидкостях) в тонком приграничном слое на поверхности каждой частицы. Однородность свойств в жидкости изменяется с точки зрения «наноструктуры». Наследственные результаты могут быть выявлены с помощью физико-химических исследований.

Если, с другой стороны, жидкая среда служит фоном и нет особенной взаимосвязи между нанообъектами, которые располагаются в ней, то такая наносuspension не считается "наноструктурной" в целом, а только совокупностью нанообъектов. В этом смысле термин "наносuspension" означает промежуточную зону между наноструктурным материалом и материалом, который состоит из нанообъектов. Сделан вывод, что термин

"наносуспензия" должен быть включен в техническую характеристику наноматериалов, с тем чтобы описывать материалы, отвечающие этому состоянию.

Учитывая вышесказанное, рассматриваются пять категорий наноструктурных материалов (рисунок 1):

- (1) наноструктурный порошок;
- (2) нанокомпозит;
- (3) твердая нанопена;
- (4) нанопористый материал;
- (5) жидкая нанодисперсия.

Для некоторых из этих пяти категорий также определено некоторое число подкатегорийных терминов (таблица 2).

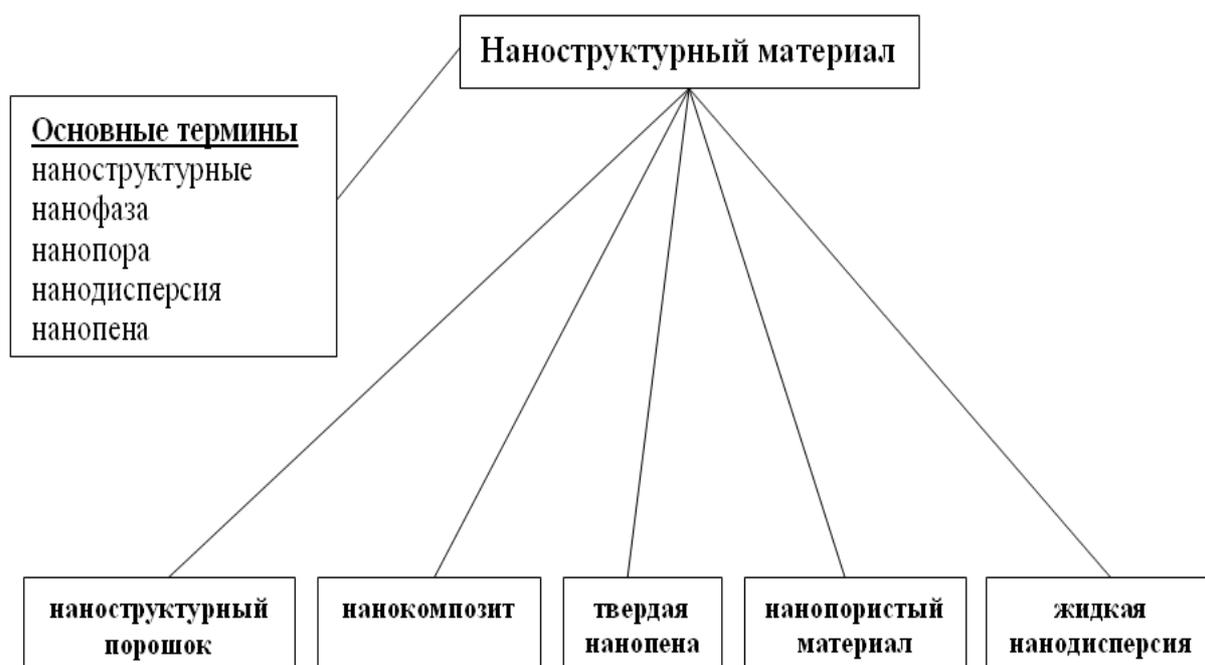


Рисунок 1 – Категории наноструктурных материалов

Таблица 2 – Термины, характеризующие наноструктурные материалы

Термины	Определения
Характерные термины	
нанофаза	физически или химически отличающаяся область или обобщающий термин для физически разных областей того же материала с дискретными областями, которые имеют один, два или три наномасштабных размера. Нанообъекты, встроенные в другую фазу, составляют нанофазу
нанопора	полость хотя бы с одним измерением по наношкале, которая может содержать газ или жидкость. Форма и содержание полости могут изменяться. Концепция нанопоры совпадает с микропорой (пора шириной около 2 нм или меньше), мезопорой (пора шириной приблизительно от 2 нм до 50 нм) и макропорой (пора шириной больше 50 нм). Если нанопоры взаимосвязаны, они могут обеспечить транспортировку через материал (проницаемость)
нанодисперсия	материал, в котором нанообъекты или нанофаза диспергованы в непрерывную фазу отличающегося состава
нанопена	жидкая или твердая матрица, наполненная газовой фазой, в результате чего материал, как правило, обладает значительно более низкой плотностью по сравнению с наноструктурированной матрицей, например, с наноразмерными перегородками и стенками, или газоподобная нанофаза , которая состоит из наноразмерных пузырьков (закрытая нанопена), или первое и второе вместе

Приведем определения терминов, характеризующих отдельные виды наноструктурных материалов (таблица 3).

Таблица 3 – Термины, описывающие категории наноструктурных материалов

Термины	Определения
Категории наноструктурных материалов	
наноструктурный порошок	порошок, включающий в себя наноструктурные агломераты, наноструктурные агрегаты или отдельные наноструктурные сердцевинно-оболочковые частицы.

Термины	Определения
наноструктурный агломерат	агломерат из нанообъектов или наноструктурных агрегатов
наноструктурный агрегат	агрегат, сформованный из нанообъектов
наноструктурная сердцевинно-оболочковая частица	частица, которая состоит из сердцевины и оболочки(-ек). Диаметр сердцевины или толщина оболочки наномасштабны
наноструктурная капсула	Оболочка с наноразмерной толщиной, которая может содержать, фиксировать, транспортировать или пропускать вещества
наноккомпозит	материал, который представляет собой смесь двух или более фазораздельных материалов, один или несколько из которых нанофазные. В соответствии с названием фазы самой большой величины различают полимерноматричный, металломатричный, керамичноматричный наноккомпозиты
полимерноматричный наноккомпозит	наноккомпозит , по крайней мере, с одной большой полимерной фазой
металломатричный наноккомпозит	наноккомпозит , по крайней мере, с одной большой металлической фазой
керамичноматричный наноккомпозит	наноккомпозит , по крайней мере, с одной большой керамической фазой
твердая нанопена	твердое связующее, заполненное второй газовой фазой, вызывающей, как правило, более низкую плотность материала, имеющего наноструктурную матрицу, например, с наноразмерными перегородками и стенками, или заполненное газоподобной нанофазой, которая состоит из наноразмерных пузырьков (замкнутой нанопены), или заполненное обеими газофазами
нанопористый материал	твердый материал с нанопорами. Материал может быть аморфным, кристаллическим или смесью того и другого

Термины	Определения
жидкая нанодисперсия	гетерогенный материал, в котором нанообъекты или нанофаза диспергированы в непрерывной жидкой фазе разного состава
наносуспензия	жидкая нанодисперсия , в которой дисперсной фазой является твердая фаза
наноземля	жидкая нанодисперсия по крайней мере с одной жидкой нанофазой
жидкая нанопена	жидкая нанодисперсия , заполненная другой, газоподобной нанофазой , в результате чего, как правило, плотность материала становится значительно более низкой
наноаэрозоль	жидкая нанодисперсия с газоподобной матрицей и по крайней мере одной жидкой или твердой нанофазой (включая нанообъекты)

Вопрос о согласованном **определении нанотехнологии и наноматериалов** периодически обсуждался после рабочего определения, установленного ISO в 2005 году. Принимая во внимание последние инициативы различных организаций (Международная кооперация косметических норм (2010), Министерство здравоохранения Канады (2011), французское Правительство (2011) и др.), в октябре 2011 года, через год после редакционной работы и консультаций с общественностью, опубликовано окончательное определение наноматериалов для целей регламентации, предназначенное для обеспечения общих ссылок на различные положения **Европейской комиссии по определению наноматериалов (EC24)** [4]:

"Наноматериал" означает **естественный, случайный или промышленный материал**, содержащий частицы в несвязанном состоянии или в виде агрегата или в виде агломерата, и в котором у **50% или более** частиц один или более из **внешних** размеров находятся в диапазоне 1 - 100 нм. В отдельных случаях, когда это оправдано озабоченностями об окружающей среде, здоровье, безопасности или

конкурентоспособности, граница размерного распределения 50% может быть заменена на пределы от 1 до 50%. Фуллерены, графеновые чешуйки и одностенные углеродные нанотрубки с одним или более внешними размерами менее 1 нм следует рассматривать в качестве наноматериалов.

В качестве примечания к приведенному определению отмечено, что определение исключает наноструктурные материалы, имеющие внутренние или поверхностные структуры в диапазоне 1-100 нм (например, электронные компоненты).

В заключение следует отметить, что наука в области наноматериаловедения только формируется, как и практические возможности в части измерения и оценки наноматериалов. Поскольку знание расширяется, дальнейшее развитие приведенной терминологии будет необходимым, чтобы помимо основных формулировок эффективно охватить и передать научные и производственные аспекты в определениях специально производимых нанообъектов и наноструктурированных материалов.

Список литературы

1. ISO/TS 80004–3:2010 Nanotechnologies – Vocabulary – Part 3: Carbon nano-objects. – Ed. 201 –12–01. – ISO, 2011. – 7 p.
2. ISO/TS 80004–4:2011 Nanotechnologies – Vocabulary — Part 4: Nanostructured materials.– Ed. 2011–12–01. – ISO, 2011. – 7 p.
3. Павлыго Т.М. Стандартизация терминов в области нанотехнологии (часть 1) / Павлыго Т.М., Плоmodityяло Р.Л., Свистун Л.И., Сердюк Г.Г., Ниров А.Д. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – №04(88). – IDA [article ID]: 0881304062. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/04/pdf/62.pdf>, 0,625 у.п.л., импакт-фактор РИНЦ=0,577.

4. Developments in nanotechnologies. Regulation and standards – 2012, № 4, April - www.observatorynano.eu.

References

1. ISO/TS 80004–3:2010 Nanotechnologies – Vocabulary – Part 3: Carbon nano–objects. – Ed. 201 –12–01. – ISO, 2011. – 7 p.

2. ISO/TS 80004–4:2011 Nanotechnologies – Vocabulary — Part 4: Nanostructured materials.– Ed. 2011–12–01. – ISO, 2011. – 7 p.

3. Pavligo T.M. The standardization of terms in the field of nanotechnologies (part 1) / Pavligo T.M., Plomodyalo R.L., Svistun L.I., Serdyuk G.G., Nirov A.D.// Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University (The Journal KubGAU) [electronic resource]. - Krasnodar KubGAU, 2013. - № 04 (88). - Mode of access: <http://ej.kubagro.ru/2013/04/pdf/62.pdf>.

4. Developments in nanotechnologies. Regulation and standards – 2012, № 4, April - www.observatorynano.eu.