



СТАНДАРТИЗАЦИЯ – ПОДДЕРЖКА ИССЛЕДОВАНИЙ В НАНОТЕХНОЛОГИЯХ

С.Хохлявин
urist@enad.ru

Технический комитет ИСО/ТК 229 с момента образования в 2005 году является площадкой для плодотворных дискуссий в сфере нанотехнологий. Разрабатываемые им международные стандарты (более 30) ориентированы на высокотехнологичное общество. По этой причине каждому новому проекту этого комитета гарантировано повышенное внимание со стороны широкого круга заинтересованных лиц и организаций.

Новый словарь для углеродных нанообъектов

1 мая 2010 года официально сообщено о публикации словаря ISO/TS 80004-3:2010 «Нанотехнологии – Словарь – Часть 3: Углеродные нанообъекты».

Попытка унификации на международном уровне терминологии для таких объектов вполне закономерна, так как значительная их часть имеет углеродную основу. В их числе:

- углеродное нановолокно (carbon nanofibre, CNF) (рис.1);
- углеродный наноконус (carbon nanoscone, CNC) (рис.2);
- углеродный нанопрут (carbon nanorod, CNR);
- углеродный фуллерен (carbon fullerene);
- углеродная нанопластина (carbon nanoplate);

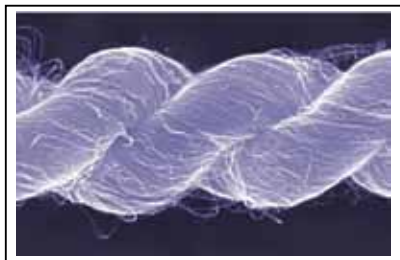


Рис.1. Углеродное нановолокно

- углеродная нанолента (carbon nanoribbon);
- углеродная “нанолуковица” – луковичная форма (carbon nanonion, CNO);
- углеродная нанотрубка (carbon nanotube, CNT);
- углеродный нанопровод (carbon nanowire, CNW).

В отличие от предшественника – британского словаря PAS 134:2007 “Терминология для углеродных наноструктур”, включающего 91 дефиницию [1], международное издание не столь обширно, содержит лишь ключевые термины и имеет довольно простую логичную структуру, включающую:

- область применения;
- базовые термины, используемые для описания углеродных нанообъектов;
- термины, определяющие специфические типы углеродных наночастиц;
- термины, определяющие специфические типы углеродных нановолокон и нанопластин;
- приложение А “Материалы в наномасштабе, имеющие углеродную основу”.

Лидер проекта по разработке настоящего словаря в рам-

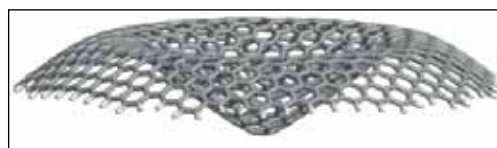


Рис.2. Углеродный наноконус

ках совместной рабочей группы ИСО/ТК 229 и МЭК/ТК 113 – д-р Ш.Абе (Япония). Исполнители исходили из того, что наиболее важный аспект этой работы – гармонизация национальных подходов и построение рациональной иерархической системы использования терминологии. Например: понятие “углеродная нанотрубка” (carbon nanotube) должно следовать за более широким термином “нанотрубка” (nanotube). При этом признано, что в некоторых случаях иерархический подход должен быть скорректирован вследствие специфичного использования отдельных терминов или ограниченного знания о характеристиках материалов.

Следует отметить, что словарь ISO/TS 80004-3:2010 – первое издание из планируемой серии, которая будет состоять не из восьми, как сообщалось в [2], а из 10 словарей, поскольку

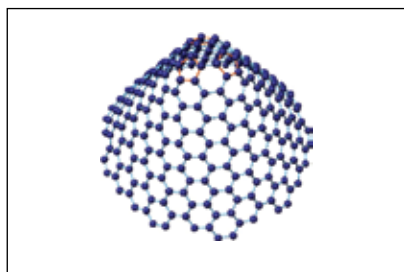


Рис.3. Углеродный нанорог

ку за прошедший короткий период статус «предложение рабочей темы» получили еще две инициативы:

- “Электротехнические продукты и системы” (IEC/TS 80004-X);
- “Фотонные компоненты и системы” (IEC/TS 80004-Y).

Это в очередной раз свидетельствует о внимании со стороны ИСО/TK 229 и МЭК/TK 113 к вопросам терминологии и достижению пользователями единого понимания. Рабочая группа сохранила и развила концептуальный подход, используемый ранее при подготовке посвященного нанобъектам первого международного словаря ISO/TS 27687:2008. Уже начат его пересмотр и после присвоения нового обозначения – ISO/TS 80004-2 – этот словарь также будет включен в новую серию.

Следует отметить, что вслед за 16 европейскими странами и ЮАР, принявшими национальные версии первого международного словаря, на него переходит ряд государств Азии. В 2009 году это сделала Южная Корея (KS A ISO/TS 27687:2009),



Рис.4. Углеродная нанотрубка в форме “стека чашек”

в марте 2010 года – Япония (JIS TS Z0027:2010), до конца 2011 года его национальную версию планирует разработать Таиланд.

Ряд стран пока ориентируется на собственные нанотехнологические словари. К ним относятся Китай (GB/T 19619-2004), США (ASTM E2456-06), Тайвань (CNS 14975-2006), Россия (ГОСТ Р “Нанотехнологии. Термины и определения”) [2]. В этом году к ним присоединился Иран, Институт по стандартам и промышленным исследованиям которого в марте опубликовал на фарси 1-й национальный стандарт ISIRI 12098-2010 “Нанотехнологии – Словарь и общие определения”, который содержит 49 дефиниций и является попыткой интеграции британского, американского и международно-го подходов к терминологии в обсуждаемой области. Среди прочих он включает определения следующих углеродных нанобъектов:

- углеродный “нанорог” (carbon nanohorn, CNH) (рис.3),
- углеродная нанотрубка в форме “стека чашек” (cup-stack carbon nanotube, CSCNT) (рис.4),
- углеродный “наностручок” (carbon nanoporearod, CNP) (рис.5).

Следует отметить, что именно в Тегеране в 2011 году планируется провести очередное пленарное заседание ИСО/TK 229.

За месяц, прошедший после официальной публикации нового международного словаря, он получил статус национального пока лишь в Великобритании (DD ISO/TS 80004-3:2010), которая возглавляет ИСО/TK 229. Будет ли принята и признана исследователями и практиками предложенная в нем терминология, покажет самое ближайшее время.

Новые проекты на этапе голосования

27 апреля 2010 года на обсуждение стран-членов был выне-

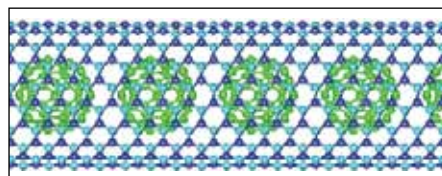


Рис.5. Углеродный “наностручок”

сен рабочий проект Технического отчета ISO/PDTR 13014 “Нанотехнологии – руководство по физико-химической характеристизации произведенных нанобъектов, подвергаемых тестам для токсикологической оценки”. Настоящий проект разработан в рамках 3-й Рабочей группы ИСО/TK 229 экспертами 5-й подгруппы (ISO/TC229 WG3/PG5), возглавляемой Р.Плеусом (США). Структура проекта представлена в табл.1. Цель его – помочь исследователям в понимании и описании физико-химических характеристик материалов перед их токсикологическими тестами. Ожидается, что публикация отчета состоится уже в середине следующего года.

Оба приложения к отчету не менее значимы, чем его основная часть. В частности, Приложение Б знакомит пользователей с уже доступными методами, включая информацию об ограничениях по их применению. Следует иметь в виду, что такие методы не обязательно утверждены для характеристизации всех видов нанобъектов, поскольку вследствие значительного разнообразия последних большинство внесенных в перечень методов применимо лишь для их малой части и только для определенных концентраций, применяемых при токсикологических тестах. По этой причине существует настоятельная потребность в стандартизации дополнительных методов измерений параметров нанобъектов. В настоящее время значительные усилия в этом направлении предпринимаются 2-й Рабочей группой ИСО/TK 229 (ISO/TC229 WG2), а также техническими комитетами ИСО/TK 201 Химичес-

Таблица 1. Структура Технического отчета ISO/PDTR 13014

1. Область применения	
2. Термины и определения	
3. Важность токсикологической оценки физико-химических свойств	3.1. Цель и назначение токсикологических исследований 3.2. Физико-химические свойства материала 3.3. Соображения относительно получения информации о физико-химических характеристиках материала 3.4. Вопросы, касающиеся интерпретации того, что можно считать точным измерением 3.5. Общая информация о физико-химических параметрах
4. Перечень физико-химических параметров для детального описания нанобъектов при токсикологических испытаниях	4.1. Размеры частицы и их распределение 4.2. Состояние агрегации/агломерации 4.3. Форма существования 4.4. Удельная площадь поверхности 4.5. Состав 4.6. Химия поверхности 4.7. Поверхностный заряд 4.8. Растворимость/дисперсность
5. Неопределенность результатов измерений	
6. Отчет о полученных результатах	
Приложение А – Схема, иллюстрирующая использование физико-химической характеристики в токсикологических тестах	
Приложение Б – Примеры методов измерений и соответствующих стандартов	

Таблица 2. Структура проекта Технической спецификации ISO/DTS 12805

1. Область применения	
2. Термины и определения	
3. Создание спецификации произведенных нанобъектов	3.1. Объекты, имеющие три размера в наномасштабе (частицы) 3.2. Объекты, имеющие два размера в наномасштабе (волокна) 3.3. Объекты, имеющие один размер в наномасштабе (пластины)
4. Дополнительные характеристики материала, способные влиять на параметры конечного продукта	4.1. Характеристики, влияющие в определенных областях применения 4.2. Другие характеристики материала с возможным влиянием на параметры продукта
5. Рекомендуемые методы определения характеристик нанобъектов, идентифицированных в целях спецификации как важные	Перечень 1 – Методы, требующие использования относительно недорогого оборудования при стандартных процедурах контроля качества партии в промышленных условиях Перечень 2 – Методы, применяемые реже и требующие использования специального оборудования
6. Возможное воздействие загрязнения на свойства и характеристики произведенных нанобъектов и меры по его снижению	
7. Упаковка, маркировка и транспортировка	7.1. Упаковка 7.2. Маркировка 7.3. Транспортировка

кий анализ поверхности» и ИСО/ТК 24 «Характеризация частиц».

Еще один проект справочного и методического характера – Техническая спецификация (технические условия, ТУ) ISO/DTS 12805 «Нанотехнологии – руководство по описанию нанобъектов в целях спецификации» – представлен на обсуждение в конце февраля 2010 года. Проект разрабатывается в рамках 4-й Рабочей группы «Спецификации материалов» (ISO/TC229 WG4) экспертами 3-ей подгруппы (ISO/TC229 WG4/PG3), возглавляемой С.Маклахланом (Великобритания). Учитывая темпы работы, публикация документа, структура которого представлена в табл.2, состоится не ранее конца следующего года.

Его предшественником стало изданное Британским институтом стандартов (BSI) в декабре 2007 года «Руководство по наилучшей практике специфицирования произведенных наноматериалов» (PD 6699-1:2007). Поскольку структура и предлагаемые в британском руководстве подходы практически совпадают с таковыми в новом проекте, можно говорить об очередной «конвертации» национального стандарта в международный.

Цели этих стандартов весьма близки, поскольку практика показала, что в ряде случаев согласованные между поставщиками и пользователями спецификации (в России – ТУ) произведенных нанобъектов не гарантируют поставку материала одного и того же качества при переходе «от партии к партии» и не позволяют обеспечить требуемые параметры конечного продукта и/или его последующую обработку. Определен ряд причин этого:

- спецификации (ТУ) не охватывают все характеристики материала или по разному интерпретируются пользователем и поставщиком;

Таблица 3. Стандарты КНР в области нанотехнологий, опубликованные в 2009 году

Обозначение	Наименование
GB/T 22925-2009	Ткани, обработанные с помощью нанотехнологий
GB/T 24368.1-2009	Стандартный метод испытаний гидрофобного загрязнения стекла посредством измерения контактного угла
GB/T 24369-2009	Характеризация нанопутков золота: ультрафиолетовая абсорбционная спектроскопия
GB/T 24370-2009	Характеризация квантовых точек нанокристалла CdSe с использованием ультрафиолетовой абсорбционной спектроскопии
GB/T 23413-2009	Определение размера кристаллита и микронапряжения наноматериалов – рентгеновский метод линейного расширения дифракционных линий
GB/T 24490-2009	Метод испытаний чистоты многостенных углеродных нанотрубок
GB/T 24491-2009	Многостенные углеродные нанотрубки

- отдельные характеристики материала измеряются по несоответствующей требованиям методике;
- некоторые методики применяются не надлежащим образом.

Новый стандарт будет включать подробное руководство по созданию исчерпывающих спецификаций нанообъектов, описанию их физико-химических характеристик, способных влиять на параметры готового продукта и/или его последующую обработку. Как и в британском, в нем учитывается, что нанообъекты могут поставляться как дисперсии в жидкости или в сухом виде.

Следует иметь в виду, что документ не будет содержать руководство в части характеристик нанообъектов, касающихся их воздействия на здоровье и безопасности, а также экологических вопросов. Предполагается, что:

- продавец должен обеспечить покупателя таким объемом информации, который требуется согласно национальному законодательству;
- если продавец или покупатель хотят оценить экологические риски, воздействие поставляемого материала на здоровье и бе-

зопасность, они могут обратиться к другим стандартам, прежде всего, к ISO/TR 12885:2008 и ISO/TR 13121, основанным преимущественно на американском подходе к проблеме.

Национальные стандарты – предшественники международных

Активность ИСО/ТК 229 отражает позицию национальных организаций по стандартизации – мировых лидеров в области нанотехнологий [3]. Представители этих организаций участвуют в пленарных заседаниях комитета, проводимых два раза в год, в деятельности четырех его рабочих групп, а также голосуют по проектам, рассылаемым на согласование секретариатом комитета.

Великобритания. Британский институт стандартов (BSI), ведя секретариаты обоих комитетов, вовлечен в работы по стандартизации на общеевропейском (Технический комитет CEN/TC 352) и международном (ИСО/ТК 229) уровнях. Параллельно продолжается разработка национальных стандартов. Так, в частности, BSI одобрена тема нового проекта PD 6699-3 “Нанотехнологии –

Часть 3: Руководство по оценке их воздействия в профессиональной деятельности”, который, по-видимому, будет аналогом американского стандарта ASTM E2535–07.

США. Об инициативе Американского национального института стандартов (ANSI) по разработке на международном уровне двух новых технических отчетов для произведенных наноматериалов уже писалось [3]. Другая организация США по стандартизации – Американское общество испытаний и материалов (ASTM) в рамках национального Технического комитета E56 продолжает разработку американских стандартов в области нанотехнологий, в частности, таких как:

- “Измерение Zeta-потенциала электрофоретической подвижностью”;
- “Измерение гранулометрического состава наноматериалов в суспензии посредством анализа прослеживания перемещения наночастиц”;
- “Формат файла для представления и обмена данными о наноматериале и его характеристиках”.

Китай. Администрация по стандартизации (SAC) имеет в своем составе Технический комитет SAC/TC279 по нанотехнологиям и возглавляет секретариат 4-й Рабочей группы ИСО/ТК 229 [4]. Только в 2009 году Китай опубликовал семь новых национальных стандартов, относящихся к области нанотехнологий (табл.3). Кроме того, 15 проектов китайских стандартов находятся на различных стадиях реализации, причем часть из них будет издана еще до конца текущего года.

Южная Корея. Корейское Агентство технологий и стандартов (KATS) в 2009 году выпустило национальный стандарт KS A 6202-2009 “Руководство по безопасному обращению с наноматериалами на рабочих местах и в лабораториях”. Разработка междуна-

Таблица 4. Новые стандарты Южной Кореи в области нанотехнологий

Обозначение	Наименование
KS D 2711-2008	Оценка нагара углеродной трубки и неуглеродного содержания – Термогравиметрический анализ
KS D 2712-2008	Оценка состава одностенной углеродной нанотрубки с использованием ультрафиолетовой абсорбционной спектроскопии
KS D 2713-2007	Оценка пространственного разрешения USOM (ближняя область сканирования в оптической микроскопии)
KS D 2714-2007	Сканирующая зондовая микроскопия – Метод поперечной силовой микроскопии
KS D 2715-2007	Растяжение образцов моно- и поликристаллических нано- и микротонких пленочных материалов
KS D 2716-2008	Измерение диаметра наночастицы – Трансмиссионная электронная микроскопия
KS D 2717-2008	Оценка с использованием ультрафиолетовой абсорбционной спектроскопии соотношения металлической/полупроводниковой составляющих для одностенной углеродной нанотрубки

родного стандарта по данной проблематике только началась и имеет пока статус “утвержденной рабочей темы” (ISO/AWI TS 12901-1).

Серия южно-корейских национальных стандартов посвящена характеристике свойств наноматериалов (табл.4) и стала основой ряда разрабатываемых международных стандартов (в частности, ISO/TS 10797, ISO/TS 10868, ISO/TS 11308) [3]. На стадии разработки находится проект национального стандарта “Метод оценки воздействия таких наноматериалов, как углеродные нанотрубки и наночастицы серебра”.

Индия. Бюро стандартов Индии (BIS) инициировало разработку проектов следующих национальных стандартов:

- “Люминисцентные наноматериалы и магнитные наночастицы”;
- “Атомно-силовая микроскопия для оценки наноматериалов”;
- “Электронная микроскопия для характеристики многостенных углеродных нанотрубок”;

- “Стандарт токсичности наноматериалов на основе оксида цинка”.

Иран. Национальная организация по стандартизации Исламской Республики Иран – Институт по стандартам и промышленным исследованиям (ISIRI) вслед за национальным словарем, о котором уже упоминалось, до конца года также издаст на фарси еще один иранский стандарт “Методы безопасного обращения с наноматериалами в профессиональной деятельности”. Вероятно, это будет версия международного стандарта ISO/TR 12885:2008 [5], национальные версии которого уже приняли Великобритания (PD ISO/TR 12885:2008), Нидерланды (NPR-ISO/TR 12885:2008) и ЮАР (SANS 12885:2009).

Кроме того, в разработке находится проект национального стандарта “Метод испытаний для оценки кожной токсичности наночастиц серебра”.

Россия. Несмотря на публикацию ряда национальных стандартов в области нано-

метрологии [6], активность отечественной стандартизации в области нанотехнологий и вовлечение ее в деятельность ИСО/ТК 229 остаются желать лучшего. В этой связи в конце прошлого года приказом Ростехрегулирования № 4001 от 9.11.2009 г. был организован отечественный Технический комитет ТК 441 “Нанотехнологии”, базой которого стала “Российская корпорация нанотехнологий” (ГК “Роснано-тех”). Это позволяет надеяться, что представители России теперь будут более активно вовлечены в работы по международной стандартизации, а российские пользователи уже в скором времени смогут располагать новейшими стандартами ГОСТ Р серии “Нанотехнологии”, подходы которых будут гармонизированы с международными.

Литература

1. Хохлявин С.А. Стандартизация в области нанотехнологий – устранение барьеров для коммерциализации. – Мир стандартов, 2008, № 6(27), с. 21–28.
2. Хохлявин С.А. Нанотехнологические словари – шаг к достижению одинакового понимания. – Наноиндустрия, 2010, № 2, с. 42–44.
3. Хохлявин С.А. Нанотехнологии и стандарты – неразрывный симбиоз. – Наноиндустрия, 2010, № 3, с. 32–35.
4. Хохлявин С.А. Состояние и перспективы международной стандартизации в области нанотехнологий. – Мир стандартов, 2009, № 5(36), с. 34–41.
5. Хохлявин С.А. Стандартизация в области нанотехнологий: от оценки риска до измерений в наномасштабе. – Мир стандартов, 2008, № 9(30), с. 58–70.
6. Кузин А., Лахов В., Новиков Ю., Раков А., Тодуа П., Филиппов М. Российские линейные размеры в нанотехнологиях. – Наноиндустрия, 2009, № 3, с. 2–5.