

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 nancone, CNC) (рис.2);
- углеродный нанопрут (carbon nanorod, CNR);
- углеродный фуллерен (carbon fullerene);
- углеродная нанопластина (carbon nanoplate);

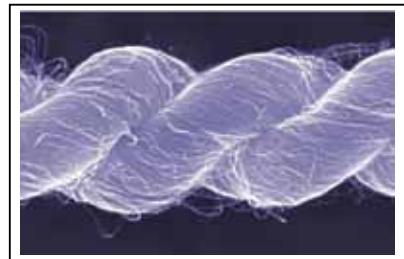


Рис.1. Углеродное нановолокно

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

В отличие от предшественника – британского словаря PAS 134:2007 “Терминология для углеродныхnanoструктур”, 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, посколь-

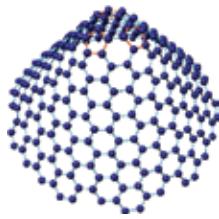


Рис.3. Углеродный нанорог

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/ТК 229 и МЭК/ТК 113 к вопросам терминологии и достижению пользователями единого понимания. Рабочая группа сохранила и развила концептуальный подход, используемый ранее при подготовке посвященного нанообъектам 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 definicijij и является попыткой интеграции британского, американского и международного подходов к терминологии в обсуждаемой области. Среди прочих он включает определения следующих углеродных нанообъектов:

- углеродный «нанорог» (carbon nanohorn, CNH) (рис.3),
- углеродная нанотрубка в форме «стека чашек» (cup-stack carbon nanotube, CSCNT) (рис.4),
- углеродный «наностручик» (carbon nanopeapod, CNP) (рис.5).

Следует отметить, что именно в Тегеране в 2011 году планируется провести очередное пленарное заседание ИСО/ТК 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/ТК 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 вын-

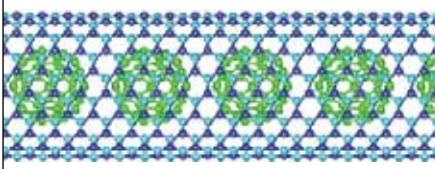


Рис.5. Углеродный «наностручик»

сен рабочий проект Технического отчета ISO/PDTR 13014 «Нанотехнологии – руководство по физико-химической характеризации произведенных нанообъектов, подвергаемых тестам для токсикологической оценки». Настоящий проект разработан в рамках 3-й Рабочей группы ИСО/ТК 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 характеризации всех видов нанообъектов, 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 нанообъектов. В настоящее время значительные усилия в этом направлении предпринимаются 2-й Рабочей группой ИСО/ТК 229 (ISO/TC229 WG2), а также техническими комитетами ИСО/ТК 201 Химичес-



КОНТРОЛЬ И ИЗМЕРЕНИЯ

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 нанообъектов 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 нанообъектов	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 нанообъектов, 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 нанообъектов 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 нанообъектов 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-й 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 спецификации 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 нанообъектов 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;



КОНТРОЛЬ И ИЗМЕРЕНИЯ

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 нанопрутков 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 нанотрубы

- 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, описание 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 безопасность, 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, рассыпаемым 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 трубы 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 поликристаллическихnano- 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 начались и имеет пока статус "утвержденной рабочей темы" (ISO/AWI TS 12901-1).

Серия южно-корейских национальных стандартов посвящена характеристики 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 характеристизации многослойных 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 оставляют желать лучшего. В этой связи в конце прошлого года приказом Росстандартования № 4001 от 9.11.2009 г. был организован отечественный Технический комитет ТК 441 "Нанотехнологии", базой которого стала "Российская корпорация нанотехнологий" (ГК "Роснанотех"). 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., Тодуя П., Филиппов М.** Российские стандарты для измерений линейных размеров в нанотехнологиях. – Наноиндустрия, 2009, № 3, с. 2–5.