

РОССИЙСКИЕ НАНО ТЕХНОЛОГИИ

июль-август 2010

ТОМ 5, № 7-8

Свидетельство о регистрации средства массовой информации
ПИ №ФС77-26130 выдано Федеральной службой по надзору
за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций
и охране культурного наследия 03 ноября 2006 г.

Учредители:

Федеральное агентство по науке
и инновациям РФ, ООО «Парк-медиа»

Редакционный совет:

Председатель: М.В. Ковальчук
Главный редактор: М.В. Алфимов

Ж.И. Алфёров, А.Л. Асеев,
Е.Н. Каблов, М.П. Кирпичников,
С.Н. Мазуренко, К.Г. Скрябин

Редакционная коллегия:

Ответственный секретарь: М.Я. Мельников
Издатель: А.И. Гордеев

М.И. Алымов, В.М. Говорун, А.А. Горбачевич,
С.П. Громов, А.М. Желтиков, Р.М. Кадушников,
А.Н. Озерин, А.Н. Петров, В.Ф. Разумов,
И.П. Суздалев, С.П. Тимошенков

Руководитель проекта: Т.Б. Пичугина

Выпускающий редактор: М.Н. Морозова

Редактор: С.А. Озерин

Корреспондент: К.А. Ветлугин

Подготовка иллюстраций, макет и верстка:
С.В. Новиков, К.К. Опарин

Дизайн обложки и делового блока: С.В. Новиков

Фотоподбор: М.Н. Морозова

Распространение: М.И. Кузьменко

E-mail: podpiska@nanorf.ru, www.nanorf.ru

Дизайн журнала: С.Ф. Гаркуша

Корректур: М.В. Чуланова, Т.Х. Валавина

Адрес редакции: 119991, Москва, Ленинские горы, Научный парк МГУ,
здание 1, строение 75Г. Телефон/факс: (495) 930-87-07.

Подписка: (495) 930-88-06.

E-mail: podpiska@nanorf.ru, www.nanorf.ru

ISSN 1992-7223

При перепечатке материалов ссылка на журнал «Российские нанотехнологии»
обязательна. Любое воспроизведение опубликованных материалов без пись-
менного согласия редакции не допускается. Редакция не несет ответственность
за достоверность информации, опубликованной в рекламных материалах.

© РОССИЙСКИЕ НАНОТЕХНОЛОГИИ, 2010

Номер подписан в печать 20 июля 2010 г.

Тираж 1000 экз. Цена свободная.

Отпечатано в типографии «МЕДИА-ГРАНД»

СОДЕРЖАНИЕ

Слово редактора..... 2

О развитии приборного парка
центров коллективного пользования
научным оборудованием в 2007–2009 годах 6

Нанотехнологии:
определения и классификация 8

Роль центров коллективного пользования
научным оборудованием в развитии
нанотехнологий в Российской Федерации 17

Каталог нанотехнологических ЦКП 22

ОКАЗАЛСЯ В ЦЕНТРЕ СОБЫТИЙ? НАПИШИ СТАТЬЮ

Друзья, мы очень хотим побывать на всех «нано-конференциях», к уда в ы н а с п р и г л а ш а е т е , н о , к сожалению, не можем из-за нехватки времени и рабочих рук. Поэтому мы предлагаем рассказать о мероприятиях вам самим. Если ваше сообщение получится содержательным и интересным, мы опубликуем его в журнале «Российские нанотехнологии». В такой статье нам бы хотелось видеть:

- вступление, где необходимо сообщить, где, когда и какая конференция (симпозиум, форум, школа и тд.) прошла. Кратко описать тематику и актуальность;
- краткие описания докладов — не всех, а только тех, которые вызвали наибольший интерес. По каждому из них указать основные достижения, новизну исследования по сравнению с имеющимися результатами. Можно привести точку зрения противника данной теории/метода (эксперта, сомневающегося в результатах);
- дальнейшие перспективы исследования данного вещества (объекта, изделия и тд.), над чем авторский коллектив будет работать, чего хочет достигнуть.

Ждем ваши сообщения по адресу: nano_hr@strf.ru

Редакция

Нанотехнологии: определения и классификация

М.В. Алфимов¹,
Л.М. Гохберг²,
К.С. Фурсов²

¹ Центр фотохимии
Российской академии наук,
119421, Москва,
ул. Новаторов, 7а
E-mail: alfimov@photonics.ru

² Государственный
университет — Высшая
школа экономики, 101000,
Москва, ул. Мясницкая, 20
E-mail: lgokhberg@hse.ru,
kfursov@hse.ru



ВВЕДЕНИЕ

Интенсивное развитие нанотехнологий, их быстрое проникновение в производство и потребление и связанные с этим риски — социальные, этические, экологические — обуславливают актуальность скорейшего решения задачи формирования системы экономико-статистических измерений масштабов, структуры и динамики данного технологического направления и соответствующей ему сферы деятельности. Отсутствие необходимой для этого методологической базы и практического инструментария ведет к весьма расплывчатым, а часто и противоречивым представлениям о состоянии сферы нанотехнологий, ее экономических и социальных эффектах.

Обретя широкое признание в качестве одного из наиболее перспективных направлений научно-технологического развития [1], нанотехнологии стали объектом приоритетной поддержки во многих государствах мира. По имеющимся оценкам, едва ли найдется другая область науки, получившая в глобальном масштабе столь значительные государственные инвестиции за столь короткий период времени [2, 3]. Между тем, по замечанию А. Хульман, «вопрос о том, в какой степени «нанотехнологии» опирается на реальные экономические показатели, а

в какой отражает лишь благие пожелания» [4], остается открытым: оценки рынка товаров и услуг, связанных с нанотехнологиями, в зависимости от используемого в них определения последних и «степени оптимизма» их авторов варьируются от 150 млрд долл. к 2010 г. [5] до 3.1 трлн долл. к 2015 г. [6]. Несмотря на несколько ажиотажный характер большинства прогнозов, многие эксперты сходятся в том, что нанотехнологии могут трансформироваться в «технологии общего назначения» [7, 8] вслед за информационно-коммуникационными и биотехнологиями. Вместе с тем формирование понятийного аппарата, прежде всего определений и классификаций, здесь существенно отстает от динамики самого рассматриваемого явления. С учетом масштабов инвестиций в эту сферу и неизбежной в такой ситуации склонности к преувеличению научно-технических и экономических эффектов в некоторых аналитических исследованиях и прогнозах, опирающихся на различную терминологию, подобное положение дел не может не вызывать озабоченности, поскольку способно оказывать дезориентирующее воздействие на принятие обоснованных управленческих решений.

Следует подчеркнуть, что разработка определений и классификаций в сфере нанотехнологий представляет собой довольно

сложную задачу. В первую очередь, это связано с «универсальным» характером нанотехнологий — слабо структурированной области, отличающейся высокой динамичностью развития и растущим многообразием практических приложений. Нельзя не учитывать также мультidisциплинарный характер этой сферы и ее адаптивность как к новым научно-технологическим достижениям, так и к потребностям экономики и общества.

Проблема единства понятий и стандартов в области нанотехнологий неоднократно обсуждалась в зарубежной и отечественной литературе, в том числе и на страницах настоящего журнала [9]. Этот вопрос имеет ключевое значение для выработки единого подхода к пониманию сущности и особенностей развития нанотехнологий. Общий понятийный аппарат позволит более четко обозначить границы исследуемой области и оценить порождаемые ею научно-технологические и социально-экономические тенденции. В данной статье на основе анализа международного опыта и лучших практик в организации научных исследований, стандартизации и статистического учета предложено базовое определение нанотехнологий и представлен проект классификации направлений нанотехнологий. Принципиальное значение при этом придается гармонизации понятийного аппарата с международными подходами, что будет способствовать усилению интеграции российской науки в мировое научно-технологическое пространство.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

Как показывает обзор литературы, нанотехнологии рассматриваются сегодня и как область исследований, и как направление технологического развития. С одной стороны, это отражает современные тенденции взаимосвязи науки и технологии, а с другой — порождает серьезную терминологическую путаницу. Противоречия начинаются уже в попытках обозначить область исследований в целом и дать определение понятия «нанотехно-

логии». Так, некоторые авторы [10, 11] выделяют «нанонауку» (nanoscience), занимающуюся познанием свойств наноразмерных объектов и анализом их влияния на свойства материалов, и «нанотехнологию» (nanotechnology), имеющую своей целью развитие этих свойств для производства структур, устройств и систем с характеристиками, заданными на молекулярном уровне. Иногда такое разделение имеет под собой сугубо методическую основу, когда речь идет об анализе на учных публикаций (и тогда говорится о «нанонауке» [12]) либо патентов (в этом случае используется понятие «нанотехнологии» [1]). На практике же провести различие между нанонаукой и нанотехнологией оказывается практически невозможным [13, 14], поэтому во избежание путаницы отдельные исследователи [15] предлагают ограничиться только одним термином — «нанотехнологии», объединив в нем обе составляющие. Принимая такой подход, важно предложить согласованное определение нанотехнологий, которое, в частности, призвано обозначить общие границы рассматриваемой области, исключив из нее лишнее.

Заметим, что, несмотря на наличие различных определений нанотехнологий, единого согласованного варианта, причем такого, который образовывал бы основания для построения соответствующих классификаций, пока не существует.

На международном уровне из всего многообразия подходов, встречающихся в научных публикациях, аналитических обзорах и политических документах разных стран, выделяются пять определений, пользующихся наибольшим влиянием (табл. 1). Все эти определения были идентифицированы Рабочей группой по нанотехнологиям (РГН) Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) в качестве базы для создания унифицированной методологической рамки, необходимой для организации гармонизированной в международном масштабе системы сбора и анализа статистической информации о сфере нанотехнологий [16]. Отметим, что предлагаемые теми

ТАБЛИЦА 1 | Общие определения нанотехнологий

Организация-автор	Определение
VII Рамочная программа ЕС (2007–2013)	Получение новых знаний о феноменах, свойства которых зависят от интерфейса и размера; управление свойствами материалов на наноуровне для получения новых возможностей их практического применения; интеграция технологий на наноуровне; способность к самосборке; наномоторы; машины и системы; методы и инструменты для описания и манипулирования на наноуровне; химические технологии нанометровой точности для производства базовых материалов и компонентов; эффект в отношении безопасности человека, здравоохранения и охраны окружающей среды; метрология, мониторинг и считывание, номенклатура и стандарты; исследование новых концепций и подходов для практического применения в различных отраслях, включая интеграцию и конвергенцию с новыми технологиями.
Рабочий план Международной организации по стандартизации (ISO) от 23/04/2007	1) Понимание механизмов управления материей и процессами на наномасштабе (как правило, но не исключительно, менее 100 нанометров по одному или нескольким измерениям), где феномены, связанные со столь малыми размерами, обычно открывают новые возможности практического применения. 2) Использование свойств материалов, проявляющихся на наномасштабе и отличных от свойств отдельных атомов, молекул и объемных веществ, для создания улучшенных материалов, устройств и систем, основанных на этих новых свойствах.
Европейское патентное ведомство (ЕПО)	Термин «нанотехнология» покрывает объекты, контролируемый геометрический размер хотя бы одного из функциональных компонентов которых в одном или нескольких измерениях не превышает 100 нанометров, сохраняя при этом на этом уровне физические, химические, биологические эффекты. Он покрывает также оборудование и методы контролируемого анализа, манипуляции, обработки, производства или измерения с точностью менее 100 нанометров.
США: Национальная нанотехнологическая инициатива (2001–н.в.)	Нанотехнология — это понимание и управление материей на уровне примерно от 1 до 100 нанометров, когда уникальные явления создают возможности для необычного применения. Нанотехнология охватывает естественные, технические науки и технологию нанометровой шкалы, включая получение изображений, измерение, моделирование и манипулирование материей на этом уровне.
Япония: Второй общий план по науке и технологиям (2001–2005)	Нанотехнология — междисциплинарная область науки и техники, включающая информационные технологии, науки об окружающей среде, о жизни, материалах и др. Она служит для управления и использования атомов и молекул размером порядка нанометра (1/1.000.000.000), что дает возможность обнаруживать новые функции благодаря уникальным свойствам материалов, проявляющимся на наноуровне. В результате появляется возможность создания технологических инноваций в различных областях.

или иными международными либо национальными организациями определения носят характер рабочих, отражая специфику тех конкретных программ и проектов, применительно к которым они сформулированы, и различаются в зависимости от сферы их применения, решаемых задач и уровня полномочий этих организаций. К примеру, в определении нанотехнологий в VII Рамочной программе ЕС подчеркивается их на учено-технологическая составляющая; подходы, принятые Европейским и Японским патентными ведомствами, нацелены на работу в сфере охраны интеллектуальной собственности, а формулировка из Национальной нанотехнологической инициативы США охватывает естественные, технические науки и технологии. Тем не менее не следует забывать, что состав приведенного набора определений продиктован, прежде всего, их политической операциональностью (ориентацией на принятие политических решений) и принадлежностью к странам (регионам) с максимальными объемами государственного финансирования научнотехнологической сферы (ЕС, США, Япония). Список дополняют так называемое «рамочное» определение ISO, составляющее основу документов РГН, и определение Европейского патентного ведомства (ЕПО) — пока еще единственного источника международно-сопоставимой информации о нанотехнологиях.

Указанные определения объединяет ряд общих черт, относительно которых следует сделать несколько дополнительных замечаний.

Во-первых, каждое из приведенных определений обращает внимание на масштаб рассматриваемого явления. Как правило, указывается диапазон от 1 до 100 нм, внутри которого могут быть зафиксированы уникальные молекулярные процессы.

Во-вторых, подчеркивается принципиальная возможность управления процессами, происходящими, как правило, в границах обозначенного диапазона. Это позволяет отличить нанотехнологии от природных явлений подобного рода («случайных» нанотехнологий), а также обеспечить возможность придания создаваемым материалам и устройствам уникальных характеристик

и функциональных возможностей, достижение которых в рамках предшествующей технологической волны было невозможно. В свою очередь это означает, что в средне- и долгосрочной перспективе нанотехнологии могут не только содействовать развитию существующих рынков, но и способствовать возникновению новых рынков (продуктов или услуг), способов организации производства, видов экономических и социальных отношений.

В-третьих, характерной особенностью определений является их экономико-статистическая операциональность. Нанотехнологии представлены как явление, поддающееся количественной оценке, — это техники, инструменты, материалы, устройства, системы. Это делает их важным элементом цепочек создания стоимости, однако вопросы оценки вклада нанотехнологий в стоимость конечного продукта и пределов диверсификации существующих секторов производства при их применении требуют дополнительного рассмотрения.

В то же время обращают на себя внимание некоторые различия в указанных определениях. Прежде всего они касаются степени конвергентности и целевого назначения нанотехнологий. Так, в европейском варианте отмечается как интеграция различных технологий в границах наношкалы, так и их конвергенция с другими технологиями; выделяются отдельные сферы их применения. Японская версия подчеркивает инновационную природу нанотехнологии. К тому же европейское и японское определения со всей очевидностью отражают распространенное убеждение [3], что использование схожих «строительных элементов» (например, атомов и молекул) и инструментов анализа (микроскопы, компьютеры высокой мощности и др.) в различных научных дисциплинах может привести в будущем к синтезу информационных, био- и нанотехнологий.

Интересно также, что среди приведенных определений встречаются не только общие (базовые), но и так называемые «списочные», в том числе принятое в VII Рамочной программе ЕС. Обычно они формируются путем перечисления на учнотехнологических областей (направлений), которые относятся к

ИнформНаука

агентство научной информации



Над чем работают российские ученые?

Мы ждем новостей из первых рук.
Присылайте пресс-релизы,
свежие научные статьи, доклады

<http://www.strf.ru/inform.aspx> +7 (495) 930-88-50, 930-87-07

Наши подписчики: «Известия», «Вокруг света», «МК» и другие федеральные СМИ

соответствующей сфере. Как показывает случай с биотехнологиями, использование общего и списочного определений способствует эффективному решению различных задач в области статистики, анализа, научно-технической и инновационной политики. Так, базовые определения хорошо подходят для научных дискуссий, достижения консенсуса по общим вопросам, принятия рамочных политических решений. Списочные определения позволяют наладить коммуникацию с технологическими и производственными областями, где новые технологии могут иметь прикладное значение (например, для исследования рынков и компаний), а также обеспечить создание более строгой системы отбора и экспертизы проектов. В конечном итоге это позволяет повысить точность и достоверность получаемой информации.

В официальной российской практике вплоть до последнего времени действовали два различных базовых определения нанотехнологий, которые представлены, соответственно, в «Концепции развития в Российской Федерации работ в области нанотехнологий на период до 2010 года» и «Программе развития нанотехнологий в Российской Федерации до 2015 года» (табл. 2).

Первая из этих двух версий фокусируется на изучении и создании объектов определенного (наноразмерного) масштаба, вторая — предлагает рассматривать процессы создания и использования нанотехнологий. В обоих случаях отсутствуют указания на особенности, связанные с уникальностью явлений и происходящие в пределах наномасштаба. Кроме того, определение, представленное в Программе развития нанотехнологий, не несет новой информации о характеризующем явлении и формулируется исходя из свойств и признаков одного порядка. Это делает его максимально абстрактным и лишает какого бы то ни было уровня операциональности.

С целью преодоления отмеченных выше проблем и выработки такого определения нанотехнологий, которое позволило бы отразить их специфический характер и могло бы быть использовано в сфере статистического наблюдения, а также на научно-технологической и инновационной политики, нами была предпринята попытка синтеза эффективных элементов различных существующих подходов. Результатом соответствующих методических усилий стала новая версия базового определения нанотехнологий, которая прошла обсуждение в целом ряде представительных аудиторий, включая специализированные экспертные совещания и фокус-группы, рабочую группу Научно-координационного совета ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2012 годы» по направлению «Индустрия наносистем и материалов», редколлегию журнала «Российские нанотехнологии», первый и второй Международные фору-

мы по нанотехнологиям и т.п. Финальный вариант предлагаемого определения выглядит следующим образом...

Под нанотехнологиями предлагается понимать совокупность приемов и методов, применяемых при изучении, проектировании и производстве наноструктур, устройств и систем, включающих целенаправленный контроль и модификацию формы, размера, взаимодействия и интеграции составляющих их наномасштабных элементов (около 1–100 нм), наличие которых приводит к улучшению либо к появлению дополнительных эксплуатационных и/или потребительских характеристик и свойств получаемых продуктов.

Данное определение учитывает комплексный научно-технологический характер рассматриваемого явления, указывает на специфическую размерность и управляемость основных процессов, подчеркивает их определяющее влияние на свойства создаваемых продуктов и отношение к рыночной новизне. Оно может быть использовано для целей проведения на научно-технической экспертизы, формулирования критериев отбора и оценки отдельных проектов, связанных с нанотехнологиями, организации статистического наблюдения в этой сфере.

Предложенное определение было рассмотрено правлением Государственной корпорации «Роснано» в сентябре 2009 г. и принято в качестве рабочего.

Как уже было отмечено выше, междисциплинарный характер нанотехнологий обуславливает целесообразность дополнения базового их определения списочным, которое охватывало бы научно-технологические направления, объединенные общим понятием «нанотехнологии». В ходе работы были выделены семь таких крупных направлений, которые составляют списочное определение и образуют основу проекта классификации направлений нанотехнологий.

КЛАССИФИКАЦИЯ НАПРАВЛЕНИЙ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

Как и в случае с определениями, классификации направлений нанотехнологий в настоящее время находятся в процессе формирования. Прежде всего, это связано с отсутствием международных терминологических стандартов в сфере нанотехнологий. Большинство материалов Рабочей группы ISO по стандартизации наноразмерных объектов и процессов носят предварительный характер*, а российские стандарты, согласно проекту Программы стандартизации в нанотехнологиях, предложенному ГК «Роснано», должны быть разработаны в период с 2010 по 2014 гг., в зависимости от направления.

Как было отмечено выше, формированию классификационных группировок предшествует выработка общего (базового) определения нанотехнологий. Затем предстоит идентифицировать ключевые области анализа, которые должны быть описаны с помощью ограниченного набора основных определений, и структурировать их с выделением самостоятельных подгрупп, описывающих выбранную область. Подобного рода подходы к группировке направлений нанотехнологий уже представлены в нормативных документах международных организаций, а также в материалах национальных органов научно-технической политики и статистических служб (табл. 3).

Работа ISO по формированию терминологии и стандартов в сфере нанотехнологий сосредоточена на определении базовых

ТАБЛИЦА 2 | Российские определения нанотехнологий

Документ	Определение
Концепция развития в Российской Федерации работ в области нанотехнологий на период до 2010 года	Нанотехнологии – это совокупность методов и приемов, обеспечивающих возможность контролируемым образом создавать и модифицировать объекты, включающие компоненты с размерами менее 100 нм, имеющие принципиально новые качества и позволяющие осуществлять их интеграцию в полноценно функционирующие системы большего масштаба; в более широком смысле этот термин охватывает также методы диагностики, характеристики и исследований таких объектов.
Программа развития в Российской Федерации до 2015 года	Нанотехнологии – технологии, направленные на создание и эффективное практическое использование нанобъектов и наносистем с заданными свойствами и характеристиками.

* К настоящему моменту опубликованы проекты трех основных стандартов: терминология и определения нанобъектов в части наночастиц, нановолокон и нанопластин (ISO/TS 27687:2008), принципы безопасности и защиты здоровья при использовании нанотехнологий в профессиональной деятельности (ISO/TR 12885:2008), определения углеродных нанобъектов (ISO/TS 80004-3:2010). Практически завершена работа над проектом методологии классификации и категоризации наноматериалов (ISO/TR 11360: 2010).

ТАБЛИЦА 3 | Примеры группировок основных направлений нанотехнологий

Статистическая служба Канады	EPO	ISO	NRNC	Статистическая служба Австралии	ФЦП «Развитие инфраструктуры наноиндустрии в Российской Федерации на 2008–2010 годы»
Нанофотоника	Нанобиотехнологии	Нанобиотехнологии	Электроника	Нанотехнологии для окружающей среды	Нанoeлектроника
Нанoeлектроника	Нанотехнологии для обработки, хранения и передачи информации	Нанoeлектроника	Оптоэлектроника	Молекулярная и органическая электроника	Наноинженерия
Нанобиотехнологии	Нанотехнологии для материалов и науки о земле	Наномедицина	Медицина и биотехнологии	Нанобиотехнологии	Функциональные наноматериалы и высококачественные вещества
Наномедицина	Нанотехнологии для распознавания, взаимодействия и манипулирования	Нанометрология	Измерение и производство	Нанoeлектро-механические системы	Функциональные наноматериалы для энергетики
Наноматериалы	Нанооптика	Нанооптика	Охрана окружающей среды и энергетика	Нанoeлектроника	Функциональные наноматериалы для космической техники
Квантовые вычисления	Наноманетизм	Нанофотоника	Наноматериалы	Выращивание, сборка и производство наноструктур	Нанобиотехнологии
Самосборка		Нанотоксикология		Производство нанопроductии	Конструкционные наноматериалы
Инструменты				Наноматериалы	Композитные наноматериалы
Прочее				Наномедицина	Нанотехнологии для систем безопасности
				Нанометрология	
				Нанофотоника	
				Нанодиагностика	
				Нанотоксикология, здоровье и безопасность	
				Прочее	

Жирным шрифтом выделены направления, названия которых совпадают во всех рассматриваемых примерах, курсивом – направления, близкие по содержанию.

понятий, установлении критериев различения технологических и производственных нанопроцессов, выявлении подходов и требований к измерению, построению классификации наноматериалов, устройств и других «нанотехнологических» приложений.* Статистические службы Канады и Австралии решают задачи сбора данных о состоянии сферы науки и технологий в своих странах, включая развитие системы индикаторов для охвата соответствующих возникающих областей знания. Наконец, патентные службы с помощью классифи-

кационных группировок осуществляют регистрацию новых и маркировку уже зарегистрированных объектов интеллектуальной собственности, имеющих отношение к нанотехнологиям. Каждая из перечисленных задач требует специальных усилий по кодификации и классификации часто очень разных процессов и объектов, связанных с нанотехнологической волной.

Независимо от целей деятельности организаций, работающих в области стандартизации, классификации и статистики, объектом их внимания являются направления применения либо использования нанотехнологий, среди которых можно выделить ряд общих позиций. Так, ISO предусматривает на верхнем уровне семь направлений, тогда как в классификациях статистических служб Канады и Австралии их, соответственно, девять и четырнадцать. Варианты, предложенные EPO и Центром исследований нанотехнологий Японии (NRNC), – причем последний стал базовым для отбора патентных классов, связанных с нанотехнологиями, в Международной патентной

* См. материалы выступления К. Уиллиса на секции «Форсайт, дорожные карты и индикаторы в области нанотехнологий и наноиндустрии» Первого международного форума по нанотехнологиям (2008 г.): http://rusnanotech08.rusnanoforum.ru/sadm_files/Presentations/4%20december/Hall%203/Nanotechnology%20measurements%20and%20indicators/2.%20Clive%20Willis%20ISO.ppt
Обзор материалов секции представлен в [17], рабочий план ISO в [18].

классификации, — включают по шесть направлений. В России ключевым документом, охватывающим собирательную группировку тематических направлений деятельности в сфере нанотехнологий, является ФЦП «Развитие инфраструктуры наноиндустрии в Российской Федерации на 2008–2010 годы». Она предусматривает девять позиций, пять из которых можно объединить в категорию наноматериалов, представленную в том или ином виде в каждом из рассматриваемых примеров. Кажущееся исключение составляет вариант ISO, однако при более детальном знакомстве с рабочими документами организации выясняется, что наноматериалы выделены в них в качестве самостоятельного подраздела, который является сквозным для всей классификации. К числу обязательных для всех рассматриваемых подходов направлений относятся также наноэлектроника, нанофотоника (в ряде случаев она связана с нанооптикой), нанобиотехнологии и наномедицина. Отдельно рассматриваются технологические процессы и инструменты, ориентированные на создание, измерение, стандартизацию и производство в сфере нанотехнологий. В некоторых случаях в качестве самостоятельных групп представлены нанотехнологии выращивания и самосборки наноматериалов и наноструктур, методы диагностики и манипулирования нанообъектами, обеспечения безопасности здоровья и окружающей среды.

Для построения проекта российской классификации направлений нанотехнологий (КНН) нами была предпринята попытка обобщить указанные подходы и сформировать систему, открытую для дальнейшего расширения и детализации. Назначением такой классификации является, прежде всего, решение задач в области учета, анализа и стандартизации на учной, научно-технической, инновационной и производственной деятельности в сфере нанотехнологий. Классификация может быть также использована для отбора и экспертизы проектов, оценки деятельности в области защиты прав интеллектуальной собственности, проведения статистических исследований, унификации научно-технической или иной информации в этой области. Все это должно обеспечить структурированное описание нанотехнологий как научно-технологической и экономической сферы, способствовать выработке приоритетов, формированию и реализации политики, основанной на фактах.

В результате работы были выделены семь основных направлений нанотехнологий: наноматериалы, наноэлектроника, нано-

ТАБЛИЦА 4 | Общая структура классификации направлений нанотехнологий (КНН)

Код КНН	Наименование научно-технологического направления
T.01	Наноматериалы
T.02	Наноэлектроника
T.03	Нанофотоника
T.04	Нанобиотехнологии
T.05	Наномедицина
T.06	Методы и инструменты исследования и сертификации наноматериалов и наноприборов
T.07	Технологии и специальное оборудование для создания и производства наноматериалов и наноприборов
T.09	Прочие направления

фотоника, нанобиотехнологии, наномедицина, наноприборы (нанодиагностика), технологии и специальное оборудование для создания и производства наноматериалов и наноприборов. Для каждого из выделенных направлений были сформулированы соответствующие определения и предложено первичное наполнение (как правило, от трех до пяти групп технологий). Для уточнения наименований классификационных позиций и определений широко использовались материалы административных источников, базы данных научных публикаций и патентов и т.п. Комбинация материалов позволила получить разнородную информацию о возможных подходах к выявлению направлений применения нанотехнологий и предложить проект их классификации. Кроме того, для оценки полноты и адекватности разработанного перечня направлений, уточнения их наименований, определений и последовательности, проверки корректности формулировок была сформирована группа, включавшая более пятидесяти экспертов из различных областей науки и производства. Проводились и дополнительные обсуждения с участниками рабочей группы Научно-координационного совета ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направ-

Конкурс science fiction



by Simon Abrams

TheGiantVermin / Tudor



В рамках Всероссийского конкурса «Наука – обществу» журнал «Российские нанотехнологии» учредил специальную номинацию «Nanofiction». Она предназначена для рассказов и повестей в жанре science fiction, на создание которых авторов вдохновили нанотехнологии. Нам интересно узнать, как люди будущего могут использовать существующие нанотехнологии, какие открытия нас ожидают и какие опасности они нам несут. Работы принимаются до 15 сентября 2010 года. Итоги конкурса станут известны в октябре во время октябрьского Фестиваля науки в Москве. Победителя ожидает ценный приз от жюри – редколлегия журнала. Размер материала для номинации «Nanofiction» – от 6000 до 30 000 знаков. Ждем ваши рассказы по адресу sf@strf.ru.
 Подробные условия участия в конкурсе читайте на www.strf.ru

лениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2012 годы» по направлению «Индустрия наносистем и материалов», ведущими специалистами РАН, Российского фонда фундаментальных исследований, Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, Российского научного центра «Курчатовский институт», членами редколлегии журнала «Российские нанотехнологии» и др. Формирование проекта классификации осуществлялось в тесном сотрудничестве с Росстатом и Департаментом научно-технической экспертизы ГК «Роснано». В процессе работы и по ее итогам прошли обсуждения в Минобрнауки России.

Проект классификации направлений имеет двухуровневую иерархическую структуру с использованием последовательного метода кодирования (табл. 4). Используемый при этом объектно-цифровой код имеет следующую формулу:

$T + XX + XX$,

где: Т — индекс латинского алфавита, указывающий на принадлежность кода к классификации КНН; Х — символ, обозначающий разряды цифровой части кода.

На первом уровне классификационного деления (Т.ХХ) представлены основные научно-технологические направления, на втором (Т.ХХ.ХХ) — группы технологий.

В справочных целях в КНН также приводятся дополнительные группировки. Они представлены на более низких уровнях для уточнения состава групп технологий и увязки с продуктами (услугами), производимыми на их основе. Их нумерация ведется сплошным списком.

Далее представлено общее описание состава основных направлений нанотехнологий.

Т.01. Наноматериалы (в том числе наноструктуры) — на учное-исследовательское направление, связанное с изучением и разработкой объемных материалов пленок и волокон, макроскопические свойства которых определяются химическим составом, строением, размерами и/или взаимным расположением наноразмерных структур.

Объемные наноструктурированные материалы могут быть упорядочены в рамках направления по типу (наночастицы, нанопленки, нанопокртия, гранулированные наноразмерные материалы и др.) и по составу (металлические, полупроводниковые, органические, углеродные, керамические и др.). Сюда входят также наноструктуры и материалы, выделяемые по общефункциональному признаку, например детекторные и сенсорные наноматериалы.

В данное направление не включаются наноматериалы, имеющие узкое функциональное назначение. Так, наноматериала-

лы, полученные с использованием биотехнологий, относятся к направлению нанобиотехнологий, а полупроводниковые наногетероструктуры (квантовые точки) — к направлению нанoeлектроники.

Т.02. Нанoeлектроника — область электроники, связанная с разработкой архитектур и технологий производства функциональных устройств электроники с топологическими размерами, не превышающими 100 нм (в том числе интегральных схем), и приборов на основе таких устройств, а также с изучением физических основ функционирования указанных устройств и приборов.

Данное направление охватывает физические принципы и объекты нанoeлектроники, базовые элементы вычислительных систем, объекты для квантовых вычислений и телекоммуникаций, а также устройства сверхплотной записи информации, нанoeлектронные источники и детекторы. В его состав не входят наночастицы и наноструктурированные материалы общего или многоцелевого назначения. В частности, металлические наноструктурированные материалы относятся к направлению наноматериалов.

Т.03. Нанofотоника — область фотоники, связанная с разработкой архитектур и технологий производства наноструктурированных устройств генерации, усиления, модуляции, передачи и детектирования электромагнитного излучения и приборов на основе таких устройств, а также с изучением физических явлений, определяющих функционирование наноструктурированных устройств и протекающих при взаимодействии фотонов с наноразмерными объектами.

К этому направлению относятся физические основы генерации и поглощения излучения в различных диапазонах, полупроводниковые источники и детекторы электромагнитного излучения, наноструктурированные оптические волокна и устройства на их основе, светодиоды, твердотельные и органические лазеры, элементы фотоники и коротковолновой нелинейной оптики.

Т.04. Нанобиотехнологии — целенаправленное использование биологических макромолекул и органелл для конструирования наноматериалов и наноприборов.

Нанобиотехнологии охватывают изучение воздействия наноструктур и материалов на биологические процессы и объекты с целью контроля и управления их биологическими или биохимическими свойствами, а также создание с их помощью новых объектов и устройств с заданными биологическими или биохимическими свойствами.



российский электронный
НАНОЖУРНАЛ

»nanorf.ru

новости • аналитика • карьера

Нанобиотехнологии представляют собой узкую синтетическую область, объединяющую биоэлектромеханические машины, нанобиоматериалы и наноматериалы, полученные с использованием биотехнологий. Данное направление включает еще и такие области, как нанобиоэлектроника и нанобиофотоника.

T.05. Наномедицина — практическое применение нанотехнологий в медицинских целях, включая научные исследования и разработки в области диагностики, контроля, адресной доставки лекарств, а также действия по восстановлению и реконструкции биологических систем человеческого организма с использованием наноструктур и наноустройств.

К этому направлению относятся медицинские методы диагностики (включая методы интроскопических исследований/визуализации и молекулярно-биологические методы исследований с применением наноматериалов и наноструктур), нанотехнологии терапевтического и хирургического назначения (методы клеточной и генной терапии с использованием наноматериалов, применение лазеров в микро- и нанохирургии, медицинские нанороботы и др.), тканевая инженерия и регенеративная медицина, нанотехнологии в фармакологии, фармацевтике и токсикологии.

T.06. Методы и инструменты исследования и сертификации наноматериалов и наноустройств — устройства и приборы, предназначенные для манипулирования наноразмерными объектами, измерения, контроля свойств и стандартизации производимых и используемых наноматериалов и наноустройств.

Это направление, иногда именуемое как «наноинструменты», охватывает инфраструктуру для сферы нанотехнологий в части аналитического, измерительного и иного оборудования; методы диагностики, исследования и сертифицирования свойств наноструктур и наноматериалов, в том числе контроль и тестирование их биосовместимости и безопасности. Отдельную группу в рамках данного направления образуют компьютерное моделирование и прогнозирование свойств наноматериалов.

T.07. Технологии и специальное оборудование для опытного и промышленного производства наноматериалов и наноустройств — область техники, связанная с разработкой технологий и специального оборудования для производства наноматериалов и наноустройств.

Данное направление включает методы производства наноструктур и материалов (в том числе методы нанесения и формирования наноструктур и наноматериалов) и приборостроение для наноиндустрии. Сюда не включается оборудование, являющееся частью исследовательской инфраструктуры, а также произведенные наноматериалы и наноструктуры, являющиеся одним из продуктов производства.

T.09. Прочие направления охватывают научно-технологические направления и процессы, связанные с нанотехнологиями и не включенные в другие группировки. В их числе — общие вопросы безопасности наноматериалов и наноустройств (при этом методы контроля и тестирования безопасности наноматериалов отнесены к направлению T.06), биоэлектромеханические системы, трибология и износостойкость наноструктурированных материалов и др.

В заключение следует подчеркнуть, что предложенные общее определение нанотехнологий и проект классификации направлений нанотехнологий призваны дать ответ на ключевые вызовы, обозначив границы и внутреннюю структуру этой слабо структурированной междисциплинарной области, обладающей высокой динамикой развития и неочевидными социально-экономическими последствиями. Определение фокусируется на отличительных особенностях нанотехнологий как научно-исследовательской, технологической и производственной сферы. Классификация, описывающая семь основных направлений нанотехнологий, сформирована на базе опыта ведущих международных организаций в области стандартизации и статистики и может служить инструментом для описания сферы нанотехнологий, формирования государственных информационных ресурсов и получения достоверной статистической информации о состоянии и развитии научных исследований и разработок в сфере нанотехнологий.

Литература

1. Игами М., Окаки Т. Современное состояние сферы нанотехнологий: анализ патентов // Форсайт. 2008. № 3 (7). С. 32–43.
2. PCAST. The national nanotechnology initiative at five years: Assessment and recommendations of the National Nanotechnology Advisory Board. PCAST. 2005.
3. Roco M.C. National nanotechnology initiative: Past, present and future / Handbook on nanoscience, engineering and technology. Ed. Goddard, W.A et al. CRC, Taylor and Francis, Boca Raton and London, 2007. P. 3.1–3.26.
4. Хульман А. Экономическое развитие нанотехнологий: обзор индикаторов // Форсайт. 2009. № 1 (9). С. 31–32.
5. Kamei S. Promoting Japanese style nanotechnology enterprises. Mitsubishi Research Institute, 2002.
6. Lux Research. The Nanotech Report. Lux Research Inc. 2006.
7. Lipsey R., Carlaw K., Bekar C. Economic Transformations: General Purpose Technologies and Long-Term Economic Growth. Oxford University Press, 2005. P. 87, 110, 131, 212–218.
8. Youtie J., Iacopetta M., Graham S. Assessing the nature of nanotechnology: can we uncover an emerging general purpose technology? // Journal of Technology Transfer. 2008. Vol. 33. P. 315–329.
9. Тодуа П.А. Метрология в нанотехнологии // Российские нанотехнологии. 2007. Т. 2, № 1–2. P. 61–69.
10. RAS/RAE. Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties. The Royal Society and The Royal Academy of Engineering. 2004.
11. Ратнер М., Ратнер Д. Нанотехнология: простое объяснение очередной гениальной идеи. / Пер. с англ. — М.: Вильямс, 2004. С. 20–22.
12. Игами М. Библиометрические индикаторы: исследования в области наноиндустрии // Форсайт. 2008. № 2 (6). С. 36–45.
13. Kearnes M. Chaos and Control: Nanotechnology and the Politics of Emergence // Paragraph. 2006. № 29. P. 57–80.
14. Huang C., Notten A., Rasters N. Nanoscience and technology publications and patents: A review of social sciences and strategies. Working Paper Series 2008-058. MERIT, 2008.
15. Miyazaki K., Islam N. Nanotechnology systems of innovation — An analysis of industry and academia research activities // Technovation. 2007. № 27. P. 661–675.
16. OECD. Working Party on Nanotechnology. Nanotechnology at a glance: Part I «Market forecasts, R&D, patents and innovations». Project A «Indicators and statistics». OECD. Paris. 2009.
17. Форсайт, дорожные карты и индикаторы в области наноиндустрии // Форсайт. 2009. № 1(9). С. 69–77.
18. ISO. Business plan ISO/TC 229. Nanotechnologies. Draft. 23.04.2007.