

# К ЕДИНОЙ ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКОЙ БАЗЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

С.Хохлявин  
urist@enad.ru

Нанотехнология имеет междисциплинарный и межотраслевой характер. Это осложняет применение привычных концепций, общепринятой и согласованной на международном уровне терминологии. Отсутствие ее в условиях расхождений в наименованиях исследуемых объектов, методик и инструментов, а также общение и взаимопонимание ученых и практиков становится серьезной проблемой. Именно поэтому вопросам унификации терминов в области нанотехнологий отечественные специалисты уделяют серьезное внимание [1–3].

Стандартизация терминологии призвана снизить остроту стоящих вопросов, оказать положительное влияние на принятие решений по защите прав на интеллектуальную собственность и тем самым облегчить коммерциализацию продукции нанотехнологий.

Международная организация по стандартизации (ИСО) и Международная электротехническая комиссия (МЭК) объединили усилия, образовав

1-ю Совместную рабочую группу двух профильных технических комитетов ИСО/TK229 и МЭК/TK113 (ISO/TC229 & IEC/TC113/JWG1) по вопросам терминологии. Одна из важных функциональных задач этой группы, по словам ее лидера К. Уиллиса [4] (компания CWIC Inc., Канада) – разработка нанословарей, которая является одновременно новым вызовом и ключом к дальнейшему развитию нанотехнологий.

Главенствующее положение в иерархии международных словарей займет издание ISO/TS 80004-1 «Нанотехнологии – Словарь – Часть 1: Ключевые термины» («Nanotechnologies – Vocabulary – Part 1: Core terms») [5]. Разработка словаря поручена экспертам 5-й подгруппы (JWG1-PG5), координатор которой – д-р Д.Уэбб (США).

В настоящее время подгруппа изучает комментарии и замечания на проект, поступив-

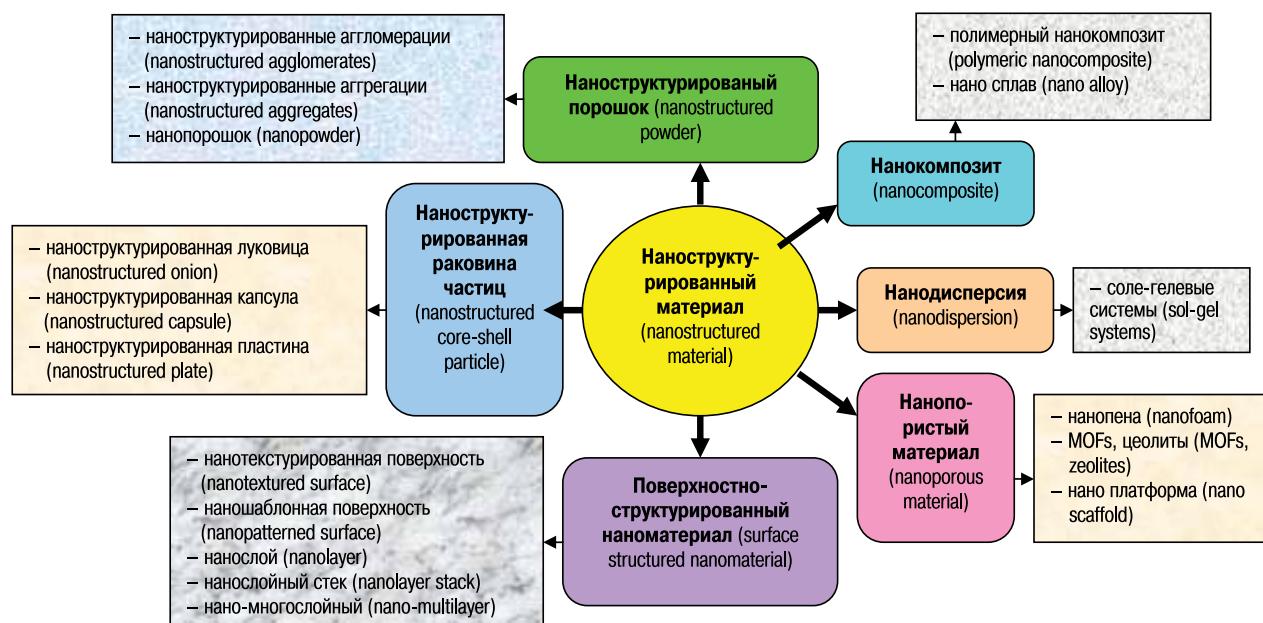


Рис.1. Категории и подкатегории наноструктурированных материалов – проект ISO/TS 80004-4

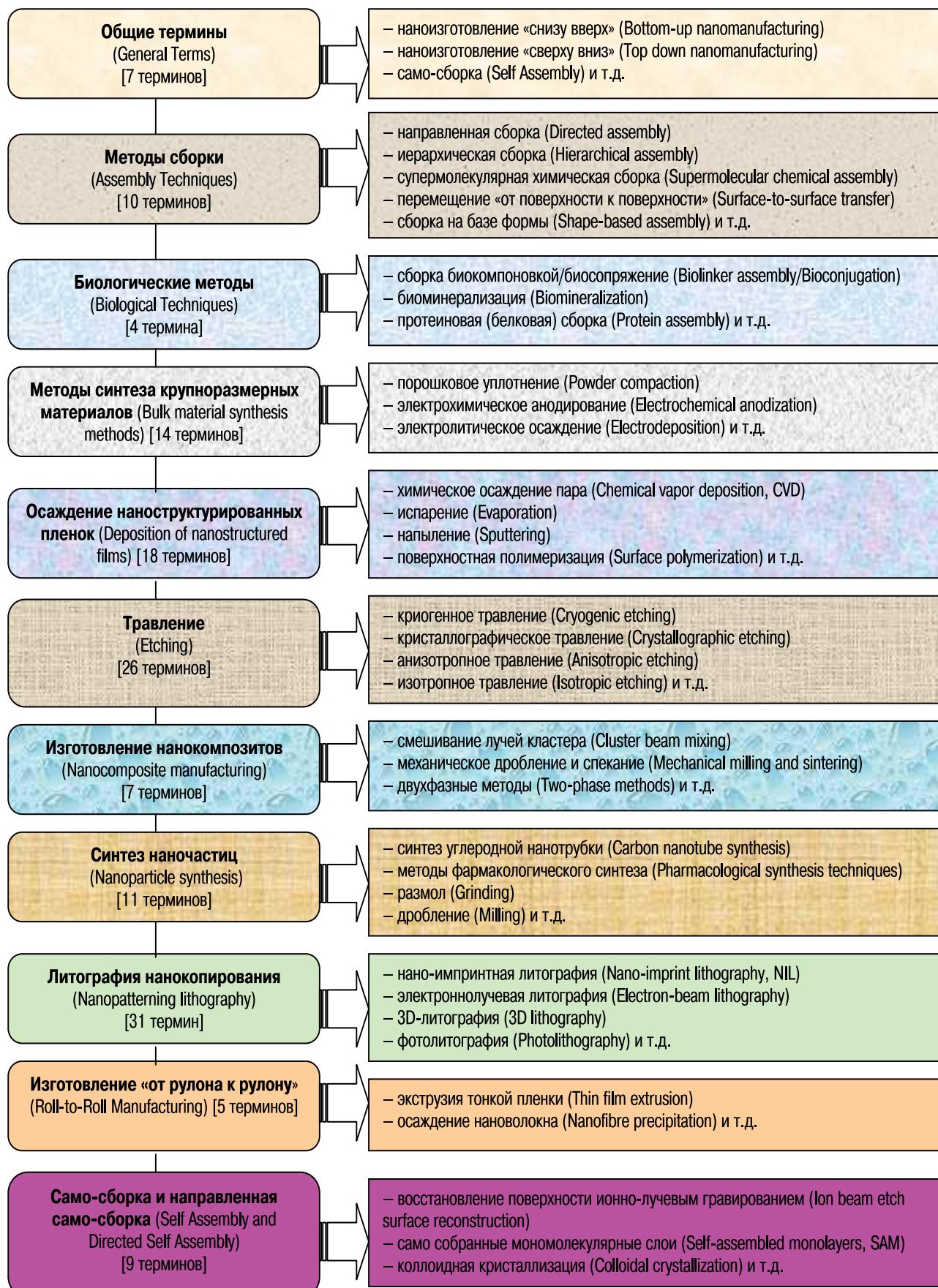


Рис.2. Категории терминов в области наноизготовления – проект ISO/TS 80004-8



## Структура ISO/TR 12802:2010

|   |   |
|---|---|
| 1. Область применения   |   |
| 2. Цель разработки рамочной структуры   |   |
| 3. Методология  |   |
| 4. Разработка рамочной структуры  | 4.1. Области деятельности в наномасштабе<br>4.2. Наноматериалы<br>4.3. Процессы<br>4.4. Наносистемы и наноустройства<br>4.5. Свойства |
| Приложение А – Обозначение и наименование словарей, совместно разработанных ИСО/ТК 229 и МЭК/ТК 113 |   |
| Приложение В – Шаги по разработке диаграммы рамочной структуры общих понятий                        |   |
| Приложение С – Альтернативная версия ветви «синтез» диаграммы рамочной структуры процессов          |   |

шие из стран-членов упомянутых технических комитетов. Ожидается, что словарь будет издан до конца текущего года.

Подготовленный в рамках 1-й подгруппы (JWG1-PG1) и ставший первым, международный словарь ISO/TS 27687:2008 посвящен нано-объектам. В скором времени он будет пересмотрен и сменит обозначение на ISO/TS 80004-2. Второй словарь, посвященный углеродным нано-объектам (ISO/TS 80004-3:2010), из-

дан 1 мая этого года. Он стал первым в глобальной серии ИСО/МЭК 80004 и получил национальный статус в Великобритании, Дании, Германии и Нидерландах.

### Специализированные тематические словари

Остальные словари серии пока имеют статус рабочих проектов, что позволяет говорить об их структуре весьма приблизительно. Хотя формулировки обсуждаемых сло-ва-

рей подвергнутся неизбежной правке, они уже представляют несомненный интерес. Все словари будут изданы в формате технической спецификации (технических условий, Technical Specification, TS); их публикация состоится не ранее второй половины 2011 года.

**Словарь по наноструктурированным материалам (ISO/TS 80004-4).** Под этим термином понимается «материал, имеющий внутреннюю наноструктуру или поверхнос-тную наноструктуру» (словарь ISO/TS 80004-1) [5]. Его предшественник – британская спецификация PAS 136:2007. Разработкой настоящего словаря занимается шестая подгруппа (JWG1-PG6). Возглавляет ее д-р Г. Рейнерс (ФРГ).

Представленная на обсуждение в марте 2010 года 4-я версия проекта исходила из того, что терминология сначала должна группироваться по категориям наноструктурированных мате-риалов, а затем уже подразде-ляться на подкатегории (рис.1).

Ряд определений терминов, например, «нанопористый ма-териал» (nanoporous material) и «нанопора» (nanopore), из-за по-зиции американских экспертов

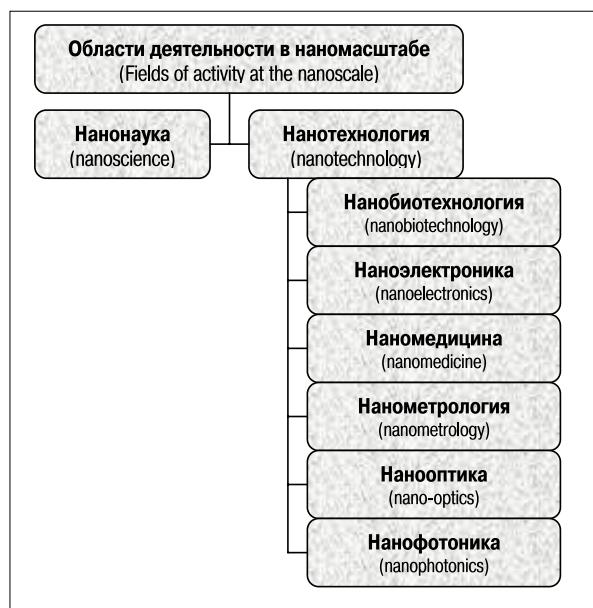


Рис.3. Рамочная структура «Области де-ятельности в наномасштабе»

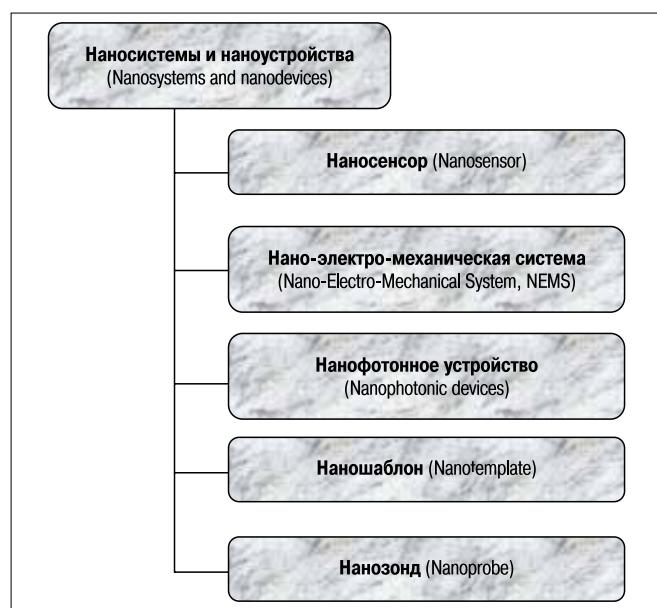


Рис.4. Рамочная структура «Наносистемы и на-ноустройства»

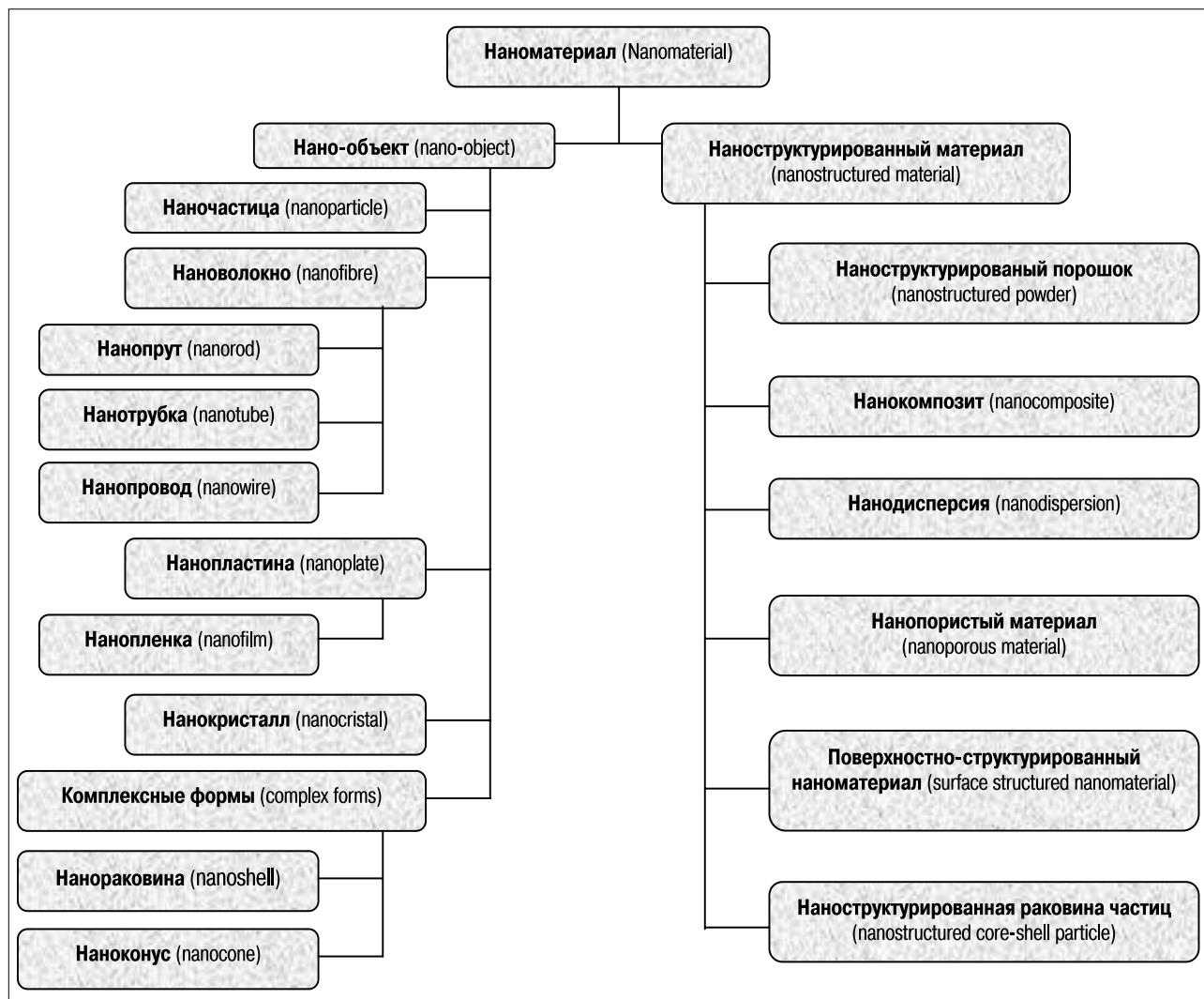


Рис.5. Рамочная структура для наноматериалов

имеет альтернативные определения. По этой причине пока не решено, какой из вариантов выбрать. Ряд предложенных терминов, например, «Золь-гелевые системы» (sol-gel systems), «нанослои» (nanolayer), вообще пока не имеют определений и по ним ожидаются инициативы со стороны членов подгруппы.

**Словарь для нано/био области (ISO/TS 80004-5).** Предшественник этого издания, посвященный нано/био взаимодействию (nano/bio interface), одноименный британский материал PAS 132:2007.

Взаимосвязь и взаимодействие нанотехнологии и биологии – одно из самых интересных и технологически многообещающих направлений науки. Исследования в этой области могут привести к новым



# КОНТРОЛЬ И ИЗМЕРЕНИЯ

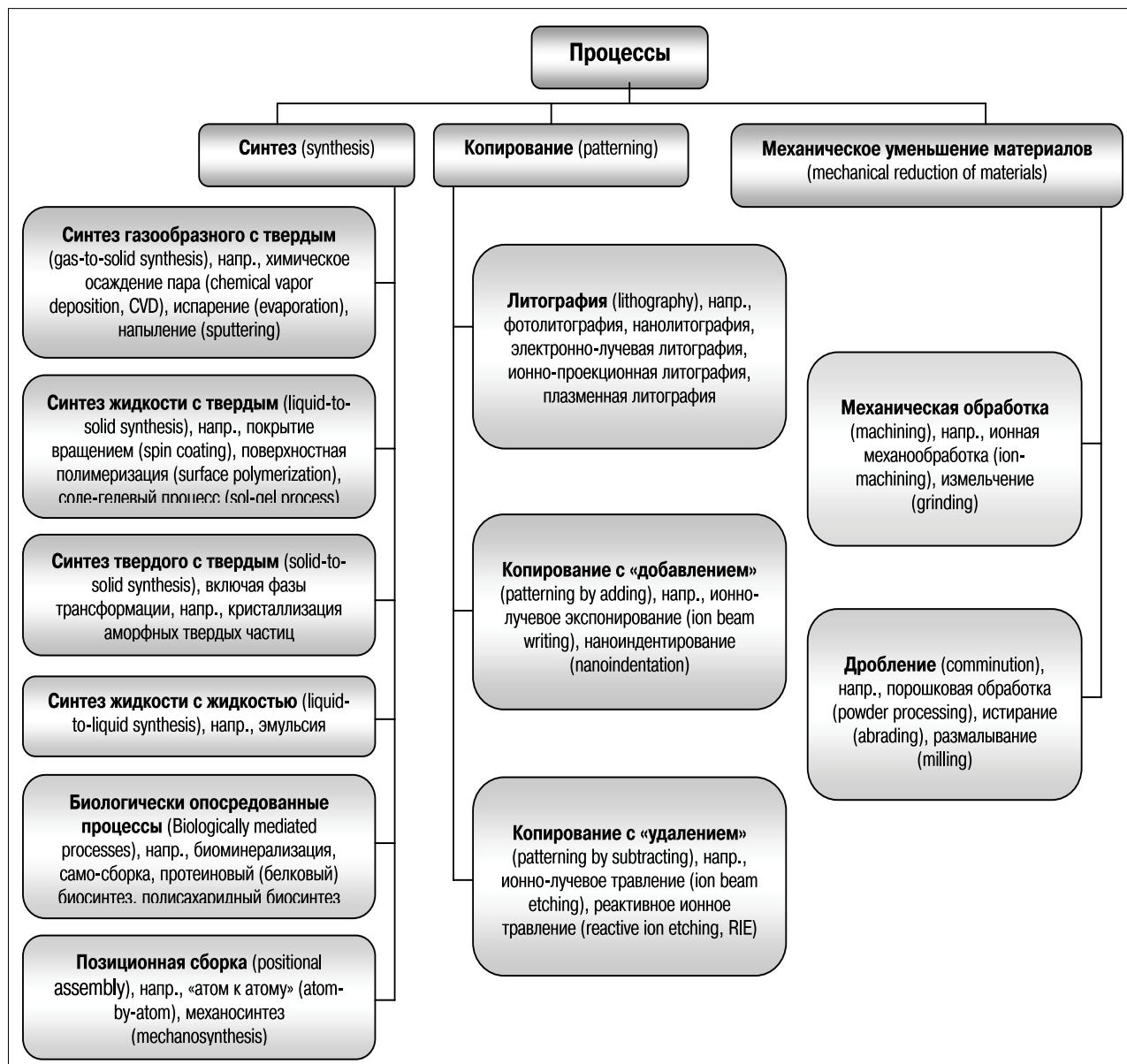


Рис.6. Рамочная структура для процессов

вариантам применения биомедицинских и фармацевтических технологий в лечении, к улучшению понимания того, как распространяются в человеческом организме нано-объекты, включая доставку препарата к определенному его месту.

В обсуждаемом проекте словаря отмечается, что у приставки «нано/био» есть две интерпретации:

- nanobio означает, что нано-область влияет на био-область;
- bionano обозначает, что био-область влияет на нано-область.

Настоящий словарь фокусируется на зоне между нано- и биологическим материалом (простейшие примеры: наночастица на поверхности живой клетки или живая клетка на наноструктурированном субстрате).

Разработку словаря осуществляет 7-я подгруппа (JWG1-PG7) во главе с проф. Д.Рамсденом (Великобритания). Словарь будет ориентирован, прежде всего, на фундаментальные понятия, а не термины, используемые в отдельных областях (например, при лечении зубов или в пластической хирургии). В отличие от британского сло-

варя, насчитывающего 77 определений, в первую редакцию разрабатываемого словаря включены лишь ключевые термины:

- нанобиотехнология (nanobiotechnology),
- бионанотехнология (bionanotechnology),
- «биоинициированная» нанотехнология (bio-inspired nanotechnology) или как альтернатива – «биоподражательная» нанотехнология (biomimetic nanotechnology),
- нанотоксикология (nano-toxicology),
- нанобиосопряженный (nano-bioconjugate).

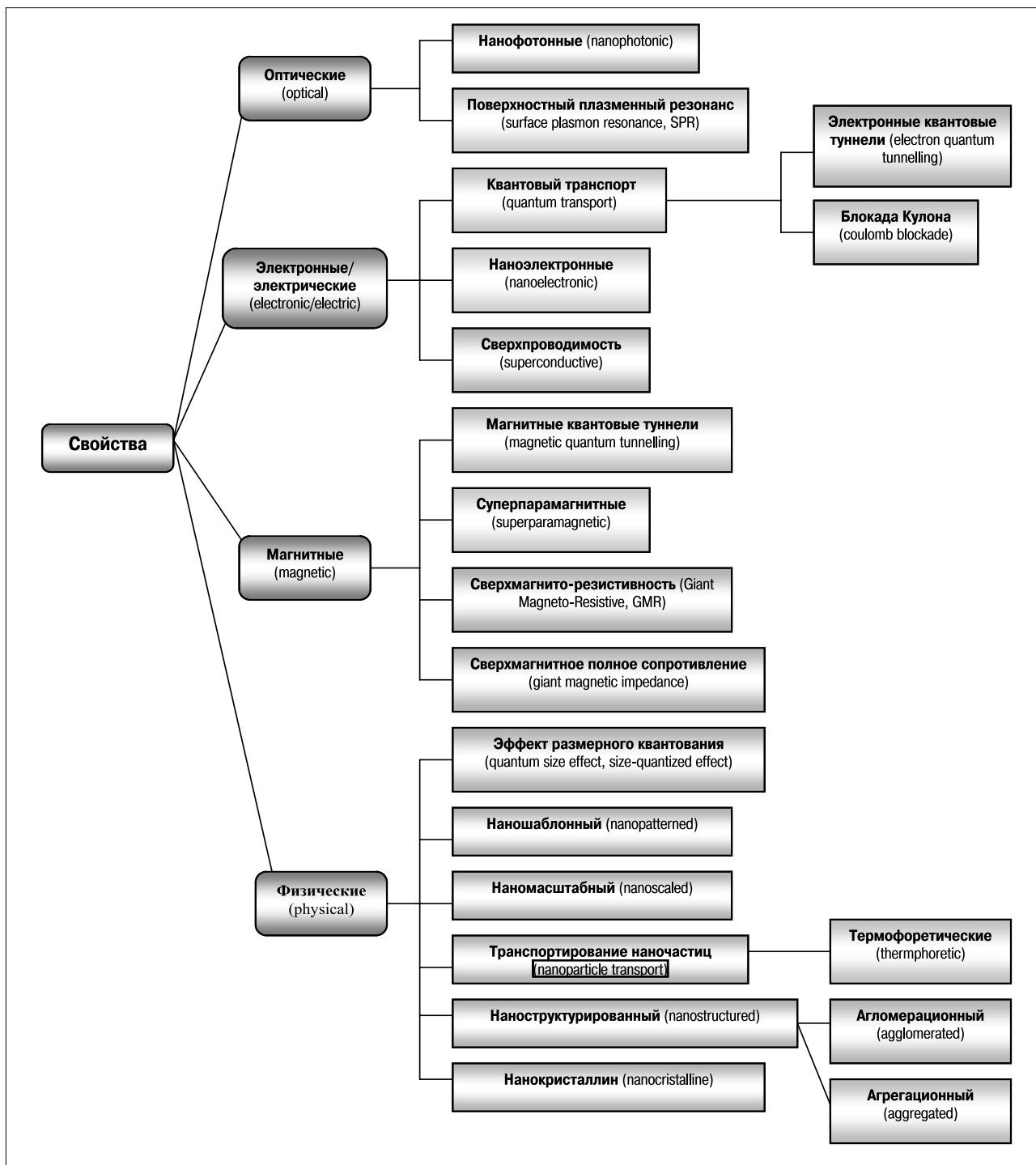


Рис.7. Рамочная структура для свойств наноматериалов

**Словарь по наномасштабным измерениям (ISO/TS 80004-6).** Координатор деятельности 8-й подгруппы (JWG1-PG8) по разработке настоящего словаря - д-р Д.Майлз (Австралия).

Работа над проектом находится на ранней стадии: продолжается сбор предложений от членов подгруппы по содер-

жанию словаря, проект которого, как ожидается, будет представлен к следующему пленарному заседанию ИСО/ТК229 (6-10 декабря с.г. в Малайзии, Куала-Лумпур).

**Словарь по наномедицине (ISO/TS 80004-7).** Его предшественницей стала британская спецификация PAS 131:2007, включающая 51 определение.

Проект разрабатывают эксперты 9-й подгруппы (JWG1-PG9), возглавляемой проф. Р. Вадгама (Великобритания). Пока в него включено лишь 13 терминов. Среди них: «наномедицина» (nanomedicine), «наноинтervенция» (nanointervention), «нанопинцет» (nanotweezer), «наноноситель» (nanocarrier), «нанокапсула» (nanocapsule),



«nanoшпин» (nanoneedle), «нанопадина» (nanopit), «нанопористая мембрана» (nanoporous membrane).

**Словарь по изготовлению объектов в наномасштабе (ISO/TS 80004-8).** Его предшественником тоже стал британский документ PAS 135:2007, содержащий 100 определений. Возглавляет 10-ю подгруппу (JWG1-PG10), разрабатывающую этот словарь, проф. Массачусетского Университета М. Тюоминен (США).

В апреле сего года была представлена вторая расширенная версия этого словаря, включающая свыше 140 терминов, предложено группировать их по 11 разделам (рис.2). Некоторые термины, например, «само-сборка» (Self Assembly), включены в словарь пока в двух интерпретациях.

Как отмечают эксперты, унификация терминологии в данной области особенно важна, так как «наноизготовление» – это своеобразный мостик между научными открытиями и предлагаемой на рынке продукцией нанотехнологий.

При этом подчеркивается, что продвижение нанотехнологий в больших объемах из лабораторий в производство неизбежно заставит обратить внимание на проблеме самого производственного процесса: проектирование (дизайн) продукта, его надежность и качество, процессы контроля, цеховые и межцеховые операции, менеджмент поставок.

## Концептуальный подход к терминологии

Подход, связывающий отдельные словари серии ИСО/МЭК 80004 в единую терминологическую систему, представлен в Техническом отчете ISO/TR 12802:2010 «Нанотехнологии – Рамочная модель таксономии для применения в разработке словарей – Общие понятия» («Nanotechnologies – Model taxonomic framework for

use in developing vocabularies – Core concepts»), публикация которого ожидается до конца этого года.

**Таксономия** (греч. *taxis* – расположение, порядок) – иерархическая классификация вещей в определенной предметной сфере, предполагающая размещение некоей понятийной области в соответствующие категории и показывающая отношения между ними.

Настоящий отчет подготовлен экспертами 2-й подгруппы (JWG1-PG2), возглавляемой К.Уиллсом (Канада). Он должен дать пользователям структурированное представление о нанотехнологии, что облегчит общение и, несомненно, будет способствовать общему пониманию. Нанотехнологии в нем рассматриваются с многих точек зрения; такой инновационный подход должен минимизировать дублирование усилий со стороны разных исследовательских групп и неизбежно содействовать разработке согласованных между собой словарей.

Вследствие того, что документ издается ISO в формате «технического отчета» (Technical Report, ISO/TR), он полностью информативен и не требует пересмотра до того момента, пока обеспечиваемые им данные имеют силу или пользу.

Такой документ является результатом сбора и обобщения данных из различных источников (стандартов, документов, научной литературы) и отражает «состояние дел» («State of the Art») по конкретному вопросу или в определенной области.

При финальном голосовании отчет принимается простым большинством голосов стран-членов Технического комитета ИСО/ТК, а не 75% – как стандарты. Таким образом, он – своеобразная компиляция текущего знания и наилучшей практики.

Из структуры ISO/TR 12802:2010, представленной в табл., видно, что он фокусируется на пяти элементах: области деятельности в наномасштабе,

бенаноматериалах, процессах, свойствах, наносистемах и наноустройствах, причем каждый из этих элементов представлен в виде диаграммы (схемы).

Диаграмма рамочной структуры для областей деятельности в наномасштабе представлена на рис.3, причем термины «нанонаука» и «нанотехнология» обозначены в ней как эквивалентные, находящиеся на одном иерархическом уровне.

На рис.4 представлена диаграмма рамочной структуры для наносистем и наноустройств, причем было учтено, что наносистемы и наноустройства – общие понятия для медицины, биологии, электроники, информационных технологий.

Диаграмма рамочной структуры для наноматериалов представлена на рис.5. Для нанообъектов она разработана как иерархия, а в частиnanoструктурированных материалов – нет, причем по мере накопления знаний и развития исследований все диаграммы будут дополняться.

На рис.6 представлена Диаграмма рамочной структуры для процессов. Как иерархия она разработана лишь на верхнем уровне. Эта структура использует три главных подтемы: «синтез» (Synthesis) [создание объекта]; «копирование» (Patterning) [процесс, которым поверхность существовавшего ранее субстрата изменена, чтобы создать особенности наномасштаба]; «механическое уменьшение материалов» (Mechanical Reduction of Materials);

[процессы, посредством которых большой объект уменьшен до наномасштабного].

При этом разработчики исходили из того, что синтез как процесс включает:

- изменение в молекулярной структуре;
- изменение в состоянии (газ, жидкость, твердое тело);
- изменение в фазе (эмульгирование или изменение в кристалличности) для формирования нанообъекта.

Следует иметь в виду, что в Приложение С рассматривает-



мого отчета (см. Таблицу) включен альтернативный вариант ветви "синтез" (не приводится). Структура также отличает "копирование" (Patterning) и "создание образцов" (the Creation of Patterns) от синтеза и механического уменьшения материалов. Это различие очень важно, поскольку носит ключевой характер для значительной части полупроводниковой промышленности.

Диаграмма рамочной структуры для свойств наноматериалов в обсуждаемом отчете представлена в четырех альтернативных вариантах. На рис.7. изображен наиболее простой вариант:

в варианте не обращаются к механическим свойствам, а выделенные физические свойства (в широком смысле слова) фактически могут охватывать все учтенные в этом варианте характеристики.

Таким образом, рассмотренный отчет отражает консенсус мнений экспертов, достигнутый в рамках технических комитетов ИСО/ТК229 и МЭК/ТК113 и сегодняшнее понимание терминологии. Работа по ее унификации на международном уровне будет продолжена. Что касается специализированных тематических словарей серии ИСО/МЭК 80004, они пока находятся в стадии разработки, поэтому достижение общего понимания специалистами будет еще длительное время актуальным.

*Автор выражает искреннюю признательность К. Уиллису за любезно предоставленные им проекты стандартов, что обеспечило неоценимую помощь в подготовке данного материала.*

## Литература

1. Шевченко В.Я. О терминологии: наночастицы, наносистемы, нанокомпозиты, нанотехнологии. – Микросистемная техника, 2004, № 9, с. 2–4.
2. Алфимов М.В., Гохберг Л.М., Фурсов К.С. Нанотехнологии: определения и классификация. – Российские нанотехнологии, 2010, т. 5, № 7–8 (июль–август), с. 8–15.
3. Мальцев П.П. О терминологии в области микро- и наносистемной техники. – Нано- и микросистемная техника, 2005, № 9, с. 2–5.
4. Clive Willis, Nanotechnology. The terminology challenge, ISO Focus, April 2007, p. 26, 27.
5. Хохлявин С.А. Нанотехнологические словари – движение к единству понимания. – Наноиндустрия, 2010, № 2, с. 42–44.