

# Приложение 1. Научно-технологический рубрикатор

Настоящий рубрикатор применяется для определения авторами тематики проектов, а также (в сочетании с научными классификаторами и ключевыми словами, детализирующими специализацию эксперта) – для определения области компетенции экспертов.

Рубрикатор составлен доктором физ.-мат. наук В.В. Рязановым, доктором физ.-мат. наук М.В. Фейгельманом, доктором хим. наук Г.А. Цирлиной и утвержден приказом генерального директора ГК «Роснано» №144 от 23.04.2009 (в составе документа «Требования к составу и содержанию проектов в области нанотехнологий, предлагаемых к финансированию за счет средств ГК "Роснано"»)

Раздел 1 определяет **объекты нанотехнологий**. Авторы должны указать, **по меньшей мере, один из кодов Раздела 1 в качестве основного**. На основании того, насколько верно Проект отнесен к одному из пунктов Раздела 1 (по заключению Рецензентов) Оператор научно-технической экспертизы будет делать заключение о принадлежности проекта к сфере нанотехнологий. Ключевые слова соответствующих пунктов раздела учитываются при назначении Рецензентов.

Раздел 2 определяет технологические и метрологические аспекты проектов. Соответствующие коды присваиваются Проекту, как правило, в качестве дополнительных. При назначении Рецензентов будут учитываться ключевые слова соответствующих пунктов этого раздела.

Раздел 3 конкретизирует функциональность производимого продукта. Каждому Проекту должен быть присвоен **по крайней мере один из кодов Раздела 3 в качестве основного**. Коды этого раздела являются ключевыми при назначении Рецензентов.

Между **кодами Разделов 2, 3 Рубрикатора и кодами специализации экспертов** установлено однозначное соответствие. Коды специализации экспертов по научным классификаторам приведены в квадратных скобках.

## Раздел 1. Объекты, относящиеся к сфере нанотехнологий

- 1.1. Искусственные (синтетические) низкоразмерные объекты – **элементы** наноструктур и наноматериалов (*элементами являются однородные по составу объекты с характерными размерами менее ~0.1 мкм в одном или более измерениях, если их свойства или свойства включающих их материалов (структур) существенно отличаются от свойств более крупных объектов того же состава*)
  - 1.1.1. Нанокристаллы и наночастицы ( в том числе квантовые точки)
  - 1.1.2. Нанотрубки и нанопроволоки
  - 1.1.3. Двумерные нанообъекты с характерными толщинами порядка размеров молекул
- 1.2. **Наноструктуры** – комбинации элементов (п.1.1), для которых наблюдаемые физические свойства (отклики) непосредственно определяются размерно-зависимыми свойствами элементов.
  - 1.2.1. Упорядоченные ансамбли (многослойные и многополосные структуры и сетки) одинаковых твердых элементов на подложках.
  - 1.2.2. Твердотельные гибридные и гетероструктуры на основе полупроводников, металлов и магнетиков (наноструктуры могут состоять и из естественных кристаллов)
  - 1.2.3. Элементы или наборы элементов, контролируемо модифицированные функциональными молекулами, мицеллами или биологическими объектами субмикронных размеров.
- 1.3. **Наноматериалы** – полностью или частично состоящие из элементов (п.1.1) твердые или жидкие материалы, для которых какие-либо макроскопические свойства определяются размерами и/или взаимным расположением элементов.
  - 1.3.1. Наночастицы в твердых, полимерных или жидкокристаллических матрицах
  - 1.3.2. Наночастицы на подложках
  - 1.3.3. Нанокapsулы
  - 1.3.4. Слоистые материалы с характерными размерами фрагментов порядка постоянной решетки.
  - 1.3.5. Суперкристаллы на основе высокоупорядоченных наноэлементов.
  - 1.3.6. Нанокристаллические композиции
  - 1.3.7. Гранулированные наноразмерные материалы
  - 1.3.8. Объекты традиционных технологий («нанопорошки», нанопористые материалы, золи, гели, эмульсии, наногетерогенные полимеры и т.д.)
  - 1.3.9. Бионаноматериалы и биофункционализированные наноматериалы.

## Раздел 2. Получение, диагностика и сертификация наноразмерных систем

### 2.1. Методы нанесения элементов наноструктур и наноматериалов

Физические методы (лазерные, электронно-лучевые, ионно-плазменные) осаждения слоев нанометровых толщин [42, 53, 54, 215]:

- поликристаллических
- эпитаксиальных

Химическое, термическое и электродуговое осаждение из газовой фазы (в том числе CVD, EVD, MoCVD, PVD и аналоги) [54, 208, 215]

- поликристаллические слои

- эпитаксиальные слои
- 2.1.1. Технология Лэнгмюра-Блоджетт [212]
- 2.1.2. Химическое осаждение из растворов [209]
- 2.1.3. Электроосаждение [213]
- 2.1.4. Использование наноманипуляторов и зондов [681, 403]
- 2.1.5. Плазмохимическое, ионно- и электронно-лучевое модифицирование поверхности [53, 54]
- 2.1.6. Методы, основанные на специфических взаимодействиях биологических молекул. [312, 326]
- 2.2. Управляемые методы формирования наноструктур
  - 2.2.1. Оптическая литография субмикронного разрешения [42, 214, 682, 684]
  - 2.2.2. Электронная литография [41, 214, 682, 684]
  - 2.2.3. Рентгеновская литография [42, 214, 682, 684]
  - 2.2.4. Наноимпринтинг и травление [214, 213, 215, 210, 682, 684]
  - 2.2.5. Фокусированная ионная резка [682, 78, 41]
  - 2.2.6. Планиризация поверхности, полировка [211, 213, 682]
  - 2.2.7. Поверхностная иммобилизация (химическая пришивка) молекул [212]
  - 2.2.8. Локальные поверхностные химические реакции [211, 212]
  - 2.2.9. Нанокapsулирование [211]
  - 2.2.10. Иммобилизация мицелл и биологических нанообъектов [301, 312]
- 2.3. Методы формирования наноматериалов
  - 2.3.1. Золь-гель-технологии [210, 211]
  - 2.3.2. Механохимия [203]
  - 2.3.3. Криохимия [208, 214, 216]
  - 2.3.4. Темплейтные техники в жидких средах (химическое и электроосаждение) [209, 213]
  - 2.3.5. Электрофорез [211, 213]
  - 2.3.6. Керамические методы (спекание, прессование, самораспространяющийся синтез и т.п.) [203, 216]
  - 2.3.7. Формирование наноматериалов с использованием биологических систем и/или методов [302, 303, 308, 309, 312]
  - 2.3.8. Спрей-пиролиз [208, 209, 210]
- 2.4. Методы диагностики и исследования наноструктур и наноматериалов
  - 2.4.1. Зондовые методы микроскопии и спектроскопии: атомно-силовая, сканирующая туннельная, магнитно-силовая и др. [403, 681, 682]
  - 2.4.2. Сканирующая электронная микроскопия [402, 61]
  - 2.4.3. Просвечивающая электронная микроскопия, в том числе высокого разрешения [402]
  - 2.4.4. Люминесцентная микроскопия [402, 42]
  - 2.4.5. Дифракционные методы (рентгеновские, электронные, нейтронные) [203, 61, 3071]
  - 2.4.6. Рентгеновская спектроскопия (XAS, EXAFS и др.) [402]
  - 2.4.7. Электронная спектроскопия [404]
  - 2.4.8. Наногравиметрия (QCN) [45, 47, 62]
  - 2.4.9. Магнитно-резонансные методы [406, 76, 3072]
  - 2.4.10. Методы локального и нелокального (Auger, XPS) анализа поверхности [403]
  - 2.4.11. Терагерцовая спектроскопия [84, 85]
  - 2.4.12. Масс-спектрометрия [401]
  - 2.4.13. Нелинейно-оптические методы, в том числе рамановская спектроскопия [405, 78]
  - 2.4.14. Фемто- и наносекундная спектроскопия [407]
  - 2.4.15. Биологические методы, основанные на амплификации [301, 304]
- 2.5. Методы сертифицирования и контроля наноматериалов и диагностики их функциональных свойств
  - 2.5.1. Порометрия и определение истинной поверхности [401, 212]
  - 2.5.2. Оптический контроль (*профилометрия, флуоресценция, эллипсометрия, конфокальная микроскопия*) [42, 78]
  - 2.5.3. Контроль физических свойств (*резистометрия, магнитные измерения*) [72, 73, 75]
  - 2.5.4. Тестирование функциональных свойств и их стабилизация (указать: *каталитических* [212], *деградационных* [203, 207, 211, 213], *механических* [62], *трибологических* [47, 83], *биологической активности* [316, 318, 323] и т.п.)
  - 2.5.5. Аналитические методы (в том числе *анализ поверхности*) [401, 403]
  - 2.5.6. Разработка нанометрологических принципов и методик [401, 402, 403, 405, 313]
  - 2.5.7. Контроль и тестирование биосовместимости и безопасности наноматериалов [313, 315, 316, 317, 318, 321, 322, 323, 81]

### **Раздел 3. Продукты нанотехнологий**

- 3.1. Функциональные наноматериалы
  - 3.1.1. Катализаторы на носителях [212]
  - 3.1.2. Интеркаляционные материалы и твердые электролиты для химических источников тока, конденсаторов и т.д. [61, 64, 66, 203, 213]
  - 3.1.3. Сенсорные нанокомпозиты [61, 303, 401, 208]
  - 3.1.4. Водород-абсорбирующие наноматериалы (гидридообразующие интерметаллиды и аналоги) [61, 71, 203]
  - 3.1.5. Наноструктурированные металлы и сплавы с особыми механическими свойствами [61, 61, 64, 71]
  - 3.1.6. Слоистые магнитные материалы и сверхрешетки [682, 75, 76, 85]
  - 3.1.7. Наноструктурированные керамические и композиционные материалы и покрытия, в том числе оптически

прозрачная нанокерамика [78]; пьезо- и сегнето-нанокерамика [77]; конструкционная нанокерамика [62, 64, 65, 66], биосовместимая нанокерамика и покрытия [3011, 3041, 3043, 310, 314], наноматериалы с заданными ядерно-физическими свойствами [28, 29, 78, 79].

- 3.2. Высокодисперсные, высокопористые и другие традиционные материалы, включающие субмикронные фрагменты
  - 3.2.1. Сорбенты на основе коллоидных систем [681, 683, 684, 211, 212, 83]
  - 3.2.2. Углеродные материалы [81, 203]
  - 3.2.3. Наноструктурированные полимеры, волокна и композиты на их основе [684, 207]
  - 3.2.4. Другие пористые материалы, в том числе фильтры. [681, 684, 207, 211, 212]
- 3.3. Нанoeлектроника: физические принципы и объекты новой цифровой нанoeлектроники
  - 3.3.1. Полупроводниковые наногетероструктуры (квантовые точки и квантовые проволоки на основе двумерного электронного газа) [682,72,73]
  - 3.3.2. Низкоразмерные углеродные структуры (нанотрубки, графен, фуллерены) [682,72,73,36]
  - 3.3.3. Нанотрубки и двумерные слои на основе неуглеродных материалов.[682,72,73,61]
  - 3.3.4. Спинтронные устройства (на основе магнитных и немагнитных гетероструктур) [72,73,75,682]
  - 3.3.5. Криoeлектроника и флюксонные устройства на основе сверхпроводящих (джозефсоновских) наноструктур [73,74,84,85,682]
  - 3.3.6. Одноэлектронные устройства (SET - транзисторы, нано-электрометры, микрокулеры, болометры) [73,74,85,682]
- 3.4. Объекты для квантовых вычислений и квантовых телекоммуникаций
  - 3.4.1. Сверхпроводниковые квантовые логические устройства (*кубиты*) [73,74,85,682]
  - 3.4.2. Кубиты на основе электронных спинов в квантовых точках и фуллеренах [72,73,85,682]
  - 3.4.3. Кубиты на основе электромагнитных ловушек для атомов и ионов [32,42]
  - 3.4.4. Одноэлектронные (зарядовые) кубиты [72,73,85,682]
  - 3.4.5. Считывающие и интерфейсные устройства к кубитам [682,73,74]
  - 3.4.6. Устройства для квантовой криптографии [32,42,03]
- 3.5. Нанoeлектронные источники и детекторы
  - 3.5.1. Светодиоды на основе полупроводниковых гетероструктур [85, 42, 73, 682]
  - 3.5.2. Органические светодиоды [85, 42, 73, 682, 684]
  - 3.5.3. Твердотельные и органические лазеры [85, 42, 73, 682]
  - 3.5.4. Элементы солнечной энергетики [84, 78, 71]
  - 3.5.5. Полупроводниковые и сверхпроводниковые однофотонные детекторы, матричные детекторы электромагнитных сигналов, тепловизоры высокого разрешения [85, 84, 78, 71, 74]
  - 3.5.6. Полупроводниковые и сверхпроводниковые источники и детекторы терагерцового диапазона [85, 84, 78, 71, 73, 74]
  - 3.5.7. Электронные эмиттеры на основе нанотрубок и других нано-объектов [85, 79, 73, 682, 207]
  - 3.5.8. Детекторы и стандарты электромагнитных сигналов; эталоны тока, напряжения, сопротивления на основе сеток нанoeлементов. [85, 73, 74, 682]
  - 3.5.9. Сверхчувствительные магнитные детекторы на основе SQUID [85, 06, 73, 74, 682]
  - 3.5.10. Сверхчувствительные SET-электрометры [85, 73, 682]
  - 3.5.11. Квантовые электронные насосы [85, 73, 682]
- 3.6. Наноефотоника и коротковолновая нелинейная оптика
  - 3.6.1. Наноеобъекты и устройства ближкопольной оптики [42, 78]
  - 3.6.2. Нелинейные оптические преобразователи и волноводы [42, 78]
  - 3.6.3. Рентгеновские линзы [42, 78, 682]
  - 3.6.4. Фотонные кристаллы [42, 78, 61, 682]
  - 3.6.5. Искусственные среды с отрицательным коэффициентом преломления (*метаматериалы*) [42, 78, 682]
- 3.7. Сенсоры на основе наноструктур и наноматериалов
  - 3.7.1. Резистометрические газовые сенсоры на основе нанокристаллических материалов [208, 201, 203, 202, 205, 206]
  - 3.7.2. Ферментные сенсоры и другие биосенсоры [302, 303]
  - 3.7.3. Сенсоры на основе каталитических и электрокаталитических процессов [209, 213, 214]
  - 3.7.4. Оптические сенсоры [214, 42]
  - 3.7.5. Молекулярное распознавание с применением наноматериалов [201, 203, 202, 205, 206]
- 3.8. Бионанотехнологии
  - 3.8.1. Выделение и иммобилизация биологических веществ с применением наноматериалов [3011, 302, 309, 312, 313]
  - 3.8.1. Диагностические методы с применением фиксированных наноструктур [3041, 3042, 305, 306, 309, 326]
- 3.9. Наномедицина и диагностика
  - 3.9.1. Лекарственные наноматериалы [302, 3041, 3044, 312, 313, 314]
  - 3.9.2. Биомиметические наноматериалы [3011, 302, 3041, 3042, 312, 313, 314]
  - 3.9.3. Вакцины на наноплатформах [309, 312, 313, 314, 321, 322]
  - 3.9.4. Диагностические методы на микро(нано)флюидной основе [304, 305, 306, 309, 312, 313, 314, 326]

3.9.5. Нанокapsулирование лекарственных препаратов [312, 313, 314]

3.10. Микро- и нано-механика, нанотрибология и нанофлюидика

- 3.10.1. Микромеханические системы, наноприводы, наноманипуляторы [45, 62, 682, 207]
- 3.10.2. Микро(нано)электромеханические системы (MEMS/NEMS) [85, 45, 62, 682, 207]
- 3.10.3. Нанофлюидные теплоносители [44, 47, 65]
- 3.10.4. Молекулярные моторы [89, 36, 213, 214, 682]