

УДК 62-022.53:001  
ББК 30.6

## СТРУКТУРА ФЕНОМЕНА НАНОРЕАЛЬНОСТИ: ОБЪЕКТ И ПРЕДМЕТ НАНОНАУК

© В. П. Котенко, 2014

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»  
197376, г. Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, 5*

Рассматривается понятие и структура феномена нанореальности, его компоненты и элементы.

*Ключевые слова:* артефакт нанореальности, нанонаука, нанотехнологии, наноматериалы, нанодетальность, нанозволюции и нанореволюции, нанокультура.

The notion and the structure of nanoreality phenomenon and its components are considered.

*Key words:* an artifact of nanoreality, nanoscience, nanotechnologies, nanomaterials, nanoactivities, nanoevolutions, nanorevolutions, nanoculture.

**П**роблема человека (антропологический аспект нанореальности) объединяет все возможные стороны нанореальности и философии нанореальности. Антропологический аспект нанореальности не существует наряду с другими аспектами этого феномена, а объединяет их, представляя собой квинтэссенцию всего философского анализа наномира.

Понятие «структура» употребляется в научном и философском обиходе достаточно давно и служит одним из способов понимания организации содержания. В современной науке структура соотносится с понятиями «система» и «организация».

Компоненты и элементы наномира (нанореальности) пока четко не обозначены. В настоящей статье будут описаны восемь структурных составляющих. Некоторые из них мы вводим впервые.

**1. Артефакт нанореальности, или наномира (АНР)**, – все то, что несет на себе печать человеческой социокультурной нанопреобразующей деятельности, след созданности; исходный компонент наномира.

В состав АНР включается, прежде всего, та часть природы, которая подвергается человеком переформированию, преобразованию, материальные и природные стороны социального, природного бытия человека; артефакты других составляющих наномира (нанотехносферы) – нанотехнологии, нанознания, артефакты нанотехнической деятельности, наноинформации, нанотехнической культуры, истории нанореальности. Артефакт наномира отличается от понятия «артефакт», используемого в естественных, технических и гуманитарных науках и сферах деятельности, но в то же время имеет

с ним общие черты. Артефакты нанореальности характеризуются своей системностью. Существует два вида артефактов нанореальности: естественные и искусственные. Сейчас специальный системный анализ артефактов нанореальности пока отсутствует как в историческом, так и в теоретико-философском плане: онтологическом, эпистемологическом, методологическом, аксиологическом, а также науковедческом.

**2. Нанонаука, или система нанонаук**, – определяющий компонент нанореальности. Однозначного понимания феномена нанонауки нет, существуют различные критерии анализа объекта, предмета, структуры и содержания. Различают понятия: «нанознание», «нанонаука», «система нанонаук».

Обсуждение специфики нанонауки связывают с отражением нанообъекта или деятельности с ним. «Нанонаука – это система знаний, основанных на описании, объяснении и предсказании свойств материальных объектов с нанометрическими характеристическими размерами или объектов более высокого метрического уровня, упорядоченных или самоупорядоченных на основе наноразмерных элементов» [1, с. 7].

Другая группа ученых рассматривает нанонауку в тесной связи с категорией «деятельность» – предметной практической деятельностью («нанодетальностью»). Г. Эрлих, опираясь на результаты работы, проделанной Национальным электронно-информационным консорциумом (НЭИКОН), включает в понятие «нанонауки» наноматериалы, наноэлектронику, нанобиологию, наномедицину, методы и инструменты исследования, сертификацию наноматериалов и наноустройств [2, с. 8].

Некоторые исследователи считают, что нанонаука отражает в деталях процесс превращения природного в социальное. Одной из наиболее распространенных точек зрения является понимание нанонауки как прикладной области «чистой» науки. Широкое распространение получила точка зрения, согласно которой нанонаука выступает в качестве связующего звена между теоретическим нанонаучным знанием и искусством.

В целом, в литературе по наноэпистемологии нетрудно увидеть как дифференциацию, так и отождествление понятий «нанознание» и «нанонаука». Нанонаука рассматривается в качестве системы нанознаний; совокупности результатов познавательной деятельности; деятельности по производству нанознаний; совокупного общественного интеллекта; собирательного понятия для комплекса нанонаук; абстрактно-логической системы нанознаний; системы законов наномира; теоретического моделирования нанодействительности и пр.

Все эти определения, взятые в отдельности, не раскрывают системный характер нанонауки. На наш взгляд, нанонауку можно анализировать как систему (сферу) человеческой деятельности, функцией которой является выработка и теоретическая систематизация объективных знаний о нанореальности. Нанонаука подразумевает как деятельность по получению нового нанознания, так и результат этой деятельности – систему накопленных к данному моменту научных нанознаний, образующих в совокупности научную картину наномира. Непосредственная цель нанонауки – описание, объяснение и предсказание процессов и явлений нанореальности, составляющих предмет ее изучения, на основе открываемых ею законов, т. е. в широком смысле – теоретическое отражение наномира и его закономерностей.

В целом, мы считаем, что нанонаука как реальность, система бытия, включает в себя: научную систему знаний, методы и средства нанопознания, язык нанонауки, систему социальных отношений деятельности – нанонауку как социальный институт, специфическую форму труда (совокупный общественный труд), научные движения и революции, академии, вузы, общественные организации, фундаментальную и прикладную нанонауку, идеологию нанонауки, философию нанонауки.

Следует различать нанонауку и философское нанознание как специфическую форму общественного сознания. Философия в той или иной мере выполняет по отношению к нанонауке функции методологии познания и мировоззренческой интерпретации его результатов. Философию объединяет с нанонаукой также стремление к построению теоретического нанознания и логической доказательности своих выводов. Философия выполняет важные интегрирующие функции по отношению

к отдельным нанонаукам, прежде всего, к четырем группам научного знания (подсистемам наук): естественным, социальным, гуманитарным и техническим.

Наряду с традиционными исследованиями какой-либо отдельной отрасли нанонаук проблемный характер нанознания и нанонаук вызвал к жизни развертывание междисциплинарных и комплексных исследований, проводимых средствами нескольких различных нанотехнологий, конкретное сочетание которых определяется характером соответствующей проблемы (инфобиопроблемы, наноинфопроблемы и т. п.).

Общепринятой классификации нанонаук пока нет. По своей практической направленности отдельные нанонауки (или отдельные аспекты нанонауки) можно разделить на фундаментальные и прикладные. Задачей фундаментальных нанонаук является познание законов наноявлений, управляющих поведением и взаимодействием базисных структур нанобъектов. Непосредственная цель прикладных нанонаук и прикладного нанознания – применение фундаментальных нанознаний для решения не только познавательных, но и социально-практических проблем. В нанонауке необходимо различать эмпирический и теоретический уровни методов познания и организации нанодейтельности.

Методы нанонауки представляют собой систему, в которой действуют отношения как субординации, так и координации. Методы нанореальности можно классифицировать по различным критериям. Особое значение имеет классификация методов по степени общности. Основа системы методов – всеобщие, философские методы, ядром которых являются методы материалистической диалектики. К общенаучным методам относят методы, применяемые всеми нанонауками. Они служат своеобразным каналом связи между философскими и специальными методами.

Специфические методы – это методы, применяющиеся в какой-либо одной нанонауке или в области сходных по предмету исследования и задачам наук. Специфические методы междисциплинарны, отличаются сложностью и многообразием. В основе их – один или несколько принципов. Например, к методам нанодиагностики относится метод дифракции быстрых электронов, методы модуляционной оптической спектроскопии, метод эллипсомерии наноразмерных слоев и композиций, методы емкостной спектроскопии, методы контроля электрического потенциала на поверхности твердого тела и др.

По функциональному назначению и способам применения методы нанонаук подразделяются на эмпирические и теоретические. Основные методы эмпирического уровня исследования: наблюдение, эксперимент, предметный анализ и синтез, пред-

метное сравнение, измерение и др. К теоретическим методам относятся все те способы нанопознавательной деятельности, которые характеризуются той или иной степенью опосредованности и обеспечивают создание, построение и разработку научной теории как логически организованного знания о нанореальности и отношениях ее составляющих в объективном и субъективном мирах. Важнейшими общими методами исследования нанореальности являются методы гипотезы (гипотетико-дедуктивный), анализа и синтеза, индукции и дедукции, моделирования, математические методы и др.

Элементы эмпирического нанознания: наноданные, нанофакты, полученные с помощью наблюдения и экспериментов, констатирующие качественные и количественные характеристики нанообъектов, наноартефактов и наноявлений. Устойчивая повторяемость и связи между эмпирическими характеристиками выражаются с помощью эмпирических законов, как правило, имеющих вероятностный характер. Теоретический уровень нанознания предполагает открытие законов для идеализированного описания и объяснения эмпирических ситуаций, т. е. познания сущности нанообъектов и процессов. Формирование теоретического нанознания приводит к качественному изменению эмпирического нанознания, а эмпирическое нанознание является основой для развития теоретического нанознания.

Существует точка зрения, что нет единой наноуниверсальной науки, а в структуре нанореальности существует система нанонаук, в которую входят: нанохимия, нанопизика, химическая нанотехнология и промышленность, наноплектроника, нанорадиотехника, нанобиология, нанометаллургия, наномеханика, наномашиностроение, нанопнергетика, наномедицина и др. Все нанонауки имеют важное значение для развития других компонентов нанореальности.

**3. Нанотехнология** – важный компонент современной нанореальности, определяемый как технологическая форма движения наноматерии, технологический нанопроцесс, определенная нанонаука, методология, применение любого научного знания для решения практических нанозадач. Каждая из концепций понимания нанотехнологий дает возможность рассмотреть их следующим образом:

- в контексте процессов целенаправленного изменения различных форм нановещества, энергии и информации;
- системе принципов, норм, требований, технологических методов, способов и приемов, разрабатываемых различными науками для создания и регулирования технологических процессов получения, трансформации, передачи и хранения предметов, энергии, информации, способов деятельности;

- контексте технических наук, изучающих проблемы превращения общественных и природных процессов в искусственные целесообразные формы;
- сфере применения любого научного нанознания для решения практических задач.

Кроме того, технологии могут пониматься как материальное воздействие на объект, вызывающее в нем качественные и количественные изменения формы, размеров, свойств и пространственно-временного положения.

Разностороннее понимание технологий находит свое отражение в таких видах деятельности, как социальная, естественная, экономическая, технологическая, техническая, научная, практическая. В широком смысле понятие «технология» определяется как деятельность, затрагивающая практически все сферы и пласты культуры и социальной жизни. Возможности и последствия технологии имеют отношение к преобразованию экономической, социальной, научной жизни, нравственным ценностям, эстетическим ориентациям, способствуют формированию нового миропонимания. Рассматривая нанотехнологии как специфическую форму деятельности, можно объяснить понятие «нанотехнологии» через концепцию деятельности и обосновать использование данной концепции в качестве объяснительного принципа анализа нанотехнологий.

Специфика нанотехнологий состоит в том, что они, во-первых, представляют собой совокупность методов и способов синтеза, сборки, структуро- и формообразования, нанесения, удаления и модифицирования материалов, включая систему знаний, навыков, умений.

«Нанотехнологии, – отмечает М. В. Ковальчук, – это технологии атомарного конструирования, это принципиальный вызов существующей узкоспециализированной системе организации научных исследований, и в то же время это философское понятие, возвращающее нас к целостному восприятию мира на новом уровне знания» [3, с. 31].

Медиатехнологии являются междисциплинарным направлением науки и техники, и в них самих формируются отчетливые черты дисциплинарности. Нанотехнологии – это технологии глобального действия, применимые во всех областях человеческой деятельности.

Существенные отличия нанотехнологий от технологий традиционных состоят в том, что инструменты для работы на наноуровне еще несовершенны – производить с атомарной точностью мы пока можем лишь некоторые из предметов. Отличие состоит и в том, что на наноуровне привычные физические законы проявляются иначе: становятся заметными квантовые эффекты и взаимодействия между молекулами, тогда как сила тяжести и трение

играют небольшую роль. Этим, в частности, обусловлены сложности проектирования и построения наноразмерных объектов.

На сегодняшний день в нанотехнологиях, по мнению Д. А. Медведева и А. А. Попова, можно выделить три направления: создание наноматериалов с помощью традиционных химических методов («наномасштабные технологии»); производство активных наноструктур с использованием белков, ДНК и других органических молекул; наномеханический подход, также называемый «молекулярным производством», в рамках которого создаются наноразмерные устройства, в том числе наномашин [4, с. 118].

По мнению В. Г. Горохова, нанотехнологии захватывают сегодня и сферу биологических организмов, и их подсистемы, а также область социальных процессов. Биологические и социальные системы, однако, нельзя проектировать в традиционном смысле этого слова, поэтому необходимо переосмыслить само понятие «проектирование» [5, с. 47].

Сто лет назад главная цель науки заключалась в стремлении понять, проанализировать, каким образом устроен окружающий мир. Постепенно человечество двигалось по пути анализа в области микромира. Физика элементарных частиц, физика ускорителей, ядерная физика определили лицо цивилизации XX в. В середине прошлого столетия, когда появилась возможность манипулировать атомами, молекулами, ученые начали конструировать из них новые вещества. Так были созданы искусственные материалы со свойствами, не существующими у природных веществ. Больших успехов достигло и органическое материаловедение, были созданы биоорганические объекты.

Таким образом, в середине XX в. наряду с основным путем развития науки (анализом) начало формироваться новое направление – линия синтеза, когда человечество руками и разумом ученых стало синтезировать искусственные материалы. В настоящее время мы имеем возможность соединить технологии, созданные человечеством на основе неорганических материалов, с современным пониманием и знанием биологической природы, биологических объектов, и на этой базе создавать качественно новые материалы, приборы.

Технологии всегда развивались взаимосвязано, и, как правило, прорывы в одной области коррелировали с достижениями в других областях. При этом развитие технологий в течение длительных периодов обычно определялось каким-либо одним ключевым изобретением в одной области. Так, можно выделить создание металлургии, использование силы пара, открытие электричества и т. п.

Сегодня же, благодаря ускорению научно-технического прогресса мы наблюдаем пересечение во времени целого ряда технологических революций.

В частности можно выделить идущую с 80-х гг. XX в. революцию в области информационно-коммуникационных технологий, последовавший за ней биотехнологический прорыв, недавно начавшийся прогресс в области нанотехнологий. В последнее столетие бурно развивается когнитивная наука. Взаимовлияние нанотехнологической, биотехнологической, информационной и когнитивной наук получило название NBIC-конвергентных технологий (от англ. Nanotechnologies, Biotechnologies, Information technologies, Cognitive technologies – нано-, био-, информационные и когнитивные технологии), или пакета технологий («технологический пакет»). Понятие «пакет нанотехнологий» включает в себя набор технологий и научно-технологических решений, составляющих объект, ведущий себя как независимая техническая наносистема. Пакет нанотехнологий развивается самостоятельно, его внутренние связи и взаимозависимости прочнее, чем внешние.

Формально нанотехнологическим пакетом является генетически и функционально связанная совокупность технологий, обладающая системными свойствами. Пакет нанотехнологий с необходимостью включает в себя как естественные, так и социально-гуманитарные технологии, т. е. он вертикально интегрирован в нанотехнологическом пространстве.

Принимая во внимание отмеченные взаимосвязи, а также в целом междисциплинарный характер современной науки, можно говорить об ожидаемом в перспективе слиянии NBIC-областей в единую научно-техническую область знания. Эта область будет включать в предмет своего изучения и действия все уровни организации материи. Технологические возможности NBIC-конвергенции неизбежно приведут к серьезным культурным, социальным и философским трансформациям, к дальнейшей эволюции цивилизации и человека.

**4. Наноматериалы** – по мнению исследователей, еще один структурный элемент нанонаук. «Наноматериалы – вещества и композиции веществ, представляющие собой искусственную или естественную упорядоченную или неупорядоченную систему базовых элементов с нанометрическими характеристическими размерами и особым проявлением физического и (или) химического взаимодействия при кооперации наноразмерных элементов, обеспечивающей возникновение у материалов и систем совокупности ранее неизвестных механических, химических, электрофизических, оптических, теплофизических и других свойств, определяемых проявлением наномасштабных факторов» [1, с. 7].

Многочисленные и разнообразные наноматериалы объединяют в четыре отдельные группы: функциональные наноматериалы с особыми физи-

ческими свойствами; конструкционные наноматериалы; углеродные наноматериалы и композиционные наноматериалы. Каждая из групп состоит из отдельных наноматериалов. Так, функциональные наноматериалы включают в себя:

- полупроводниковые, сверхпроводящие и люминисцентные вещества с наноструктурой; магнитные вещества;
- ферро- и антиферромагнетики, интеллектуальные, чувствительные к изменению температуры, влажности, кислотности или другим параметрам окружающей среды, обладающие памятью формы и способностью к самовосстановлению;
- материалы с отрицательным показателем преломления, на основе которых когда-нибудь будет создан плащ-невидимка;
- катализаторы, без которых немыслима химическая и нефтехимическая промышленность;
- сомберты, мембраны, фильтры, позволяющие очищать все и вся;
- поверхностно-активные вещества (ПАВ); биосовместимые материалы;
- наночернила и нанокраски;
- разнообразные нанопокрывтия и т. п.

Группу функциональных наноматериалов дополняют конструкционные наноматериалы – разнообразные металлы, сплавы с внутренней наноструктурой и сверхлегкие, термические, химические и радиационностойкие, необходимые для аэрокосмической и атомной промышленности.

Особое внимание нанонауки уделяют углеродным материалам, к которым относятся разнообразные фуллерены, углеродные нанотрубки, графит и его производные, углеродные волокна, наноалмазы и алмазные пленки.

Наконец, имеются нанокompозитные материалы, разнообразные керамики, проводящие композиты, наноклеи, нанонапылители, смазки, армированные пластики и т. п.

**5. Нанодетальность** – специфическая область человеческой деятельности, не сводимая к процессуированию. Во-первых, она включает в себя субъекта деятельности, которым является исследователь, ученый, экспериментатор, т. е. человек, обладающий потребностью и способностью к научной и практической нанодетальности.

Субъект нанодетальности составляет интеллектуальный базис любой наносистемы и, по мнению некоторых исследователей, представляет собой «человеческий капитал», который является носителем системы знаний и умений. В настоящее время 27 вузов России готовят кадры по направлению «нанотехнология». Выпуск специалистов в области нанотехнологии, начиная с 2009 г., составляет 300–350 человек ежегодно. Кроме того, в классических университетах России реализуются основ-

ные образовательные программы по направлениям подготовки и специальностям «физика», «механика», «химия», «биология», «геология», в рамках которых открыты специализации, а также специализированные магистерские программы, ориентированные на подготовку кадров по nanoиндустрии. Ведется переподготовка и повышение квалификации кадров для nanoиндустрии. Существуют и другие направления подготовки кадров для области нанореальности [6, с. 60–65].

Во-вторых, нанодетальность субъекта ориентирована на определенный nanoобъект (естественная и искусственная реальность), границы которого постоянно расширяются.

В-третьих, нанодетальность осуществляется при помощи различных nanoинформационных технических средств. Нанотехника (машины, механизмы, приборы, устройства, материалы, созданные с использованием новых свойств и функциональных возможностей систем при переходе к наномасштабам) обладает ранее недостижимыми масштабами и энергетическими показателями, технико-экономическими параметрами и функциональными возможностями.

В-четвертых, совокупность различных процедур, операций, действий, функций, которые в совокупности характеризуют процесс нанодетальности (наблюдение, эксперимент и все другие функции субъекта нанодетальности). Все эти компоненты часто называют наносистемотехникой, представляющей совокупность методов моделирования, проектирования, конструирования nanoобъектов (nanoизделий).

В-пятых, нанодетальность объективно нуждается в компенсации ограниченности ее основных компонентов (субъект, объект, средства, процесс), что определяет необходимость включения в ее систему условий. Условия – это компоненты других видов деятельности, введенные с компенсаторной функцией в нанодетальность (экономические, финансовые, кадровые, технические, управленческие и иные ресурсы).

В-шестых, нанодетальность ориентирована на получение определенного, запрограммированного субъектом результата. Результат – это не только реализованная цель (продукт, nanoобъект, процесс), но и побочные, дополнительные, неожиданные, часто отрицательные следствия (отходы).

В-седьмых, нанодетальность не хаотическое процессуирование названных компонентов. Она нуждается в их организации, структурировании, что и создает систему нанодетальности как структурированного состава. Нанореальность представляет собой сложную структурированную систему различных уровней, материальных объектов «в виде упорядоченных или самоупорядоченных, связанных между собой элементов с нанометрическими

характеристическими размерами, кооперация которых обеспечивает возникновение у объекта новых свойств, проявляющихся в виде квантово-размерных, синергетически-кооперативных, «гигантских» эффектов и других процессов, связанных с проявлением наномасштабных факторов» [1, с. 6].

В-восьмых, система нанодейтельности функционирует не в вакууме, а в природной и социальной среде, где существуют другие системы деятельности (экономическая, образовательная, управленческая, биологическая, информационная, медицинская и пр.), которые образуют как потенциальную, так и активную сферу нанодейтельности).

**6. Применение научных знаний и методов** в нанопрактике – главная отличительная черта нанодейтельности, свидетельствующая о ее постоянной ориентации на науку. Для современной нанодейтельности характерна глубокая дифференциация по различным отраслям нанознания, послужившая причиной ее разделения на целый ряд взаимосвязанных видов деятельности: исследование, конструирование, проектирование, инженерная деятельность, изобретательство, эксплуатация и оценка функционирования наносистем.

**7. Нано-, био-, инфо-, когноэволюции и революции** – важные компоненты нанореальности, характеризующие в целом развитие нанореальности (как системы) и каждого ее составляющего. Наноэволюция есть концепция, представление об общих законах развития наномира (нанотехники, нанотехнологий, наноматериалов, продукции, отходов и т. д.) и о принципах создания наноизделий (нанообъектов) и их систем. Направляющим наноэволюцию элементарным фактором служит информационный отбор, действие которого векторизовано. Системная теория наноэволюции пока отсутствует. Техноэволюция совершается путем проб и оши-

бок, сокращение которых обеспечивается применением логики и познанием законов природы. Наноэволюция идет по пути специализации и является непрограммированным развитием.

Развитие нанореальности осуществляется не только эволюционно, но и революционно, посредством коренных качественных изменений в сущности этого феномена. В истории нанореальности имеют место различные революции. Во-первых, в отдельных ее компонентах и элементах, например, нанонауке и нанотехнологиях. Во-вторых, глобальные, охватывающие нанореальность в целом.

**8. Нанокультура** – компонент нанореальности, который складывается из целой системы элементов, включающей: знания-регуляторы (с их помощью субъект осуществляет нанодейтельность), знаковый материал, вербальный язык, культуру производства, культуру труда, информационно-семиотическую деятельность и др.

### Литература

1. Нанотехнология: физика, процессы, диагностика, приборы / под ред. В. В. Лучинина, Ю. М. Таирова. – М.: Физматлит, 2006. – 551 с.
2. Эрлих Г. Нанонауки: итоги пятилетки // Химия и жизнь. – 2012. – № 3. – С. 3–8.
3. Ковальчук М. В. Нанотехнология и научный прогресс // Философия науки. – 2008. – № 1. – С. 28–33.
4. Медведев Д. А., Попов А. А. Молекулярные машины Э. Дрекслера // Философские науки. – 2008. – № 1. – С. 117–125.
5. Горохов В. Г. Проблема технауки – связь науки и современных технологий (методологические проблемы нанотехнологий) // Философские науки. – 2008. – № 1. – С. 33–57.
6. Лучинин В. В. Наноиндустрия – инвестиции в человеческий капитал // Инновации. – 2008. – № 6. – С. 60–65.

Материал поступил в редакцию 06.10.2013 г.

Сведения об авторе: *Котенко Виталий Павлович – доктор философских наук, профессор кафедры философии, заслуженный деятель науки РФ, тел.: (812) 346-47-83, e-mail: filgfv@yandex.ru*