

ФИЛОСОФСКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВАНИЯ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

У статті розкриваються поняття і сутність авангардних технологій, авангардний зміст нанотехнологій та їх місце в філософсько-методологічному просторі. Особливу увагу присвячено ризикам, існуючим регулятивним настановам і зусиллям науковців і суспільства в відповідальному освоєнні авангардного потенціалу нанотехнологій.

Ключові слова: авангардні технології, нанотехнології, проривні та провідні технології, філософсько-методологічний аналіз, механізм ланцюгового оновлення науково-технічного знання, технологічна ініціація методологічного оновлення.

Введение. Научное сообщество отмечает и усматривает значительные перспективы технологического переоснащения социально-экономического развития цивилизации в XXI веке, основанного на освоении авангардного потенциала нанотехнологий. Уже в 1959 г. Нобелевский Лауреат по физике 1965г. Ричард Ф. Фейнман обратил внимание на авангардный потенциал нанотехнологий в лекции «Внизу полным полно места: приглашение в новый мир физики». Фейнман обратил внимание научного и инженерного сообщества на научно-технический и экономический потенциал оперирования материей на уровне атомов и молекул.

Современный цивилизационный выбор техногенного общества характеризуется преобладанием преобразовательной и созидательной, ориентированной на всеобщее благополучие творчески мотивированной деятельности. Динамика, успешность и стабильность современного информационного общества во многом зависят от способности систематически обеспечивать научные и технологические прорывы и лидерование, то есть достигать авангардности, по крайней мере, в некоторых областях науки, техники и культуры. Материальные, экзистенциальные, социальные и геополитические противоречия требуют мобилизации обществ, желающих преуспеть и обеспечить свою внешнюю и внутреннюю безопасность. Таким образом, цивилизационное позиционирование народов напрямую зависит от авангардной (прорывной и лидирующей) эффективности образуемых ими сообществ.

1. Понятие и сущность авангардных технологий

Для нашего исследования ключевыми основаниями, которые характеризуют нанотехнологию, являются её авангардность, т.е. прорывные и лидирующие свойства технологии. Исходя из ключевой роли в социальном и научно-техническом развитии прорывных технологий¹ и их лидирующего

¹ Breakthrough technologies – англ. - прорывные технологии.

влияния, а также основываясь и на семантике слова «avant-garde»², мы объединяем прорывные и лидирующие качества технологий категорией «авангардность». Во избежание терминологического отождествления категорий, а также для выделения прорывного и лидирующего аспектов научно-технической деятельности мы рассматриваем категорию «авангардные технологии» как отличную от понятий «высокие» и «наукоёмкие» технологии.

Следует особо подчеркнуть, что современные технологии могут содержать как все три качества, так и характеризоваться их подмножеством. Авангардность, следовательно – это соединение качества прорыва и лидирования. Причём, прорывное качество, «a breakthrough in the technique for exploring»³ (см.: «Нобелевские премии» [11]) является необходимым условием для определения технологии как авангардной. Высокие (high-tech)⁴ технологии – это качество технологической сложности. Понятие «наукоёмкие технологии» – фиксирует качество эпистемологического содержания техники. Сведение этих трёх категорий в одну, или понимание их как взаимозаменяемых, лишает технику как объект философского анализа всех его качественных измерений: эпистемологического (наукоёмкость), технологического (сложность – высокие, high-tech) и совокупного прорывного и лидирующего (breakthrough and leading, silver bullet – англ.). Именно в такой трёхмерности философского анализа науки и техники обнаруживается методологическое значение различия и дифференциации категорий «наукоёмкие», «высокие» и «авангардные» технологии.

Научно-технический творческий процесс обновления методологии научного познания эффективно можно представить как процесс осуществления технологического прорыва и методологического лидирования. На основании проведенной дифференциации категорий «авангардные», «высокие» и «наукоёмкие» технологии, и исходя из определения ключевых характеристик обновления как «прорыв» и «лидирование», научно-технический процесс обновления науки и техники определяется как процесс авангардности. Его суть заключается в выработке нового научного и технического знания, как основания прорывного и лидирующего цивилизационного потенциала общества. Выработка и освоение нового научного и технического знания в современном обществе представляет собой комплексный и взаимозависимый синергетический процесс, обусловленный эпистемологической эффективностью научных исследований и действенностью технологических разработок. Научные исследования – эпистемологическое основание техники. В свою очередь, технические исследования создают новые системы, овецивающие авангардный эпистемологический потенциал человека и общества в недоступных прежде функциях и технологических возможностях. В

² «avant-garde», фр., - передовой, идти впереди; англ. – прогрессивный, лидирующий, на рубеже.

³ a breakthrough in the technique for exploring – англ. - прорыв в технологии исследования.

⁴ High-tech – англ. – высокие технологии.

результате, – общество получает и реализует авангардный цивилизационный потенциал.

Международная научная и техническая кооперация обрела качественно новые возможности, по своей сути, методологически авангардные. Осуществлённый в последнее десятилетие прорыв в информационных технологиях обеспечил систематическую связь ученых, инженеров, обществ и правительств в комплекс непрерывной выработки оптимальных решений по всему спектру научно-технических и социальных задач. Мощь такой информационной интеграции несет прорывной и лидирующий потенциал, составляя авангардную методологию в научно-техническом и социальном творческом процессе. Мы считаем, что сложилась авангардная ситуация в научно-техническом творческом процессе.

Динамика, успешность и стабильность современного общества зависят от способности систематически обеспечивать условия для научных и технологических прорывов. Можно считать, что универсальная характеристика авангардного техногенного общества заключается в том, что созидательная, творческая и ориентированная на благополучие мировоззренческая направленность, структурно и законодательно овециствлённая социально, обеспечивает синергетическую плодотворность авангардно интегрированных в общество индивидов. Таким образом, авангардный потенциал синергетики взаимодействия общества и индивида составляет социальный, экзистенциальный, эпистемологический и технический творческий потенциал техногенной цивилизации. Более того, общество, стремящееся к авангардности в науке, технике и культуре должно систематически и в каждом поколении обеспечивать свое цивилизационное самовоспроизводство, используя авангардные технологии.

Важной составляющей механизма авангардности является создание социальной, экономической и нравственной атмосферы, мотивирующей эффективное социально востребованное научное и техническое творчество. Образование – фундамент, обеспечивающий профессиональность, системность и преемственность развития общества. Вертикальная мобильность⁵ становится необходимым условием для социальной интеграции и информационной абсорбции генерирующих авангардное знание индивидов. Финансовая политика критическим образом влияет на эффективность механизмов авангардности, способствуя реализации или разрушая научно-технические и общественные проекты. Кроме того, ключевую роль в действенности механизмов авангардности имеет обеспечение и защита авторских прав творцов знаний внутри страны и в глобализированном мире. И наконец, способность страны обеспечивать физическую, нравственную, социальную и финансовую безопасность членов общества определяет сохранение профессиональных ресурсов, и, в конечном счёте, их приток или отток. А человеческий капитал, как известно, является

⁵ Англ. - vertical mobility.

первоисточником и основанием общественного и научно-технического развития.

Таким образом, техногенное общество обретает качество авангардности в результате проведения специфической социальной, экономической, нравственно-этической, образовательной и юридической политики. Анализ успешных на протяжении истории техногенных обществ требует признания и того факта, что универсальной характеристикой авангардного техногенного общества является систематическое обеспечение принципов и политики социальной сплоченности⁶ и обучающей экономики⁷. Общим для всех лидирующих стран и сообществ является их авангардное цивилизационное позиционирование. Ориентация на научно-техническое развитие и опережение, на лидирование в глобальном соревновании составляет вектор мировоззренческой направленности лидирующих техногенных сообществ. И для обеспечения непрерывности развития и лидирования техногенные сообщества систематически вырабатывают и поддерживают механизмы авангардности научно-технической и общественной деятельности. Для иллюстрации масштаба, универсальности и стратегической системности усилий наиболее передовых техногенных сообществ обеспечивать собственную научно-техническую авангардность приводим некоторые документы, определяющие научно-техническое развитие Европейского Союза [5].

2. Авангардный потенциал нанотехнологий

Авангардный цивилизационный потенциал нанотехнологий определяется как преимуществами миниатюризации (снижения размеров, материалоемкости и энергоёмкости), так и качественным изменением свойств материалов при переходе к структурам в наномасштабе. Качественное изменение свойств материалов, определяемое квантовыми эффектами и действием сил Ван-дер-Ваальса, позволяет создавать технические изделия с новыми функциями, не доступными без перехода к нано масштабу.

Термин «нанотехнология» был предложен профессором Токийского университета Норио Танигучи в 1974 году. Дальнейшая популяризация термина «нанотехнология» связано с работами Эрика К. Декслера. Уже Фарадей, занимаясь научными исследованиями свойств коллоидных растворов высокодисперсного золота, описал эффект изменения цвета такого раствора в зависимости от размера частиц золота. Нанообъектами являются некоторые биологические объекты, например ДНК. Физик Р. Фейман сформулировал научно-техническую задачу освоения нанометрических свойств материи в лекции «Там внизу много места» в 1959 году. Нанотехнологии имеют потенциал прорыва и лидирования, в процессе

⁶ англ. - social cohesion.

⁷ англ. – learning economy.

качественного скачка в технике, науке и обществе, что определяет авангардный потенциал нанотехнологии цивилизационного значения.

Разделы науки и техники, исследующие физические законы и конструирующие объекты порядка 100 нанометров, называются нанонаукой и нанотехнологией. Современное научно-техническое сообщество, согласно докладу фирмы БАСФ, «под нанотехнологиями понимает технологии, оперирующие атомами и молекулами для преобразования материальных структур и систем в масштабе менее 100 нанометров, что обеспечивает качественно новые свойства, определяемые вступлением в силу эффектов квантовой механики и сил поверхностного взаимодействия (силы Ван-дер-Ваальса)» [3, 209]. Название этих сил дано по имени Нобелевского лауреата 1910 г. по физике, их первооткрывателя, голландского физика Яна Дидерика Ван-дер-Ваальса (1837–1923).

В изучении нанотехнологий важно оценить относительные размеры наномасштабных объектов. Так, средний размер атома 0.1 нанометра (от 0,05 до 0,52 нм.), диаметр молекулы ДНК примерно 2 нанометра. Бактерия имеет размер 2 микрометра, т.е. 2000 нанометров, а вирусы и фаги несколько меньше бактерий. Эритроциты крови имеют размер примерно 6 микрометров, т.е. 6000 нанометров; клетка кожи примерно 30 микрометров, т.е. 30 000 нанометров; диаметр волоса от 50 до 100 микрометров. Для сравнения, длина волны видимого человеком света составляет 400 – 700 нм. Границей изменения свойств материалов является размер порядка 100 нм.

Динамика успехов нанонауки и нанотехнологии во многом определяется, и, вместе с тем, ограничивается научно-техническими возможностями наблюдения за нанообъектами, и возможностями оперирования ими. Оптический микроскоп позволяет различать объекты размером не менее 200 нанометров, и дальнейшее улучшение разрешающей способности оптического микроскопа ограничено эффектом дифракции. Созданный в 30-е годы XX века электронный микроскоп заменил фотоны света электронами, которые имеют длину волны в 1000 раз меньше света, что позволяет различать объекты размером 0.1 нанометра. Именно с созданием электронного микроскопа наука впервые увидела атомы, атомарные кристаллические решетки, а также вирусы, элементы клетки, ДНК и её структуру. Развитие электронной микроскопии привело к созданию новых типов микроскопов: сканирующих зондовых, рентгеновских и лазерных. Разрешающая способность конфокального микроскопа 3-10 нм, комбинированного «конфокально – интерферометрического» 0,1 нм, микроскопа оптической количественной технологии визуализации «Сарфус–Sarfus» 0,3 нм [9].

Авангардный потенциал нанонауки и нанотехнологии определил экспоненциальный рост научных публикаций в области их разработки и использования. С середины 90-х годов XX века количество научных и инженерных публикаций по нанотематике возросло более чем в «десять раз, и превысило 35 000 публикаций в год» [6]. В 2000 году публикации по

нанотематике опередили публикации по микроэлектронике, и в 2011 году вдвое превысили их. Публикации по нанотематике сконцентрированы в США, Китае, Японии, Германии, Франции, Южной Корее, Великобритании, Италии, России и Индии [1].

Инвестиции в нанотехнологии осуществляются государствами, промышленными концернами, академическим сообществом и частными организациями. Целевые государственные программы созданы в США, например, «Национальная Нанотехнологическая Инициатива» (NNI), в Европейском Союзе «Нанонауки и нанотехнологии: план действий для Европы 2005-2009» [10], в Японии «Прогноз размера Японского рынка нанотехнологических продуктов», в России «Программы развития nanoиндустрии в Российской Федерации до 2015 года», и в других странах, например «Как нанотехнологии изменят мир? Международная Иберийская нанотехнологическая лаборатория» [8]. Частный бизнес также осуществляет значительное инвестирование в нанонауку и нанотехнологии. Например, корпорация IBM проводит научно-исследовательские работы по нанотехнологии с 60-х годов XX века, создав «SC квантовые структуры», «двумерный электронный газ», сканирующий туннельный микроскоп, сканирующий атомно-силовой микроскоп, «GMR-сенсор», технологии перемещения и позиционирования индивидуальных атомов, AFC-носитель информации, технологии квантовых вычислений и квантовых миражей и кораллов [9].

Нанотехнологии определили возникновение ряда новых дисциплин нанонауки: наноэлектроника, наномедицина, наноматериаловедение и наномеханика. В электронике переход к нанотехнологиям позволил фирме Intel освоить производство «гафний - High-K-metal-gate» и 3-D транзисторов по 22-нанометрическому процессу в 2012 г [12]. В материаловедении нанотехнологии предлагают «наночастицы, нанотрубки, нановолокна, нанодисперсии (коллоиды), нанокристаллы, нанокластеры, наноструктурные пленки и покрытия» [2, 2; 3]. Промышленность уже производит наноматериалы: наноплёнки, наночастицы, графены, фуллерены и нанотрубки [3, 7]. Открытые в 1985 году лауреатами Нобелевской премии 1996 г. Робертом Керлом, Харолдом Крото и Ричардом Смоли фуллерены имеют ряд полезных механических, оптических, электрических и химических свойств, которые позволяют применять их в электронике, биотехнологиях, медицине, энергетике [3], транспорте, обороне, и имеют важное социальное измерение [10]. Авангардный потенциал нанотехнологий особо значителен в биотехнологиях: геновая инженерия, наномедицина, нанофармацевтика, биология клетки, бактерий и вирусов. В сельском хозяйстве активно производятся и продвигаются продукты и методы, созданные с привлечением нанотехнологий. Авангардный потенциал нанотехнологий в медицине определяет развитие методов персонализированной медицины и фармакогенетики, чему особое внимание уделено в директивах Еврокомиссии ЕС [5, 66]. Можно заключить, что

биотехнология, сельское хозяйство, генная инженерия, медицина и фармацевтика создают качественно новые возможности для освоения нанотехнологий. В области энергетики активно внедряются нанотехнологии: «интеграция нанотехнологий в энергетике позволяет создавать качественно более эффективные и прорывные преобразователи энергии» [3, 9].

Вместе с тем, нанотехнологии создают определённые риски, в частности, опасность загрязнения наночастицами окружающей среды. Использование невидимых глазу нанообъектов делает человека уязвимым перед неоправданной абсолютизацией возможностей нанотехнологий. Также, неопределённые границы их применения для целенаправленной деятельности разрушительного, агрессивного и поработщающего характера, например военные наноботы (роботы, построенные с использованием нанотехнологий). Следует подчеркнуть отличие искусственных нанообъектов от природных – они, как правило, не обладают способностью экологически чистого саморазрушения [4]. Примером осознанного подхода со стороны промышленности может служить активная позиция фирмы БАСФ, изложенная в материале «В диалоге с политикой» [3]. Законодательное регулирование нанотехнологий уже внедрено в ряде регионов мира, например, в Евросоюзе, где последовательно выполняется план: «Нанонауки и нанотехнологии: план действий для Европы 2005 – 2009» [10]. Научное сообщество активно выявляет потенциальные риски и возможные сценарии применения нанотехнологий, информируя общество о необходимости мер для самозащиты. Общество должно продвигать ответственный подход к нанотехнологии, инвестируя в авангардный потенциал нанотехнологий и в мероприятия предотвращения и минимизации рисков негативного воздействия или злоупотребления нанотехнологиями.

Выводы. Таким образом, обосновано введение категории «авангардные технологии» в философско-методологический аппарат современной науки. Показаны существенные особенности авангардных технологий в сравнении с высокими и наукоёмкими; что нанотехнологии обладают всеми качествами, позволяющими отнести их к группе авангардных технологий; и, наконец, проанализированы в общем виде достоинства и риски применения и дальнейшего развития нанотехнологий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андриевский Р. А. Информационное обеспечение исследований и разработок в области нанотехнологии и наноматериалов // Институт проблем химической физики РАН / Р. А. Андриевский. – М., 2010.

2. Примерные виды деятельности в различных областях развития nanoиндустрии. Программа развития nanoиндустрии в Российской Федерации до 2015 года (15.02.2012). – [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<http://portalnano.ru/read/programs/information>.

3. BASF Report 2009. BASF Corporate Website. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
http://www.basf.com/group/corporate/en/function/conversions:/publish/content/about-basf/facts-reports/reports/2009/BASF_Report_2009.pdf
4. Bensaude-Vincent, Bernadette. Two Cultures of Nanotechnology? / Bernadette Bensaude-Vincent // Hyle: An International Journal for the Philosophy of Chemistry. – 2004. – № 10.2. – P. 65–82.
5. Commission Staff Working Document. Document accompanying the Commission from the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee of the Regions on the mid term review of the Strategy on Life Sciences and Biotechnology. {COM(2007) 175 final}. Brussels, 10.4.2007 (18.02.2012). [Электронный ресурс] – Режим доступа:
http://ec.europa.eu/biotechnology/reports_en.htm.
6. Eaglesham D. The NANO Age? / D. Eaglesham. – MRS Bull, 2005 / 30, №4. – P. 260.
7. Geim A. K. The rise of grapheme / A. K. Geim, K. S. Novoselov // Nature Materials. – 2007. – № 6 (3). –P. 183–191.
8. How Nanotechnology will change the world? International Iberian Nanotechnology Laboratory. (18.02.2012) [Электронный ресурс] – Режим доступа:
<http://www.iinlrecruitment.com/nanotechnology-change-world.php>.
9. IBM's Timeline of Nanotechnology and Nanoscience Announcements. IBM. 2002 (18.02.2012). [Электронный ресурс] – Режим доступа:
<http://domino.watson.ibm.com/comm/research.nsf/pages/r.nanotech.timeline.html>.
10. Nanosciences and Nanotechnologies: An action plan for Europe 2005-2009. Second Implementation Report 2007-2009 {SEC(2009)1468}. 2009 (19.02.2012). [Электронный ресурс] – Режим доступа:
http://ec.europa.eu/nanotechnology/index_en.html.
11. Nobel prizes. CERN (20.02.2012). [Электронный ресурс] – Режим доступа:
<http://public.web.cern.ch/public/en/About/Nobels-en.html>.
12. Silicon R&D Pipeline (22.02.2012). [Электронный ресурс] – Режим доступа:
<http://www.intel.com/technology/silicon/research.htm>.

РЕЗЮМЕ

В. Л. Кулиниченко, Б. И. Остапенко. Философско-методологические основания нанотехнологий.

В статье раскрывается понятие и сущность авангардных технологий, авангардное содержание нанотехнологий и их место в философско-методологическом пространстве. Особое внимание уделено рискам, регулирующим практикам и усилиям учёных и общества в ответственном освоении авангардного потенциала нанотехнологий.

Ключевые слова: авангардные технологии, нанотехнологии, прорывные технологии, лидирующие технологии, высокие технологии, наукоёмкие технологии, наноботы, авангардность, философско-методологический анализ.

SUMMARY

V.L. Kulinichenko, B.I. Ostapenko. Philosophical-methodological Foundations of Nanotechnologies.

The paper evaluates the notion and essence of vanguard technologies, the vanguard matter of nanotechnologies, and their place in the philosophical-methodological space. A special attention provided to the analyses of risks, regulatory practises, and the efforts of scientists and society in the responsible mastering of the vanguard potential of the nanotechnologies.

Key words: *vanguard technologies, nanotechnologies, breakthrough technologies, leading technologies, high technologies, knowledge based technologies, nanobots, vanguard ability, philosophical-methodological analysis.*