

# ПРОФЕССИОНАЛЬНО ОРИЕНТИРОВАННОЕ КАДРОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАНОИНДУСТРИИ

**П**резидентской инициативой от 24 апреля 2007 года "Стратегия развития наноиндустрии" (Пр. № 688) определено создание в ближайшие 10–15 лет в стране надотраслевой научно-образовательной и производственной среды с целью построения нового технологического базиса экономики страны. Для достижения этой цели в качестве конкретной задачи определено формирование системы подготовки и переподготовки кадров, способных проводить на высоком уровне исследования и разработки в области наноиндустрии. В частности, в рамках ФЦП "Развитие инфраструктуры наноиндустрии в Российской Федерации" (Постановление Правительства Российской Федерации от 2 августа 2007 г. № 498) создается национальная нанотехнологическая сеть, включающая отобранные на конкурсной основе 32 федеральных государственных учреждения высшего профессионального образования.

Основные функции вузов, ведущих научно-образовательную деятельность в сфере наноиндустрии:

- интеграция научной и образовательной деятельности на всех уровнях высшего и послевузовского профессионального образования с целью выполнения исследований и разработок мирового уровня;
- обеспечение взаимодействия с академическими и отраслевыми секторами науки, включая привлечение ученых и специалистов к образовательной деятельности.

**Фактически поставлена цель – создать программы обучения и популяризации знаний для наноиндустрии с целью формирования единой технологической культуры нового поколения.**

## ОРГАНИЗАЦИЯ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ ДЛЯ НАНОИНДУСТРИИ

Уже 4 июня 2003 года за № 2398 Минобразования России издан приказ "Об эксперименте по созданию нового направления подготовки дипломированных специалистов "Нанотехно-

логия" и специальностей "Нанотехнология в электронике" и "Наноматериалы". Учебно-методический Совет (УМС) по данному направлению возглавил акад. Ж.Алферов.

Этим Советом с активным участием СПбГЭТУ, МГИЭТ, МИСИС, МГАТХТ были подготовлены Федеральные государственные образовательные стандарты и примерные учебные планы подготовки по специальностям "Нанотехнологии в электронике" и "Наноматериалы", утвержденные Минобразования России [1].

В апреле 2004 года по представлению действующего на базе С.-Петербургского государственного электротехнического университета "ЛЭТИ" УМО по образованию в области радиотехники, электроники, биомедицинской техники и автоматизации Минобразования России приняло решение о двухуровневой подготовке кадров (бакалавры и магистры) по направлению "Нанотехнология".

Были подготовлены и утверждены Федеральные государственные образовательные стандарты и примерные учебные планы.

Многоуровневая система подготовки позволяет более целенаправленно ориентировать образовательный процесс в рамках специальных дисциплин с учетом отраженного в магистерских программах проблемного поля направления подготовки.

УМО провело экспертизу и выдало положительное заключение о реализации образовательных программ подготовки специалистов и бакалавров по направлению "Нанотехнологии" более чем 50 вузам, среди которых более половины реализуют двухуровневую систему подготовки специалистов (бакалавр, магистр).

Одновременно в "классических" университетах России в рамках образовательных программ по направлениям "Физика", "Механика", "Химия", "Биология", "Геология" открыты специализации и магистерские программы, ориентированные на подготовку кадров для наноиндустрии.

Выпуск специалистов в этой области, начиная с 2009 года ежегодно может достигать 400 человек, а общее количество выпускников вузов, ориентированных на научно-образовательную, производственную деятельность и оказание услуг в сфере наноиндустрии, составит около тысячи человек.

В 2007–2008 годах в рамках ФЦП по развитию образования на 2006–2010 годы. Минобрнауки России на конкурсной основе закуплены федеральные образовательные стандарты 3-го поколения. Их особенность – определение результатов обучения в виде усвоенных знаний, умений, навыков и **освоенных компетенций – способности применять знания, умения и личностные качества для успешной деятельности в определенной профессиональной области.**

В стандартах 3-го поколения в качестве направлений, ориентированных на подготовку кадров для наноиндустрии выделены:

- **"Электроника и наноэлектроника",**
  - **"Нанотехнологии и микросистемная техника",**
- а в стандарте "Материаловедение и технология материалов" предусмотрен профиль подготовки **"Материаловедение и технологии наноматериалов и наносистем".**

Разработка стандартов проведена при непосредственном участии УМС по направлению "Нанотехнология". Многие вузы в 2006–2008 годах при выполнении инновационных образовательных проектов в качестве основных программ выбрали различные направления в области нанотехнологии, укрепив материально-техническую и учебно-методическую базу этого направления. В СПбГЭТУ "ЛЭТИ", например, созданы учебно-научные лаборатории: "Наноматериалы", "Нанотехнология", "Нанодиагностика", "Наноэлектроника", "Фотоника", "Микро- и наносистемная техника", "САПР микро- и наносистем"; разработан внутривузовский образовательный стандарт и учебно-методическое обеспечение по магистерской программе

"Физика и технологияnano- и микросистем" с профилями "Нанотехнология и диагностика", "Наноэлектроника и фотоника", "Нано- и микросистемная техника", где прошли **апробацию кредитно-модульные и компетентностные подходы** к формированию программ и учебных планов подготовки магистров.

В 2008–2009 годах в рамках ФЦП "Развитие инфраструктуры наноиндустрии в Российской Федерации на 2008–2010 гг." Федеральное агентство по образованию финансирует разработку вузов учебно-методического обеспечения для подготовки кадров по следующим направлениям "Национальной нанотехнологической сети":

- Наноэлектроника (МИЭТ).
- Наноинженерия (МГТУ).
- Функциональные наноматериалы для космической техники (МАИ).
- Функциональные наноматериалы для энергетики (МИФИ);
- Нанобиотехнологии (МГУ).
- Конструкционные наноматериалы (МИСиС).
- Композитные наноматериалы (СПбГУ).
- Нанотехнологии для систем безопасности (СПбГЭТУ).
- Функциональные наноматериалы и высокочистые вещества (РХТУ).

**Учебно-методические материалы по профилям подготовки, помимо стандартного набора, включают перечень профессиональных компетенций и фонды оценочных средств**, позволяющие оценить уровень приобретенных компетенций и методическое обеспечение повышения квалификации и переподготовки профессорско-преподавательского состава.

**В связи с динамичным развитием наноиндустрии в ведущих индустриальных странах проблема повышения квалификации и переподготовки кадров становится ключевой.**

В России в рамках ведомственной программы "Развитие научного потенциала высшей школы" в 2005 году при участии СПбГЭТУ разработано научно-методическое обеспечение для повышения квалификации преподавательских кадров по приоритетному направлению развития науки, технологии и техники РФ "Индустрия наносистем и материалов", и в 2005–2007 годах с участием преподавателей вузов России, ориентированных на подготовку кадров для наноиндустрии, проведена его апробация.

В рамках ФЦП "Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России" в 2006 году реализован госконтракт "Научно-организационное и научно-методическое обеспечение аprobации и распространения новых образовательных профессиональных программ подготовки магистров и научных кадров,



а также переподготовки специалистов по приоритетному направлению "Индустрися наносистем и материалы", включающий учебно-методическое обеспечение для переподготовки в области физики наносистем и наноэлектроники специалистов, имеющих диплом по специальности "Микроэлектроника и твердотельная электроника". В разработке и апробации этих программ участвовали МИСИС, МГИЭТ, РХТУ, ЮФУ, МВТУ, НГТУ, СПбГЭТУ, другие ведущие по данному направлению вузы.

Таким образом, практически сформирована правовая и методическая база подготовки и переподготовки кадров в области наноиндустрии, важнейшие элементы обеспечения качества которой:

- кадровый потенциал, основанный на современных научно-педагогических школах, обеспечивающих преемственность поколений в сочетании с востребованностью и быстрой адаптацией к актуальным научно-техническим проблемам без потери глубины и фундаментальности образования;
- лабораторно-экспериментальная база, позволяющая гармонично сочетать возможность получения знаний-знакомств и знаний-умений.

К сожалению, к началу XXI века экспериментальная база большинства вузов в высокотехнологичных областях серьезно отставала от зарубежного уровня. Объемы средств, выделенных на инфраструктурные проекты по созданию научно-учебных центров "Нанотехнологии", в рамках существующих цен на уникальные научные приборы и технологическое оборудование позволяют приобрести лишь единичные экземпляры, что не способствует реализации целостной программы подготовки и переподготовки кадров. По этой причине была реализована **идея создания комплексных учебно-научных мало-бюджетных лабораторий** [2, 3], особенность которых:

- модульный унифицированный характер при широком охвате направлений для обеспечения, в первую очередь, знаний-знакомств;
- доступность в отношении размещения, эксплуатации и, особенно, приобретения оборудования. (Средняя стоимость модуля такой лаборатории в 5–10 раз меньше, чем аналогичного исследовательского оборудования.)

Финансовая поддержка образовательной и научной деятельности вузов в области нанотехнологии осуществляется из различных источников:

- бюджетные средства, выделяемые на внедрение инновационных образовательных программ в рамках национального приоритетного проекта "Образование" (19 вузов-победителей конкурса отбора заявили в качестве приоритетного направления – "Индустрися наносистем и материалов", при этом объем бюджетных средств, выделенных в 2006–2008 годах для достижения заявленных целей, составил более 4 млрд. руб.);

- бюджетные средства в размере около 1 млрд. руб., выделенные Роснаукой на создание на базе ведущих вузов страны восьми специализированных научно-образовательных центров, ориентированных на процессы нанотехнологии и методы нанодиагностики;
- бюджетные средства, выделяемые в рамках ФЦП "Развитие инфраструктуры наноиндустрии в Российской Федерации на 2008–2010 гг." на создание научно-технологического центра "Нано- и микросистемная техника" и 31 научно-образовательного центра по направлению "Нанотехнологии". Их объем на 2008–2010 годы составляет более 4 млрд. руб.

В качестве источников финансирования научно-исследовательской деятельности вузов по направлению нанотехнологии выступают также ФЦП "Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2012 гг." (направление "Индустрися наносистем и материалов"), ФЦП "Национальная технологическая база на 2007–2011 гг." и ФЦП "Электронная компонентная база и радиоэлектроника на 2008–2015 гг."

В результате, общий объем бюджетного финансирования, поступившего в вузы на развитие исследований 2006–2008 годов, оценивается более чем в 6 млрд. руб.

## ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННАЯ ПОДГОТОВКА КАДРОВ ДЛЯ НАНОИНДУСТРИИ

Нормативно-методическая база такой подготовки наряду с государственными образовательными стандартами высшего образования должна включать профессиональные стандарты. Разработка концепции такого стандарта – актуальная задача, поставленная госкорпорацией "Роснано" и получившая поддержку представителей научно-педагогической общественности и предприятий, обсудивших подходы к решению этой задачи на специальном совещании. Ожидается, что профессиональный стандарт наноиндустрии позволит качественно и оперативно производить подбор высокопрофессиональных кадров для реализации различных проектов в этой сфере.

Созданы предпосылки и возможности формирования такого профессионально ориентированного стандарта. Необходимо учитывать следующие уже сформировавшиеся базовые положения:

- объективная ситуация в данной сфере характеризуется стадией накопления знаний, т. е. становлением именно нанонауки; более глубокое познание и, безусловно, использование возможностей материального мира наnanoуровне создает предпосылку к синтезу искусственных, ранее не известных в природе, в первую очередь, по свойствам, а, следовательно, и функциональным возможностям, систем;
- в России и за рубежом отсутствует окончательно сформированная концепция развития наноиндустрии как промышленного производства, ориентированного на определен-

- ную, затребованную рынком и экономически обоснованную номенклатуру наноматериалов и наносистем, процессов и методов нанотехнологии и нанодиагностики [4];
- правовая и нормативно-терминологическая база в сфере "нано" в России до сих пор не оформлена, а международные стандарты (например, ISO|TS 27687:2008 Nanotechnologies – terminology and definitions for nano-objects – nanoparticle, nanofibre and nanoplate) приняты совсем недавно и не прошли у нас формальную адаптацию. Из всех документов действует только "перечень приоритетных направлений", утвержденный указом Президента РФ, который определяет такое направление, как "индустрия наносистем и материалов";
  - существует необходимость (даже формальная) гармонизации отечественного образовательного процесса с базовыми направлениями и положениями, принятыми большинством промышленно развитых стран.

В зарубежной практике к проблеме профессиональных знаний и умений в области нанотехнологий обращались неоднократно. Так "Институт нанотехнологий" (Великобритания) [5], доминирующий в проектах Еврокомиссии в сфере "нано", провел опрос респондентов (186 анкет), среди которых при реализации своих проектов, выпуске продукции и оказании услуг 79% используют (по их утверждению) "знания нанотехнологий".

Выявлены следующие особенности:

- на данном этапе доминирования нанонауки и стадии разработки продукции наиболее востребованы специалисты высокой квалификации, имеющие ученую степень;
- исходя из формальных квалификационных требований и профессиональных компетенций, особо востребованы специалисты, ориентированные на междисциплинарные исследования и нанобиологический интерфейс;
- обращает на себя внимание особая востребованность специалистов в области материаловедения, различных направлений химии и, безусловно, знаний в области наноразмерных эффектов.

Следует отметить, что данные представленного зарубежного анализа во многом совпадают с оценками авторов. Так, в рамках заседания УМС по направлению "Нанотехнологии" еще в 2007 году, на основании мнения большинства членов, в качестве наиболее востребованных программ подготовки, повышения квалификации или переподготовки кадров были выделены [6]:

- физика и химия наносистем;
- материаловедение наносистем;
- процессы нанотехнологии;
- методы нанодиагностики;
- наноэлектроника;
- нанооптика;
- наномеханика;

- микро- и наноэнергетика;
- биомедицинские нанотехнологии.

Эти направления могут рассматриваться как базовые при формулировании профессиональных компетенций по выбранным областям деятельности.

Кроме того, с учетом промышленно-отраслевой направленности планируемых стандартов, в качестве системно упорядоченных направлений, характеризующих продукцию наноиндустрии, а, следовательно, и востребованность кадров для ее разработки и производства, может быть полезен "Перечень актуальных направлений работ в области наноиндустрии" [6], прошедший многократную апробацию и получивший одобрение на различных уровнях.

Продуктом наноиндустрии может быть не только материальная продукция, но и услуги, оказываемые с помощью материалов, методов и процессов наноиндустрии, причем **на данном этапе главенствующую роль может играть интеллектуальная продукция, оформленная в виде патентов и лицензий.**

Разработка и реализация профессионального стандарта наноиндустрии требует значительных временных и ресурсных затрат. Для ускорения решения задачи целесообразно учесть опыт высокотехнологичных отраслей экономики США по профессиональной сертификации специалистов (ПСС), включающей профессионально-ориентированную подготовку и отбор кадров.

Такая сертификация в США реализуется с 80-х годов прошлого века как один из важных инструментов отбора высококвалифицированных специалистов для работы в сформировавшихся отраслях промышленности.

Фундамент ПСС – программа сертификации (аналог профессионального стандарта), охватывающая компетенции и определяющая содержание экзаменов. Как правило, ПСС включает различные квалификационные уровни, отличающиеся требованиями по продолжительности практического опыта работы в профессиональной области. В разработке концепции и содержания программы сертификации непосредственное участие принимают общественные отраслевые организации, объединяющие работодателей.

Реализация ПСС включает три основных компонента:

- сдачу экзамена по программе ПСС,
- подготовку к сдаче экзамена,
- экспертизу документов, подтверждающих практический опыт работы,
- наличие соответствующего высшего образования.

Реализацию ПСС, как правило, осуществляет общественная ассоциация, ориентированная на определенную отрасль. Например, Национальная Ассоциация радио, телекоммуникаций и электромагнетизма США (National Association for Radio, Telecommunications and Electromagnetics – NARTE) [7]. С 1982 года ПСС реализует с тремя квалификационными



уровнями инженеров и техников по программам обучения, широко представленным в вузах США и имеющим монодисциплинарный характер.

Для отраслей, находящихся в стадии формирования, в частности, нанотехнологии, ПСС пока не реализована, несмотря на то, что в США существует Национальная Ассоциация наноиндустрии.

Основная проблема, препятствующая реализации ПСС в этой отрасли – ее междисциплинарный характер. Вместе с тем общими для всех традиционных специальностей (химики, материаловеды, электронщики и т.д.) – профессиональные компетенции в естественных науках, нанотехнологиях и нанодиагностике.

Профессионально-ориентированная подготовка кадров для наноиндустрии располагает рядом необходимых компонентов:

- государственными образовательными стандартами высшего профессионального образования;
- сетью вузов, реализующих эти стандарты в образовательных программах и располагающих современной материально-технической базой;
- необходимым потенциалом для осуществления координирующей роли, которым располагает ГК "Роснано";
- определенной "критической массой" предприятий ("пионеры наноиндустрии"), реализующих проекты для наноиндустрии и заинтересованных в согласовании программ дополнительного образования.

Уже сейчас можно реализовать профессионально-ориентированную подготовку и сертификацию кадров для наноиндустрии. В качестве первого шага целесообразно согласовать с "пионерами наноиндустрии" программы дополнительного образования для такой подготовки и реализовать их в виде пилотного проекта в ряде ведущих вузов страны, имеющих опыт работ по повышению квалификации кадров промышленности.

---

В заключение следует отметить, что во всех промышленно развитых странах национальные программы в области нанотехнологий ориентированы не только на научную или военную сферы, а рассматриваются как фактор социально-экономического развития страны применительно к повышению образовательного уровня населения, создания дополнительных рабочих мест высокой квалификации, развития сферы оказания социальных услуг населению с использованием новейших материалов и технологий.

Директивными документами в различных странах в качестве одного из основных факторов планируемого экономического роста определено качество "человеческого капитала" [8].

Особенности госзаказа, направленного на инвестиции в "человеческий капитал":

- огромная емкость и разнообразие рынка социально-ориентированной продукции и услуг;
- недостаточная насыщенность рынка продукцией наноиндустрии;
- социальная направленность рынка:
  - определяющая его восприятие широкими слоями населения;
  - определяемая возможным участием в нем организаций и предприятий различных форм собственности и численности;
  - инициирующая исполнительные органы власти различных уровней к реализации мероприятий по развитию сферы социальных услуг.

***Основными наиболее актуальными направлениями формирования национальной системы непрерывного образования для наноиндустрии следует считать:***

- прогнозирование количественного и качественного состава необходимого рынка образовательных услуг на подготовку, переподготовку и повышение квалификации кадров;
- формирование инфраструктуры национальной системы непрерывного образования для развития нанотехнологической культуры, обеспечения эффективности отечественного производства, потребления и применения такой продукции;
- развитие новых образовательных технологий на основе интеграции науки, образования и инновационной деятельности;
- формирование системы научно-методического и организационно-правового базиса (государственные образовательные стандарты, профессиональные стандарты и требования, программы подготовки, учебные планы, учебная и учебно-методическая литература) для обеспечения национальной системы непрерывного образования в области наноиндустрии, в том числе, междисциплинарного характера;
- устойчивое развитие учебно-исследовательской и опытно-технологической базы вузов, в том числе специализированной учебной техники и оборудования, обеспечивающих эффективную подготовку, переподготовку и повышение квалификации кадров на основе широкой интеграции образовательного процесса, научных исследований и разработок;
- формирование информационно-аналитической системы и развитие современных образовательных технологий (библиотечные комплексы, информационные образовательные технологии, электронные учебники, системы удаленного доступа), адаптированных к динамичному рынку разработки, производства и применения продукции наноиндустрии;
- развитие и поддержка конкурентоспособных научно-педагогических школ, ориентированных на наноиндустрию, реализующих научный и образовательный процессы, обеспе-

печивающие паритет России на международном рынке товаров и услуг;

- создание системы эффективного привлечения молодежи в науку, образование, высокие технологии, ориентированной на развитие отечественной нанотехнологической культуры;
- создание социальной инфраструктуры для молодых специалистов, обеспечивающей эффективную деятельность, ориентированную на развитие исследований, разработок, оказание услуг и производство продукции наноиндустрии;
- формирование системы региональных образовательных центров нанотехнологической культуры на основе интеграции школ, вузов, академических и отраслевых научно-исследовательских организаций, финансовых, патентных и внедренческих организаций и промышленных предприятий;
- развитие системы академических обменов с зарубежными научными и образовательными учреждениями, обладающими высоким потенциалом в области научных исследований и образовательного процесса для наноиндустрии.

Наноиндустрия относится к научноемким высокотехнологичным направлениям с высоким уровнем интеллектуальной стоимости. Ее развитие в значительной степени определяется инвестициями в человеческий капитал. Уникальность направления "нано" в том, что оно может быть востребовано различными социальными слоями и профессиональными

группами общества, стимулирует развитие кадрового потенциала государства, интеграцию и эффективное использование высококвалифицированных специалистов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Лучинин В.В., Таиров Ю.М.** Научно-образовательный базис наноиндустрии в Санкт-Петербургском государственном электротехническом университете. – Известия высших учебных заведений. Материалы электронной техники, 2003, № 2, с.15–20.
2. **Афанасьев А.В., Лучинин В.В.** Малобюджетная Учебно-научная лаборатория "Нанотехнологии и нанодиагностика". – Наноиндустрия, 2009, №3, с.40–43.
3. **Быков В.А., Васильев В.Н., Голубок А.О.** Наноэдьюкатор – первый шаг к созданию образовательной нанотехнологической сети. – Наноиндустрия, 2009, №3, с.36–39.
4. **Лучинин В.В.** Наноиндустрия базис новой экономики. – Петербургский журнал электронники, 2003, №3, с. 3–12.
5. **Kshitij Aditeya Singh.** Отчет "Исследование необходимых умений и программ подготовки для области нанотехнологии", Институт нанотехнологии, Великобритания, NANOFORUM.org, 2007.
6. **Лучинин В.В.** Введение в индустрию наносистем. – Нано- и Микросистемная техника, 2007, №8(85), с. 2–7.
7. National Association for Radio, Telecommunications and Electromagnetics – NARTE, [www.narte.org](http://www.narte.org).
8. **Лучинин В.В.** Наноиндустрия и "человеческий капитал". – Наноиндустрия, 2007, №6, с. 2–9.