

ПОДГОТОВКА КАДРОВ В ОБЛАСТИ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В СИСТЕМЕ ОБРАЗОВАНИЯ НАИБОЛЕЕ РАЗВИТЫХ СТРАН

Комкина Т. А.

В данной работе рассматриваются проблемы и перспективы развития образования в сфере нанонауки и нанотехнологии на примере наиболее развитых стран. Анализ проблем системы нанообразования в ряде наиболее развитых стран представляет интерес в связи с развитием этого направления обучения в России.

Введение. В настоящее время многие научные учреждения и государственные органы во всем мире занимаются анализом проблемы подготовки кадров в области нанотехнологии. Во многом это связано с тем, что нанотехнологии являются сравнительно новым научным направлением, входящим в состав многих других дисциплин. Проблеме подготовки кадров в этой области посвящено несколько работ М. Роко (M. C. Roco, 1999; 2002; 2003), а также работы А. Лакхтаки (Akhlesh Lakhtakia, 2006), Р. Монк и А. Рэчемим (R. Monk and A. Rachamim, 2005) и др.

Особенности подготовки кадров по нанотехнологиям в различных странах. В системе образования за рубежом меняется подход к профессиональной подготовке научных кадров по многим направлениям, возникают междисциплинарные связи, появляется значительное число специализированных курсов, электронных учебных курсов по нанотехнологии. В этой области на рынке образования доминируют США, Япония, Великобритания, Германия, Франция и Дания. Однако, как отмечают эксперты, отсутствие стандартов образования, недостаточная финансовая поддержка стран ЕС и внутреннее сопротивление со стороны некоторых университетов замедляет развитие.

Подготовка специалистов в области нанотехнологии в наиболее развитых странах ведется уже давно. Например, в США, где работы в сфере нанотехнологий объявлены наивысшим приоритетом, созданы 11 учебных наноцентров, охваченных единой сетью обмена информацией с подключением к ней университетов; в систему нанообразования там вовлечено около 500 университетов, частных институтов и правительств.

венных лабораторий во всех 50 штатах. Образование и пропаганда в области нантехнологий в США затрагивает все слои общества — от младших ступеней образования до переподготовки кадров, включая университеты, колледжи и др. Такая же ситуация сложилась и в Японии, где образование и наука составляют единое целое.

В странах ЕС существует множество курсов подготовки магистров, курсов аспирантского профиля и «младших» курсов в области наноматериалов и нанотехнологий. Так, в Польше дисциплины по нанотехнологиям преподаются в шести университетах (данные за 2007 г.), в Румынии — в двух, и т.д. Образовательные процессы в области нанотехнологий развиваются в странах СНГ, Германии, Франции, Китае, Италии, Индии, Малайзии, Южной Кореи, Бразилии, Чили, Вьетнаме. В странах ЕС созданы 16 центров, которые кроме научно-исследовательских работ, занимаются образованием в области нанотехнологий.

Одна из основных проблем в сфере нанотехнологий в Европе — недостаточное число исследователей. В настоящее время на каждую тысячу человек приходится 5,7 исследователей в этой области, тогда как в США — 8,1 исследователя, в Японии — 9,1 (<http://cordis.europa.eu/nanotechnology>). Предполагается, что в 2010–2015 гг. потребность в исследователях в данной области в Европе составит 300–400 тыс. человек, в США этот показатель равен 800–900 тыс. чел., в Японии — 500–600 тыс. чел. При этом следует принимать во внимание переходный период, необходимый для обучения и подготовки исследователей в области нанотехнологий, учитывать новые требования и задачи подготовки научных кадров в данной области.

В 2005 г. Европейская Ассоциация Нанобизнеса подготовила анализ состояния нанобизнеса. Согласно проведенному опросу, наличие квалифицированного персонала представляется проблемой для 62% респондентов независимо от типа учреждения (учебные центры, многонациональные компании, малый и средний бизнес). Поэтому в скором времени следует ожидать повышения спроса на выпускников факультетов прикладных наук с дополнительным образованием в области нанотехнологий.

Можно выделить два направления подготовки кадров в области нанотехнологий за рубежом — в Европе и в Америке, которые существенно отличаются друг от друга. В большинстве европейских стран существуют узко направленные образовательные программы по наноматериалам и нанотехнологиям. В американских университетах преобла-

дает мнение, что это часть более общей проблемы наук о материалах и, следовательно, необходима подготовка специалистов фундаментального профиля, с хорошим знанием химии, физики, механики материалов.

Для быстрого и успешного развития нанотехнологий необходима разработка учебных курсов и программ, которые позволяют профессионально подготовить новое поколение исследователей и рабочих, способных работать в этой новой, сложной области науки и техники. Необходимость изменений в системе образования рассматривалась в стратегических правительственных документах, относящихся к развитию нанотехнологий в ведущих мировых странах, например, в Национальной Нанотехнологической инициативе в США, в Третьем Основном плане по Науке и Технологиям в Японии, в Коммюнике Европейской Комиссии по стратегии в области нанотехнологий.

Происходящие изменения системы образования затрагивают в первую очередь высшее образование, подготовку магистров и докторантов, что указывается в национальных стратегиях этих стран. Значительное внимание уделено необходимости организации учебных курсов и обучению ученых и исследователей в специализированных научных центрах, как в самих странах, так и в подразделениях за рубежом. В связи с динамично растущим спросом на специалистов по нанотехнологиям, многие ученые, занимающиеся фундаментальными исследованиями в данной области, участвуют также в дидактической деятельности, проводят учебные курсы, различные семинары и конференции. Основные вопросы, относящиеся к нанотехнологиям включаются или уже включены в учебные программы всех уровней обучения, начиная с дошкольного.

В США в конце 2007 г. был введен новый стратегический план Национальной Инициативы по Нанотехнологиям (NNI). Согласно этому документу, долгосрочной задачей NNI в рамках раздела «Общественные аспекты» является разработка нанотехнологических материалов для школ, студенческих программ, технической подготовки и общественных социально-ориентированных программ. К программным целям в данном разделе относится поддержка инвестиционной политики, направленной на создание многофункциональной системы обучения и подготовки квалифицированных кадров (<http://www.nano.gov>).

Крупные исследовательские центры в США, имеющие разнообразное оборудование, играют значительную роль в организации программ обучения и профессиональной подготовки в области нанотехнологий. В 2001 г. Национальным научным фондом (NSF) в рамках На-

циональной нанотехнологической инициативы были основаны шесть центров по нанонауке и нанотехнологии, которые позволили расширить образовательные программы университетов для различных контингентов учащихся.

В США существуют интегрированные программы обучения, в рамках которых студенты получают стипендии (на пять лет) для междисциплинарных исследований в лабораториях университетов под руководством ведущих специалистов.

Анализируя особенности преподавания курсов в США, связанных с нанотехнологиями, можно отметить тесную взаимосвязь между университетами и научными центрами. Это выражается в том, что университеты активно приглашают преподавателей из других учебных учреждений и научных центров читать курсы лекций. Например, в Северо-западном университете читают курсы по различным направлениям нанотехнологий преподаватели из Мичиганского университета, Университета Пардью, Университета штата Иллинойс в Чикаго и в Урбана-Шампейн, Национальной лаборатории Аргона, Университета Хэмптона, Морхаус колледжа, Университета штата Техас в Эль-Пасо.

В Японии в 2004 г. также начала действовать программа Nanotech VOT Program, нацеленная на развитие всех уровней образования в стране, начиная со школы и заканчивая курсами для докторантов PhD. В Китае 60 университетов имеют программы по подготовке специалистов в области нанонауки, они располагаются во всех регионах страны.

Таким образом, можно говорить о том, что подготовка специалистов по направлению нанонауки и нанотехнологии за рубежом ведется в школах, на специальных курсах, в колледжах, университетах, частных институтах, в исследовательских центрах и правительственных лабораториях как своих стран, так и стран-партнеров; разрабатываются также специальные учебные проекты для Интернета. Для обмена опытом по проблеме нанообразования проводятся международные мероприятия и встречи с участием представителей США, Евросоюза, Японии, Кореи, Индии, Швейцарии, Германии, Латинской Америки и других стран Азиатско-Тихоокеанского региона.

Школьные программы в области нанотехнологии. Одним из основных направлений реформы школьного образования в США является введение обучения по направлению нанотехнологий. Цель этой ре-

организации — повысить уровень образования молодого поколения Америки, который уже не соответствует новым задачам.

Многое делается для повышения интереса американских школьников, который снижался на протяжении многих лет по отношению к науке и технологиям. Считается, что вся система образования должна строиться вокруг нанотехнологий. Так как они объединяют в себе физику, химию и биологию и др., то эти дисциплины необходимо преподавать не по отдельности, а в комплексе.

Для повышения квалификации и обучения преподавателей в этом новом для них направлении проводится множество семинаров, курсов в ряде университетов (Университет Висконсин, Корнельский университет и др.). В рамках Национальной Нанотехнологической инициативы финансируются и создаются сайты с фильмами, слайд-шоу с материалами по нанотехнологиям, издается детская литература, учебные пособия. Создаются дистанционные программы повышения квалификации, которые ориентированы на школьное и дошкольное образование, а также на пропаганду идей нанотехнологии для всех слоев общества.

В Германии в рамках проекта Федерального министерства образования и науки Германии осуществлен проект «Нанотрейлер» (школа на колесах) для дошкольников и ребят школьного возраста.

В настоящее время рассматривается вопрос о включении в учебные программы средних школ Австралии и Новой Зеландии основ нанотехнологии, созданы интернет ресурсы по данному направлению для начальной и средней школы (<http://www.nanovic.com.au>).

Преподавание основ нанотехнологий уже в школьных программах предусматривается в перспективных документах многих стран, что обусловлено необходимостью выбора профессии учеником и последующего обучения его в вузе, с базовой подготовкой, соответствующей современному уровню развития науки и промышленности.

Краткосрочные курсы. Учебные курсы являются одной из эффективных и легких в организации формой обучения. Большинство зарубежных исследовательских центров в области нанотехнологии обладают лабораториями, которые позволяют им организовывать учебные курсы и координировать подготовку проектов в этой области.

Можно выделить следующие наиболее часто предлагаемые направления подготовки кадров в области нанотехнологий на краткосрочных курсах за рубежом: Атомно-силовая микроскопия (АСМ, Atomic

force microscope (AFM)); Софт нанотехнологии и самосборки (биохимия): промышленное применение (Soft Nanotechnology and Self-Assembly: Industrial Applications); Нанотехнологии для нефтяной и газовой промышленности (Nanotechnology for Oil and Gas); Маркетингово-инновационный комплекс в области нанотехнологий (Marketing Complex Innovation); Коммерциализация технологий (Technology Commercialization); Наноразмерное моделирование: атомы, материалы и устройства (Advanced Nanoscale Simulation: Atoms, Materials and Devices); Нанотехнологии и биоматериалы для тканевой инженерии (Biomaterials and Nanotechnology for Tissue Engineering).

В странах ЕС существует много курсов для выпускников университетов по направлению нанонауки и нанотехнологии. Эти курсы проводятся в рамках реорганизации системы образования для расширения nanoобразования выпускников по традиционным дисциплинам, для решения проблемы обеспечения кадрами организаций, работающих в сфере нанонауки и нанотехнологии. Система образования в Великобритании предлагает наибольшее количество таких курсов — 20, во Франции — 18, Германии — 17 (www.nanoforum.org).

В США и ЕС наблюдается тенденция диверсификации системы образования, которая необходима для быстрого повышения квалификации персонала в области нанотехнологий. Именно с этим связан значительный рост числа учебных курсов в области молекулярной физики, наноматериалов, квантовых эффектов и др.

Подготовка бакалавров по направлению нанотехнологии. Подготовка специалистов в области нанотехнологии по системе бакалавриата осуществляется во многих колледжах и университетах мира практически по всем актуальным направлениям. Например, в США одним из крупных учебных центров является Dakota County Technical College (Миннесота), который совместно с Университетом Миннесоты готовит студентов по направлению нанотехнологичные материалы и наноэлектроника. Выпускники данной программы готовятся для работы в различных отраслях с целью разработки, испытания, исследования и продвижения продукта (следует отметить большой спрос — более 50 компаний штата испытывают потребность в таких специалистах).

Технический университет (штат Луизиана) готовит бакалавров наук в области Nanosystems Engineering, начиная с 2005 г. (этот университет занимает ведущее место в США по подготовке специалистов в дан-

ном направлении). Программа подготовки использует значительные ресурсы Технического Университета (лабораторные и междисциплинарные научные исследования, финансовая поддержка программ) и включает в себя изучение медико-биологической, химической, электрической, механической, инженерии, а также микросистем.

Следует отметить, что в странах ЕС, в связи с переходом на двухступенчатую систему образования в рамках Болонского процесса, обучение по программе бакалавриата (3–4 года) осуществляется по направлениям физики, химии, электроники, с последующей специализацией по нанофизике, нанохимии, наноэлектронике и т.д., уже на магистерских программах.

Подготовка магистров по направлению нанотехнологии. Магистерские программы разработаны в университетах многих стран, например, в Лондонском Имперском колледже, в Кембриджском университете в Великобритании, Федеральной Высшей технической школе в Швейцарии и т.д.

В частности, Университет Олбани (США) предлагает магистерские программы в наноразмерных науках и инженерии по принципу сочетания фундаментальной подготовки по физике, химии, информатике, биологии, математике и инженерным наукам с углубленным изучением нанонаук (nanosciences), наноинженерии (nanoengineering), нанотехнологии (nanotechnology), а также наноэкономики (nanoeconomics). Университет также готовит студентов с двойной степенью по междисциплинарной программе «Нано + MBA». Цель этой программы заключается в том, чтобы получить выпускников, которые будут способны интегрировать науку и технику с бизнесом и управлением.

Подготовку специалистов со степенью магистра наук в области физики наноразмерных частиц ведет Университет Райса начиная с 2002 г. Эта программа сочетает изучение квантовой теории с исследованием практических нано- и мезомасштабных устройств. Новые курсы охватывают передовые области науки: поведение квантовых наноструктур (quantum behavior of nanostructures), квантовая нанотехнология (quantum nanotechnology), наноразмерные изображения (nanoscale imaging), а также производство наноструктур (the fabrication of nanostructures). Кроме того, годовые курсы по экспериментальной физике гарантируют, что студенты получают практические навыки, представляющие интерес для промышленности.

Магистерские программы, рассчитанные на 2 года, разработаны четырьмя ведущими научно-исследовательскими и образовательными учреждениями в Европе в рамках проекта Erasmus Mundus Master: Chalmers Tekniska Högskola (Швеция), Technische Universiteit Delft & Universiteit Leiden (Нидерланды), Technische Universität Dresden (Германия). Обучение ведется по следующим направлениям: нанотехнология, биофизика, молекулярная электроника, супрамолекулярная химия (Supramolecular Chemistry), Mesoscopic Physics.

Магистерские программы в Испании в Университете Барселоны совместно с Университетом Ровира и Виргилии (Таррагона) готовят магистров по следующим направлениям: нанотехнология, квантовая физика и химия, нанобиотехнология, биохимия наноразмерных частиц, нанопроизводство и др. Следует отметить, что стоимость обучения по данной программе составляет всего 1800 евро. Финансовую поддержку программе оказывает Испанское Министерство образования и правительство Каталонии.

Аналогичные программы есть в Великобритании, Ирландии, Италии, Германии, Франции, Бельгии. Университет Гронингена в Нидерландах в области наноуслуг предлагает программу The Top-Master in Nanoscience, которая основана и обеспечивается Институтом Современных Материалов им. Цернике. Целью программы является подготовка специалистов уровня магистра в науках о современных материалах, с акцентом на фундаментальных явлениях, происходящих в нанометровых объектах на стыке физики, химии и биологии.

Дипломы Master of Science (MSc) дают возможность как для продолжения образования на получение PhD в области наноуслуг и нанотехнологий, так и для непосредственной работы в индустрии.

Подготовка докторов наук (PhD) в области нанотехнологий. В настоящее время образование в области нанотехнологий, помимо учебных курсов, широко реализуется в большинстве стран в аспирантуре и докторантуре. Это связано с тем, что фундаментальные исследования в данной области включены в стандартные учебные программы университетских исследований.

Первые учебные программы докторантуры по нанотехнологиям были осуществлены в 2002 г. в США в Университете Вашингтона. Здесь существует третий уровень подготовки по данному направлению, на который принимаются студенты, сдавшие специальный экзамен (PhD)

Candidacy Exam) и проводящие исследования в области нанонауки и нанотехнологии по различным направлениям. Студенты могут выбрать курсы по следующим направлениям: наноинженерия частиц и материалов (nanoengineered particles and materials), микро - и нанопроизводство (microfabrication and nanofabrication), аналитические инструменты для оценки наноструктур (analytical tools to probe nanostructures), нанобиология и применение нанотехнологий (nanobiology, and nanotech applications).

Подготовка в области нанотехнологий со степенью PhD ведется также в Университете Олбани по тем же направлениям, что и магистерские программы (см. выше). Эти программы предназначены для учащихся, имеющих профессиональные интересы в области промышленных исследований и разработок, научные стипендии в государственных научно-исследовательских учреждениях и прошедших предварительную подготовку, а также сдавших специальные экзамены.

Для получения степени PhD в области химии по направлению нанотехнологии в штате Нью-Йорк (США) можно пройти подготовку в одном из пяти колледжей: Brooklyn College, City College, Hunter College, Queens College, The College of Staten Island and York College. Докторанты могут специализироваться в области аналитической и неорганической химии, нанотехнологии и материалов, органической, физической, теоретической или полимерной химии, молекулярной биофизики, в области перспективных квантовых устройств Университет Нотр-Дам

В Великобритании впервые зачисление в докторантуру области нанотехнологий на 2007/2008 учебный год было объявлено в Оксфордском и Кембриджском университете.

В Австралии и Новой Зеландии с 2003 г. началась подготовка специалистов со степенью магистр и PhD. Все крупные университеты имеют исследовательские и обучающие проекты по направлению нанотехнологии. Эти университеты Австралии предлагают обучение в области физики, химии, математики и инженерии по направлению нанотехнологии.

Как уже было отмечено, нанотехнологии требуют проведения междисциплинарных исследований. Поэтому и возникает потребность в образовании в нескольких пограничных областях науки, а такое образование и дает многоступенчатая система подготовки кадров. Направления подготовки специалистов со степенью магистра и PhD практически совпадают и наиболее развитые государства оказывают финансовую поддержку обучающимся по этим направлениям.

Подготовка кадров в области нанотехнологий в России. Начало подготовки специалистов по нанотехнологиям (специальности "Нанотехнология в электронике" и "Наноматериалы") положило поручение Минобрнауки РФ (приказ № 71 от 29.01.2004) по подготовке кадров в ряде ведущих вузов России (МИЭТ, МВТУ им. Баумана, Новосибирский ГТУ, СПб ГЭТУ, Таганрогский ГРТУ, Нижегородский ГУ им. Лобачевского), см. также ниже.

Положительным в этой области является опыт деятельности Научно-образовательного центра при ФТИ им. Иоффе и Специализированного учебно-научного центра при Новосибирском госуниверситете. Следует отметить, что подготовка специалистов в области нанотехнологий требует переподготовки профессорско-преподавательского состава и более сложной организации учебного процесса.

Подготовка специалистов в области нанотехнологий ведется на факультете наук о материалах в МГУ им. М.В.Ломоносова. В реализации инновационной программы ФНМ МГУ также участвуют сотрудники химического, физического факультетов, Института механики МГУ, совместные научно-образовательные центры с институтами РАН (ИОНХ, ИПХФ, ИХФ, ИФХЭ, ИНЭОС, ИПК, ИМЕТ). Создана аналитическая лаборатория для проведения научной и экспериментально-практической работы магистрантов. Магистранты вовлечены в научную работу по проектам ФЦНТП, РФФИ, DFG, Euler, DAAD.

Санкт-Петербургский государственный университет (СПбГУ) начал обучать нанотехнологиям по новым двухгодичным программам на бюджетной основе: нанобиология; новые материалы и нанотехнологии.

Как уже отмечалось, подготовка специалистов по направлению нанотехнологий требует переподготовки профессорско-преподавательского состава и более сложной организации учебного процесса. Необходимость ускорения подготовки кадров в России по данному направлению очевидна, но существующая система лицензирования тормозит возможность получения образования в области нанотехнологий, прежде всего дипломированными специалистами и студентами непрофильных естественнонаучных и инженерных вузов; очевидно, для того, чтобы расширить перечень лицензируемых специальностей по направлению нанотехнология, необходима подготовка кадров преподавателей высокого уровня, привлечение для преподавания высококвалифицированных специалистов РАН, создание при РАН соответствующих кафедр.

Подготовка научных, инженерных и рабочих кадров по направлению нанотехнологий требует разработки новых образовательных программ: курсов лекций и учебных пособий для специалистов и для переподготовки преподавательского состава; программ для студентов (начиная с третьего курса); факультативов для школьников и учащихся техникумов. В России преподавание основ нанотехнологий в школе практически не ведется, этот раздел знаний в средней школе представлен только в базовом курсе информатики.

Можно предположить, что в ближайшее время произойдет рост числа вузов, факультетов, кафедр, предлагающих программы в области нанотехнологий. Обучение нанонаукам предполагает двухуровневую систему подготовки (бакалавриат — 4 года, магистратура — 2 года).

Подготовка специалистов ведется по тем же направлениям, что и в зарубежных вузах: нанохимия, нанофизика, нанобиология, синтез наноматериалов, оптическая спектроскопия, математическое моделирование и т.д. Однако практически не представлено маркетингово-инновационное направление в области подготовки специалистов по нанотехнологиям. Особенно необходима подготовка специалистов, хорошо владеющих одновременно знаниями в области математики, физики, химии, механики, биологии. Лишь междисциплинарная образовательная программа способна обеспечить нанотехнологический прорыв.

Затраты на образование в области нанотехнологий. На образование в области нанотехнологий в наиболее развитых странах расходуются значительные суммы. Однако достоверные данные по общим затратам на образование в этой сфере в известных автору источниках отсутствуют. Для США, например, публикуются только затраты на нанообразование в рамках Национальной нанотехнологической инициативы, которые составляют 41 млн. долл.

Финансирование образования в области нанотехнологий в США складывается из расходов NSF, основных министерств, правительственных агентств и служб; часть средств вкладывают частные компании. Так, NSF по направлению «Образование и человеческий ресурс» в рамках Национальной нанотехнологической инициативы в 2007 г. выделил 3,27 млн. долл., в 2008 г. — 3,10 млн. долл., в 2009 г. планируется выделить 3,10 млн. долл.

Финансирование нанообразования, помимо прямого финансирования учебных учреждений, осуществляется через стипендии и гранты для

студентов и преподавателей. В США в области естественнонаучных и инженерных дисциплин максимальный размер стипендии составляет 10000 долл. на одного учащегося в год. Существует также система субсидирования. Максимальный размер субсидии составляет до 500000 долл. (125000 долл. в год на срок до четырех лет). Гранты по программе бакалавра в области исследования стволовых клеток составляют 7500–10000 долл. в год (два года максимум). Существуют также гранты, направленные на увеличение числа студентов (граждан США или постоянных жителей), получающих степень бакалавра в различных областях науки, техники, инженерного дела и математики. Эти гранты выделяются академическим учреждениям на срок до 5 лет. Размер грантов зависит от количества зачисленных студентов в области нанотехнологий, и составляет от 5000 до 2 млн. долл. Все эти льготы касаются только американских граждан или граждан, постоянно проживающих на территории США.

Национальный научный фонд США финансирует также создание сайтов в Интернете, содержащих материалы для студентов старших курсов и преподавателей. В качестве примера можно привести сайт Корнеллского университета по нанотехнологии для студентов и сайт для преподавателей по наноструктуре сополимеров (организованный Массачусетским университетом в Амхерсте). NSF финансирует программы повышения квалификации учеников и преподавателей средней школы, популяризацию достижений нанотехнологии (совместно с Музеем науки в Бостоне), привлечение студентов к сотрудничеству с Нью-Йоркским университетом, различные дистанционные программы.

В Европе финансирование образования в области нанотехнологий осуществляется также из различных источников, как из бюджета стран ЕС, так и их различных фондов. В рамках проекта Erasmus Mundus студентам, обучающимся по данному направлению, выделяются стипендии, оплачивается проживание и проезд. Также значительную поддержку для обучения в области нанотехнологий оказывает Фонд Марии Кюри, выделяющий на гранты студентам около 161 млн. евро (8% от общего бюджета фонда), или по 50000 евро на каждого студента. Финансирование школьных нанопроектов, создание сетевых ресурсов происходит в рамках программы «People» (FP7).

В России Министр образования и науки РФ Андрей Фурсенко сообщил (до начала финансового кризиса), что в ближайшем будущем стартует образовательная программа в сфере нанотехнологий на уровне специализированных школ. Для этого Министерство образования и

науки РФ предполагало закупить оборудование на сумму от 75 до 120 миллионов рублей. Один комплект оборудования может стоить от 3 до 4 млн. руб. и министерство намеревалось объявить конкурс на поставку оборудования для физико-математических школ. Это будет способствовать привлечению детей школьного возраста к лабораторным работам в этой новой сфере (Журнал EXCLUSIVE № 2 (6), апрель–июнь 2008).

Заключение. В ближайшее десятилетие ожидается прорыв во всем мире в науке и технике на основе нанотехнологий, что потребует подготовки специалистов для различных отраслей промышленности и абитуриентов для соответствующих учебных заведений. Россия несколько позднее вступила на путь исследований, обучения и промышленного производства в области наноструктур. Анализ перспектив и обобщение опыта развития нанообразования в наиболее развитых странах будет способствовать сокращению отставания в этой сфере деятельности и созданию соответствующих курсов, программ и центров подготовки будущих специалистов в области nanoиндустрии.

Работа выполнена при поддержке РГНФ по проекту N 07-02-04055.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Материалы II Всероссийской конференции по наноматериалам и IV международном семинаре «Наноструктурные материалы, Беларусь-Россия» (13–16 марта 2007 г., г. Новосибирск); круглый стол «Образование в области наноматериалов и нанотехнологий».

Abicht L., Freikamp H., Schumann U. Identification of skill needs in nanotechnology // Cedefop Panorama series, 120
www.trainingvillage.gr/etv/projects/networks

Communication from the commission to the council the European Parliament and the European economic and social committee Nanosciences and Nanotechnologies: An action plan for Europe 2005–2009 // First Implementation Report 2005–2007/ Brussels, 6.9.2007 COM (2007) 505 final

Lloyd E. Douglas Grants from the National Science Foundation
www.nsf.gov — 26.09.06

National Nanotechnology Initiative. The Initiative and its Implementation Plan. National Science and Technology Council Committee on Technology, Subcommittee on Nanoscale Science, Engineering and Technology. — July. — 2000.

Roco M. C. Converging Science and Technology at the Nanoscale: Opportunities for Education and Training // 21 Nature Biotechnology 1247. — 2003.

Roco M.C., Fellow I. National Nanotechnology Investment in the FY 2009 Budget Request // ASME International
www.nsf.gov

NANOTECHNOLOGICAL EDUCATION IN MOST DEVELOPED COUNTRIES

Komkina T. A.

In this paper we consider problems and prospects of development of education in the field of Nanosciences and Nanotechnology at the example of most developed countries. “Nanotechnology” specialization was first introduced to students in Russia in 2002. Analysis of foreign experience in nanoeducation should assist its development in Russia.