

Т. В. Бессалова, В. И. Оноприенко

Образование в сфере нанотехнологий

Нанотехнологии становятся фактором формирования инновационной экономики и новых возможностей, позволяющих пройти путь становления и развития новой цивилизации с присущими ей ценностями и идеалами. Приведена подробная статистическая и фактологическая информация о тенденциях в нанонауке и нанообразовании в различных группах стран, в том числе в СНГ и в особенности в Российской Федерации; об украинско-российском сотрудничестве в области нанотехнологий; о состоянии нанотехнологических исследований в Украине. Показана актуальность проблемы обеспечения этой важнейшей отрасли кадровыми ресурсами разного уровня, подготовка которых требует не только больших затрат, но и методологического обеспечения. Раскрыты проблемы, связанные с привлечением молодежи в науку в Украине, в частности в нанотехнологические дисциплины. При анализе проблем приведены некоторые результаты социологических исследований.

Ключевые слова: нанотехнология, образование, образовательная программа, nanoиндустрия, наноиндустрия, нанотехнолог, кадры, научно-образовательный центр, международное сотрудничество.

Развитие нанотехнологии (употребляется и множественное число) стало основой и импульсом новой технологической революции в мире, определяющей развитие всех основных и промежуточных уровней построения глобальной экономической системы [1, с. 25]. По мнению экспертов, рынок нанотехнологической продукции и услуг в 2015 г. достигнет 1,5 трлн. дол.

Активное развитие нанотехнологии в мире оказывает непосредственное влияние на жизнь людей [2, с. 15]. Овладение человеком новым набором технологий многократно увеличивает его потенциальные возможности, что влечет необходимость стратегических преобразований в системе образования, структура и содержание которого сложились в основном на базе научных достижений середины прошлого века. Таким образом, общество знаний ставит перед высшей школой главную задачу – обновить учебный процесс, особенно содержание образования, которое должно базироваться на таких принципах: научность и новизна; творческое применение полученных знаний; формирование у молодежи глубоких жизненных и нравственных принципов; оперативное привлечение к процессу преподавания всего нового и передового.

Решение стратегических задач образования в сфере нанотехнологии неразрывно связано с тем, что, по приблизительным оценкам, в ближайшее десятилетие кадровые потребности

мировой nanoиндустрии составят более 2 млн. специалистов, а потребности, например, только Российской Федерации в таких специалистах составит более 25 тыс. человек в год [3, с. 66]. Их нужно готовить на всех образовательных уровнях: от школы до вуза.

Образование XXI века должно стать настоящим непрерывным, а междисциплинарный подход в обучении будет постепенно приходить на смену отраслевому, что позволит создать условия для подготовки современных специалистов с системным уровнем мышления – лидеров, способных воспринимать нанотехнологию как сплав индустрии, науки, экономики и духовной организации общественного устройства [4, с. 12].

В современном мире многократно возрастает роль образования, обеспечивающего подготовку нужных экономике специалистов и создающего передовые знания. В развитых странах мира в последнее время активно реализуется концепция человеческого капитала, а инвестиции в сферу образования определяются как один из ключевых факторов устойчивого экономического развития. Известно, что за новыми знаниями следуют новые технологии, а они, в свою очередь, создают инновационные и успешно реализуемые товары. К числу активно развиваемых в мире направлений относятся нанотехнологии, а в десятку самых востребованных специалистов ближайшего будущего входят нанотехнологи.

Нанотехнология – это огромная сфера, которую можно условно разделить на три части: производство микросхем, роботов в наноразмерах и инженерия на атомном уровне. Очевидно, что в ближайшем будущем нанотехнология охватит все сферы машиностроения, космической отрасли, пищевой промышленности, медицины и т. д. [5, с. 25]. Сегодня от уровня развития нанотехнологического направления зависит научно-техническое развитие любой страны и ее положение в мировой экономике. Считается, что страну, добившуюся прорыва в развитии нанотехнологии, ожидает мировое лидерство. Ключевая задача образования в сфере нанотехнологии – обеспечить подготовку специалистов для nanoиндустрии. Успех может быть достигнут при комплексном подходе к решению задачи организации nanoобразования на всех уровнях обучения, начиная от дошкольного и заканчивая подготовкой научных кадров. В настоящее время нанотехнология представляется сферой компетенции ученых и инженеров. По мере развития nanoиндустрии потребуются специалисты с разным уровнем образования и навыками, которые будут способны не только выполнять сложные исследования, но и обеспечивать обслуживание сложного технологического оборудования. Поэтому образовательные программы в сфере нанотехнологии должны учитывать специфику будущей профессии специалистов. Должны быть созданы обучающие программы, задача которых – помочь людям получить максимальные знания о мире нанотехнологии. Сегодня свыше 70% людей в мире не знают об этой области ничего или знают очень мало, воспринимая нанотехнологию как научную фантастику.

Осознавая важность такой работы, объединение из 13 американских университетов разработало пакет образовательных программ в сфере нанотехнологии, нацеленных на привлечение молодежи к исследованиям в области нанотехнологии, что в будущем будет способствовать их карьерному росту; обучение преподавателей и консультантов; создание и распространение образовательных материалов по нанотехнологиям для детей, студентов и учителей школ. Обозначенные направления нашли реализацию в таких формах как летние нанотехнологические лагеря для студентов, программы исследований по нанотехнологии для выпускников вузов, практические работы для учителей школ и студентов.

Помимо подготовки разного уровня специалистов для nanoиндустрии американские образовательные программы выполняют важную функцию, направленную на то, чтобы помочь общественности понять новую область nanoиндустрии, осознать выгоды и преимущества, а также четко представлять социальные и этические проблемы этой сферы.

В современном мире нанотехнологическая «волна» затронула не только систему профессионально-технического и высшего образования, но докатилась и до школьных учреждений. Сегодня школьные образовательные программы нацелены прежде всего на расширение представлений учеников о физической картине мира, структуре материи, установление тесных межпредметных связей в области естественно-математических наук, обретение знаний из истории возникновения нанотехнологии, методов создания nanoобъектов, их применения в разных отраслях экономики. Школьное образование призвано не только соответствовать сегодняшним реалиям, но и опережать их. Особое значение имеют естественно-математический и информационный блоки учебных предметов. Сегодня интеллектуальное развитие детей все шире практикуется в дошкольных образовательных учреждениях. Особенно оно распространено в Японии, США и Италии, которые первыми в мире провозгласили нанотехнологию приоритетным направлением развития своих стран.

В связи с актуальностью и финансово-экономическими перспективами нанотехнологического направления можно говорить о новой парадигме образования, которая ориентирована на получение обучающимися новых и быстро обновляющихся знаний междисциплинарного характера.

Одним из лидеров по развитию нанотехнологии в мире являются США. В системе университетского образования США эффективно реализуются различные nanoобразовательные программы, курсы для студентов, аспирантов, научных сотрудников и преподавателей. Основные задачи nanoобразования решаются в тесной интеграции учебных заведений с научно-исследовательскими институтами и центрами. С 2000 г. в США действует программа «Национальная нанотехнологическая инициатива». Аналогичные программы действуют в 50 странах мира. Так, система нанотехнологического образования США объединена в 5 сетей на базе университетов, национальных

лабораторий и министерств. Под эгидой Нанотехнологической инициативы США созданы 17 университетских центров нанотехнологий, при НАСА действуют 4 структуры, при министерстве энергетики – 5 и министерстве обороны – 3.

Одной из ведущих стран в сфере нанотехнологии является Великобритания, которая располагает широкой сетью исследовательских институтов и университетов для проведения научно-исследовательских работ в разных областях науки. Великобритания является признанным мировым лидером в области научных исследований. 54% научных исследований, проводимых в стране, являются самыми передовыми в мире и оцениваются как «образец качества». Нанотехнологическое направление входит в число приоритетных исследовательских направлений британских вузов. Университеты страны успешно осуществляют и подготовку специалистов для работы в наноиндустрии. Так, в учебный процесс вузов Великобритании были введены программы по нанонауке и нанотехнологии, которые рассчитаны на подготовку бакалавров и магистров. Образовательные программы в области нанотехнологии разработаны так, чтобы максимально сконцентрировать внимание студентов на фундаментальных проблемах нанотехнологии. В течение учебного года студенты посещают лекции, практические и лабораторные занятия, семинары, активно вовлекаются в исследовательский процесс, работают в научно-исследовательских группах.

Образовательные программы, используемые вузами, направлены, прежде всего, на обеспечение качественной подготовки специалистов в области нанотехнологии и решают такие ключевые задачи образования: как предоставить обучающимся современные знания; как обеспечить практическую подготовку специалистов; как создать условия для получения теоретических и практических знаний в области нанотехнологии путем сбалансированного сочетания лекций с использованием моделирования, программного обеспечения и лабораторных занятий.

Успешно развивают нанотехнологическое направление Япония, Китай, страны Европейского Союза. Так, в Японии на базе министерства образования, культуры, спорта, науки и технологий создана нанотехнологическая исследовательская сеть. Япония многие годы успешно развивает такие направления

как информационные технологии и проблемы окружающей среды. А Китайский нанотехнологический центр фактически объединил под своим началом все университеты и лаборатории страны, которые осуществляют подготовку специалистов-нанотехнологов и проводят научные исследования в этой сфере. В Европе в последние годы активно создаются десятки исследовательских лабораторий, финансируемых национальными и международными программами в области нанотехнологии.

Сегодня к научным исследованиям в сфере нанотехнологии привлечены все ведущие университеты мира. За последние годы в мире созданы и успешно функционируют 16 тыс. нанотехнологических компаний и центров. Мощными игроками на рынке нанотехнологий стали такие страны как Германия, Франция, Великобритания, Италия. Так, Германия в последнее время интенсивно занимается полупроводниковыми нанотехнологиями. Чаще всего они работают с кремнием. Широкое применение получили кремниевые нанотрубки, пористый кремний, квантовые точки на основе кремния и германия.

Развивают нанотехнологическое направление и страны бывшего Советского Союза. Среди них лидером является Российская Федерация. В 2002 г. принят документ «Основы политики Российской Федерации в области развития науки и технологий на период до 2010 года и дальнейшую перспективу», в котором нанотехнологии заняли ведущее место. Правовую базу нового направления составили Стратегия развития nanoиндустрии и «Программа развития nanoиндустрии в Российской Федерации до 2015 года». Целью принятых документов стало создание национальной нанотехнологической сети, в которую войдут ведущие университеты страны и научно-исследовательские институты. Активные работы были начаты в 2007 г., когда на базе ведущих университетов стали создаваться первые нанотехнологические научно-образовательные комплексы. С 2008 г. основой формирования национальной нанотехнологической системы стала Федеральная целевая программа «Развитие инфраструктуры nanoиндустрии в Российской Федерации на 2008–2011 гг.». В рамках программы предусмотрено формирование 31 научно-образовательного комплекса, которые будут обеспечивать подготовку кадров для nanoиндустрии. Сегодня 157 вузов России готовят специалистов по направлению «На-

нотехнология», в составе которого две специальности: «Нанотехнологии в электронике» и «Наноматериалы». Так, в 2011 г. в России по специализированным программам по нанотехнологии в вузах обучение проходят более 3 тыс. студентов, из них в области нанoeлектроники около 100 человек.

Обучение специалистов в сфере нанотехнологии обеспечивается многоуровневой системой: получение степени бакалавра в одной из областей наук; обучение на уровне магистра в области нанонауки и нанотехнологии; аспирантская и докторская подготовка по нанотехнологии.

По мнению специалистов, Россия серьезно отстала от ведущих стран мира с введением в программы вузов этих двух специальностей. Талантливая молодежь очень важна для эффективного развития nanoиндустрии [6, с. 83]. Nanoотрасли требуют не только высокого уровня образования специалистов, но и понимания ими интегрированных знаний из области естественно-математических, технических и гуманитарных наук. Программа подготовки нанотехнологов охватывает фундаментальные науки (математика, физика, химия, микробиология и т. д.), инженерные (механика, электротехника, биохимия, генетика и т. д.), информационные науки (молекулярное кодирование, биовычисления, информационное моделирование и т. д.). Таким образом, нанотехнологии ломают узкопрофессиональную подготовку специалистов.

Развитие и внедрение нанотехнологий — это системная задача, а многофакторность выделяет ее как специфическую область междисциплинарных научных и инженерных знаний. Поэтому вопрос подготовки научных, инженерных и рабочих кадров потребовал разработки нетрадиционных специальных образовательных программ разного уровня: это курсы лекций, лабораторные работы и учебные пособия для специалистов, желающих получить второе высшее образование; программы для переподготовки и повышения квалификации преподавателей вузов, школ, работников производственной сферы nanoиндустрии; образовательные программы для студентов начиная с третьего курса; факультативы для школьников, учащихся технических училищ с максимально возможным внесением элементов «нано» в учебные программы по физике, химии, биологии, информатике. Так, для обеспечения процесса обучения в школах и университетах России работают 200 наноклассов, оснащенных современным оборудованием и приборами.

Осознавая важность формирования условий для устойчивого развития системы подготовки, переподготовки и закрепления кадров в nanoиндустрии, Наблюдательный совет госкорпорации РОСНАНО утвердил концепцию образования в сфере нанотехнологии в России. К 2016 г. РОСНАНО намерена создать целый комплекс, состоящий из 100 образовательных программ по подготовке и переподготовке кадров для nanoиндустрии.

По прогнозам специалистов, потребность в кадрах для nanoиндустрии, например, в США составит 0,9 млн. человек, в Японии — 0,6 млн. человек, в Европе — 0,4 млн. человек. В России этот показатель составил 25 тыс. человек, т. е. в 35–40 раз меньше, чем в США, что свидетельствует о стратегическом отставании страны. С открытием в России в 2003 г. нового направления подготовки специалистов по нанотехнологии ведущие вузы страны развернули активную работу. В 2006 г. создан факультет nano-, био-, информационных и когнитивных технологий в Московском физико-техническом институте. В 2007 г. образован Физико-технический институт на базе Иркутского государственного технического университета, готовящий специалистов по направлению «Нанотехнология».

Лидером nanoнаправления среди российских вузов является Московский государственный университет (МГУ) им. М. В. Ломоносова. В рамках программы «Инновационный университет» на факультете наук о материалах МГУ создана система инновационного образования, в которой студенты и аспиранты активно привлекаются к научным исследованиям в области наноматериалов. В университете успешно функционирует научно-образовательный центр по нанотехнологии. Его задача — усилить технологическую составляющую классического образования. В рамках реализации межфакультетских программ из студентов четвертых курсов формируются группы по специальностям «Наносистемы и nanoустройства» (для студентов-физиков), «Функциональные наноматериалы» (для студентов-химиков) и «Нанобиотехнологии и нанобиоматериалы» (для студентов химического и биологического факультетов). Кроме того, при МГУ функционирует общественный Совет по формированию системы эффективного образования в области нанотехнологии и наноматериалов. Совет является координационным органом, который занимается обобщением

нием передового опыта ведущих вузов России по направлению «Нанотехнология» и формирует общую стратегию этой работы. Ныне в 56 городах России успешно работают 160 научно-образовательных центров.

Вопрос о необходимости кардинальных изменений в образовательной системе России в области подготовки кадров для наноиндустрии давно назрел [7, с. 93]. Ключевой задачей на данном этапе является подготовка и формирование своего рода «спецназа», группы высококвалифицированных специалистов, обладающих современными знаниями в области физики, химии, биологии, медицины, прикладной и вычислительной математики, электроники, материаловедения, машиностроения. Современный специалист-нанотехнолог должен обладать глубокими теоретическими и практическими знаниями, уметь их гармонично объединять в процессе работы. Направления деятельности таких специалистов — проведение научных исследований на атомном и молекулярном уровнях, создание новых видов материалов и уникальных образцов оборудования для исследовательской работы [8, с. 70]. Подготовка таких специалистов требует специальной учебной и учебно-методической литературы по нанотехнологиям, а также дорогостоящего оборудования, которое вуз способен приобрести только при поддержке государства.

Таким образом, образование в сфере нанотехнологии — это достаточно сложный и дорогостоящий процесс, доступный не всем, а лишь ограниченному числу стран. Россия относится к числу стран, активно развивающих нанотехнологическое направление [9, с. 30]. В его развитие она вложила порядка 150 млрд. руб. Так, только на развитие сети нанотехнологических технопарков корпорацией РОСНАНО было выделено 19 млрд. руб.

Основными для России стали десять приоритетных направлений, связанных, в первую очередь, с полупроводниковыми технологиями, частично с информационными технологиями. Так, только в 2012 г. Россией было произведено продукции, связанной с нанотехнологиями, на сумму 211 млрд. руб. Выпуск такой продукции осуществляется предприятиями и организациями 54 регионов России. Среди них лидирует Татарстан (68 млрд. руб.), Москва (64 млрд. руб.), Санкт-Петербург (29 млрд. руб.). По объему инвестиций в нанотехнологии Россия занимает одно из ведущих

мест в мире, но по числу научных публикаций по нанотехнологической тематике российские ученые находятся на 12 месте из 152 стран мира. Для эффективной координации и создания благоприятных условий для развития наноиндустрии в России была создана нанотехнологическая сеть. В 2012 г. в нее входило 600 организаций, в том числе 40 вузов России.

Успешное развитие нанотехнологического направления в России серьезно сдерживается отсутствием внутреннего рынка продукции нанотехнологии. По мнению экспертов, Россия по этому направлению отстает от передовых стран мира на 7–10 лет. Положение осложняется еще и тем, что классическая модель инновационного развития, основанная на стимулирующей роли рынка в запуске инноваций в производство, в России так и не заработала. Крупные государственные и частные компании в своем большинстве не заинтересованы во внедрении отечественных разработок, им дешевле использовать зарубежные технологические и технические достижения, а малый или средний бизнес не располагает для этого нужными средствами.

Несмотря на ряд серьезных проблем в развитии наноиндустрии в России, можно констатировать тот факт, что нанотехнологиями в стране занимаются повсеместно. Опыт России по развитию этого направления свидетельствует о реальной поддержке со стороны государства и существенных научных результатах, полученных российскими учеными. Россия вывела проблему развития нанотехнологии на национальный уровень, включив ее в число приоритетных направлений и обеспечив необходимыми инвестициями.

Осознание необходимости объединения усилий в подготовке кадров для инновационного развития национальных экономик, в том числе для наноиндустрии, и в проведении научных исследований дает новый импульс для развития международного научно-технического сотрудничества. В этих условиях многократно возрастает роль научных коммуникаций. Трудно переоценить значение стажировок ученых в зарубежных исследовательских центрах, личных контактов с коллегами и обмена опытом и идеями. Международное научно-техническое сотрудничество рассматривается странами бывшего Советского Союза в качестве одного из приоритетных направлений развития [10, с. 28].

Несмотря на непростой характер взаимоотношений России и Украины в постсоветский

период, их взаимодействие в сфере нанотехнологии развивалось достаточно динамично. Началом сотрудничества в сфере нанотехнологии считается 1999 г., когда были разработаны и подписаны концепция, структура и меморандум совместной украино-российской программы «Нанозифика и нанозлектроника». Аналогичная программа была подписана Украиной и с Германией, которая открыла доступ украинским ученым к современному оборудованию и приборам.

К 2004 г. украино-российская программа включала 32 научно-исследовательских и опытно-конструкторских проекта. Период 2000–2003 гг. ознаменовался завершением 12 совместных проектов [11]. Научными направлениями сотрудничества в рамках программы стали: нанозифика, нанотехнологии, энергосберегающие технологии, нетрадиционные источники энергии, биотехнологии, новые материалы, экология, исследования космического пространства, рациональное природопользование [12, с. 42].

Эффективным инструментом реализации инновационной стратегии развития постсоветского пространства с учетом приоритетного развития нанозиндустрии стал Международный инновационный центр нанотехнологии. Этот проект был инициирован в 2009 г. Объединенным институтом ядерных исследований. Статус основателя международного инновационного центра получила НАН Украины. В структуру центра вошли центр коллективного использования оборудования, научно-образовательный центр и центр трансфера технологий.

Перспективной формой сотрудничества в сфере нанотехнологии, направленной на формирование кадровой основы для нанозиндустрии, стала организация высших курсов для молодых ученых, аспирантов и студентов вузов СНГ по современным методам исследований наносистем и наноматериалов [13, с. 79]. Обучение на курсах только в 2009 г. прошли более 60 человек из десяти стран Содружества, в том числе из Украины. Слушатели курсов получили возможность познакомиться с новейшими методами проведения исследований в области нанотехнологии, обменяться исследовательским опытом.

Перспективными формами сотрудничества в сфере подготовки кадров для нанозиндустрии в рамках СНГ стали стажировки научных сотрудников на приборной базе крупных

научно-исследовательских центров, создание электронного каталога учебной и учебно-методической литературы по нанотехнологии, академические обмены между научными и образовательными учреждениями, включая совместную аспирантуру и докторантуру, организация научно-методического обеспечения непрерывного образовательного цикла в сфере нанотехнологии, конференции, олимпиады для ученых, студентов и школьников. Особое внимание было уделено возможностям дистанционного обучения и организации образовательных порталов.

Примером успешного сотрудничества и эффективной формой взаимодействия украинских и российских ученых стала организация в Украине совместного центра нанотехнологии, который открылся в октябре 2011 г. в Национальном техническом университете Украины (НТУУ) «Киевский политехнический институт». Центр «Нанозлектроника и нанотехнологии» создан для выполнения задач целевой научно-технической программы «Наука в университетах 2008–2012 гг.» и Государственной научно-технической программы «Нанотехнологии и наноматериалы на 2010–2014 гг.». Основными направлениями деятельности центра стали: проведение исследований и разработок в отраслях нанозифики и нанозлектроники, создание конкурентоспособной на мировых рынках нанозродукции и организация эффективной системы подготовки специалистов по нанозифике и нанозлектронике. Материально-технической базой центра стал единственный в Украине модульный нанотехнологический комплекс «НаноФаб», обеспечивающий экспериментальное производство продукции нанозлектроники и отработку новых технологий. Открытие в Киевском политехническом институте современного нанотехнологического центра обеспечило создание уникальной образовательной среды, объединяющей подготовку высококвалифицированных специалистов и научные исследования в области нанотехнологии в рамках одной организационной структуры, что позволит вывести их на качественно новый уровень.

Украина многие годы успешно развивает международное сотрудничество в сфере нанотехнологии не только со странами СНГ, но и с мировыми лидерами этого направления — США, странами Европейского Союза, Японией, Кореей, Китаем. НАН Украины имеет 50 международных соглашений о сотрудни-

честве с разными странами мира в области нанотехнологии. Так, ученые НАН Украины активно работают с британскими исследователями над созданием акустического аналога лазера.

В марте 2014 г. успешно стартовал международный образовательный проект Европейского Союза ТЕМПУС в области инженерного материаловедения. Инициатором и организатором образовательного консорциума вузов стал Приазовский государственный технический университет. Участниками проекта выступили 16 вузов Бельгии, Германии, Израиля, Польши, Франции, России и Украины. Со стороны Украины в проекте участвуют четыре вуза – Приазовский технический университет, НТУУ «Киевский политехнический институт», Национальный университет «Львовская политехника» и Луцкий технический университет. Цель проекта – повышение качества инженерного образования на основе модернизации учебных планов подготовки бакалавров и магистров.

Использование различных форм международного сотрудничества в сфере нанотехнологии стало важным фактором перехода к инновационной модели развития и повышения конкурентоспособности национальных экономик в условиях преодоления мирового кризиса и нарастающей конкуренции в мировой наноиндустрии. Законом Украины «Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні» были определены приоритетные направления деятельности на 2003–2013 годы. К числу приоритетных направлений, которые Украина стремится развивать, относятся нанотехнологии. В той или иной степени нанотехнологии присутствуют в каждом из направлений инновационной деятельности. Это прежде всего создание новых источников энергии, новых покрытий для машиностроения, новых нанодисперсных материалов разного назначения, новых видов лекарств и методов диагностики, новых методов и технологий защиты окружающей среды и т. д. Таким образом, нанотехнологии являются одним из ключевых факторов достижения прогресса на стратегических для Украины направлениях развития [14, с. 5].

До 2003 г. украинская наука не имела собственной программы развития высоких технологий. Академическая программа «Наносистемы, наноматериалы и нанотехнологии» стала важным фактором создания в Украине

информационного общества и наноиндустрии. Эта программа, прежде всего, позволила провести инвентаризацию работ и разработчиков нанотехнологий, организовать чтение лекций в ряде вузов Украины, закупить несколько единиц уникального оборудования. Подобные программы действуют в передовых странах мира. Они направлены на достижение мирового уровня в нанотехнологии, решение важнейших социально-экономических и экологических проблем, активного участия в глобальных экономических и технологических процессах. Программа также предусматривает решение таких задач как привлечение молодых специалистов к исследовательской деятельности, разработка и методическое обеспечение учебных курсов по наносистемам, эффективное проведение нанотехнологических исследований.

В Украине фундаментальные и прикладные исследования в области нанотехнологии осуществляются на протяжении последних десяти лет в рамках тем ведомственного заказа НАН Украины, грантов Минобразования и науки Украины, прямых контрактов с промышленностью. Так, по мнению академика А. Г. Наумовца, Украина активно работает в сфере нанотехнологии и имеет весомые результаты в сфере физики, химии поверхностей, электрохимии и сварки капилляров, катализа, медицины и других направлений. Украинские ученые на достаточно высоком научном уровне проводят исследования по созданию наноматериалов, работают над изучением физических, физико-химических, биохимических основ наноауки, нанотехнологии и наномедицины. Изучение этих вопросов поможет не только понять атомно-молекулярные процессы в окружающем мире, но и разработать методы борьбы с загрязнением окружающей среды, создать экологически чистые источники энергии, новые методы очистки воды, биотехнологические производства.

По мнению многих авторитетов мировой науки, достижения украинских ученых в таких областях как фундаментальное материаловедение соответствуют высокому международному уровню. Так, об уровне исследований ученых Института сверхтвердых материалов НАН Украины свидетельствует большое количество публикаций в зарубежных научных журналах, в журналах с высоким импакт-фактором, а также высокий индекс цитирования работ сотрудников института. Сегодня Украина способна лидировать на мировом рынке по

таким направлениям как суперконденсаторы, синтез порошков, биоимплантанты, биомаркеры, аморфные материалы, мембраны различного назначения и материалы трения. Страна может сделать существенный рывок в развитии нанонаправления, поскольку имеет месторождения циркония, а, как известно, оксид циркония составляет основу топливных ячеек. В этом направлении в Украине активно работает Институт проблем материаловедения НАН Украины, создавая наноструктурную керамику, которая является их ядром. Активно развивая эти направления, Украина получит реальную возможность расширить национальный высокотехнологический сектор экономики.

Как свидетельствует опыт развитых стран мира, нанотехнологии требуют больших инвестиций. Только при высоком уровне финансирования Украина сможет создать новые научные лаборатории и научно-образовательные центры, оснастить их современным оборудованием, организовать эффективную подготовку нанотехнологов в вузах страны. На решение этих задач была направлена Государственная программа развития нанотехнологий и наноматериалов на 2010–2014 годы. Программой было запланировано создание четырех научно-образовательных центров, а также создание в ведущих вузах страны базовых кафедр по специальностям «Нанозифика», «Наноэлектроника», «Наномедицина», «Наноматериалы». Однако социально-экономическая и политическая ситуация в стране не позволила реализовать в полном объеме программу по развитию нанотехнологии в Украине.

Следует отметить, что несистемный характер инновационной деятельности в Украине, серьезные проблемы с финансированием наложили отпечаток на развитие нового нанотехнологического направления. В Украине нанотехнологии развиваются медленными темпами. Так, из-за финансовых ограничений в стране не удалось создать необходимую технологическую базу для развития нанотехнологических исследований. Ее слабость и неразвитость привела к тому, что украинские ученые, не имея нужного оборудования и приборов, вынуждены опираться в своей работе на силы зарубежных исследовательских центров. Отсутствие необходимого оборудования существенно сдерживает или делает невозможным проведение нанотехнологических исследований, серьезно затрудняет под-

готовку кадров для nanoиндустрии. Сегодня в большинстве украинских университетов нет современного оборудования, а от этого напрямую зависит подготовка нанотехнологов. По мнению многих ученых, Украине необходимо как минимум десять лет, чтобы развитие нанотехнологии могло достичь необходимого уровня. В большой степени это будет зависеть от эффективности реформирования образовательной системы, заинтересованности бизнеса, поддержки государства и развития высокотехнологичных секторов экономики. Подготовка квалифицированных кадров для nanoиндустрии тесным образом связана с проблемой создания в Украине рабочих мест для такой категории специалистов как нанотехнологи. Организация в Украине высокотехнологичных производств позволит решить проблему занятости кадров.

Процессы реформирования в Украине сопровождались динамичными изменениями в системе образования. Появились новые учебные заведения, кафедры, обеспечивающие новые направления подготовки кадров, образовательные программы и учебные курсы. Так, в перечень профессий с 2011 г. в Украине были включены новые специальности 7.05080101 «Микро- и наноэлектронные приборы и устройства», 7.05080102 «Физическая и биомедицинская электроника» и 7.05080103 «Микроэлектронные информационные системы».

Нанотехнологии – это перспективное направление науки и техники, которое нуждается в специалистах, глубоко владеющих современными знаниями в разных областях, готовых трудиться в условиях жесткой конкуренции и способных к самообучению и самосовершенствованию. За создание в Украине академического университета, который будет заниматься подготовкой кадров для высокотехнологичных секторов экономики, высказались участники круглого стола «2025: новые демографические вызовы для Украины», организованного Институтом демографии и социологических исследований НАН Украины в 2011 г. По мнению ученых, страна обязана развивать высокие технологии. В противном случае потеря темпов развития и овладения этими технологиями может надолго отбросить украинскую науку и промышленность на задворки прогресса. Поэтому открытие международного форума «Инновации и высокие технологии», по мнению его организаторов НАН Украины и компании LMT Corporation, долж-

но способствовать популяризации новейших технологий, привлечь инвестиции, объединить усилия ученых, технологов, конструкторов для достижения весомых результатов в сфере нанотехнологии. Стремление вузов и научных учреждений к внедрению и коммерциализации научно-технических разработок, соответствующих высоким стандартам, является залогом устойчивого экономического развития страны, а проведение таких форумов является своеобразным мостом, объединяющим образование, науку и производство. На форуме было представлено более 70 экспонатов из Украины, России, США, Японии, Германии, Чехии и других стран. В рамках форума работала выставка научных достижений вузов. В ее работе активное участие взяли Ужгородский национальный университет, Хмельницкий национальный университет, Киевский национальный университет. Так, Хмельницкий национальный университет на выставке представил 10 своих разработок, которые уже были внедрены в производство. Университет имеет 50 готовых проектов для реализации в промышленное производство.

Весомый вклад в становление и развитие в Украине нанотехнологического направления вносят вузы страны. Они не только проводят нанотехнологические исследования, но и готовят высококвалифицированных специалистов. Так, современным образовательным и научным центром сегодня является Харьковский национальный университет радиоэлектроники. В университете успешно проводятся фундаментальные и прикладные научно-исследовательские работы по таким направлениям как микро- и нанотехнологии, нанофизика. Университет – активный участник межведомственной программы «Нанофизика и наноэлектроника». Исследования, проводимые учеными университета в рамках программы, затрагивают такие проблемы как микро- и спектроскопия, наноэлектроника, наномедицина, робототехника. Благодаря активному развитию организационных форм международного сотрудничества университет имеет возможность участвовать в научных исследованиях, проводимых зарубежными вузами и исследовательскими центрами по нанотематике. Университет также работает в рамках 11 договоров о сотрудничестве с НАН Украины. Результатом совместной работы с академической наукой стало создание восьми филиалов кафедр вуза в институтах НАН Украины.

Многие вузы Украины сегодня активно развивают нанотематику и выстраивают систему подготовки нанотехнологов. К их числу относятся НТУУ «Киевский политехнический институт», Национальный технический университет (НТУ) «Львовская политехника», Национальный горный университет, Харьковский политехнический институт, Донецкий политехнический институт, Восточноукраинский национальный университет, Прикарпатский национальный университет, Черновицкий национальный университет, Киевский национальный университет им. Тараса Шевченко, Львовский национальный университет и др.

В Черновицком национальном университете подготовку специалистов в области нанотехнологии обеспечивает кафедра неорганической химии и кафедра физики полупроводников и наноструктур. Студенты кафедр стали инициаторами создания фонда «Буковина инновационная». Одно из направлений фонда «Букнанотех» занимается разработкой и реализацией наноматериалов и приборов. Идея создания такого направления принадлежит студентам кафедры неорганической химии университета. Проектом заинтересовались ученые Института биохимии НАН Украины и Института прикладных проблем физики и биофизики НАН Украины.

Эффективной формой, позволяющей органично соединить учебный процесс и исследовательскую работу, являются научно-образовательные центры (НОЦ) нанотехнологий. Украина приступила к созданию таких структур как НОЦ сравнительно недавно. Так, в 2007 году в Национальном горном университете был открыт НОЦ по программе «Стойкость геотехнических систем». В 2009 году в Ивано-Франковске открыли НОЦ «Наноматериалы в устройствах генерирования и накопления знаний». НОЦ был создан при Прикарпатском национальном университете. Его деятельность направлена на повышение энергоэффективности источников и накопителей электроэнергии.

В 2011 году в Украине был создан учебный центр нанотехнологии «Физика, химия и технология наноструктур». Основными направлениями его деятельности стали исследовательская работа в области нанотехнологии и подготовка молодых ученых. В его создании активно участвовали научные сотрудники Института физики полупроводников, Инсти-

туда физики, Института металлофизики НАН Украины, Прикарпатского национального университета, Черновицкого национального университета, а также Государственного педагогического университета.

Основными целями таких инновационных структур как НОЦ в сфере образования стали:

- обеспечение образовательной деятельности в области подготовки и переподготовки кадров для nanoиндустрии;

- обеспечение взаимодействия с академической и отраслевой наукой для повышения эффективности образовательного и исследовательского процесса;

- участие в разработке образовательных программ и популяризация знаний в сфере нанотехнологии с целью формирования новой технологической культуры.

Ключевыми проблемами как для украинской, так и для российской науки являются не только низкие объемы финансирования, но и невостребованность научных результатов экономикой обеих стран. Основная задача Украины и России – возрождение промышленности высоких технологий [6, с. 89]. Для этого нужны такие структуры как НОЦ, исследовательские лаборатории, в работу которых будет активно вовлечена студенческая молодежь.

В последние годы в мире создано свыше 16 тысяч наноконструкций, которые, опираясь на передовые научные разработки, создают новые образцы продукции с применением нанотехнологии. Украина, активно развивая нанонаправление, работает над созданием нанотехнологических компаний. Успешным примером сотрудничества науки, образования и бизнеса стала работа компании «Нано-материалы и нанотехнологии». Созданная в 2007 году, компания специализируется на разработке, производстве и внедрении наноматериалов и оборудования. Основными сферами ее научной и производственной деятельности являются: фармацевтика, ветеринария, пищевая промышленность, животноводство и растениеводство. Компания имеет действующее промышленное производство, более 300 патентов в области нанотехнологии, наноматериалов и нанопроductов. Она тесно сотрудничает с ведущими научными организациями – Национальной академией наук Украины, Национальной академией медицинских наук Украины, Национальной академией аграрных наук Украины, а также с вузами страны.

Примером взаимовыгодного партнерства науки и бизнеса в инновационной сфере может служить компания «Нанотехнологии в медицине» («НаноМедТех»), презентация которой состоялась в Международном центре электронно-лучевых технологий Национальной академии наук Украины. Она создана для промышленного внедрения передовых научных разработок украинских ученых в сфере нанотехнологии. Первым масштабным проектом, к реализации которого приступила компания, стало промышленное производство наночастиц металлов, оксидов металлов и других материалов по уникальному методу электронно-лучевого осаждения в вакууме. Эта технология, разработанная в Институте электросварки НАН Украины, не имеет аналогов в мире.

Проблемы подготовки кадров для науки и технологий демонстрируют социологические опросы аспирантов, магистров и студентов. Кризис в экономике и науке Украины, продолжающийся более 20 лет, усугубил проблему кадрового обновления научной сферы. Четко фиксируются проблемы разрыва преемственности в усвоении исследовательских навыков, разрыва в поколениях исследователей, резкого снижения привлекательности научного труда и профессии ученого. Во многих институтах и университетах молодые исследователи выполняют вспомогательную, техническую, нетворческую, непривлекательную работу, что отбивает охоту к инициативе и творческому поиску. Даже будучи включенными в актуальные научные проекты, молодые не чувствуют ответственности и не вырабатывают навыки ответственного отношения к делу. В настоящее время из-за кадрового старения в науке и высшем образовании практически невозможна даже минимальная карьера молодых исследователей, должностное продвижение, допуск к научному менеджменту. Это представляет серьезный фактор непривлекательности труда в научной и технологической сферах. Нередко молодежь идет в науку не только из интереса к исследовательской деятельности, но и для решения личных проблем (стремление получить степень для успешного трудоустройства в бизнесе, избежать службы в армии, определиться с профессией и «найти себя» в условиях свободного рабочего графика и т. д.). Целесообразен перевод ответственности за карьерный рост ученого с аморфного административного уровня на конкретный проектный уровень.

Искусственное влияние молодежи в продуктивные коллективы и на успешные предприятия без учета опыта и тенденций может стать и вредным фактором, вызывающим истощение потенциала организации. Конечно, если организация лишь имитирует научную деятельность, особого вреда от приема в штат немотивированных и плохо подготовленных молодых сотрудников не будет. Даже в условиях кадрового дефицита молодых необходим конкурсный набор новых сотрудников, обязательный анализ реальных потенций соискателя и рекомендаций его руководителей и преподавателей. Для удержания молодежи в науке также важен проектный принцип рекрутирования молодежи. Замечательно, если молодой берут не столько на должность, сколько на конкретную роль в проекте. Для того, чтобы молодой человек мог планировать научную карьеру, проект должен быть амбициозным и составлять по длительности не менее 4–5 лет.

Социологические и науковедческие исследования показывают, что обучение приемам научной работы малоэффективно, если разница в возрасте наставника и обучаемого 25 лет и более. Для обучения молодого исследователя методике научной работы, тонкостям экспертизы, элементам научной этики необходимо передаточное звено между заслуженными исследователями и начинающими учеными. Это передаточное звено – среднее в возрастном отношении поколение. Рекрутирование молодежи в организацию, где нет хотя бы малой прослойки активных ученых среднего возраста, дело скорее всего неперспективное. Ныне в постсоветских академиях наук ощущается даже больший дефицит среднего возрастного поколения, чем молодого.

Десятилетия стагнации научной системы наложили мрачный отпечаток на состояние исследований. Недостаточная актуальность исследовательских направлений в украинской науке, трудности реализации и коммерциализации результатов работы, слабая научная коммуникация, нетворческая атмосфера в научных коллективах, достигшая апогея бюрократизация отталкивают от науки способную молодежь. Мотивация молодежи к научной работе крайне низка. Среди основных факторов, препятствующих выбору научной карьеры, – низкая оплата труда, отсутствие необходимой материальной базы для исследований, плохие социальные условия.

Одна из главных причин выбора научной карьеры – стремление к творчеству. Если условия для творчества не складываются, то рано или поздно происходит либо деградация, либо уход из науки. Но творческая атмосфера присутствует далеко не везде.

Одним из главных факторов нежелания молодежи работать в науке (кроме низкой зарплаты, отсутствия перспектив роста, устарелой организации, отсутствия творческой атмосферы) является физическая и моральная устарелость материально-технической и приборной базы исследований. Помещения даже академических учреждений забиты аппаратурой 70–80-х годов прошлого века, в университетах инфраструктура исследований часто вообще разрушена. Едва ли в таких условиях есть надежда приблизиться к переднему краю науки.

Реальным фактором приобщения молодых ученых к актуальной научной тематике и к практике публикаций в международных рейтинговых журналах выступает международное сотрудничество, творческое и ответственное участие в международных проектах. Это реальная школа подготовки к современным исследованиям. В отечественной науке продолжают доминировать принципы, подходы, структура, методология науки индустриального типа, в то время как в развитых странах произошел переход к науке информационного, знаниевого общества, которая даже в этическом и ценностном отношении в чем-то противоположна науке индустриального типа.

Проблема «закрепления» молодежи в науке стоит значительно острее, чем проблема ее приобщения к исследовательской деятельности. По мнению студентов, чтобы научно-исследовательская работа стала более привлекательной, необходимо: оплачивать работу студентов; существенно обновить лабораторную базу; привлекать к организации исследовательских работ наиболее талантливых ученых; давать студентам больше самостоятельности; использовать их не только на технической работе. Только при выполнении этих условий научно-исследовательская работа поможет расширить профессиональные знания, развить исследовательские способности, обеспечить быструю адаптацию на рабочем месте. Для этого необходимо вкладывать средства в обновление оборудования для практиков, учебно-экспериментальной и

научной работы, а также поддерживать кооперационные связи с научными учреждениями, на базе которых может проводиться обучение.

В Украине сохранилось элитное образование для высокотехнологизированных отраслей. Оно осуществляется на базе Московского физико-технологического института (МФТИ), где студенты обучаются очень напряженно первые четыре курса (Украина платит им стипендию за учебу), а два последних года (магистерский курс) – на базе институтов НАН Украины. Ныне это кафедры: физической металлургии и материаловедения (базовый Институт электросварки), молекулярной физиологии и биофизики (Институт физиологии), квантовой электроники, нелинейной оптики, голографии (Институт физики), физико-технологических проблем наноразмерных систем (Институт металлофизики), теоретической кибернетики и методов оптимального управления (Институт кибернетики). Эти специальности отвечают самым передовым рубежам новейших технологий в развитых странах. Набор на обучение – конкурсный, через специализированные физико-математические школы. Студенты в Москве и Киеве обеспечиваются общежитием, что немаловажно в нынешней ситуации. Эта система существует три десятилетия, с советского времени. Многие выпускники прежних лет нашли свое место и на предприятиях, и особенно в институтах НАН Украины, некоторые из них стали ведущими специалистами, докторами наук, часть уехала за рубеж.

Социологические опросы нынешнего поколения магистрантов показали новые проблемы с этой формой подготовки специалистов. На первое место почти все опрашиваемые ставят проблему научного оснащения украинских институтов, на базе которых очень трудно подготовить качественную магистерскую работу (выпускники получают престижный диплом МФТИ). Поэтому многие правдами и неправдами стремятся остаться в Москве и набирать материал для магистерской работы, несмотря на то, что из Киева требуют их выписывать из общежития и лишать стипендии. Эти многие приезжают в Киев только на экзаменационные сессии и аккордно сдают экзамены. Далее следуют: трудности с получением дополнительного заработка в Украине (в Москве многие под-

рабатывают в МФТИ), невозможность найти приемлемую работу по специальности в Киеве и Украине, трудности и дороговизна сообщения с Москвой, без чего нельзя обойтись, имея в виду диплом физтеха. И все-таки главная проблема – найти работу по специальности в Украине, поскольку высокотехнологизированных работающих предприятий здесь почти нет. Немалая часть выпускников поступает в аспирантуру институтов НАН Украины, но без особой охоты, поскольку это технологи, которые хотят работать на производстве и соответственно зарабатывать.

Последний год внес еще более жесткие коррективы в работу этой формы обучения. После крымских событий отпала большая группа магистрантов (в Крыму всегда была сильна физико-математическая школа). В МФТИ перепрофилировали некоторые специальности, в том числе физико-технологических проблем наноразмерных систем, и студенты этой специальности не возвратились в Киев. В результате в Киеве сейчас не более 10 магистрантов из бывших 30. Так обстоят дела с будущей научной и технологической элитой Украины.

Анализ развития образования в сфере нанотехнологии приводит нас к таким *выводам*.

➤ Нанотехнологии и нанообразование в ведущих странах мира прошли этап зарождения и сейчас находятся на этапе активного роста и совершенствования. Украина начала активно проводить работы по нанотематике с середины 2000-х годов с изучения академической наукой наночастиц.

➤ Нанотехнологии – новая сфера знаний, которой начинают овладевать украинские исследователи, промышленность и бизнес. Постепенно формируется технологическая база нового направления. Трудности с финансированием, а также несистемный характер инновационной деятельности в Украине серьезно затрудняют развитие нанонаправления. Ныне во многих университетах страны отсутствует современное оборудование и приборная база, что негативно сказывается не только на проведении нанотехнологических исследований, но и затрудняет процесс подготовки кадров для нанотехнологической сферы, так как в состав обязательных учебно-научных программ, обеспечивающих подготовку по направлению «Нанотехнологии», должно входить специальное технологическое и диагностическое оборудо-

вание, необходимое для формирования умений и практических навыков работы будущих специалистов. Серьезная проблема в сфере нанотехнологии – необходимость дорогостоящего оборудования, которое университет или школа могут приобрести только при активном содействии государства.

➤ Нанотехнологии – междисциплинарная область исследований, вовлекающая и объединяющая множество дисциплин от фундаментальной физики и химии до квантовой механики, нейрофизиологии и социогуманитарных наук. В этой связи важное значение приобретает коммуникация ученых и специалистов разных отраслей. В Украине идет поиск интеграционных форм взаимодействия академической науки, университетского образования, производства и бизнеса в вопросах подготовки современных специалистов для nanoиндустрии, проведения совместных исследований и использования уникального, дорогостоящего оборудования.

➤ Как свидетельствует опыт зарубежных стран, качественная подготовка специалистов по нанотехнологии является дорогостоящим процессом, требующим значительных вложений в создание современной учебной и материально-технической базы. В связи с этим следует шире вовлекать в решение задач nanoобразования потенциал академической и отраслевой науки, создавать межведомственные исследовательские лаборатории. Особое внимание необходимо уделить развитию системы научно-образовательных центров, факультетов, кафедр, ориентированных на задачи nanoобразования. Совместные усилия должны быть направлены, прежде всего, на создание учебно-научного комплекса современных образовательных программ для разного уровня подготовки специалистов – от технического персонала до исследователей, занятых в сфере нанотехнологии, обеспечение учебной и учебно-методической литературой.

➤ Для успешного развития в Украине nanoобразования должна быть создана постоянно действующая система обновления содержания образования, оперативного корректирования учебных планов и программ.

➤ Образование в сфере нанотехнологии может помочь не только вырастить новое поколение инженеров, менеджеров, исследователей, вооружить технический и обслуживающий персонал современными знаниями и

практическими навыками, но и подготовить население страны к новым условиям проживания. Поиск методов и форм работы с населением – важная задача для образования, особенно в условиях, когда перед обществом возникают серьезные проблемы, связанные с клонированием, созданием генномодифицированных продуктов, влиянием наночастиц на среду обитания человека и его здоровье.

➤ Успешному развитию нанотехнологии способствовало международное научно-техническое сотрудничество. Украина в последние годы активно развивала научно-технические связи с зарубежными вузами, научными центрами, занимающимися нанотематикой, обменивалась опытом внедрения современных подходов в учебный процесс среднего и высшего образования в сфере нанотехнологии, работала над поддержкой перспективных образовательных проектов, связанных с внедрением в учебный процесс современных обучающих технологий и адаптацией зарубежных образовательных ресурсов.

➤ Новое для Украины нано направление нуждается в реальной, а не декларативной поддержке со стороны государственной власти, в создании благоприятных условий для развития nanoиндустрии. С ростом понимания необходимости модернизации национальной промышленности и развития высокотехнологических секторов экономики должно расти количество инициатив и государственных программ по развитию nanoиндустрии и созданию новых рабочих мест для специалистов-нанотехнологов. Государственная поддержка вузов и школ в сфере нанотехнологии должна быть направлена на создание системы подготовки учителей и преподавателей университетов, открытие базовых образовательных площадок по нанотехнологии в ведущих вузах Украины, организацию активного взаимодействия вузов и других организаций, занимающихся научными исследованиями в этой области, с целью формирования единого образовательного пространства в сфере нанотехнологии от средней школы до вуза.

При правильном анализе и понимании современных достижений нанотехнологии, тенденций и перспектив дальнейшего развития, концентрации ресурсов Украина сможет ликвидировать существующее технологическое отставание и занять свое место в мировой nanoиндустрии.

1. Головин Ю. И. Нанотехнологическая революция стартовала / Ю. И. Головин // Природа. – 2004. – № 1. – С. 25–36.
2. Нанотехнология в ближайшем десятилетии. Прогноз направления развития / Под ред. М. К. Роко, Р. С. Уильямса и П. Аливисатоса ; пер. с англ. – М. : Мир, 2002. – 135 с.
3. Шишов С. Е. Формирование кадрового потенциала для высокотехнологичной экономики / С. Е. Шишов // Нанотехнологии. Экология. Производство. – 2009. – № 2. – С. 62–68.
4. Данилов Д. Н. Образование в сфере нанотехнологии / Д. Н. Данилов, Е. Н. Кочергина // Российские нанотехнологии. – 2012. – № 1–2. – С. 12–20.
5. Балабанов В. Нанотехнологии. Наука будущего / В. Балабанов. – М. : Эксмо, 2009. – 68 с.
6. Алферов Ж. Новое направление подготовки – «Нанотехнология» / Ж. Алферов, Ю. Таиров, М. Астахов и др. // Высшее образование в России. – 2004. – № 6. – С. 82–90.
7. Роко М. Перспективы развития нанотехнологии: национальные программы, проблемы образования / М. Роко // Российский химический журнал. – 2002. – Т. 46. – № 5. – С. 90–95.
8. Жабрев В. А. Проблемы нанообразования, как зеркала общих проблем высшего образования России / В. А. Жабрев, В. И. Марголин // Нанотехнологии. Экология. Производство. – 2009. – № 2. – С. 69–76.
9. Третьяков Ю. Д. Проблема развития нанотехнологий в России и за рубежом / Ю. Д. Третьяков // Вестник РАН. – 2007. – Т. 77. – № 1. – С. 28–39.
10. Резникова О. Модернизация России и взаимодействие в СНГ / О. Резникова // Мировая экономика и международные отношения. – 2000. – № 3. – С. 26–32.
11. Сотрудничество России и Украины в области нанотехнологии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.old.nanonewsnet.ru/>
12. Чистяков Е. Интеграционный потенциал СНГ и его роль в развитии мирохозяйственных связей / Е. Чистяков // Экономист. – 1998. – № 6. – С. 41–45.
13. Иншаков О. В. Формы международного сотрудничества в сфере нанотехнологий: евразийский вектор / О. В. Иншаков, Е. И. Иншакова // Вестник Волгоградского госун-та. Серия 3. Экономика. Экология. – 2009. – № 2. – С. 74–82.
14. Шпак А. Цей карлик зробить світ невідомим / А. Шпак // Президентський вісник – 2004. – № 48. – С. 5.

Получено 10.02.2015

Т. В. Бессалова, В. И. Оноприенко

Освіта у сфері нанотехнологій

Нанотехнології стають чинником формування інноваційної економіки і нових можливостей, що дозволяють пройти шлях становлення і розвитку нової цивілізації з притаманними їй цінностями та ідеалами. Наведено докладну статистичну та фактологічну інформацію про тенденції в наноауці та наноосвіті в різних групах країн, у тому числі в СНД і особливо у Російській Федерації; про українсько-російську співпрацю в галузі нанотехнологій; про стан нанотехнологічних досліджень в Україні. Показано актуальність проблеми забезпечення цієї найважливішої кадровими ресурсами різного рівня, підготовка яких потребує не тільки великих витрат, а й методологічного забезпечення. Розкрито проблеми, пов'язані із залученням молоді в науку в Україні, зокрема в нанотехнологічні дисципліни. При аналізі проблеми наведено деякі результати соціологічних досліджень.

Ключові слова: *Нанотехнологія, освіта, освітня програма, наноіндустрія, наноаука, нанотехнолог, кадри, науково-освітній центр, міжнародна співпраця.*