

УДК 378:620.3:338.27

## СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ПРИОРИТЕТЫ ИЗУЧЕНИЯ НАНОФИЗИКИ И НАНОТЕХНОЛОГИЙ, КАК ФАКТОРА ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ

*Стадник А.Д., кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики и методики преподавания физики Сумского государственного педагогического университета имени А. С. Макаренка,*

*Мороз И.А., доктор педагогических наук, профессор, заведующий кафедрой физики и методики преподавания физики Сумского государственного педагогического университета имени А. С. Макаренка,*

*Ткаченко Ю.А., магистр, учитель физики коммунального учреждения Сумская специализированная школа I-III степеней имени Героя Советского Союза А. Бутка*

В статье рассматривается необходимость формирования современной системы нанообразования в Украине, как основы развития экономики страны. Обосновано необходимость сотрудничества государства, промышленных предприятий, научно-исследовательских и образовательных учреждений с целью формирования кадровой составляющей развития нанотехнологической сферы. На примере Сумской области представлены возможные участники региональной нанотехнологической сети и их направленность.

**Ключевые слова:** нанотехнологии, нанообразование, кадровая составляющая, региональная нанотехнологическая сеть, экономическое развитие.

Стадник О.Д., Мороз І.О., Ткаченко Ю.А.

## **СТРАТЕГІЧНІ ПРІОРИТЕТИ ВИВЧЕННЯ НАНОФІЗИКИ І НАНОТЕХНОЛОГІЙ, ЯК ФАКТОР ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ**

У статті розглядається необхідність формування сучасної системи наоосвіти, як основи розвитку економіки країни. Обґрунтовано необхідність співпраці держави, промислових підприємств, науково-дослідних і освітніх установ з метою формування кадрової складової розвитку нанотехнологічної сфери. На прикладі Сумської області представлені можливі учасники регіональної нанотехнологічної мережі і їх спрямованість.

***Ключові слова:** нанотехнології, наоосвіта, кадрова складова, регіональна нанотехнологічна мережа, економічний розвиток.*

Stadnyk O.D., Moroz I.O, Tkachenko Y.A.

## **STRATEGIC PRIORITIES OF STUDYING OF NANOPHYSICS AND NANOTECHNOLOGIES AS FACTOR OF ECONOMIC DEVELOPMENT**

In the article the need to form the nanoeducation system is regarded as basis of development of national economy. The need for cooperation of the state, industry, research institutions, educational institutions to formation of a personnel component for developments of a nanotechnological sphere is proved. Possible participants of a regional nanotechnological network and their orientation are presented on the example of Sumy region.

***Key words:** nanotechnologies, nanoeducation, personnel component, regional nanotechnological network, economic development.*

**Постановка проблемы.** Современное состояние отечественной экономики Украины на первый план выдвигает необходимость ее вывода из кризиса, модернизации и перехода на инновационный путь развития. Учитывая опыт высокоразвитых стран (США, Япония, Германия, Китай), следует констатировать, что в наше время основой роста и развития экономики и перехода к новому технологическому укладу является использование новейших

достижений науки, что получило общепринятое название – нанотехнологии. Одним из условий развития и внедрения нанотехнологий в нашей стране является подготовка соответствующих кадров в сфере нанообразования.

**Анализ последних исследований и публикаций.** В последнее время многие зарубежные (Лакхтаки А., Монк Р., Речемим А., Роко М., Шенк П., Юнкер М., Хамерс Р., Мур Дж., Браян Л. А., Дали С., Хатчинсон К., Комкина Т.А., Данилов Д. Н., Семенов В. С., Шигарева Е. Н.) и отечественные ученые (Корсак К. В., Касьянов Д. В., Косенко О. И., Пустовой О. М.) акцентируют внимание на необходимости изучения нанотехнологий в общеобразовательных и высших учебных заведениях. Следует также подчеркнуть, что зарубежные национальные программы в области нанотехнологий (Национальная нанотехнологическая инициатива в США, Стратегия развития нанотехнологий в Японии, межотраслевая программа «Наноинициатива 2010» в Германии, шестая и седьмая Рамочные программы ЕС, Европейская стратегия развития нанотехнологий) многих промышленно развитых стран ориентированы не только на научную или военную сферы их применения, а рассматривают нанообразование как фактор социально-экономического развития [1; 3; 4].

При этом, опора нанотехнологий на нанофизику позволит управлять комплексом физических свойств новых материалов:

- механические: увеличение твердости и пластичности, предела текучести;
- электрические: размерная зависимость работы выхода электронов и электросопротивления;
- магнитные: суперпарамагнетизм, максимальная коэрцитивная сила в монокристаллических частицах, гигантское магнетосопротивление;
- термические: уменьшение температур Дебая, плавления, фазовых переходов;
- оптические: изменение электромагнитных спектров излучения и поглощения, увеличенное рассеяние.

**Постановка целей статьи.** Цель статьи проанализировать роль нанообразования в развитии отечественной экономики, определить основные компоненты формирования кадровой составляющей нанотехнологической сферы региона и государства в целом.

**Изложение основного материала исследования.**

Одной из предпосылок экономического роста любой страны является кадровая составляющая. На данном этапе развития отечественной нанотехнологической сферы в Украине остро ощущается дефицит кадрового потенциала. Одним из возможных вариантов преодоления дефицита кадров в сфере нанотехнологий является создание системы обучения и подготовки высокопрофессиональных кадров в каждом из регионов страны для их эффективного развития.

Анализируя опыт реализации политики развития нанотехнологий в экономически и технологически развитых странах, считаем, что формирование кадрового потенциала в сфере нанотехнологий должно происходить путем создания системы междисциплинарного образования. Такая система должна охватывать как высшую школу, аспирантуру и докторантуру, так и общее среднее образование. Необходимым ее аспектом может быть создание и изучение специальных междисциплинарных курсов, проведение конференций и летних школ в сфере нанотехнологий [2].

При формировании кадровой составляющей нанотехнологической сферы важным является сотрудничество между высшими учебными заведениями, общеобразовательными заведениями, научно-исследовательскими учреждениями, промышленными предприятиями, осуществляющими производство нанотехнологической продукции, как конкретного региона, так и Украины в целом. При этом основополагающую роль играет нормативно-правовая и финансовая поддержка государства. Связь этих трех компонентов (государства, промышленности и образования) представлена на рисунке 1.



Рис. 1. Схема формирования кадровой составляющей нанотехнологической сферы

Государственные ведомства, ответственные за инвестиции в нанотехнологии, должны принимать стратегические решения на основе консультаций – с основными заинтересованными сторонами: представителями научно-образовательной среды и заинтересованными секторами нанопромышленности. Очевидно, что промышленные предприятия могут развиваться благодаря открытиям и инновациям научно-исследовательских учреждений, опираясь на реализацию государственно–частного партнерства. В свою очередь, образовательные заведения должны активно сотрудничать с промышленными предприятиями, а также целенаправленно финансироваться государством с целью подготовки высокопрофессиональных кадров, способных удовлетворить требования современной нанопромышленности и перспектив ее развития.

Рассмотрим возможность формирования нанотехнологической сети на примере Сумской области. Возможные участники региональной сети и их направленность в Сумской области:

– государственные учреждения (Сумская областная государственная администрация, Сумской городской совет) – обеспечивают финансовую и нормативно-правовую поддержку развития нанотехнологий в регионе, а также координацию деятельности участников нанотехнологической сети;

– образовательные и научно-исследовательские учреждения:

- СумГПУ имени А.С. Макаренка – создание методических рекомендаций, учебных пособий для школ и вузов; подготовка учителей к преподаванию нанотехнологий в школах региона; возможность использования наличной материально-технической базы для обучения, а также для инновационных разработок;

- СумГУ – инновационные разработки в области прикладной наноинженерии и энергетики; подготовка высокопрофессиональных инженерных, технологических, менеджерских кадров для nanoиндустрии; возможность использования материально-технической базы для обучения учащихся и учителей школ региона;

- СНАУ – инновационные разработки в области нанобиологии, информационное нанотехнологическое обеспечение аграрной отрасли; подготовка кадровой составляющей, которая отвечала бы современным запросам аграрной сферы; предоставление материально-технической базы для обучения учащихся и учителей школ региона;

- общеобразовательные заведения региона – формирование интереса к нанотехнологиям и нанонауке, ориентация содержания естественно-математического образования на подготовку кадров для современной nanoиндустрии; ознакомление учащихся с научными методами исследования nanoобъектов, достижениями и перспективами развития нанонауки с использованием материально-технической базы высших учебных заведений региона, а также опорных школ;

– промышленные предприятия региона (ПАО "Сумской завод "Насосэнергомаш", ПАО «Сумское НПО им. М.В.Фрунзе», АО «Сумсельмаш», ПАО «Сумыхимпром» и др.) – внедрение нанотехнологий в производство; предоставление материально-технической базы предприятий для подготовки кадров в области нанотехнологий, реализации пилотных проектов.

В СумГПУ имени А.С. Макаренка есть все предпосылки для нахождения своей ниши в нанонауке и активного пропагандирования внедрения

нанотехнологий во все сферы экономической деятельности, а, следовательно, существует необходимость разработки методик и дидактических средств обучения в этой междисциплинарной отрасли. В университете составлена программа изучения нанотехнологий на среднесрочную перспективу, читается спецкурс по нанотехнологиям, подобраны методы и приборы для исследования. В рамках этой программы предусматривается: достичь фундаментального понимания студентами физико-математического факультета достижений современной науки, что позволяет обеспечить контроль и манипулирование атомами и объектами в пределах нанометрической шкалы; предоставлять гранты отдельным студентам; обеспечить формирование региональной учебной нанотехнологической сети, развитие региональной ниши Сумщины в области нанотехнологий, повысить информированность и конкурентоспособность наукоемких производств, обеспечить эффективное обучение и подготовку исследовательских кадров.

Известно, что не все основные методы исследований нанообъектов – электронный микроскоп, атомно-силовой микроскоп, сканирующий туннельный микроскоп, нанотермометр, нановесы, наноиндентер и т.п., которые могут пригодиться для дальнейшего развития нанотехнологий, имеются в каждом вузе. Перспектива изучения и внедрения нанотехнологий, несмотря на это, есть, и в первую очередь она базируется на объединении вузовской, отраслевой и академической науки, международном научном сотрудничестве. Вузовская региональная нанолаборатория, на примере созданной в СумГПУ имени А.С. Макаренка, может состоять из нескольких модулей.

**1. Модуль получения наноразмерных структур.** Модуль позволяет получать наноразмерные частицы и покрытия электрическим взрывом проводников, электронным и магнетронным напылением, а также определить наличие наночастиц металлов с помощью спектрофотометра.

**2. Модуль получения нанокompозитных материалов,** в состав которого входят:

- высоковакуумные установки, предназначенные для получения наночастиц путем отжига прекурсоров металлов в вакууме;
- ультразвуковой диспергатор, предназначенный для равномерного распределения наночастиц в полимерной матрице;
- гидравлический пресс, позволяющий получать образцы нанокомпозитных и гибридных материалов требуемой формы.

**3. Модуль для получения нанослоев и многослойных наноструктур,** дающий возможность получать слои полимера или нанокомпозитного материала толщиной 20 - 100 нм.

**4. Аналитический модуль** для выполнения структурных исследований нанообразцов и изучения их физических свойств. Модуль на базе электронного микроскопа, позволяющий исследовать рельеф поверхностей образцов с высоким разрешением. При помощи рентгеновских дифрактометров исследуется структура и фазовый состав. Установка для измерения электрических свойств, предназначена для измерения электропроводности, тангенса угла диэлектрических потерь, диэлектрической проницаемости нанокомпозитных материалов и нанопокровтий. Установка для измерения гальваномагнитных характеристик, включая исследование магнетосопротивления в магнитных полях до 2 Тл в широком температурном интервале. Приборы для исследования механических свойств (твердость, микротвердости и пр).

**5. Модуль компьютерного моделирования нанообъектов.** Может быть представлен лабораторией компьютерного моделирования.

**6. Модуль разработки методик и пособий** по изучению наноматериалов и нанотехнологий в школах и вузах, переподготовки преподавательских кадров, связи с учебными и наукоемкими промышленными предприятиями региона, позволяющий оценить чему учить, как учить, какие дидактические средства использовать, каково содержание человеческого капитала выпускников технических и физико-математических специальностей вузов должно быть в



современном глобальном мире, включая, в первую очередь, каждую из областей Украины.

По нашему убеждению, качество преподавания физики, нанофизики, нанотехнологий являются основой научно-технического прогресса каждого региона. Залогом реализации повышения качества преподавания является повышение уровня человеческого капитала каждого преподавателя, факультета, региона, государства. Индивидуальный человеческий капитал выпускников педуниверситета и преподавателей – это накопленный ими определенный запас здоровья, знаний, навыков, способностей, созидательных мотиваций и культурных традиций, созданные учебные и научные лаборатории, разработанные исследовательские проекты и учебные пособия, которые используются в процессе управления знаниями учащихся.

Мы считаем, что одним из приоритетных направлений работы образовательных учреждений должно стать приобщение учащихся и учителей к инновационным проектам в сфере нанотехнологий и широкая популяризация нанотехнологических знаний. В этом плане СумДПУ им. А.С. Макевича, кроме уже упомянутых выше инициатив по созданию региональной нанотехнологической лаборатории, начал проводить региональные конференции «Теоретико-методичні засади вивчення питань сучасної фізики та нанотехнологій у загальноосвітніх та вищих навчальних закладах». Анализ тематики материалов, представленных на конференциях, показывает, что в них действительно анализируются важнейшие вопросы методики преподавания современной физики и, что особенно важно, почти треть сообщений относится к анализу возможностей рассмотрения в школьных и вузовских курсах физики вопросов, относящихся к нанотехнологиям, методам исследования нанообъектов и методики изложения этих вопросов. Это как раз те прорывные области, которые активно развивают и используют наиболее передовые в технологическом смысле страны мира, и в которых Украина, к сожалению, имеет значительное отставание. Возможно, благодаря именно таким работам нанообразование, которое за рубежом пропагандируется повсеместно, и там

дети знакомятся с ним с самого раннего детства, придет и в наши школы и вузы. И благодаря таким работам произойдет переосмысление в сознании наших высоких чиновников и промышленников роли нанообразования в развитии нашей страны, и наши предприятия наконец будут использовать современные технологии.

Мы убеждены, что залог развития Украины находится в школе, так как в ней учатся и воспитываются не только будущие рабочие, инженеры, медики, строители, ученые, но и будущие политики, чиновники и руководители промышленных предприятий и, наконец, будущие губернаторы, премьер-министры и президенты. И эти чиновники, политики и предприниматели будут определять техническую политику развития нашей экономики, и от них, от их информированности в значительной степени будет зависеть придут или, наоборот, не придут в нашу промышленность и сельское хозяйство новые современные технологии. Поэтому они, как и все выпускники школ, с детства должны быть знакомы с современными достижениями науки, с основами нанонауки и нанотехнологии, т.к. это та область знаний и их практических приложений, которая обеспечит переход Украины к новому VI технологическому укладу, на пути к которому стоят все развитые страны мира. В общем перед школой и вузами стоят большие задачи. Преподаватели школ и вузов в своей воспитательной работе со студентами и школьниками на этом тезисе должны постоянно акцентировать свое внимание. Учитель школы и преподаватель ВУЗа – это главные звенья в процессе образования, сегодня мы работаем с учащейся молодежью, а завтра это наш народ, имеющий или, наоборот, не имеющий представление о современных достижениях науки и о возможности их внедрения в современное производство и быт, а, значит, думающий и действующий либо по критериям вчерашнего дня, либо – по запросам, требованиям и возможностям нового времени.

Следует отметить, что в обществе существует определенный скепсис в отношении активного внедрения нанообразования в Украине, мол не до того сейчас. Это не просто ошибка, это фатальная ошибка. Кризисное состояние

экономики, в конце концов, сменится подъёмом и, если мы сейчас начнем активное внедрение в школы и вузы хотя бы элементов нанообразования, то ко времени подъёма экономики вырастит целое поколение молодых людей, имеющих в своих головах знания о возможностях современной науки и чувствующих необходимость их внедрения во все сферы деятельности человека.

Включение нанотехнологий в учебный план по физике, химии, биологии, информатике уже сегодня будет способствовать развитию регионов и страны в целом и это будет реализовано в результате создания и активного функционирования нанотехнологической программы регионов, построения региональной нанотехнологической сети.

**Выводы из проведенного исследования.** Таким образом, необходимость создания современной системы подготовки профессиональных кадров для nanoиндустрии является одним из основных условий, способствующих развитию экономики и общества в целом. Повышение конкурентоспособности специалистов и, как результат, продукции наукоемких предприятий региона возможно на основе разработки и реализации Программы развития nanoиндустрии общими усилиями предприятий, вузов, профильных отраслевых и академических институтов, а также при поддержке государства. Это обеспечит не только высокие показатели в наукометрических базах данных, но и перспективы для государства – переход к новому технологическому укладу, обеспечивающему рост ВВП, комплексную безопасность и более высокое качество жизни. Финансирование выполнения Программы могло бы реализоваться на принципах государственно-частного партнерства, а также за счет международных Грантов.

#### **ЛИТЕРАТУРА:**

1. Комкина Т.А. Подготовка кадров в области нанотехнологий в системе образования наиболее развитых стран. / Т.А. Комкина // Сб. тезисов докладов XVI международной конференции «Математика. Компьютер. Образование». / Под ред. Г.Ю.Ризниченко и А.Б.Рубина. – М., Ижевск: НИЦ «Регулярная и

хаотическая динамика», 2009. – С. 323–336.

2. Методичні особливості вивчення нанотехнологій у шкільній фізичній освіті / С. П. Величко, В. С. Іваній, І. О. Мороз, Ю. А. Ткаченко. // Наукові записки. Наукові записки. – Випуск 9. – Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти. Частина I. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2016. – С. 62 –70.

3. Daly S. Incorporating nanoscale science and engineering concepts into middle and high school curricula / S. Daly, K. Hutchinson, L. Bryan. // Proceedings of the American Society for Engineering Education. – 2007.

4. Roco M. National Nanotechnology Initiative - Past, Present, Future / M. Roco. // Handbook on Nanoscience, Engineering and Technology. 2nd ed., Taylor and Francis. – 2007. – С. 3.1–3.26.