

## Л и т е р а т у р а

1. Зарубина, О.А. Развитие профессиональной компетентности экономиста-менеджера в процессе повышения квалификации: автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.08 / О.А. Зарубина; Федер. ин-т развития образования. — М., 2010. — 26 с.

2. Ильязова, М.Д. Формирование инвариантов профессиональной компетентности студента: ситуационно-контекстный подход: автореф. дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.08 / М.Д. Ильязова; Акад. повышения квалификации и профес. переподготовки работников образования. — М., 2010. — 48 с.

3. Ролдугина, Л.А. Формирование профессиональной компетентности будущего экономиста-менеджера в процессе производственной практики: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.08 / Л.А. Ролдугина; Елец. гос. ун-т им. И.А. Бунина. — Елец, 2007. — 182 л.

4. Зимняя, И.А. Общая культура и социально-профессиональная компетентность человека / И.А. Зимняя // Интернет-журнал «Эйдос» [Электронный ресурс]. — 2006. — Режим доступа: <http://www.eidos.ru/journal/2006/0504.htm>. — Дата доступа: 14.11.2012.

5. Панкратова, Н.Е. Развитие профессиональной компетентности специалиста учреждения социального обслуживания в процессе повышения квалификации: автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.08 / Н.Е. Панкратова; Оренбург. гос. пед. ун-т. — Оренбург, 2012. — 26 с.

6. Ежова, Т.В. Проектирование педагогического дискурса: методология, теория, практика / Т.В. Ежова. — М.: Гуманит. издат. центр «ВЛАДОС», 2008. — 320 с.

*Статья поступила в редакцию 27.12.2012 г.*

**Я.С. Яскевич**

*доктор философских наук, профессор  
БГЭУ (Минск)*

## **ЭКОНОМИКА НАНОТЕХНОЛОГИЙ: ГУМАНИТАРНО-ЭТИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА**

*Раскрыты социально-экономические аспекты становления и развития нанонауки и нанотехнологий. Развитие нанотехнологии рассматривается как приоритетное направление нового технологического уклада мировой экономики. Обосновывается тезис о необходимости гуманитарно-этической экспертизы потенциальных преимуществ и опасностей использования нанотехнологий.*

*Social and economic aspects of formation and development of a nanoscience and nanotechnologies are opened. Development of a nanotechnology is considered as the priority direction of new technological way of world economy. The thesis about need of humanitarian and ethical examination of potential advantages and dangers of use of nanotechnologies locates.*

На современном этапе социально-экономического развития Республики Беларусь одним из приоритетных направлений является создание наукоемких отраслей производства. Такая стратегия соответствует мировым тенденциям, связанным с переходом экономики мира к новому технологическому укладу, ориентированному на постиндустриальный тип развития с высоким статусом информационных и нанотехнологий. В связи с этим особую актуальность сегодня приобретает создание на национальном уровне корпоративной структуры, отвечающей за развитие важнейшего фактора VI технологического уклада — нанотехнологий, формирование национального инновационного пространства на основе системного подхода, использование в качестве теоретической прогрессивной структурной трансформации экономики страны парадигмы долгосрочного технико-экономического развития [10, 9].

В XXI в. резко возрастает интерес к нанонауке и нанотехнологиям, направленным на решение самых разнообразных проблем в промышленной, военной, медицинской и других сферах, определяющих футурологические проекты развития современного человечества. Вместе с тем происходящая «нанотехнологическая революция» возмещает не только радикальное изменение наших представлений о мире, открытие находящихся между квантовой механикой и макромиром новых явлений, но и требует социально-гуманитарной и этической оценки последствий и рисков от внедрения и использования нанотехнологий, вмешательства в тончайшие природные наноструктуры, подобные нейронным процессам головного мозга, проникновения наночастиц в клеточные мембраны, легкие, бронхи, попадания их в человеческий организм. Нанонаука, нанотехнологии, внося новое измерение и понимание современного мира, обуславливают своего рода социальный заказ на разработку особой междисциплинарной области исследования — наноэтики, направленной на осмысление дискуссионных проблем, порождаемых новейшими достижениями нанонауки и нанотехнологиями, поиском и обоснованием морально-этических принципов и регулятивов наноисследований, оценкой социальных последствий практического внедрения и использования нанотехнологий. В данной статье обращено внимание на социально-экономические и этические аспекты становления и развития нанонауки, нанотехнологий, наномедицины, нанофармакологии, нанофармации, наноэлектроники, результаты внедрения нанотехнологий в агропромышленном комплексе с использованием материала Республики Беларусь.

*Нанонаука* (nanoscience: *nanos* — с гр. «карлик», «гном»; *science* — с англ. «наука», «система знаний») — новая отрасль науки и производства, изучающая физические, физико-химические, биологические, фармакологические, токсикологические свойства наночастиц размером до 100 нм, возможность их синтеза с помощью современных нанотехнологий и применения в различных отраслях народного хозяйства, медицины, фармации. Нанонаука занимается изучением свойств наноматериалов и явлений в нанометровом масштабе, нанотехнология — созданием наноструктур, наноинженерия — поиском эффективных методов использования наноструктур, наноэтика — разработкой этических регулятивов и политики в сфере нравственно-гуманитарной оценки потенциальных преимуществ и опасностей использования нанотехнологий. Нанонаука включает такие различные направления, как нанотехнологии, наноэлектроника, наноп физика, нанохимия, нанобиотехнологии, наномедицина, нанофармакология, нанофармация и др.

*Наноэлектроника* (nanoelectronics) — область науки и техники, занимающаяся созданием, исследованием и применением электронных приборов с нанометровыми размерами элементов, в основе функционирования которых лежат квантовые эффекты. Тенденции развития современной микро-, нано- и функциональной электроники

отражены в Перечне приоритетных направлений фундаментальных и прикладных научных исследований Республики Беларусь на 2011—2015 годы, утвержденном постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 19.04.2010 г. № 585, в который, в частности, включены следующие направления: новые оптические, волоконно-оптические и нелинейно-оптические компоненты, материалы и покрытия, новые материалы для приборов функциональной микро-, опто-, нано- и СВЧ-электроники; научные основы создания и функционирования оптико-электронных микросистем, устройств молекулярной электроники и др. Наиболее интересные с прикладной точки зрения результаты в Республике Беларусь получены в 2006—2010 гг. при выполнении заданий подпрограммы «Наноэлектроника и микросистемы», осуществляемых в рамках проектов «Нанотех», Союзного государства «Нанотехнология-СГ» и Государственной программы научных исследований «Электроника» [2], в частности, разработаны и исследованы процессы формирования нанокластеров и квантовых точек методом ионной имплантации и направленной перестройки их при высокоэнергетическом ионном облучении для систем оптоэлектроники; разработаны композитные наноструктуры и элементы устройств на их основе для информационных технологий, биомедицины и др.

*Нанопотоника* изучает распространение, преобразование, испускание и поглощение электромагнитного излучения в наноструктурах, а также ставит своей целью использовать особенности распространения и взаимодействия электромагнитного излучения оптического и инфракрасного диапазонов с веществом в наноструктурах в технике. Уровень исследований, проводимых в Беларуси по отдельным направлениям нанопотоники, соответствует мировому, о чем свидетельствует финансирование проектов с участием белорусских ученых в 6-й Рамочной программе Евросоюза и МНТЦ. По данным организации Tomson Scientific, по совокупному цитированию в области нанокристаллов Беларусь занимает 20-е, а в области фотоники — 16-е место в мире, несмотря на относительно невысокую численность специалистов в этих областях по сравнению с другими странами. По средней цитируемости одной статьи в области «фотоника» Беларусь занимает 2-е место в мире после Канады [2]. Белорусскими учеными разработаны практические методы создания активных металлодиэлектрических наноструктур, в которых интенсивность комбинационного рассеяния света увеличивается на несколько порядков; построена теория испускания света квантовыми объектами вблизи металлических наночастиц. Имеется и первый опыт коммерциализации разработок в области нанопотоники («Центр светодиодных и оптоэлектронных технологий» НАН Беларуси, свободная экономическая зона «Брест» и др.)

Сложность развития нанотехнологий в агропромышленном комплексе (АПК) в Республике Беларусь в значительной мере обусловлена большим разнообразием технологических подходов к решению проблем агропромышленного производства в силу его многоотраслевой структуры. Серьезным барьером, сдерживающим применение нанотехнологий в АПК, является недостаточно исследованная до сих пор токсикологическая опасность ряда наноматериалов и, соответственно, связанных с их применением производственных процессов и готовой продукции, прежде всего в сфере продовольствия. Среди наиболее перспективных направлений развития нанотехнологий в АПК Республики Беларусь в области растениеводства следует считать: разработку наноструктурных форм композиций на основе питательных веществ, регуляторов роста и пестицидов; разработку биочипов для контроля состояния растущих сельскохозяйственных растений; разработку технологических основ выращивания овощных культур в теплицах со стеклами с фотокаталитическим нанопокрытием из диоксида титана. В области животноводства и ветеринарии к перспективным направлениям относят-

ся: разработка наносупспензионных кормовых добавок с повышенными питательными и лечебными свойствами и т.п.

Белорусские ученые совместно с российскими недавно осуществили прорыв в генной инженерии, первыми в мире создав уникальные лекарства. В результате реализации двух совместных программ «БелРосТрансген-1» и «БелРосТрансген-2» доказана возможность использования сельскохозяйственных животных в качестве «биореактора» ценнейших фармакологических субстанций человека, получены трансгенные животные с человеческим белком, что явилось поистине долгожданным прорывным достижением российской и белорусской биотехнологической науки. В настоящее время предусмотрено создание лекарственных препаратов с использованием лактоферрина человека, получаемого из молока трансгенных животных [5, с. 44—52]. Здесь особенно остро встает вопрос об этической и гуманитарной экспертизе полученных результатов и последствий их использования. Серьезным движением в развитии биотехнологической промышленности выступают Государственные научно-технические программы: «Промышленная биотехнология», «Лекарственные средства» и другие, в рамках которых происходило объединение достижений фундаментальной и отраслевой науки с имеющимся производственным потенциалом концерна «Белбиофарм». В настоящее время в составе концерна «Белбиофарм» 20 организаций, в том числе 9 фармацевтических, 4 микробиологических и 7 относящихся к прочим отраслям экономики.

Белорусские ученые имеют существенный задел в технологии получения наноматериалов, представляющих существенные перспективы многофункционального (многоотраслевого) использования. Наиболее известны работы, проводимые в Физико-техническом институте НАН Беларуси, Институте порошковой металлургии, БГУИР, БНТУ и БГУ. Учеными БГУ, БГУИР, ГрГУ, Института физики НАН Беларуси совместно со специалистами Белорусского государственного медицинского университета разработана технология и получены первые образцы наномаркеров для ранней диагностики болезненных изменений в организме человека и в других биологических объектах. Ведутся работы по их совершенствованию и повышению чувствительности такого рода диагностики.

*Наномедицина* изучает возможность применения нанотехнологических разработок (наноприборов, нанопрепаратов) в медицинской практике для профилактики, диагностики и лечения различных заболеваний с контролем биологической активности, фармакологического и токсикологического действия полученных продуктов или медикаментов [4, 17]. *Нанофармакология* обращает внимание на физико-химические, фармакодинамические, фармакокинетические свойства разработанных на основе нанотехнологий нанопрепаратов, показания, противопоказания к их применению, возможные побочные эффекты. *Нанофармация* исследует технологии разработки лекарственных форм нанопрепаратов для эффективного применения в медицинской практике. Интенсивные исследования по нанонауке, нанотехнологиям, наномедицине и нанофармации начались с середины 1980-х гг. Сегодня необходимо установить молекулярные механизмы воздействия наночастиц на организм, возможные механизмы развития токсических эффектов, а также пути устранения или ослабления их нежелательного влияния. Наиболее чувствительными к наночастицам являются органы, которые непосредственно взаимодействуют с внешней средой, — дыхательная система, желудочно-кишечный тракт, кожа, а также кровь и центральная нервная система [3, 6—9].

Экономический эффект и вместе с тем влияние нанотехнологий на основные социальные сферы представляется фантастическим. Как наукоемкая отрасль производства, нанотехнологии требуют малого количества затрат энергии, материалов, производственных и складских помещений. По отношению к объемным материалам того же хи-

мического состава наноматериалы демонстрируют многие кардинально отличные свойства, что обусловлено эффектами многократного увеличения доли поверхности нанозерен и нанокластеров (до сотен квадратных метров на грамм). С этими закономерностями связаны новые свойства многих конструкционных и неорганических материалов. Нанотехника — машины, механизмы, приборы, устройства, созданные с использованием новых свойств и функциональных возможностей систем при переходе к наномасштабам обладают ранее недостижимыми массогабаритными и энергетическими показателями, технико-экономическими параметрами и функциональными возможностями. Как утверждают эксперты, нанотехнологии стали важным направлением технологического развития лидирующих держав XXI в. [10, с. 6]. В качестве приоритетных национальных задач эти принципиально новые технологии создают мощный импульс для развития других отраслей промышленности по пути существенного увеличения характеристик и миниатюризации изделий. В *военно-промышленном комплексе* на базе нанотехнологий создаются наноустройства в системах управления военной техникой, нанопокрывтия для военной техники, и вместе с тем нанотехнологии дают возможность создания мощных миниатюрных взрывных устройств, разрушения макроустройств с наноуровня и т.п., что еще раз напоминает о необходимости этической экспертизы при использовании нанотехнологий. В информационной сфере нанотехнологии, олицетворяя синтез V (информационного) и VI (нанотехнологий) укладов экономики, направлены на создание нанокomпьютеров, квантовых компьютеров, информационных сетевых структур, наноустройств для хранения информации, наносистемного моделирования искусственного интеллекта и роботов, нейроэлектрических интерфейсов и устройств, позволяющих соединить компьютеры с нервной системой. С точки зрения экологической безопасности нанотехнологии могут использоваться для контроля над состоянием окружающей среды, при формировании «безотходного» общества в случае отказа от производств, связанных с большим объемом отходов, их замене на так называемые «зеленые» технологии; рационализации производственных процессов, позволяющих выпускать более легкие и мелкие изделия, что позволяет снизить расходы материалов и энергии. В сфере потребления как социально значимой области постиндустриального общества воплощение нанотехнологий уже проявило себя по отношению к потребителю через продукты питания, бытовой техники, текстильной продукции, косметику, строительные материалы, бытовую химию, товары для спорта и т.д. И здесь остро встает вопрос о синергетическом «проигрывании» и построении возможных сценариев и последствий использования товаров на основе нанотехнологий, этического и гуманитарного регулирования этим процессом.

Не случайно актуальной проблемой является разработка механизмов взаимосвязи и взаимоадаптации природных и создающихся человеком искусственных наносистем в биомедицине и генетике, обоснование гуманистических стратегий их безопасного использования. Лежащий в основе современного производства специфический, отраслевой характер современных технологий является одной из причин противоречий, возникающих между антропогенной техносферой и природной средой. Между тем отраслевые технологии представляют собой модели тех или иных отдельно взятых природных процессов, воспроизведенных в искусственных условиях с целью получения определенных продуктов. При этом важно иметь в виду, что отраслевые технологии избирательно воспроизводят только те компоненты природных процессов, которые непосредственно необходимы для получения соответствующих продуктов. Другие составляющие, которые обеспечивают взаимодействие природных явлений и техносферы, гармоничность и сбалансированность природной и искусственно созданной систем, в целом игнорируются. В результате техногенные механизмы приводят к нарушению экологического равновесия и оказывают разрушительное воздействие на

природную среду. Беспрецедентное развитие современного производства усиливает это воздействие, а характер возникающих последствий приобретает угрожающие масштабы. Это свидетельствует о необходимости создания новой, гармонизированной с природной средой техносферы, воспроизведения объектов и явлений живой природы в объектах техники и технологических процессов. Такая задача может быть решена на базе кооперации экономики, политики, методологий нано-, био- и информационных технологий с подходами и методами когнитивных наук и технологий, что открывает возможности адекватного воспроизведения систем и процессов живой природы, формирования инновационной техносферы как органической части природы.

Все более актуальной проблемой становится организация гуманитарной экспертизы в области разработки инновационных проектов, оценки последствий использования нанотехнологий [12, с. 144]. Здесь важен принцип опережающего реагирования или принцип предосторожности, предусматривающий при гуманитарной экспертизе стремиться выработать взвешенную оценку воздействия разного рода инноваций (промышленных, сельскохозяйственных, социальных нанотехнологий) на окружающую среду, человека, его физиологическую, эмоциональную, психологическую и духовно-нравственную конституцию. Задача гуманитарной экспертизы — выявление и оценка как позитивных эффектов новых технологий, так и возможных негативных последствий их применения [10]. Актуальным вопросом является также организация подготовки научно-педагогических кадров и специалистов высшей квалификации в области нанонауки и оценки последствий использования нанотехнологий.

Таким образом, усилия ученых в области нанонауки должны быть обращены не только на изучение экономического эффекта от использования нанотехнологий, разработку инновационных технологий получения наноматериалов, углубленное изучение физических, физико-химических, квантово-химических, физиологических, биохимических, фармакотоксических, молекулярных свойств и механизмов действия новых наноматериалов и нанопрепаратов, но и на изучение их возможного побочного влияния на организм и окружающую среду, необходимость этической экспертизы проводимых междисциплинарных исследований и использования нанотехнологий, чтобы не потерять контроль над последствиями своей деятельности.

## Л и т е р а т у р а

1. Головин, Ю.И. Введение в нанотехнику / Ю.И. Головин. — М.: Машиностроение-1. — 2007. — 496 с.
2. Концепция развития и освоения нанотехнологий и наноматериалов в Республике Беларусь. Проект // Официальный сайт Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http://www.bsuir.by/m/12\\_100229\\_1\\_68697.pdf](http://www.bsuir.by/m/12_100229_1_68697.pdf). — Дата доступа: 6.09.2012.
3. Кундієв, Ю.І. Біоетика — шлях до більш майбутнього / Ю.І. Кундієв // Четвертий Національний конгрес з біоетики з міжнародною участю. — Київ, 2010. — С. 28—30.
4. Нанотехнологии и перспективы их использования в медицине и биотехнологии / В.М. Лахтин [и др.] // Вестн. РАМН. — 2008. — № 4. — С. 50—55.
5. Лобас, Т. Фарминдустрия будущего / Т. Лобас // Беларус. думка. — 2012. — № 8. — С. 44—52.
6. Етична медицина в аспекті застосування високих технологій (огляд літератури та

власних досліджень) / В.О. Маланчук [и др.] // Україн. мед. часоп. — 2010. — № 6(80). — С. 115—123.

7. *Трахтенберг, І.М.* Етичні аспекти впровадження наноматеріалів / І.М. Трахтенберг, О.Л. Апихтіна, Н.М. Дмитруха // Четвертий Національний конгрес з біоетики з міжнародною участю. — Київ, 2010. — С. 81—82.

8. *Чекман, І.С.* Нанонаука: історичний аспект, перспективи наукових досліджень / І.С. Чекман // Укр. мед. часоп. — 2009. — № 3. — С. 19—21.

9. *Чекман, І.С.* Нанофармакологія / І.С. Чекман. — Київ: Задруга, 2011. — 424 с.

10. *Шимов, В.Н.* Направления структурной трансформации промышленного комплекса страны в контексте мировых тенденций / В.Н. Шимов // Науч. тр. Белорус. гос. экон. ун-та. — Минск: БГЭУ, 2010. — С. 3—10.

11. *Юдин, Б.Г.* Гуманитарная экспертиза: к обоснованию исследовательского проекта / Б.Г. Юдин, В.Г. Луков. — М.: Изд-во МГУ, 2006. — 38 с.

12. *Яскевич, Я.С.* Политический риск и психология власти / Я.С. Яскевич. — Минск: Право и экономика, 2011. — 298 с.

*Статья поступила в редакцию 12.11.2012 г.*