



УДК 338.23
ББК 65.9

ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ НАНОИНДУСТРИИ КАК ПРИОРИТЕТ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ИННОВАЦИЙ В ВОЛГОГРАДСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

О.В. Иншаков, А.Э. Калинина, А.В. Фесюн

В Волгоградском государственном университете Ученым советом утверждена комплексная тема научных исследований «Фундаментальные и прикладные проблемы технологической, экологической, социально-экономической и гуманитарной модернизации и развития наноиндустрии в современной России». Признанными в России и мире коллективами научных направлений, школ и научно-образовательных центров проводятся исследования в области создания новых нанотехнологий и материалов, а также особенностей социально-экономических отношений, изменяющихся в ходе становления нового VI технологического уклада.

Ключевые слова: *Волгоградский государственный университет, нанотехнология, наноиндустрия, наноэкономика, приоритетные направления развития, инновационная деятельность.*

Показатели развития наноиндустрии показывают значительную динамику в последние несколько лет. С одной стороны, это обусловлено теми ожиданиями, которые возлагают на будущие открытия в этой области ученые, политики, инвесторы, а соответственно, масштабной государственной и частной поддержкой исследований в этой области. С другой стороны, уже не единичны высказывания о том, что нанотехнологии смогут сыграть роль движущей силы для возникновения новой повышательной волны кондратьевского цикла [25].

Получаемые при помощи нанотехнологий материалы с принципиально улучшенными свойствами позволяют многократно повышать эффективность процессов, создавать оборудование для «тонких» и «высоких» технологий со значительно меньшими удельными издержками, чем у аналогов при производстве традиционными способами. Эта область знаний уже сейчас может претендовать на статус новой технико-экономической парадигмы глобального развития.

Вынесение идеи форсированного развития нанотехнологий в ранг национальной идеи – в качестве принципа общественного устройства, на основе которого строится национальная политика (экономическая, образовательная, научно-исследовательская и т. д.), – для развивающихся стран является уникальным шансом не только сравняться со странами-лидерами по уровню социально-экономического развития, но и опередить их по многим показателям.

Вследствие развития наноиндустрии происходят структурные сдвиги в экономике, появление новых глобальных рынков и исчезновение существующих. Наноиндустриализация, выступая новой формой расширения глобальной экономической системы, имеет глобальный, многоуровневый, надотраслевой характер. Это процесс установления новых границ общественного бытия на основе соответствующих технологий и социально-экономических отношений.

Результатом этого процесса становится наноиндустрия – институционально специфицированное, масштабно организованное, массовое производство стандартизированных товаров и услуг с нанопризнаками практически во всех сферах жизни людей. Это требует осмысления данного процесса в предметных

областях всех общественных наук – философии, экономике, социологии, культурологии, социальной психологии, праве, международных отношениях.

Волгоградский государственный университет (ВолГУ), являясь классическим университетом, выступает региональным центром науки, образования, культуры и социальной активности, предоставляющим универсальное, адаптивное, инновационное образование, формирующее общественный прогресс, проводит обширные фундаментальные и прикладные научные исследования в области создания и внедрения высоких наукоемких технологий и продуктов XXI века. Исследования проводятся в рамках утвержденной Ученым советом университета комплексной научной проблемы «Фундаментальные и прикладные проблемы технологической, экологической, социально-экономической и гуманитарной модернизации и развития nanoиндустрии в современной России».

Исследования в области nanoиндустрии в ВолГУ ведутся с 90-х годов. Первая кандидатская диссертация, посвященная теоретическому исследованию наноматериалов, была защищена в 1997 году [11]. Дальнейшее развитие исследование получило в докторской диссертации «Углеродные и неуглеродные наноматериалы и композитные структуры на их основе: строение и электронные свойства. Полуэмпирические исследования» [9]. Еще одна докторская «Физико-химические свойства нанотрубчатых систем в кластерных моделях твердых тел» [24] нанотехнологий была защищена 2006 году. Эти работы посвящены фундаментальным проблемам квантового наноматериаловедения и химической физики наноматериалов. В них изучено электронно-энергетическое строение поверхностных нанотрубчатых структур и композитов на их основе. Предсказана возможность устойчивого существования новых неуглеродных нанотрубок: алициклических и борных. Выявлен класс нанотрубок, в которых возможен процесс переноса протона по внешней поверхности, и изучены механизмы переноса. Предложена новая классификация композитных структур на основе наноматериалов: структурно-модифицированные композиты (смешанные структуры, структуры с дефек-

тами, структуры, модифицированные функциональными группами и т. д.); газофазные композиты (интеркалированные и поверхностно-насыщенные); металлофазные композиты (интеркалированные и поверхностно-насыщенные); неметаллообразуемые композиты; композитные структуры из органических и неорганических систем.

Научная и практическая значимость диссертаций, новизна положений позволяют утверждать, что полученные результаты имеют несомненную значимость для развития нового направления в nanoэлектронике, связанного с созданием и использованием композитных наноматериалов, обладающих заданными проводящими, электрическими, магнитными и оптическими свойствами и контролируемыми размерами, при изготовлении различных nanoустройств. Основные итоги работы были отражены в монографии «Углеродные и неуглеродные наноматериалы и композитные структуры на их основе: строение и электронные свойства» [10].

Коллективом физико-технического института впервые предсказан хиральный адсорбционный эффект атомарной гидрогенизации и фторирования углеродных нанотрубок [37]. В настоящее время этот эффект подтвержден экспериментально [39], в том числе и на примере молекулярной адсорбции [6]. Впервые исследован процесс транспорта атома водорода и протона по поверхности углеродных нанотрубок [12]. Разработана модель электронного строения двухслойных углеродных нанотрубок с учетом кулоновской корреляции в рамках коллективизированной модели Хаббарда [14; 29]. На основе модели проведены теоретические расчеты удельной электронной проводимости двухслойных углеродных нанотрубок кресельного типа.

Построена феноменологическая статистическая модель адсорбции атомарного водорода и одновалентных атомов на поверхности углеродных нанотрубок [28], в основе которой лежит периодическая модель Андерсона, без учета электронной корреляции и электрон-фононного взаимодействия. Показана возможность фазового перехода «диэлектрик – металл» в полупроводниковых углеродных нанотрубках, модифицированных атомами щелочных металлов.

Авторским коллективом проводятся исследования динамики предельно коротких оптических импульсов в углеродных нанотрубках [4; 36]. Было предсказано, что импульс, входящий в систему нанотрубок с большей групповой скоростью, индуцирует больший ток. Суммарный ток, текущий через систему нанотрубок, определяется как «площадью» электромагнитного импульса, так и временем релаксации функции распределения электронов к равновесному значению. Впервые были предсказано, что при ходе распространения периодической электромагнитной волны возникают области с различным значением амплитуды тока в них, которые могут быть интерпретированы как домены тока [3]. Построена теория распространения двумерных световых пучков в массиве углеродных нанотрубок и обнаружена устойчивая динамика данных объектов [5].

Впервые теоретически предсказана абсолютная отрицательная проводимость графена, индуцированная внешними электрическими полями [1; 35].

Результаты проведенных исследований получили одобрение признанных специалистов при защите еще трех кандидатских диссертаций за прошедший период [8; 13; 31]. Планируется защита еще пяти кандидатских диссертаций в течение 2013 года.

В обсуждение проблем развития наноиндустрии в России и мире вовлечена широкая научная общественность: конференции и круглые столы, посвященные этой тематике, регулярно проводятся в ВолГУ. Ежегодно университет становится базой для конференции «Нанотехнологии и наноматериалы: современное состояние и перспективы развития в условиях Волгоградской области» [27]. Цель конференции – широкое освещение, обсуждение и критический анализ проблем и современного состояния исследований в области нанотехнологий и наноматериаловедения для определения перспектив интеграции Волгоградской области в общероссийский (федеральный) план развития нанотехнологий и разработка научно-практических рекомендаций для успешной реализации нанотехнологических проектов промышленным сектором региона.

ВолГУ в течение трех лет выступал организатором Международного российско-японского семинара «Оборудование, техноло-

гии и аналитические системы для материаловедения, микро- и наноэлектроники».

Активное сотрудничество Институтов РАН с вузами РФ реализуется в форме совместных исследований, научных семинаров и т. д. В числе названных организаций – Московский национальный технологический университет (Московский институт стали и сплавов – МИСиС), Саратовский государственный университет, Астраханский государственный университет, Белорусский государственный университет, Ереванский государственный университет, Институт биохимической физики им. Н. Эмануэля РАН, Институт химии твердого тела УрО РАН, Институт нефтехимического синтеза им. Топчиева РАН.

В апреле 2010 г. по итогам работы научных групп и подразделений, исследующих гуманитарные аспекты развития наноиндустрии, были прочитаны лекции в Цзилинском университете – одном из крупнейших университетов Китая. Тематика лекций была посвящена вопросам формирования наноиндустрии как глобального процесса, особенностям национальной политики наноиндустриализации, стратегии и тактики формирования наноиндустрии [16].

В декабре того же года результаты исследования представлены на общем собрании Отделения общественных наук Российской академии наук [17].

Результаты своих исследований ученые ВолГУ неоднократно представляли на международных конференциях по нанотехнологиям: Международной конференции «Фуллерены и атомные кластеры» («Fullerenes and Atomic clusters», Санкт-Петербург, 2007, 2009); Международном симпозиуме по мартенситным превращениям (The 8th European Symposium on Martensitic Transformation, Чехия, Прага, 2009); Международной конференции по наноструктурам самосборки (3rd International Conference on NANO-structures Self-Assembly, Франция, Марсель, 2010); Международном форуме и выставке по нанотехнологиям «Rusnanoforum» (Москва, 2009, 2010), где ВолГУ был награжден Дипломом за активное участие; Международной конференции «Нанонаука и нанотехнология» («Nanoscience and nanotechnology», Италия, Фраскати, 2010); Международном российско-казахстанском семинаре «Оборудо-

вание, технологии и аналитические системы для материаловедения, микро- и нанoeлектроники» (Астрахань, 2006; Саратов, 2007; Казахстан, Усть-Каменогорск, 2008; Волгоград, 2009); Международном симпозиуме им. А.Г. Горшкова «Динамические и технологические проблемы механики конструкций и сплошных сред» («Dynamic and technological problems of a mechanics of constructions and continuous medium», Ярополец, 2009).

В октябре 2008 г. ученые ВолГУ приняли участие в Международной выставке «Перспективные технологии XXI века», где были награждены грамотой «За активное участие». Всероссийские конференции, в которых принимали участие сотрудники, аспиранты и студенты, работающие в направлении нанотехнологий, исчисляются десятками.

Результаты исследования социально-экономических проблем наноиндустрии опубликованы учеными университета в центральных рецензируемых журналах, входящих в список ВАК: «Экономист» [22], «Власть» [21], «Философия хозяйства» [33], «Экономика. Налоги. Право» [15]. В научном ежегоднике «Стрежень» опубликована серия статей с результатами исследований региональных аспектов формирования наноиндустрии.

Междисциплинарный характер исследований, интеграция институтов РАН с вузами находит отражение в готовящейся к публикации монографии «Наноэкономика и общество», в которой представят результаты своих исследований различных аспектов наноиндустриализации экономисты, философы, лингвисты, историки, социологи. В работе будет представлено осмысление происходящих процессов с различных сторон и исследования их инструментариями разных наук.

Общее число публикаций сотрудников университета в области фундаментального и прикладного наноматериаловедения и нанотехнологий составляет более 350. С 1996 г. опубликовано около 60 статей по тематике теоретических исследований физико-химических свойств наночастиц в журналах РАН: «Журнал физической химии», «Физика твердого тела», «Журнал структурной химии», «Химическая физика», «Письма в ЖЭТФ», «Журнал технической физики», «Известия РАН. Серия физическая». Публикации ученых ВолГУ

представлены в зарубежных рецензируемых журналах: «Microelectronics Engineering», «International Journal of Quantum Chemistry», «Fullerenes, nanotubes, and carbon nanostructures», «Physics Letters A», «Journal of Russian Laser Research», «Journal of Electronic Science and Technology».

Научными группами университета выполнены и продолжаются НИР по госконтрактам, грантам РГНФ, РФФИ, Министерства образования и науки РФ. В 2009 г. выполнен государственный контракт на проведение научных исследований по теме: «Исследование и разработка новых перспективных материалов и технологий наноуровня»: «Обоснование стратегических и тактических компонентов, механизмов и мониторинга реализации экономической политики развития нанотехнологий и nanoиндустрии в Волгоградской области». В течение двух лет выполняются исследования по заданию Министерства образования и науки по теме «Исследование социально-экономических закономерностей формирования nanoиндустрии в России и мире и разработка основ политики, механизмов и перспектив ее развития» в рамках тематического плана научно-исследовательских работ. Работы также финансируются за счет средств совместного гранта Российского гуманитарного научного фонда и Администрации Волгоградской области «Экономическая генетика в исследованиях наноэкономики, экономики фирмы и региона».

ВолГУ выделяет собственные гранты на исследования, проводимые в рамках изучения комплексной проблемы, такие как «Применение принципов наноэкономики в системе управления предприятием»; «Повторитель и инвертор на основе графена и биграфена»; «Исследования структуры, свойств и применения борсодержащих нанотубулярных структур»; «Создание четырехязычного терминологического словаря по наноэкономике» (в границах этого проекта сотрудники кафедры теории и практики перевода планируют обобщить и раскрыть значение терминов, применяющихся в исследовании nanoиндустрии).

Сотрудники ВолГУ принимают участие в исполнении грантов РФФИ, а также в российских научно-технических программах «Актуальные направления в физике конден-

сированных сред» (направление «Фуллерены и атомные кластеры»), «Низкоразмерные квантовые структуры». Примерами проектов, поддержанных РФФИ, являются: «Теоретическое исследование адсорбционных, проводящих и механических свойств углеродных и неуглеродных нанотрубчатых материалов», «Теоретические исследования геометрической структуры и физико-химических свойств углеродных и неуглеродных нанотрубок различной хиральности, их соединений и композитных материалов», «Теоретическое исследование эмиссий, сопровождающих трансформации космической пыли».

В 2007 г. создан Научно-образовательный центр «Наноматериалы и нанотехнологии». В этом же году осуществлен первый набор студентов на специальность «Наноматериалы» направления «Нанотехнологии». В 2011 г. в ВолГУ состоялся набор на направление «Наноинженерия», которое является продолжателем образовательного направления «Наноматериалы». Основная цель образовательной программы ВолГУ в области нанотехнологий – обеспечить регион высокопрофессиональными кадрами, которые позволят выйти России на новые рубежи техники и технологий.

В 2007–2008 гг. сотрудники НОЦ приняли участие в исполнении проекта Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2012 гг.». Также были выполнены гранты и государственные контракты: Фонда содействия развитию малых предприятий в научно-технической сфере по теме «Технология нанесения наномаркировок с использованием сканирующей зондовой микроскопии»; Федерального агентства по образованию в рамках ФЦП развития образования на 2006–2010 гг. «Поставка и ввод в эксплуатацию учебных лабораторий по нанотехнологии»; Государственный научный грант Волгоградской области «Комплексное исследование строения, физико-химических свойств и применения композитов на основе углеродных и неуглеродных наноструктур».

В 2009–2011 гг. проекты сотрудников центра также были высоко оценены конкурсными комиссиями различных грантовых программ. Были заключены государствен-

ные контракты на выполнение научно-исследовательских работ для государственных нужд Волгоградской области: по исследованию и разработке технологии получения композитных наноматериалов; разработке новых перспективных материалов и технологий наноуровня (разработка промышленных технологий наноуровня на основе исследований основных свойств углеродсодержащих наноматериалов и изучения возможностей сканирующей микроскопии); на выполнение поисковых научно-исследовательских работ по направлению «Нанотехнологии и наноматериалы» для государственных нужд по заданию Министерства образования и науки РФ по проблеме «Комплексное исследование строения, физико-химических свойств и применения композитов на основе углеродных и неуглеродных наноструктур» в рамках Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг.; на выполнение поисковых научно-исследовательских работ по направлению «Нанотехнологии и наноматериалы» для государственных нужд по заданию Министерства образования и науки РФ по проблеме «Физико-химические свойства углеродных наночастиц и композитов на их основе» в рамках Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы.

Объекты интеллектуальной собственности, создаваемые в ходе исследований, получают правовую охрану государства, что подтверждается выданными Федеральным институтом промышленной собственности охраняемыми документами – патентами на изобретения, такими как, например: «Способ очистки водно-этанольных смесей от изопропилового спирта» (авторы: Д.А. Усанов, С.Г. Сучков, А.В. Скрипаль, Р.И. Кузьмина, Т.Г. Панина, И.В. Запороцкова), «Способ нанесения наномаркировки на изделия» (авторы: И.В. Запороцкова, Т.В. Кислова), и др.

Студенты и аспиранты ВолГУ неоднократно награждены дипломами и грамотами за успехи в области исследования наноматериалов и разработки в сфере нанотехнологий.

Постоянно обновляется материальная база ВолГУ для выполнения нанотехнологи-

ческих исследований. В настоящее время ВолГУ обладает уникальным оборудованием для получения и анализа наноструктур, соответствующим мировому уровню: атомно-силовым микроскопом «SolverPro» с дополнительными модулями наносклерометрии, AFAM, СТМ, сканирующим зондовым микроскопом «NanoEducator», установкой синтеза углеродных нанотрубок «CVDompa», установкой для электрохимического осаждения нанопористых оксидов металлов «Электрохимический реактор ЭХ-1».

Разрабатываемые в ВолГУ нанотехнологии находят свое практическое применение на реальных производствах в различных сферах и отраслях народного хозяйства. В настоящее время готовятся к внедрению несколько проектов на предприятиях области в рамках договоров о сотрудничестве, в частности, с крупнейшим в России оборонным предприятием ОАО «ПО «Баррикады»», предприятием радиоэлектронной промышленности ОАО «Метор» и др. В настоящее время учеными разработаны и ищут своего практического применения ряд уникальных технологий наноуровня.

Технология создания защитных наномаркировок с использованием зондовой сканирующей микроскопии позволяет наносить на объекты, требующие особой защиты, знаки отличия, которые не только невозможно подделать, но и требуют особого ключа для определения их местонахождения. Таким образом, обеспечивается многоуровневая защита, неповторимая без использования инструментария нанотехнологии.

Технология очистки спиртосодержащих жидкостей с использованием углеродных наноматериалов разработана для проведения финишной очистки технических и пищевых спиртосодержащих жидкостей, в том числе продукции ликероводочной промышленности, с использованием углеродных наноматериалов, к которым относятся фуллерены и нанотрубки, обладающие уникальными сорбционными характеристиками. Эта технология также может быть использована для очистки воды.

Полуэмпирические исследования нанопористых систем на основе оксида алюминия позволили создать технологию получения стабильных нанопористых матриц, в дальнейшем служащих основой для выращивания нитевид-

ных кристаллов различного состава для нужд наноэлектроники.

В ходе исследования упрочняющих свойств углеродных наноструктур разработаны основные принципы технологии создания сверхпрочного дорожного покрытия путем допирования асфальто-бетонного материала углеродным наноматериалом.

На основе исследования возможностей улучшения трибологических характеристик смазочных материалов, допированных углеродными наноструктурами, разработаны основы технологии получения смазочных материалов, допированных наноструктурированным углеродом.

Технология производства баллистического желатина, армированного углеродными нанотрубками, ориентирована на использование силовыми ведомствами для отработки техники стрельбы. Актуальность проекта обусловлена низкой температурной стабильностью применяемого в настоящее время баллистического желатина, сохраняющего форму и характеристики лишь при 0 °С.

Технология производства дактилоскопической пленки, полученной путем армирования полиэтилена углеродным наноматериалом, обеспечивает новые упругие свойства при сохранении высокой пластичности полиэтилена.

Использование углеродного наноматериала (нанотрубок, фуллеренов) в качестве дактилоскопического порошка, обладающего высочайшими адгезионными характеристиками, позволяет исключить использование при сборе отпечатков скотча или пленок с клеевым покрытием.

Технологии производства слепочных материалов нового поколения на основе полимерных композитов, армированных углеродными нанотрубками, позволяют создавать и сохранять качественные термостойкие слепки объемных следов.

Технология синтеза нанотрубок методом каталитического пиролиза с определением и применением новых катализаторов, не входящих в перечень типовых для установки «CVDompa», дает возможность получать тубулярные композиты, интеркалированные металлическими частицами.

Значительное внимание в ВолГУ уделяется исследованию социально-экономических проблем развития наноиндустрии. Докторан-

тами и аспирантами проводятся исследования, посвященные критическому осмыслению мероприятий программно-целевого развития nanoиндустрии, особенностей формирования рынков и производства нанотоваров в России и мире, создания инфраструктуры nanoиндустрии, особенностям ее развития в разных странах, правовым, социальным проблемам. Nanoиндустрия США, ЕС, Китая, Японии и других стран исследуется в рамках магистерских диссертаций и дипломов. Прикладная тематика исследований также находит отражение в курсовых проектах студентов.

Вовлечение новых технологий в общественное производство обуславливает соответствующее изменение общественных связей и отношений. Nanoэкономика меняет состав хозяйственных агентов, их отношения собственности к ресурсам и факторам производства, создает новые связи и формы хозяйствования, трудовые функции, операции и действия работников, способы управления и регулирования производства, распределения, обмена и потребления. Изменяются формы общественного разделения и кооперации труда, производства и хозяйства – от отдельного рабочего места до мирового хозяйства. Nanoиндустриализация вызывает изменение социального содержания и форм, качества и количества, уровня и образа жизни людей на всех уровнях глобальной экономической системы.

Структурная перестройка сфер и отраслей экономики по созданию nanoиндустрии в России займет еще 4–6 лет, а в странах-лидерах – 2–3 года. Однако уже обозначились мощные структурные сдвиги в различных отраслях, которые приведут к переливам и обесценению капиталов. Они породят проблемы закрытия производств, структурной безработицы, перекавалификации, психологических срывов и социальных конфликтов.

Nanoиндустриализация, выступая новой формой расширения глобальной экономической системы, имеет всеобщий, многоуровневый, надотраслевой характер. Это процесс установления новых границ общественного бытия на основе соответствующих технологий и социально-экономических отношений. Nanoиндустриализация охватывает самые разнообразные отрасли и сферы народного хозяйства – промышленность, сельское хозяйство, торговлю,

связь, транспорт, здравоохранение, образование и другие. Она проявляется на всех уровнях глобальной экономической системы, что обуславливает необходимость разработки новых правовых норм регулирования производства, обращения и потребления товаров с nanoпризнаками, обеспечения разных форм безопасности, защиты окружающей среды. Именно этим проблемам и посвящены исследования, проводимые в рамках гуманитарного и социально-экономического блока единой комплексной научной проблемы университета.

В апреле 2009 г. был создан НОЦ «Экономика nanoиндустрии» как объединение состоявшихся и молодых ученых, магистрантов и студентов, посвятивших свои диссертационные, дипломные и курсовые исследования изучению вопросов nanoиндустриализации, происходящей во многих странах мира, и разработке рекомендаций по утверждению и корректировке мер программно-целевого развития nanoиндустрии. Коллективом НОЦ выпущена серия научных изданий, отражающих результаты многоаспектного исследования особенностей развития nanoиндустрии в России и мире. Среди них – «Экономическая генетика и nanoэкономика» [18], в которой отражено, что именно экономическая генетика может и должна изучать свойства наследственности и изменчивости различных форм хозяйства, то есть систем сил, связей и отношений, возникающих между людьми в процессе труда, производства и ведения хозяйства, которые отражаются в материальных и идеальных носителях этих отношений – продуктах человеческой деятельности. Экономическая генетика изучает развитие эндогенных факторных оснований производства различных продуктов в аспекте их формирования и изменения посредством целенаправленных и спонтанных инноваций, утверждения вследствие социально-экономического отбора и передачи в последующие поколения. Она позволит понять эволюцию факторных издержек и продуктов производства, измерять и регулировать их изменения на разных уровнях глобальной системы хозяйства.

В научных изданиях «Государственная политика развития нанотехнологий: российский и зарубежный опыт» [20] и «Nanoиндустриализация в глобальном контексте» [16] ис-

следует роль нанотехнологий как основания и импульса новой технологической революции, которая будет определять развитие всех основных и промежуточных (мезо-) уровней строения глобальной хозяйственной системы – от мегаэкономики до наноэкономики. Глобальная хозяйственная система дает выраженные синергические и кумулятивные эффекты, стимулируя процессы перехода человечества на высший качественный уровень развития. Если действие производительных сил нанопроизводства системно разворачивается в определенном направлении, то переменные метапроизводственной функции сцепляются в соответствующий единый комплекс причинных связей. В нем изменение любого из эндогенных и соответствующих экзогенных факторов нового типа производства вызывает изменение всякого другого фактора в том же направлении, а это, в свою очередь, оказывает вторичное воздействие на первую и главную из переменных общественного прогресса – человека. При этом конечный результат будет неизмеримо превосходить первоначальный импульс, как отмечал Г. Мюрдаль [38]. Можно утверждать, что нанотехнологии не только становятся катализатором формирования инновационной неоиндустриализации экономик многих стран, но и способны создавать мощные интернальные и экстернальные импульсы и эффекты.

Работы «Финансовый механизм развития нанотехнологий в России» [7], «Международное сотрудничество России в сфере нанотехнологий: направления и формы» [19], «Нанотрансформация товаров» [23], «Региональные аспекты стратегии и тактики формирования наноиндустрии» [34], «Механизмы реализации стратегии формирования наноиндустрии в регионах России» [26] посвящены проблемам становления наноиндустрии в странах мира, нанотрансформации товаров, техническому регулированию, требованиям к качеству и стандартизации таких товаров, их конкурентным преимуществам и недостаткам. Выявлены особенности реализации программно-целевых документов в области развития наноиндустрии в России и за рубежом. На основе проанализированного опыта предложены рекомендации по формированию региональной экономической политики развития нанотехно-

логий, nanoиндустрии и ее инфраструктуры. Проведена оценка уровня развития nanoиндустрии в регионах России на основе предложенной экспертной методики и раскрыт механизм реализации региональной экономической nanoтехнологической политики.

В монографии «Стратегия инновационного развития Волгоградской области до 2025 г.» [32] разработаны и предложены ориентиры научно-технического развития в сфере nanoиндустрии. Проведенное исследование «Антикризисное регулирование экономики региона: мониторинг и политика мобилизации» [2] направлено на разработку комплекса специальных экстренных и профилактических мер антикризисного характера. Цель – минимизация негативных эффектов экономического кризиса и исполнения социальных обязательств перед населением Волгоградской области на основе анализа и мониторинга основных сфер деятельности и отраслей экономики региона через призму приоритета, потенциальных возможностей и необходимости развития nanoиндустрии в регионе. Результаты исследования и разработанная «Программа антикризисных мер Волгоградской области на 2009–2012 гг.» [30] являются дополнением к «Стратегии социально-экономического развития Волгоградской области на период до 2025 г.» и отражают необходимость и возможность последовательного проведения политики мобилизации, интенсификации, структурного обновления и диверсификации экономики региона, наращивания необходимого человеческого потенциала для формирования высокотехнологического сектора производства nanoиндустрии.

Коллективом ученых научно-образовательного центра актуализирована и реализована задача формирования программно-целевого обеспечения процесса стратегического управления развитием nanoиндустрии в регионе. Определены основные императивы деятельности государственных органов управления регионом и направления политики инновационной модернизации Волгоградской области на ближайшие годы. На основе критического обобщения опыта различных стран и регионов в сфере nanoиндустрии предложены рекомендации и обоснованы программные мероприятия по поддержке реального секто-

ра экономики, сохранению и развитию промышленного и технологического потенциалов.

С развитием nanoиндустрии будут меняться режимы работы и формы отдыха, социальные структуры и институты, содержание компетенций работников и сферы приложения капитала, места и формы расселения, семейные отношения, системы ценностей, нормы и образцы поведения, потребности, спрос и предложение товаров и услуг, срок и образ жизни.

Ученые-юристы ВолГУ выявляют и исследуют необходимые и неизбежные изменения в законодательстве, связанные с формированием nanoиндустрии, по видам: трудовое и корпоративное, миграционное и экологическое, бюджетное и налоговое, отраслевое и антимонопольное; о государственных закупках и финансовых институтах, интеллектуальной собственности и защите прав потребителей, валютном и экспортном контроле, техническом регулировании и промышленной безопасности и др.

В исследованиях ученых-физиков разрабатываются фундаментальные проблемы квантового наноматериаловедения, связанные с выявлением механизмов взаимодействия гетероатомных структур и образования композитных структур на основе нанотрубок и полимерных наноматериалов, с определением их физико-химических свойств. Это позволяет решать прикладные задачи промышленного использования наноматериалов.

Инновационный путь развития страны предполагает серьезную активизацию инновационного предпринимательства в научной среде, расширение практики создания соответствующих компаний, реализующих механизмы «инновационного лифта». На основе результатов фундаментальных и прикладных разработок и полученных патентов в университете созданы и функционируют 6 малых инновационных предприятий, студенческие бизнес-инкубатор и конструкторское бюро, что обеспечивает разработку и реализацию современной модели взаимодействия академической науки, высшего профессионального образования и бизнеса.

Таким образом, в университете формируется научно-образовательный инновационный комплекс, целью которого является производство передовых кадров, обладающих современными ключевыми компетенциями для работы

в высокотехнологичных секторах экономики Южного макрорегиона. Этот комплекс, во-первых, призван обеспечить формирование перспективных компетенций и трансфер знаний между промышленными корпорациями, научно-производственными объединениями и академической наукой. Во-вторых, его задачей является интеграция социально-экономических и технологических аспектов в учебных программах подготовки, создание механизма включения результатов фундаментальных и прикладных исследований в процесс разработки и реализации инновационных программ развития региона, создание и отработка технологий частно-государственного партнерства при реализации региональных проектов модернизации.

Реструктуризация научных подразделений на основе комплексной междисциплинарной организации НИР, концентрации многоканального финансирования, очного и дистанционного взаимодействия с партнерами способствует укреплению сложившихся и развитию новых перспективных научных школ и направлений, генерации новых знаний, концентрации в регионе интеллектуальных и инновационных ресурсов, привлечению к обучению наиболее мобильных и способных абитуриентов.

Концентрация исследовательского потенциала ВолГУ на междисциплинарном решении задач в сфере nanoиндустрии позволяет наращивать прикладные исследовательские компетенции и мощности, обеспечивая вузу позицию ведущей площадки для аутсорсинга НИР компаний реального сектора экономики. Так классический университет становится генератором прикладных идей и разработок, базой для развития инновационного предпринимательства, гарантом качественной и авторитетной экспертизы прикладных научных и технологических решений для компаний и органов государственного управления.

Рост масштабов и направлений научных исследований, выполняемых по международным, российским и региональным целевым программам и грантам, способствует развитию реальной продуктивности фундаментальных и прикладных исследований. На этой основе обеспечивается актуальность и преемственность научного знания в образовательном процессе и активной научной работе со студентами и молодыми учеными, создается

система эффективной коммерциализации научных результатов путем развития соответствующей технологической платформы и инфраструктуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абсолютная отрицательная проводимость в графене с хоббардовским взаимодействием в присутствии магнитного поля / М. Б. Белоненко, Н. Г. Лебедев, Н. Н. Янюшкина, М. М. Шакирзянов // Физика твердого тела. – 2010. – Т. 52, вып. 9. – С. 1819–1823.
2. Антикризисное регулирование экономики региона: мониторинг и политика мобилизации [Текст] : [монография] / авт. коллектив: О. В. Иншаков (науч. рук.) [и др.] ; под ред. д-ра экон. наук, проф. О. В. Иншакова. – Волгоград : Изд-во ВолГУ, 2010. – 328 с. – Прил.: с. 301–324.
3. Белоненко, М. Б. Периодические домены тока в пучках углеродных нанотрубок / М. Б. Белоненко, Е. В. Демушкина, Н. Г. Лебедев // ЖТФ. – 2008. – Т. 78, вып. 7. – С. 1–7.
4. Белоненко, М. Б. Электромагнитные солитоны в пучках углеродных зигзагообразных нанотрубок / М. Б. Белоненко, Е. В. Демушкина, Н. Г. Лебедев // ФТТ. – 2008. – Т. 50, вып. 2. – С. 368–374.
5. Белоненко, М. Б. Динамика распространения световой пули в массиве углеродных нанотрубок с металлическими неоднородностями / М. Б. Белоненко, Н. Г. Лебедев, А. С. Попов // ПЖТФ. – 2011. – Т. 37, № 3. – С. 51–58.
6. Влияние отжига на оптические спектры поглощения одностенных углеродных нанотрубок / П. Н. Гевко, А. В. Окогуб, Л. Г. Булушева [и др.] // ФТТ. – 2006. – Т. 48, вып. 5. – С. 947–951.
7. Гукова, А. В. Финансовый механизм развития нанотехнологий в России / А. В. Гукова. – Волгоград : Изд-во ВолГУ, 2010. – 28 с.
8. Давлетова, О. А. Структура и электронные характеристики пиролизованного полиакрилонитрила : дис. ... канд. физ.-мат. наук / Давлетова Олеся Александровна. – Волгоград, 2010. – 141 с.
9. Запороцкова, И. В. Углеродные и неуглеродные наноматериалы и композитные структуры на их основе: строение и электронные свойства. Полуэмпирические исследования : дис. ... д-ра физ.-мат. наук / Запороцкова Ирина Владимировна. – Волгоград, 2005. – 377 с.
10. Запороцкова, И. В. Углеродные и неуглеродные наноматериалы и композитные структуры на их основе: строение и электронные свойства : [монография] / И. В. Запороцкова. – Волгоград : Изд-во ВолГУ, 2009. – 490 с.
11. Запороцкова, И. В. Электронное строение и энергетический спектр нанотрубок. Исследование в рамках модели встроенного циклического кластера и расчетной схемы MNDO : дис. ... канд. физ.-мат. наук / Запороцкова Ирина Владимировна. – Волгоград, 1997. – 178 с.
12. Запороцкова, И. В. Протонная проводимость однослойных углеродных нанотрубок: полуэмпирические исследования / И. В. Запороцкова, Н. Г. Лебедев, П. А. Запороцков // ФТТ. – 2006. – 48 (4). – С. 756–760.
13. Иванченко, Г. С. Проводящие и фононные свойства углеродных нанотрубок : дис. ... канд. физ.-мат. наук / Иванченко Геннадий Сергеевич. – Волгоград, 2008. – 148 с.
14. Иванченко, Г. С. Проводимость двухслойных углеродных нанотрубок в рамках модели Хаббарда / Г. С. Иванченко, Н. Г. Лебедев // Физика твердого тела. – 2007. – Т. 49, вып. 1. – С. 183–189.
15. Иншаков, О. В. Наноиндустриализация в глобальном контексте / О. В. Иншаков // Экономика. Налоги. Право. – 2010. – № 3. – С. 43–55.
16. Иншаков, О. В. Наноиндустриализация в глобальном контексте / О. В. Иншаков. – Волгоград : Изд-во ВолГУ, 2010. – 36 с.
17. Иншаков, О. В. Стратегия и тактика государственной политики развития nanoиндустрии в России : материалы к докл. на Общем собрании Отделения общественных наук, 13 дек. 2010 г. / О. В. Иншаков ; РАН, Отделение общественных наук. – М. ; Волгоград : Изд-во ВолГУ, 2010. – 36 с.
18. Иншаков, О. В. Экономическая генетика и наноэкономика / О. В. Иншаков. – Волгоград : Изд-во ВолГУ, 2007. – 94 с.
19. Иншаков, О. В. Международное сотрудничество России в сфере нанотехнологий: направления и формы / О. В. Иншаков, Е. И. Иншакова. – Волгоград : Изд-во ВолГУ, 2010. – 28 с.
20. Иншаков, О. В. Государственная политика развития нанотехнологий: российский и зарубежный опыт / О. В. Иншаков, А. В. Фесюн ; Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования «Волгогр. гос. ун-т». – Волгоград : Изд-во ВолГУ, 2009. – 48 с.
21. Иншаков, О. В. Национальная политика развития nanoиндустрии: проблемы формирования и реализации / О. В. Иншаков, А. В. Фесюн // Власть. – 2010. – № 8. – С. 4–8.
22. Иншаков, О. В. О приоритетах государства в сфере nanoиндустрии / О. В. Иншаков, А. В. Фесюн // Экономист. – 2009. – № 10. – С. 3–9.
23. Иншаков, О. В. Нанотрансформация товаров / О. В. Иншаков, А. Р. Яковлев. – Волгоград : Изд-во ВолГУ, 2010. – 32 с.
24. Лебедев, Н. Г. Физико-химические свойства нанотубулярных систем в кластерных моделях твердых тел : дис. ... д-ра физ.-мат. наук

/ Лебедев Николай Геннадьевич. – Волгоград : Изд-во ВолГУ, 2006. – 302 с.

25. Лященко, В. И. Перспективы «нанотехнологических прорывов» в трансграничных инновационных системах / В. И. Лященко, Т. Ф. Бережная // Экономический вестник Ростовского государственного университета. – 2007. – Т. 5, № 4. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.ecsocman.edu.ru/images/pubs/2008/08/25/0000323946/journal5.4-12.pdf> (дата обращения: 16.09.2011). – Загл. с экрана.

26. Механизмы реализации стратегии формирования наноиндустрии в регионах России / О. В. Иншаков [и др.]. – Волгоград : Изд-во ВолГУ, 2010. – 232 с.

27. Нанотехнологии и наноматериалы: современное состояние и перспективы развития в условиях Волгоградской области : материалы 2-й Всерос. науч.-техн. конф., г. Волгоград, 17–18 дек. 2009 г. / Администрация Волгогр. обл., ВолГУ. – Волгоград : Изд-во ВолГУ, 2009. – 548 с.

28. Пак, А. В. Статистическая модель адсорбции атомарного водорода на поверхности углеродных нанотрубок / А. В. Пак, Н. Г. Лебедев // Материалы I Междунар. Казахстанско-Российско-Японской науч. конф. VI Российско-Японского семинара «Перспективные технологии, оборудование и аналитические системы для материаловедения и наноматериалов», Усть-Каменогорск, 24–25 июня 2008 г. – М. : Интерконтакт Наука, 2008. – С. 418–426.

29. Попов, А. М., Лозовик Ю. Е., Бичутская Е., Иванченко Г. С., Лебедев Н. Г., Криворотов Е. К. // Физика твердого тела. – 2009. – Т. 51, вып. 6. – С. 1230–1237.

30. Программа Антикризисных мер Волгоградской области на 2009–2012 гг. : [монография] / авт. коллектив: О. В. Иншаков (науч. рук.) [и др.]; под ред.

д-ра экон. наук, проф. О. В. Иншакова. – Волгоград : Изд-во ВолГУ, 2010. – 174 с.

31. Прокофьева, Е. В. Однослойные углеродные нанотрубки и некоторые композиты на их основе: строение и электронные свойства : дис. ... канд. физ.-мат. наук / Прокофьева Елена Васильевна. – Волгоград, 2010. – 197 с.

32. Стратегия инновационного развития Волгоградской области до 2025 г. / О. В. Иншаков [и др.]. – Волгоград : Изд-во ВолГУ, 2009. – 224 с.

33. Фесюн, А. В. Наноиндустрия как основа инновационной экономики РФ / А. В. Фесюн // Философия хозяйства. – 2010. – № 5 (71). – С. 71–85.

34. Фесюн, А. В. Региональные аспекты стратегии и тактики формирования наноиндустрии / А. В. Фесюн. – Волгоград : Изд-во ВолГУ, 2010. – 154 с.

35. Absolute negative conductivity of graphene in the Hubbard model / M. B. Belonenko, N. G. Lebedev, M. M. Shakirzyanov, N. N. Yanyushkina // Physica Scripta. – 2010. – Vol. 82. – P. 025704–025801.

36. Belonenko, M. B. Electromagnetic solitons in a system of carbon nanotubes / M. B. Belonenko, E. V. Demushkina, N. G. Lebedev // Journal of Russian Laser Research. – 2006. – Vol. 27, № 5. – P. 457–465.

37. Lebedev, N. G. Hiral effects of single-wall carbon nanotube fluorination and hydrogenation / N. G. Lebedev, I. V. Zaporotskova, L. A. Chernozatonskii // Int. Journ. Quant. Chem. – 2004. – Vol. 100, № 4. – P. 548–558.

38. Myrdal, G. Value in social theory: a selection of essays on methodology / G. Myrdal; ed. by P. Streeten. – London : Routledge & Kegan Paul, 1958. – 320 p.

39. Selective etching of metallic single-wall carbon nanotubes with hydrogen plasma / A. Hassanien, M. Tokumoto, P. Umek [et al.] // Nanotechnology. – 2005. – Vol. 16. – P. 278–281.

RESEARCH IN THE FIELD OF NANOTECHNOLOGY AS A PRIORITY THE DEVELOPMENT OF SCIENCE AND INNOVATION IN THE VOLGOGRAD STATE UNIVERSITY

O.V. Inshakov, A.E. Kalinina, A.V. Fesyun

In Volgograd State University Academic Council adopted a comprehensive scientific theme “Fundamental and applied problems of technological, environmental, socio-economic and cultural modernization and development of nanotechnology in Russia today.” Recognized in Russia and worldwide teams of scientific fields, schools, and research and education centers, studies in the field of nanotechnology and new materials, and the features of social and economic relations, which vary in the course of development of the new VI technological structure.

Key words: *Volgograd State University, nanotechnology, nanotech, nanoeconomy, priorities for development, innovation.*