



УДК 621.38  
ББК 34.5

## НАНОТЕХНОЛОГИИ В ВолГУ: ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС И НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Запороцкова Ирина Владимировна

Доктор физико-математических наук, профессор,  
директор института приоритетных технологий,  
Волгоградский государственный университет  
irinazaporotskova@gmail.com  
просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация

**Аннотация.** В работе обсуждаются основные направления образовательного и научного процесса в ВолГУ в области нанотехнологий. Представлены основные образовательные программы ВолГУ, обеспечивающие подготовку специалистов по направлению «Нанотехнология». Описаны основные цели деятельности научно-образовательного центра «Наноматериалы и нанотехнологии» и представлен ряд проектов и исследований, поддержанных на региональном и федеральном уровнях в форме грантов и государственных контрактов. Обсуждаются принципы новых технологий, разработанных учеными ВолГУ, их научные основы и потенциальные потребители. Сделан вывод о плодотворном решении Волгоградским государственным университетом задач, поставленных образовательным и научным сообществом, для достижения лидирующих позиций России на мировом нанотехнологическом рынке.

**Ключевые слова:** образовательные направления в области нанотехнологий, научно-образовательный центр, фундаментальные и прикладные разработки, новые композитные наноматериалы, наномаркировки, наноматериалы и нанотехнологии в медицине, нанотехнологии в судебно-экспертной деятельности.

### Введение

Одним из основных направлений в социально-экономических приоритетах государства является развитие высокотехнологичных отраслей производства. На современном этапе таким направлением, безусловно, является наноиндустрия – интегрированный комплекс, включающий оборудование, материалы, программные средства, а также технологическую, метрологическую, информационную, организационно-экономическую культуру и кадровый потенциал, обеспечивающие производство наукоемкой продукции. Он базируется на использовании новых свойств материа-

лов и систем при переходе к наномасштабам [1; 2; 3; 5; 7].

В развитых странах осознание ключевой роли нанотехнологий в ближайшем будущем привело к разработке широкомасштабных программ по их развитию на основе государственной поддержки. Так, в 2000 г. в США принята приоритетная долгосрочная комплексная программа, названная Национальной нанотехнологической инициативой и рассматриваемая как эффективный инструмент, способный обеспечить лидерство США в первой половине XXI века. Аналогичные программы приняты Европейским союзом, Японией, Китаем, Бразилией и рядом других стран.

В России работы по созданию нанотехнологий были начаты еще 50 лет назад, но на начальном этапе слабо финансировались и велись только в рамках отраслевых программ. Далее были разработаны основные инструменты реализации инициативы: Федеральная целевая программа «Развитие инфраструктуры наноиндустрии в РФ на 2008–2010 гг.» и Программа развития наноиндустрии в РФ до 2015 года [4; 6]. В настоящее время запущен целый ряд федеральных программ, призванных стимулировать развитие нанотехнологий в России.

### 1. Основные образовательные программы и научные исследования в области нанотехнологий

При реализации национальных программ в области наноиндустрии и нанотехнологий наряду с постановкой чисто экономической задачи необходимо решать и социальную задачу – обеспечение требуемого интеллектуального уровня «человеческого капитала». В рамках развития образовательного базиса России в области наноиндустрии Минобразованием России 4 июня 2003 г. был издан приказ № 2398 «Об эксперименте по созданию нового направ-

ления подготовки дипломированных специалистов «Нанотехнология» и специальностей «Нанотехнологии в электронике» и «Наноматериалы». Учебно-методический совет по данному направлению возглавил академик Ж.И. Алферов. А в 2007 г. подготовку по специальности «Наноматериалы» начал и Волгоградский государственный университет, первым среди вузов Южного региона приступивший к реализации государственной образовательной программы по нанотехнологиям. В настоящее время по данной специальности в ВолГУ обучаются 105 человек, в 2012 г. первые выпускники-наноматериаловеды начали работу в регионе. В 2011 г. состоялся первый успешный набор на направление подготовки «Наноинженерия», также обеспечивающий подготовку кадров для этой перспективной области. Важнейшими элементами обеспечения научно-образовательного процесса по данным программам является наличие имеющихся в ВолГУ научно-педагогических школ, современной нанотехнологической базы, не имеющей аналогов в Волгоградском регионе, и методического обеспечения в виде учебников и учебных пособий, монографий по ключевым направлениям индустрии наносистем.

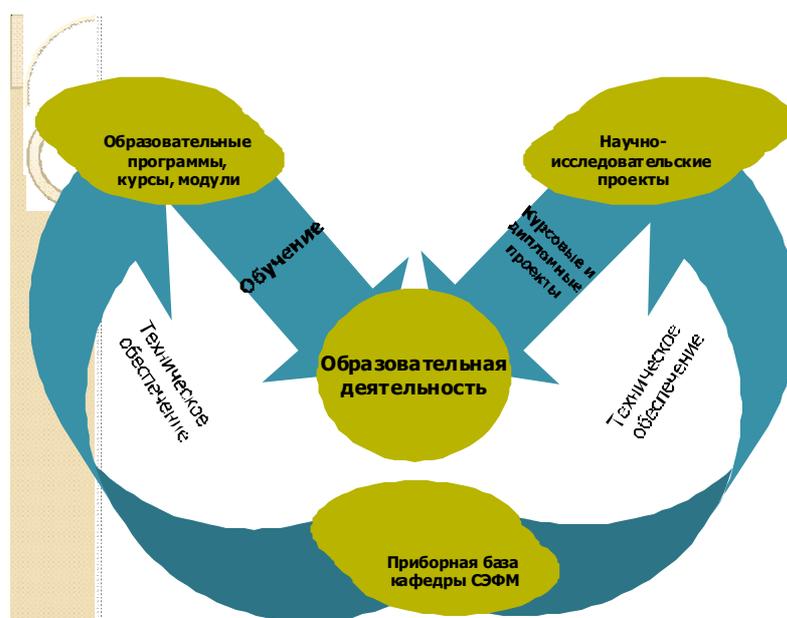


Рис. 1. Основные направления деятельности НОЦ

В марте 2007 г. в ВолГУ был создан Научно-образовательный центр «Наноматериалы и нанотехнологии». Деятельность Центра направлена на достижение следующих целей:

- проведение теоретических и экспериментальных исследований в области нанотехнологий и наноматериаловедения;
- выполнение поисковых научно-исследовательских работ по грантам и госконтрактам;
- удовлетворение потребностей отдельных специалистов и организаций в получении современных профессиональных знаний и выполнении исследований на современном оборудовании (см. рис. 1).

В результате успешной деятельности НОЦ коллективом, в который помимо сотрудников и преподавателей кафедры судебной экспертизы и физического материаловедения института приоритетных технологий ВолГУ входят студенты, обучающиеся по направлению «Наноинженерия» и по специальности «Наноматериалы», и аспиранты, обучающиеся по направлению «Физика конденсированного состояния», были получены и выполнены целый ряд научных грантов и государственных контрактов регионального и федерального уровня на общую сумму более 18 млн рублей.

Были проведены фундаментальные исследования и разработаны технологии по следующим основным направлениям.

*1. Технология создания защитных наномаркировок с использованием зондовой сканирующей микроскопии*

Разработана технология нанесения и выявления наномаркирующих знаков (наномаркировки) на поверхности объектов различной химической природы и различной твердости, требующих особой степени защиты, с использованием возможностей зондовой сканирующей микроскопии. Имеется патент РФ № 2365989 «Способ нанесения наномаркировок на изделия».

Новизна проекта заключается в комплексном использовании наиболее совершенных на сегодняшний день зондовых нанотехнологий с применением сканирующей зондовой микроскопии, атомно-силовой микроскопии, сканирующей туннельной микроскопии и различных видов нанолитографии, эффективность которых на три порядка превосходит все известные на сегодняшний день способы создания защитной маркировки.

Получаемый продукт обладает повышенной конкурентоспособностью. Сканирующий туннельный микроскоп (СТМ) и атомно-силовой микроскоп (АСМ) позволяют контролировать и модифицировать поверхность материалов с разрешением вплоть до **0,1 нм**.

На рисунке 2 представлены технологические комплексы для создания наномаркировок на базе микроскопов «NanoEducator» и «SolverPro» (производство NT-MDT, г. Зеленоград). На рисунке 3 приведен пример маркировки (герб ВолГУ), созданной на поверхности полимерного образца.



Рис. 2. Технологические комплексы для создания наномаркировок на базе микроскопов «NanoEducator» и «SolverPro»



Рис. 3. Пример наномаркировки, нанесенной на поверхность образца из поливинилхлорида

Считывание информации с целью обнаружения и последующей подделки наномаркировки невозможно с помощью известных оптических устройств. Полное содержание наномаркировки может быть воспроизведено только с применением сканирующих зондовых микроскопов. Однако даже знание места локализации наномаркировки на изделии с точностью до  $1 \text{ мм}^2$  не приводит к возможности ее выявления, так как на этой площади имеется в среднем  $10^5$ – $10^6$  участков, где она могла бы располагаться.

Потенциальными потребителями технологии являются: силовые ведомства (МВД, Минюст, МЧС) для маркирования оружия, опечатывания особо секретных материалов, вещественных доказательств и др.; государственный таможенный комитет для идентификации антиквариата и произведений искусств, пересекающих границу; предприятия и организации для маркировки дорогостоящего оборудования, ювелирных изделий, защита от контрафактной продукции (CD-диски и т. д., борьба с «пиратством»); страховые компании и т. п.

Проект поддержан Фондом содействия развитию малых предприятий в научно-технической сфере (2008 г.), отмечен дипломом I степени и Золотой медалью на IV Саратовском салоне изобретений, инноваций и инвестиций, отмечен грамотой на Международной выставке «Перспективные технологии 21 века» (Москва, ВВЦ, октябрь 2008 г.), гра-

мотами на Международном форуме «Роснафорум» (Москва, ЭКСПОЦЕНТР, 2009, 2010 г.), дипломом за проект «Способ нанесения наномаркировки на изделия» на областном конкурсе инновационных проектов среди субъектов малого и среднего предпринимательства Волгоградской области (Волгоград, 2011 г.).

## 2. Технология очистки спиртосодержащих жидкостей с использованием углеродных наноматериалов

Разработана технология финишной очистки технических и пищевых спиртосодержащих жидкостей (водно-этанольных смесей), в том числе продукции ликероводочной промышленности, с использованием углеродных наноматериалов, к которым относятся фуллерены и нанотрубки, обладающие уникальными сорбционными характеристиками. Эта технология может быть использована для очистки воды. Имеется патент РФ на изобретение № 2359918 «Способ очистки водно-этанольных смесей от изопропилового спирта».

Высокая удельная поверхность углеродных нанотрубок, в несколько раз превышающая удельную поверхность лучших современных сорбентов, открывает возможность их использования в фильтрах и других аппаратах химических технологий. Эффективность нанотрубок по отношению к органическим молекулам в десятки раз превосходит активность графитовых адсорбентов, являющихся на сегодняшний день самыми распространенными средствами очистки. Предлагается использовать углеродные нанотрубки для финишной очистки технических и пищевых спиртосодержащих жидкостей (водно-этанольных смесей), в том числе продукции ликероводочной промышленности, от примесей малых и сверхмалых концентраций, к которым могут быть отнесены, в частности, метанол и сивушные масла (тяжелые спирты), являющиеся сильными токсикантами. Это позволит значительно удешевить процессы очистки жидкого спиртосодержащего материала на заключительном этапе производства от последних, наиболее трудноизвлекаемых побочных продуктов. В настоящее время технология сверхвысокой очистки спиртосодержащих жидкостей является весьма дорогой и трудоемкой.

Потенциальными потребителями технологии являются предприятия фармацевтической, электронной, оптической промышленности, химической и пищевой промышленности, предприятия ликеро-водочной промышленности и т. п.

### *3. Нанотехнологии в медицине*

Одним из наиболее перспективных и в то же время проблемных участков нанотехнологии и наноматериаловедения является область биомедицинских нанотехнологий. Сферы возможных применений новых знаний о материалах в этой области очень разнообразны. Это и создание механических нанобиоконструкций, и создание гибридных биосовместимых материалов, и разработка новых лекарственных препаратов, и т. п. Тем не менее, несмотря на широту задач, исследования в этой перспективной отрасли только начинаются, так как требуют глубокой предварительной теоретической и экспериментально-лабораторной проработки.

#### *а) стоматология*

Разработана технология производства материалов на основе полимерных композиций, армированных углеродными нанотрубками, что позволит создавать пломбирочные материалы нового поколения, а также создавать и сохранять качественные слепки объемных следов. Одним из ожидаемых свойств пластмасс, допированных углеродными нанотрубками, является увеличение их прочности при сохранении требуемой пластичности.

#### *б) лекарственное нанопокрывание для стентов*

Развитие медицины сегодня связано с внедрением высокотехнологичных видов помощи. К сожалению, распространение высокотехнологичных видов помощи ограничивается стоимостью расходных материалов, то есть катетеров, баллонов, стентов и прочей продукции, без наличия которых выполнение операции просто невыполнимо и невозможно. Безусловно, внедрение Правительством России и Минздравсоцразвития программы по реализации государственного задания на оказание высокотехнологичных видов помощи позволило внедрить операции в повседневную практику, но все используемые высококлассные образцы в настоящее время сугубо импортного производства. Медицинские компа-

нии и корпорации практически всех стран Европы и Америки с заводами в Польше, Мексике и Китае, а также целый ряд поставщиков и посредников по сути дела финансируются правительством нашей страны. Реальная стоимость или себестоимость расходных материалов может быть гораздо ниже.

В ВолГУ разрабатывается технология создания нового лекарственного покрытия на поверхности металлических коронарных и полимерных желчевыводящих стентов для биомедицинских нужд, использующего в качестве носителя лекарственного препарата известный полимерный материал.

#### *4. Технология создания сверхпрочного дорожного покрытия с использованием углеродных наноматериалов*

Разработана технология создания сверхпрочного дорожного покрытия путем допирования асфальто-бетонного материала углеродным наноматериалом. В 2014 г. получен патент РФ № 2515007 «Способ упрочнения асфальтового дорожного покрытия углеродным материалом».

Анализ общих сведений об асфальтобетонах и знания об упрочняющих характеристиках углеродных нанотрубок позволил предположить, что углеродные нанотрубчатые материалы могут быть использованы для улучшения эксплуатационных характеристик асфальтобетонов. В частности, введение нанотрубчатого материала в жидкий битум существенно повысит прочность и упругость получаемого асфальтового покрытия.

Научным коллективом выполнены исследования положительного влияния нанотруб на характеристики асфальтовых бетонов. Установлено, что даже незначительные (до 0,001 % по массе) добавки нанотрубчатого материала увеличивают его прочность при сжатии.

Таким образом, можно рекомендовать использование армирования применяемых асфальтовых бетонов углеродными нанотрубками для повышения эксплуатационных характеристик последних.

#### *5. Исследование возможностей улучшения трибологических характеристик смазочных материалов, допированных углеродными наноструктурами*

Основная идея проекта – разработка технологии получения смазочных материалов

(смазок и масел), допированных наноструктурированным углеродом. Смазка снижает потери на трение и тем самым уменьшает износ деталей. Она способствует внутреннему охлаждению трущихся поверхностей, смыванию нагара и металлической пыли, уплотнению поршней в цилиндрах, защите деталей от коррозии. Присадки наноструктурированного углерода повысят трибологические характеристики смазочных материалов, используемых для обеспечения долгосрочной службы трущихся металлических и резиновых поверхностей. Применение данных технологий резко снизит эксплуатационные издержки. Использование углеродного нанотрубного материала в качестве присадки к горюче-смазочным материалам (маслам) приведет к улучшению их эксплуатационных характеристик, в частности, вязкости и стабильности против окисления, что обеспечивается высокой антиоксидантной способностью углеродных нанотрубок за счет их выдающейся сорбционной активности. Можно ожидать, что термоокислительная стабильность повысится на 80 %, противоизносные свойства и стойкость к старению – на 50 %. Будет обеспечено отсутствие коррозионного воздействия на материалы деталей установок как в процессе работы, так и при длительных перерывах, высокая стабильность при транспортировании и хранении и т. д.

*6. Технологии получения полимерных композитных материалов, допированных углеродными нанотрубками*

В настоящее время обращает на себя внимание смещение акцента на мировом рынке в применении конструкционных материалов от металлических к неметаллическим. Анализ зарубежных источников, а также общие тенденции развития материаловедения показывают, что в настоящее время интенсивно ведутся разработки и исследования в области композиционных материалов, армирующих компонентов, связующих для них и технологий их переработки в высокотехнологичную наукоемкую продукцию с большой долей инновационной составляющей. Такие разработки в области полимерных композиционных материалов (ПКМ) проводят фирмы США, Японии, ЕС, Китая, Индии, ЮВА, Южной Америки, ориентирующиеся на переход от

исследовательских работ к их коммерческому использованию. В России сегменты рынка конструкционных композиционных материалов и изделий из них практически не освоены, несмотря на то что имеются благоприятные технологические и научные предпосылки для этого. До недавнего времени финансирование этих работ практически не осуществляется, а на экспорт в Россию как зарубежных волокон (углеродных нанотрубок), так и препрегов ПКМ на их основе действуют существенные ограничения как на стратегическое сырье. В России работы по ПКМ отстают от передовых зарубежных разработок и находятся в стадии эксперимента.

Таким образом, задача разработки комплекса технологических решений для создания нового поколения композиционных материалов, армирующих волокнистых наполнителей (в том числе углеродных нанотрубок), высокодеформативных связующих, создания новых подходов к моделированию технологических процессов и проектированию изделий с применением ПКМ является весьма актуальной.

ВолГУ ведет НИОКР по созданию особо прочных, в том числе полимерных, материалов с повышенными прочностными и эксплуатационными характеристиками. Выполняются исследования по разработке технологии получения новых структур с уникальными свойствами, которые обеспечиваются использованием углеродных нанотрубок в качестве допирующего и армирующего материала. Уникальные углеродные нанотрубки (УНТ) как индивидуальный объект имеют высокие модуль линейной упругости, прочность на разрыв, коэффициент теплопроводности, допустимую плотность тока. Использование углеродных нанотрубок в качестве допирующего элемента позволяет создавать новые композитные наноматериалы, обладающие уникальными физико-химическими свойствами и характеристиками, которые обеспечат их использование при производстве высококачественных, уникальных и надежных в эксплуатации промышленных и бытовых систем. Углеродные нанотрубки, обладающие, как известно, рекордными механическими характеристиками, рассматриваются как эффективное средство повышения прочностных свойств композитных поли-

мерных материалов. Для реализации этой возможности необходимо добиться хорошего сопряжения между поверхностью УНТ и полимерной матрицей. Это обеспечивает эффективную передачу нагрузки от полимерного материала нанотрубке и, в конечном счете, приводит к повышению прочностных характеристик и улучшению их эксплуатационных свойств. Эксперименты, выполненные с наиболее распространенными полимерами различной природы, показывают, что углеродные нанотрубки в полимерных матрицах оказывают большое влияние на электропроводность, вязкость при сдвиге и другие транспортные свойства, являясь гибридами наполнителей и добавок наноразмеров.

*7) Нанотехнологии в экспертной практике*

*а) технология производства баллистического желатина, армированного углеродными нанотрубками*

Разрабатывается технология производства нового вида баллистического желатина, армированного углеродными нанотрубками, который будет использован силовыми ведомствами для отработки техники стрельбы; необходимость проекта обусловлена низкой температурной стабильностью применяемого в настоящее время баллистического желатина, сохраняющего стабильность формы и характеристик лишь при 0 °С.

*б) технология производства дактилоскопической пленки*

Разрабатывается технология создания модифицированной дактилоскопической пленки, полученной путем армирования полиэтилена углеродным наноматериалом, что обеспечит ее новые упругие свойства при сохранении высокой пластичности полиэтилена.

*в) использование углеродного наноматериала (нанотрубок, фуллеренов) в качестве дактилоскопического порошка*

Разрабатывается методика применения углеродного наноматериала (нанотрубок, фуллеренов) в качестве сыпучего дактилоскопического порошка, обладающего высочайшими адгезионными характеристиками, позволяющими использовать их для сбора отпечатков без использования скотча или пленок с клеевым покрытием.

*г) разработка технологии производства слепочных материалов нового поколения*

Разрабатывается технология производства слепочных материалов на основе полимерных композитов, армированных углеродными нанотрубками, что позволит создавать и сохранять качественные термостойкие слепки объемных следов.

*8. Фундаментальные исследования наноматериалов*

В ВолГУ с 1995 г. ведутся фундаментальные исследования широкого круга наноматериалов: углеродных, борных, бор-углеродных, нитрид-борных нанотрубок, фуллеренов, нанополимерных углеродсодержащих материалов (пиролизованного полиакрилонитрила), нанопористых материалов на основе оксидов металлов (алюминия, кремния). Решаются фундаментальные проблемы квантового наноматериаловедения, связанные с исследованием механизмов взаимодействия гетероатомных структур, механизмов образования композитных структур на основе нанотрубок и полимерных наноматериалов, исследованием их физико-химических свойств, а также на решение прикладных задач промышленного использования наноматериалов.

Результаты исследований опубликованы в известных российских и международных научных изданиях, представлены более чем в 350 научных публикациях. Обобщенные результаты исследований представлены в ряде обзорных публикаций и монографии.

## **2. Дополнительное образование в области нанотехнологий в ВолГУ**

В 2014 г. ВолГУ по результатам конкурсного отбора получил право на проведение курсов по приоритетному направлению модернизации и технологического развития экономики России «Индустрия наносистем» в рамках Президентской программы повышения квалификации инженерных кадров, по программе «Методы высокотехнологичного получения и исследования композитных наноматериалов и бионаноматериалов и технологии их внедрения на производствах региона». В рамках данной программы проходят подготовку специалисты промышленных предприятий и организаций реального секто-

ра экономики, готовых к внедрению новых наукоемких технологий в области наноиндустрии. Прошедший подготовку будет готов к профессиональной деятельности по высокотехнологичному получению наноматериалов и бионаноматериалов, их исследованию, а также внедрению их на производствах региона в качестве специалиста в области наноинженерии и наноматериаловедения.

Выбор видов профессиональной деятельности (научно-исследовательская, проектно-технологическая, производственно-технологическая) и перечень вырабатываемых в процессе освоения Программы дополнительного профессионального образования повышения квалификации «Методы высокотехнологичного получения и исследования композитных наноматериалов и бионаноматериалов и технологии их внедрения на производствах региона», соответствующих названному ВПД, были определены в результате изучения запросов предприятий Волгоградского региона.

Для достижения поставленных целей обучения и обеспечения качественного образовательного процесса будут применены современные образовательные технологии, которые включают очное и дистанционное образование для проведения лекционных курсов по Программе, интерактивное обучение с применением информационных технологий и интернет-ресурсов.

Отдельные образовательные модули Программы взаимно обусловлены и методически следуют один из другого, планомерно развивая компетенции и нацеливая слушателей Программы на получение знаний и умений по применению наноматериалов, технологий их производства и диагностики, которые в дальнейшем будут применяться на предприятиях.

Основным элементом Программы в этой связи является большой блок лабораторного практикума (67% от общего объема Программы), который обеспечивается имеющимся в ВолГУ высокотехнологическим оборудованием.

Успешно прошедшие итоговую аттестацию направляются на стажировку, которая

будет проходить на базе Научно-производственного центра «Нано- и микроэлектроника» Саратовского государственного университета им. Н.Г. Чернышевского. Целью стажировки является закрепление полученных в результате освоения Программы знаний, умений и компетенций путем выполнения проектов на оборудовании и производственных мощностях названного Центра.

### Заключение

Итак, нанотехнологии, появившиеся еще в те времена, когда ничего не было известно даже про атомно-молекулярное строение вещества, сумели добиться признания и понимания и в настоящее время активно утверждаются в нашей жизни, производстве и обществе.

Пустое пространство внизу, о котором говорил Фейнман, постепенно заполняется, но впереди еще много работы. И Волгоградский государственный университет активно и плодотворно решает задачи, поставленные перед образовательным и научным сообществом, для достижения лидирующих позиций России на мировом нанотехнологическом рынке.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лучинин, В. В. Введение в индустрию наносистем / В. В. Лучинин // Нано- и микросистемная техника. – 2005. – № 5. – С. 2–9.
2. Наноматериалы. Нанотехнологии. Наносистемная техника / под ред. П. П. Мальцева. – М. : Техносфера, 2006. – 152 с.
3. Нанотехнология: физика, процессы, диагностика, приборы / под ред. В. В. Лучинина, Ю. М. Таирова. – М. : Физматлит, 2006. – 552 с.
4. Программа развития наноиндустрии в Российской Федерации до 2015 года. – М., 2008. – 73 с.
5. Пул, Ч. Нанотехнологии / Ч. Пул, Ф. Оуэнс. – М. : Техносфера, 2005. – 336 с.
6. Развитие в России работ в области нанотехнологий / С. М. Алфимов [и др.] // Микросистемная техника. – 2004. – № 8. – С. 2–8.
7. Feynman, R. There's plenty of room at the bottom: an invitation to enter a new field of physics / R. Feynman // Eng. Sci. – 1960. – Vol. 23. – P. 22.

**NANOTECHNOLOGIES AT VOLSU:  
EDUCATIONAL PROCESS AND SCIENTIFIC RESEARCHES**

**Zaporotskova Irina Vladimirovna**

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor,  
Director of Institute of Priority Technologies,  
Volgograd State University  
irinazaporotskova@gmail.com  
Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation

**Abstract.** In work the main directions of educational and scientific process at VolSU in the field of nanotechnologies are discussed. The main educational programs of VolSU providing training of specialists in the Nanotechnology direction are presented. Main objectives of activity of the scientific and educational center “Nanomaterials and Nanotechnologies” are described and a number of projects and the researches supported at the regional and federal levels in the form of grants and the state contracts are submitted. The principles of the new technologies developed by scientists of VolSU, their scientific bases and potential consumers are discussed. The conclusion is drawn on the fruitful decision by the Volgograd state university of the tasks set by educational and scientific community, for achievement of the leading positions of Russia in the world nanotechnological market.

**Key words:** the educational directions in the field of nanotechnologies, the scientific and educational center, fundamental and applied development, new composite nanomaterials, nanomarkings, nanomaterials and nanotechnologies in medicine, nanotechnology in judicial and expert activity.