

За последние двадцать лет нанотехнологии заняли одну из первых позиций по производству новых продуктов или уже существующих, но имеющих новые улучшенные свойства. Продукты и материалы, созданные на основе нанотехнологий, становятся неотъемлемой частью жизни человека [1]. Поэтому разработка нанотехнологий и их внедрение в производства становится наиболее перспективным направлением исследовательской деятельности ученых всего мира. Особый интерес вызывает успешный опыт США в области экспериментальной работы, организации исследований и их дальнейшей коммерциализации. Каждый год в США миллионы долларов уходят на разработку новых технологий, в том числе и в сфере «нано». Если в 2005 году на закупку металлических наночастиц было потрачено около 200 миллионов долларов, то в 2010 году эта цифра увеличилась до 1500 миллионов долларов [2]. На сегодняшний день американский капитал инвестирует производство большого количества наноматериалов и продуктов на их основе [2].

Керамические наночастицы используются для получения структурированных композиционных материалов, абсорбентов, в производстве косметики и покрытий. Отдельно можно привести примеры использования оксида церия для топливных катализаторов, оксида титана для фотокаталитических покрытий, стекла, фильтров и солнечных батарей. Металлические наночастицы широко используются в производстве бактерицидных покрытий, катализаторов, токопроводящих слоев дисплеев, микросхем и сенсоров. Нанопористые материалы, такие как аэрогели и полимеры, применяются для создания изоляционных материалов, оптики, электроники, систем доставки лекарственных препаратов и покрытий для медицинских инструментов. Токопроводящие и композиционные материалы, сенсоры, устройства для контроля температуры и спортивные товары, компоненты автомобилей и трубопроводов, антикоррозионные покрытия создаются с применением углеродных нанотрубок и наноструктурированных металлов. Дендримеры, квантовые точки, фуллерены и нанопроволоки также представляют определенный интерес для инвесторов при производстве дисплеев, сенсоров, солнечных батарей, топливных ячеек, маркеров, антиоксидантов и др. [2] В США существуют сотни малых компаний, разрабатывающих наноматериалы, и несколько крупных, которые привлекают нанотехнологии для улучшения производимой продукции. Компании патентуют новые производственные процессы и технологии. По прогнозу экономистов [2] нанотехнологии найдут свое применение во многих областях промышленности, их годовой прирост будет составлять около 25%. Компании с наименьшей стоимостью производства займут лидирующее место. Основной целью ученых, инженеров, экономистов и менеджеров, работающих в этой области, становится планирование процесса производства и конечной продукции. Кроме того, производители проводят исследовательские работы в области прогнозирования рынков сбыта и

разработки новых технологических процессов, оборудования и материалов совместно с научными и образовательными центрами. Одним из ярких примеров взаимодействия образования и промышленности является колледж нанотехнологий и наноматериалов (College of Nanoscale Science and Engineering, CNSE), организованный при Государственном университете штата Нью-Йорк, г. Олбани (State University of New-York, Albany) в 2004 году. Колледж CNSE создавался как центр, основной задачей которого было объединить работу правительства штата Нью-Йорк, науку и промышленность для вывода штата на лидирующую позицию в сфере технологий и экономического развития. Для достижения поставленных целей были выделены несколько ключевых моментов: как основополагающее направление колледжа нанотехнология, а также инвестирование современной инфраструктуры; фокусирование на технологиях мирового класса; внедрение образовательного процесса непосредственно в производство продукции; создание государственных предприятий с участием частного капитала. Сегодня колледж CNSE является одним из первых научных и образовательных учреждений США, работающих в области нанотехнологий и наноматериалов. На базе колледжа создана плодотворная среда для концентрации образовательных и исследовательских ресурсов и их дальнейшего использования при подготовке будущих поколений ученых, инженеров и исследователей в области наноиндустрии. Колледж ежегодно привлекает около пяти миллиардов долларов государственных и частных инвестиций, что возможно благодаря сотрудничеству с более чем 250 мировыми корпорациями в области нанотехнологий. Среди научных и промышленных партнеров колледжа можно назвать химический концерн BASF, который предлагает высококачественные продукты и системные разработки, играющие важную роль в решении глобальных задач, таких как защита климата и эффективное использование энергии. Корпорация BASF финансирует научные разработки колледжа в области топливных элементов и электролизеров. Швейцарская компания ReVolt Technology, специализирующаяся на производстве электрооборудования, заказывает колледжу разработки аккумуляторных батарей с использованием наноструктурированных электродов. Колледж создал базу для разработки новых технологий на основе полупроводников, которой пользуются большое количество компаний, консорциумов и исследовательских структур. [3] Что же позволяет колледжу привлекать такое количество партнеров и инвестиций от частного и государственного капитала? Ответ прост. Колледж CNSE обеспечивает доступ к современному оборудованию, измерительным приборам и инструментам мирового класса и новым перспективным материалам. На базе колледжа организуются научные центры, в которых работают инженеры и ученые из разных компаний. Пилотные проекты, охватывающие полный цикл научно-производственного процесса, начиная с фундаментальных идей и заканчивая готовой продукцией, привлекают компании

к совместному инвестированию, что значительно сокращает расходы и время, связанные с этапом внедрения новых технологий и материалов в промышленное производство. Основные направления исследований колледжа в целом совпадают с тематикой, актуальной и для нашей страны. Это изучение свойств материалов на атомном, молекулярном и макромолекулярном уровнях в диапазоне от 1 до 100 нм, создание новых материалов с новыми улучшенными свойствами, разработка и внедрение в производство устройств и систем, контролирующих форму и размер наночастиц, анализ способов и принципов применения биоструктур и систем, а также разработка экономических и социальных принципов внедрения новых наноразмерных продуктов и технологий в производство и их дальнейшее применение. Такие исследования являются популярными во всем мире и уже нашли применение в производственной практике. В колледже CNSE работают высококвалифицированные специалисты из различных областей науки. Ниже приведены научные изыскания некоторых из них. Доктор биомедицины, Томас Бегли, изучает токсичность наноматериалов, которые широко применяются на практике, их возможное влияние на организм человека, методы контроля и исследования, а также способы проникания наночастиц в живые организмы и их возможное отрицательное воздействие на ДНК и клетки [4]. Доктор медицины, Сара Бреннер, работает в области наноматериалов, используемых в медицине и фармацевтике. Она рассматривает их влияние на здоровье человека и окружающую среду. Наряду с возможным положительным эффектом в лечении сахарного диабета, онкологических заболеваний и многих других болезней, существует вероятность отрицательного влияния наночастиц на здоровье человека. Это приводит к необходимости разработки и внедрения новых регламентирующих правил использования лекарств и методов, полученных на основе нанотехнологий [5]. Доктор физики Маниша Рейн-Фондакара разрабатывает устройства накопления энергии на основе нанотехнологий. Данные исследования направлены на получение новых экологически чистых методов, которые позволят сократить использование природных ресурсов. Речь идет о создании конденсаторов большой емкости, которые могут быть применены в производстве аккумуляторов. В основе таких исследований лежит разработка новых электролитов, позволяющих расширить диапазон рабочих напряжений. Традиционные электролиты имеют невысокий диапазон напряжений. Для увеличения данного параметра предлагается использовать соли с модифицированной структурой, что позволяет уменьшить температуру плавления. Особый интерес вызывает разработка электродов высокой проводимости с помощью увеличения площади поверхности (электроды с наноразмерными порами) [6]. Доктор физики Гарри Эфстахиадис создает наноматериалы для солнечных батарей. Он занимается разработкой методов химического осаждения и осаждения распылением для создания

абсорбирующего слоя, дешевых методов селенизации и сульфирования, а также исследованиями в области гибких подложек. Кроме этого, он рассматривает вопросы использования нанотехнологий для создания материалов и структур, таких как SiC/Si и SiGe/Si с улучшенными термоэлектрическими характеристиками для их дальнейшего использования при производстве микросхем, охлаждения печатных плат и регенерации использованного тепла для получения энергии [7]. Доктор химии Майкл Карпентер разрабатывает материалы с заданными свойствами, такими как избирательность и надежность. Исследования направлены на новые технологии и методы проектирования, основанные на уникальных свойствах наноматериалов, которые можно использовать для создания химических сенсоров, способных работать в агрессивной окружающей среде, а также сенсоров с высокой чувствительностью и избирательностью при определении углеводов в грунтовых водах, почве и воздухе. Разработка таких сенсоров требует анализа состава и микроструктуры активного сенсорного слоя. Ученый использует большое количество аналитических методов, таких как рентгенографическую дифракцию, рентгеновскую фотоэмиссионную спектроскопию, просвечивающую электронную микроскопию, Оже спектроскопию, эллипсометрию, сканирующую оптическую микроскопию ближнего поля для анализа оптических и электрических свойств наноматериалов [8]. Исследования доктора физики Бредли Фиела связаны с развитием новых методов анализа для наноматериалов. Зачастую физические свойства ограничиваются структурной, химической и электронной неоднородностями на наноразмерном уровне. Так как устройства и процессы становятся все меньше, возникает проблема понимания и измерения структуры в соответствии с новыми свойствами на атомном уровне. В связи с этим область исследования профессора Фиела посвящена разработке инструментов и методик исследования свойств веществ на основе потоков электронов, ионов и фотонов [9]. Профессор Роберт Брейнард занимается изучением и разработкой фоторезистов. Фоторезист – светочувствительный материал, который наносится на обрабатываемый материал в процессе фотолитографии или фотогравировки с целью получить соответствующее фотошаблону расположение окон для доступа травящих или иных веществ к поверхности обрабатываемого материала. Экспонирование производится в ультрафиолетовом диапазоне спектра (фотолитография), электронным лучом (электронно-лучевая литография) или мягким рентгеновским излучением (рентгеновская литография). Воздействие либо разрушает материал (позитивный фоторезист), или, наоборот, вызывает его полимеризацию и снижает растворимость в специальном растворителе (негативный фоторезист). При последующей обработке происходит травление в «окнах», образованных засвеченными (позитивный фоторезист) или незасвеченными (негативный фоторезист) участками полимера [10]. Профессор Джеймс Ллойд работает в области наноэлектроники. Современная наука

позволяет создавать устройства очень маленьких размеров. Кроме того, что устройства должны иметь небольшие размеры, очень важно обеспечить долговечность и надежность работы этих устройств. К сожалению, любое устройство стареет и, в конечном счете, разрушается. Физика процессов, которые ведут к разрушению, до конца не изучена, особенно когда речь идет о процессах, происходящих на молекулярном уровне. Профессор Ллойд занимается изучением физических процессов, приводящих к разрушению устройств и неполадкам в их работе. Эти знания могут помочь в создании надежных электронных систем и компонентов, способных обеспечить необходимый срок службы, а также надежную работу оборудования в течение этого срока. Кроме того, в круг его научных интересов входят экспресс-испытания на надежность, проводимые в течение нескольких часов или недель и дающие прогнозную информацию о надежности устройства на десятилетия вперед [11]. Доктор физики Тимоти Грувс изучает новые методы литографии, используя электронные пучки. Он разработал системы пучков Гаусса VB6 UHR EWF и EBP5000 с различными формами, которые нашли широкое применение в литографии [12]. Доктор физики Эрик Айзенбраун занимается методами обработки тонких и сверхтонких пленок и их практическим применением: химическое осаждение из газовой фазы, плазменная обработка, фотохимическое осаждение, осаждение атомных слоев [13]. Наряду с перечисленными выше исследованиями, колледж развивает новое направление нанонауки, а именно, развитие нанотехнологий для устойчивых экосистем, что представляет особый интерес, так как является перспективным коммерциализуемым проектом. Решение экологических проблем становится все более актуальным в связи с увеличивающимся антропогенным воздействием на окружающую среду, которое может привести к непоправимым глобальным катастрофам. Как это ни парадоксально, но именно нанотехнологии могут позволить эффективно управлять ресурсами экосистемы, а именно, использоваться в устройствах для производства возобновляемой энергии, в экологически безопасных технологиях применения природных ресурсов. Кроме того, благодаря использованию нанотехнологий, системы, построенные человеком, такие как жилищные здания, промышленные объекты и др., также становятся частью природной экосистемы. Эти проблемы актуальны не только для США. Загрязнение окружающей среды является главенствующим фактором планирования, строительства новых и модернизации старых промышленных объектов России [14], а экологический бизнес рассматривается как одно из перспективных направлений развития российской инновационной экономики [15]. С этой целью, в первую очередь, предлагается пересмотреть традиционные источники энергии и полнее использовать возобновляемые источники такие как: энергия солнца, воды и ветра, а также биотопливо. При создании строительных материалов, а также в системах производственных и городских коммуникаций, используются

нанотехнологии, которые позволяют этим системам работать в тандеме с природной экосистемой. Примечательно, что здание самого центра и колледжа нанотехнологий построено в соответствии с самыми современными требованиями энергоресурсосбережения, и потребляет нулевое количество энергии из традиционных источников, получая весь ее необходимый объем благодаря энергии солнца и ветра, и не нарушая природного экобаланса. Коммерциализация новых технологий и продуктов в области нанотехнологий - это одно из направлений подготовки магистров и аспирантов CNSE. Оно направлено на формулирование, изучение и анализ экономических принципов, лежащих в основе развития и внедрения наноразмерных материалов, продуктов, систем и технологий. Данный курс в основном предназначен для магистров, которые получили степень бакалавра в области нанотехнологий и наноматериалов, и теперь хотят получить необходимые навыки для создания своих компаний и реализации продукции. Кроме этого, профессорско-преподавательский состав разрабатывает общие курсы для студентов экономических специальностей и работает совместно с партнерами колледжа для оценки экономических параметров компаний и бизнес планов. Особое внимание уделяется производственному циклу [2], который состоит из трех основных звеньев: - наноматериалы (сырье из наноразмерных структур, таких как наночастицы, углеродные нанотрубки, квантовые точки, фуллерены, дендримеры, нанопористые материалы); - промежуточные наноматериалы (промежуточные продукты с наноразмерными характеристиками, такие как покрытия, ткани, компьютерные микросхемы, контрастные вещества, оптические компоненты, ортопедические материалы, сверхпроводящие материалы); - готовые изделия (изделия, созданные из материалов на основе нанотехнологий, такие как автомобили, одежда, самолеты, компьютеры, электроника, фармацевтические препараты, пища, пластиковые контейнеры). В производственный цикл включены также измерительные приборы, которые позволяют манипулировать, наблюдать и проводить измерения на наноуровне, такие как атомные силовые микроскопы, оборудование для литографии, различные наноманипуляторы. Примерами таких циклов может служить производство рождественских гирлянд, выполненных из дешевых и энергетически выгодных светоизлучающих диодов на основе полупроводников или производство солнцезащитного крема для чувствительной кожи, созданного из нанопорошка, содержащего тонкодисперсный оксид титана [2]. На территории колледжа организованы лаборатории и научные центры, которые включают в себя все звенья производственного цикла, направленного на достижение конкретной задачи с реальным результатом. Студенты колледжа заканчивают обучение не только с накопленным опытом и практическими знаниями, но также с возможностью организовать свою частную компанию с определенным производственным циклом и инвестированием от правительства

штата Нью-Йорк. Такой подход ускоряет внедрение нанотехнологий в практическое производство и рост экономических показателей страны в целом. Уникальными являются подходы к коммерциализации результатов научной деятельности колледжа CNSE. К каждому ученому или научной группе прикреплен специальный менеджер, который является посредником между научными разработками и рынком сбыта полученных результатов. Такой менеджер обладает знаниями в области высоких технологий, которые он курирует, а также маркетинга и менеджмента. Проводя маркетинговые исследования, менеджер находит востребованную область научных изысканий и возможные пути их реализации. Таким образом, ученые полностью посвящены науке и ограждены от делового администрирования своих проектов, порой препятствующих развитию научно-технической мысли. Экономика, наука и производство являются приоритетными сферами государственного регулирования. На сегодняшний день российское правительство уделяет особое внимание модернизации российской высшей школы и научных учреждений, которая невозможна без непосредственного участия промышленности и бизнеса. Новые идеи, проекты и технологии российских ученых должны внедряться в производство, что, в свою очередь, приведет к экономическому росту России в целом. Опыт зарубежных стран, в частности опыт США, в области коммерциализации результатов научной деятельности может быть полезным при создании подобных центров на базе уже существующих научных и образовательных учреждений.