

© 2009 г.

**П. Кохно**

доктор экономических наук

## **СОВРЕМЕННЫЙ ЭТАП ОСВОЕНИЯ НАНОТЕХНОЛОГИЙ**

Освоение нанотехнологий ведет к резкому улучшению потребительских свойств технической продукции, многократно превышающих существующий уровень, и к появлению принципиально новых потребительских свойств. Потенциальные возможности наноразмерных частиц вещества основаны на различии энергетического состояния атомов на поверхности наночастицы и в объеме вещества. Внешние атомы имеют свободные валентные связи, которые у внутренних атомов направлены на взаимодействие с соседними атомами. В случае жидкости свободные валентности внешних атомов создают поверхностное натяжение, наличие которого нам наглядно демонстрируют свободно скользящие по поверхности воды жуки-водомерки. В случае твердого тела наличие поверхностной энергии менее заметно. Она не имеет наглядного подтверждения и в обыденной жизни практически не учитывается.

В наноразмерном интервале ситуация меняется. При определенном размере частицы, который называется критическим ( $D_{кр}$ ), влияние внутренних атомов на свойства вещества уравнивается влиянием свободных валентностей внешних атомов. При размере частицы меньше  $D_{кр}$  начинает преобладать их влияние, свойства вещества резко меняются. Начинают проявляться законы квантовой механики. Такую частицу называют наночастицей. Приставка «нано-» переводится как «карлик», 1 нанометр равен  $1 \times 10^{-9}$  м. Наноразмерными принято считать частицы вещества, размеры которого хотя бы в одном измерении составляют величину менее 100 нм.

Нанотехнологии экономически выгодны: инвесторам, осваивающим перспективное направление вложения финансовых ресурсов; конструкторам, реализующим многократно улучшенные потребительские свойства наноматериалов в передовых изделиях; предпринимателям, создающим предприятия по выпуску продукции с характеристиками выше достигнутого в настоящее время уровня.

За последние годы в России сформирована система нормативно-правового и организационного обеспечения работ в области развития нанотехнологий, в том числе: 1) Концепция развития в РФ работ в области

нанотехнологий на период до 2010 г.; 2) ФЗ № 139 от 19 июля 2007 г. «О Российской корпорации нанотехнологий»; 3) Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2012 гг.

Кроме того, научные исследования в указанной сфере выполняются в рамках федеральных и государственных программ. При этом объём финансирования НИОКР в сфере развития нанотехнологий постоянно растёт. Только по федеральной целевой программе «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития науки и техники» в 2005 г. объём финансирования составил 2,1 млрд рублей, в 2007 г. – около 5 млрд рублей, а с 2008 г. должен обеспечиваться ежегодный прирост в 25-35 %.

Приоритетными направлениями НИОКР в области развития нанотехнологий в России являются: конструкционные материалы гражданского и двойного применения со специфическими эксплуатационными свойствами (прежде всего прочностными и температурными характеристиками); материалы и технологии для наноэлектроники и нанофотоники; композитные материалы на основе углерода (углеродные нанотрубки, фуллерены); научное и технологическое оборудование для nanoиндустрии; медицинские препараты и биоматериалы.

Исследования и разработки в сфере развития nanoиндустрии опираются на значительный отечественный задел по широкой номенклатуре направлений. В области фундаментальных исследований результаты российских учёных не только не уступают зарубежным, но в ряде случаев и превосходят их. По мнению западных аналитиков, по объёму проводимых исследовательских работ в области нанотехнологий мы уступаем США и Японии, но превосходим большинство стран Европы, Америки, Азиатско-Тихоокеанского бассейна, включая Китай, который в значительной степени подпитывается научным потенциалом России. Имеются существенные прорывы и в сфере коммерциализации нанотехнологий.

Так, в рамках федеральной целевой НТП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития науки и техники на 2002–2006 гг.» был реализован ряд важнейших инновационных проектов, являющихся одним из механизмов государственно-частного партнёрства в области развития приоритетных направлений науки и техники и связанных с развитием нанотехнологий в различных областях науки и промышленности. Среди них – разработка и освоение производства приборов и оборудования для нанотехнологий (в рамках инновационного проекта «Нанооборудование»). Реализация проекта призвана обеспечить выход России в число стран, занимающих лидирующие позиции на мировом рынке нанотехнологического оборудования.

К настоящему времени созданы и освоены в производстве универсальные нанотехнологические комплексы, предназначенные для исследований и модификации поверхностных наноструктур в жидких и газовых средах, оптимизации процессов синтеза полимеров и биологических объектов, производства микроэлектронных компонентов, в том числе контрольно-измерительное оборудование на базе сочетания сканирующей зондовой микроскопии и лазерной спектроскопии; разработаны технологии и осваивается серийное производство нового поколения уплотнительных и огнезащитных материалов общепромышленного применения в рамках инновационного проекта «Уплотняющие и огнезащитные композиты».

Применение создаваемой в рамках проекта инновационной продукции даёт следующие преимущества: сокращает расход топливно-энергетических ресурсов за счет предотвращения утечек в разъёмных и неразъёмных герметических узлах; снижает в 1,5–2,4 раза металлоёмкость запорной и регулирующей арматуры; в 5–8 раз увеличивает межремонтные сроки эксплуатации технологического оборудования; в 5–10 раз снижает затраты на ремонт и замену деталей и узлов за счёт увеличения их долговечности.<sup>1</sup>

Создана принципиально новая ресурсо- и энергосберегающая технология переработки углеводородов, в том числе утилизация попутных нефтяных газов на базе нанопористых каталитических структур (в рамках инновационного проекта «Каталитические наномембраны»). Применение создаваемых мембран позволяет в 3 раза сократить выбросы углекислого газа в атмосферу.

Россия в настоящее время по различным причинам не в состоянии вести исследования по всем направлениям развития нанотехнологий. Поэтому первоочередными задачами являются: 1) консолидация ресурсов на прорывных направлениях проведения исследований и разработок в области нанотехнологий и наноматериалов, повышение эффективности и результативности государственных расходов на проведение НИОКР; 2) формирование приборно-инструментальной базы мирового уровня для проведения исследований и разработок в области нанотехнологий и наноматериалов, приборное оснащение на системной основе национальной нанотехнологической сети.

Для решения этих задач разработана федеральная целевая программа (ФЦП) «Развитие инфраструктуры наноиндустрии в Российской Федерации на 2008–2015 гг.». Общий объём финансирования программы состав-

---

<sup>1</sup> Подробнее см.: Кохно П.А., Пименов В.В. Об одной модели экономического развития России в современных условиях // НТС «Вопросы оборонной техники», Вып. 1 (350), 2009.

вит более 29 млрд рублей, в том числе за счёт средств федерального бюджета – более 28 млрд рублей. При выполнении программы возникнут проблемы, связанные с недостаточной активностью частного бизнеса при внедрении нанотехнологий и наноматериалов в производство. Так как отрасль нанотехнологий находится на раннем этапе становления, в ней существуют относительно более высокие риски, чем в других наукоёмких отраслях, причем для развития nanoиндустрии необходимо создание «с нуля» многих рыночных сегментов.

В настоящее время в западной научной литературе закрепился термин «конвергенция технологий» или «конвергентные технологии», под которой понимается широкий круг процессов – как конвергенция отдельных областей наук, так и непосредственно технологий. Существуют две крайние точки зрения на существование самого процесса конвергенции: это либо простая междисциплинарная конвергенция на основе горизонтального влияния нанотехнологии на другие технологии, либо новые направления науки и технологии в будущем будут развиваться по своим собственным траекториям.

Подтверждением идущих процессов конвергенции могут служить государственная стратегия финансирования новых направлений, библиометрические и патентные показатели, растущая научно-техническая кооперация в областях коммуникационных технологий (КТ) (альянсы и сети), диверсификация деятельности частных компаний (компании информационно-коммуникационных технологий) развивают аутсорсинг с биотехническим бизнесом), потоки венчурного капитала, политика университетов (перестраиваются учебные курсы), создание научно-промышленных кластеров. Библиометрические исследования свидетельствуют о том, что за последние 10 лет резко возросло число публикаций в сферах «пересечения» областей КТ. В частности, результаты библиометрического анализа мировых научных публикаций, проведенного зарубежными экспертами с использованием картирования, показали развитие тесных связей между рядом научных направлений. В их числе бионауки – химический синтез – наноматериалы и устройства – сверхпроводимость и компьютерные науки, бионауки – окружающая среда, бионауки – когнитивные науки – социальные науки.

Наибольшие ожидания эксперты связывают с развитием нанотехнологий, которые становятся стержнем формирования новых отраслевых комплексов. В связи этим выделяют несколько видов кластеров: нанотехнология + информационно-коммуникационные технологии (ИКТ); нанобиотехнология + ИКТ; когнитивные науки + ИКТ; нанотехнология + материаловедение + ИКТ. Развитие нанотехнологий основано на интеграции целого ряда дисциплин: химии, физики, механики, материаловедения,

электроники и т.д. В краткосрочной перспективе применение нанотехнологий скажется прежде всего на традиционных отраслях, в долгосрочной перспективе наиболее прорывные достижения дадут толчок к появлению новых секторов и рынков.

По прогнозам, мировой рынок нанотехнологий составит к 2010 г. 405 млрд ф. ст, из которых материалы – 220 млн ф. ст., инструментарий – 180 млн ф.ст., нанобиопродукты – 105 млн ф. ст.<sup>1</sup>. Произойдет трансформация промышленных отраслей и межсекториальных связей. Одним из примеров такой трансформации может служить новый комплекс «креативных» технологий, объединивший свыше 10 подотраслей промышленности и услуг, связанных с промышленным и художественным дизайном. Понятие сектора «креативных» технологий официально принято в Великобритании.

Конвергенция технологий носит взаимонаправленный характер. Так, прогресс в нано- и биотехнологиях зависит от постоянного повышения чувствительности и точности измерительного оборудования, мощности информационных систем обработки данных, фактически от прогресса информационных технологий, опирающегося в настоящее время на инновации в области нанотехнологий. Не только компьютерные технологии оказывают большое влияние на развитие биотехнологий, но наблюдается и обратный процесс, например, в разработке ДНК-компьютеров.

Для информационных технологий переход на наноуровень может означать создание трехмерных наноструктур и компонентов с другими носителями информации – на смену заряда электрона придут другие характеристики его состояния – фотоны или спины. Переход к транзисторным структурам нанодиапазона послужит основой нового поколения вычислительных систем, обеспечивающих значительное увеличение информационных плотностей, скорости вычислительного процесса при существенном уменьшении потребляемой мощности. Будет значительно расширено использование мобильных и распределенных информационных систем, прежде всего за счет практической разработки нанопамяти, которая придет на смену флэш-памяти, сетевых кремниевых нанолазеров и т.д.

Современные наиболее перспективные исследования и разработки в области биотехнологии и биомедицины также вышли на наноуровень, в их числе работы в области геной инженерии (молекула ДНК в ширину имеет 3 нанометра), биосовместимое протезирование (искусственные молекулы), целевая доставка лекарств в больные клетки с помощью наночастиц и многое другое. О направлениях биотехнологий, на которых решается задача улучшения понимания процессов, дающих жизнь клеткам,

---

<sup>1</sup> <http://www.ukinvest.gov.uk/Feature/4033142/en-GB.html>.

можно также говорить как о разделах нанотехнологии или бионанотехнологии. Основные работы в области биоинформатики направлены на исследование геномов, анализ и предвидение структуры белков, изучение взаимодействий молекул белка друг с другом и другими молекулами, а также моделирование процессов эволюции. В науке появился термин "биология *in silico*", буквальный смысл которого – "биология на кремнии", или, иными словами, проведение биологического эксперимента на компьютере.

Общий объем накопленной информации таков, что на первый план выходит системная биология, цель которой – не просто объединить достижения, полученные различными методами, но интегрировать имеющиеся знания и перевести их на качественно новый уровень. Новые разработки в биоинформатике и генетике, например, так называемая фармакогенетика (изучение взаимосвязей между болезнями, генами, протеинами и фармацевтическими средствами), дадут медицине такой инструмент лечения человека, как подбор лекарств и средств воздействия в зависимости от его генетической предрасположенности, а также конструирование лекарств направленного действия. Компьютерные технологии в таких разработках незаменимы. Наномедицина может изменить традиционное представление о болезни и здоровье человека и в конечном итоге привести к медицине, основанной на предвидении и предотвращении заболеваний вместо лечения. Более того, если создание наноприборов, как одна из наиболее радикальных форм нанотехнологий, получит существенное развитие, ее можно будет отнести к числу важнейших разработок в истории технологий. В США межведомственная рабочая группа по нанотехнологиям пришла к заключению, что «социальное воздействие этих разработок может быть больше, чем совокупное воздействие таких технологий, как кремниевые интегральные микросхемы, синтетические полимеры и компьютерное проектирование»<sup>1</sup>.

В ближайшей и среднесрочной перспективе прикладное значение NBIC-технологий будет связано прежде всего с нано- и биомедициной. Центр технологического прогнозирования Азиатско-Тихоокеанского экономического сотрудничества (АТЭС) предсказывает появление первых практических разработок селективных наносенсоров и лекарственных нанооболочек в трехлетний период, а начало использования новых систем медицинской диагностики и методов воздействия на человеческие клетки для восстановления отдельных органов относит к 2013 г. Предполагается, что фармацевтическая промышленность США первую коммерческую от-

---

<sup>1</sup> Futures Research Framework for Biomedical Research and Development – Forecast for 2029.” Nanomedicine Overview, p.2.

дачу от выхода на рынок лекарств, созданных на базе научных достижений Национальной инициативы в сфере нанотехнологий, начнет получать уже в ближайшие 5 лет<sup>1</sup>.

По мнению европейских экспертов, окончательное формирование полного комплекса конвергентных технологий (нано-био-инфо-когно) и изменение на его базе траектории социально-экономического развития можно ожидать не ранее 2020 г. Практическое использование конвергентных технологий в будущем будет характеризоваться такими особенностями, как всепроницаемость (новые технологии сформируют невидимую техническую инфраструктуру); неограниченная информационная доступность (возможность получить информацию о любых процессах и свойствах); конструирование человеческого сознания и тела (электронные имплантаты и физические модификаторы позволят улучшить возможности человека); индивидуализация (исследования в области нанобиотехнологий позволят создавать лекарства, учитывающие особенности конкретного генома, что даст возможность избежать побочных эффектов)<sup>2</sup>.

Фундаментальные исследования в области конвергентных технологий носят стратегический характер. В долгосрочной перспективе их результаты будут положены в основу существенно преобразованных высокотехнологичных отраслей, которые в немалой степени будут определять инновационный, экономический и оборонный потенциал страны. В США государство берет на себя не только значительную часть ассигнований на фундаментальные и отчасти прикладные исследования в области информационных, нано- и биотехнологий, но, что не менее важно, организует и координирует эти исследования через Национальную инициативу в области нанотехнологий (National Nanoscale Initiative – NNI) или Федеральную программу исследований и разработок в области сетевой и информационной технологии (Federal Networking and Information Technology Research and Development Program – NITRD), а также многочисленные программы ведущих ведомств.

Конвергенция пронизывает многие приоритетные направления исследований, финансируемые государством. Программа NITRD, например, на начальном этапе своего формирования в начале 1990-х годов представляла собой масштабную, но узкоцелевую программу межведомственных исследований, ориентированную на достижение значительного про-

<sup>1</sup> “Applications/Products” National Nanotechnology Initiative.

<http://www.nano.gov/html/facts/fags.html>.

<sup>2</sup> HLEG “Foresighting the New Technology Wave” – Alfred Nordmann “Converging Technologies – Shaping the Future of European Societies”. “Nano-Bio-Cogno-Socio-Anthro-Philo-Geo-Eco-Urbo-Orbo-Macro-Micro-Nano” Report, 2004.

гресса в производительности вычислительных систем и возможностей информационных сетей. По мере расширения задач программы и ее финансирования (прогноз на 2009 г. – 3,5 млрд долл.) в число важнейших составляющих были включены вопросы взаимодействия человека и машины, компьютерного моделирования биосистем, наноинформационных исследований и разработок (например, разработка компьютерных программ для искусственных микро- и наносистем) и многое другое.

Очень интересные инновационные перспективы, постепенно вырисовывающиеся по ходу реализации фундаментальных исследований, имеют все конвергентные технологии, что благодаря привлечению экспертного сообщества отражается на содержании научных планов ведущих федеральных ведомств. Например, целую серию программ по исследованию геномики микробов разработали ННФ, Министерство энергетики, Агентство по охране окружающей среды, национальные институты здоровья и Министерство сельского хозяйства. В рамках министерства энергетики США соответствующая программа (Genomics – Genomes to Life) функционирует уже более пяти лет, а в 2008 г. она вошла в качестве одного из базовых направлений Стратегического плана данного ведомства. Ее первоочередной задачей является достижение понимания на системном уровне процессов, протекающих в живой природе (в растениях, микробах, биологических сообществах), в объеме, достаточном для предсказания их поведения с помощью компьютерных моделей.

В долгосрочной перспективе целью программы является создание микроорганизмов, способных решать задачи ведомства в области энергетики, экологии и климата: производить альтернативное экологически чистое энергосырье, стабилизировать уровень загрязнений тяжелыми металлами и радионуклидами, очищать отходы от органических остатков и многое другое. Ежегодное финансирование фундаментальных исследований в рамках данной программы увеличено до 200 млн долл. Уже на этом этапе государство, лицензируя новые технологии и выделяя гранты на инновационные исследования, резко активизировало развитие биотехнологической промышленности США.

В настоящее время в экономике США проходят стадию становления инновационные производства, опирающиеся на новейшие конвергентные технологии. Ориентация NBIC-технологий на человека, их целевая ориентация на решение его проблем и обеспечение потребностей на принципиально новом техническом уровне сможет обеспечить этим производствам высокий спрос и конкурентоспособность на жестком современном рынке с избыточным предложением. По оценкам консультационной фирмы МакКинси, несмотря на фактическое прохождение процессами конвергенции только начального этапа пути – стадии фундаментальных исследований,

мировому рынку уже в 2010 г. будет предложено произведенной на их базе инновационной продукции на сумму порядка 1 трлн долл.<sup>1</sup>.

В США за последние три десятилетия создан сложный и хорошо отлаженный инновационный механизм, способный улавливать технологические волны и соответственно перестраивать структуру национальной промышленности. Базой для новых производств конвергентной технологии по большей части будут служить сформированные наукоемкие отрасли информационных технологий и биотехнологий. Только за один 2007 г. венчурные вложения в биотехнологические компании составили 11,6 млрд долл.<sup>2</sup>. В новые ниши уходят фирмы, специализирующиеся на производстве информационных технологий, избирая, как правило, био- или наноинформатику. Эти процессы хорошо видны в таком всемирно известном инновационном регионе, как Кремниевая Долина. Если 10-15 лет назад на этой территории была самая высокая в мире плотность расположения высокотехнологичных фирм, специализирующихся на разработке компьютерных технологий, то в настоящее время эту же характеристику можно применить к малым и средним фирмам, работающим с конвергентными технологиями. Их общее число уже перешагнуло за сотню, и данный процесс набирает обороты.

Крупные корпорации, финансирующие основной объем национальных ИР, также ожидают наиболее интересные инновации в смежных областях и активно работают над их практическим воплощением. Специалисты ИБМ уже добились успеха в создании транзисторов на карбонных нанотрубках, характеристики которых значительно превосходят изделия на кремнии. Фирма Интел объявила о прорыве в проектировании микропроцессоров в нанодиапазоне, содержащих свыше 1 млрд транзисторов по сравнению со 125 млн транзисторов в Пентиум 4. Корпорация Хьюлетт-Паккард запатентовала результаты своих исследований в области создания компьютерных схем на отдельных молекулах.

В ЕС концепция конвергенции стала ключевым элементом разработки стратегий в области новых технологий и финансирования проектов с начала 2000 годов. В 2004 г. Европейская Комиссия обнародовала план действий в области нанотехнологий, в котором подчеркивалась необходимость коммерциализации европейских достижений в этой области. В 2005 г. «технологическая платформа» по наномедицине представила стратегию развития до 2025 г., в разработке которой участвовало около 45 промышленных компаний и ведущих экспертов в этой области. В 2006 г.

<sup>1</sup> McKinsey Analysis. <http://www.siliconvalleyonline.org/nano-bio-info>.

<sup>2</sup> BIO and Battelle Release State-By-State Analysis of Bioscience Trends. 18.06.2008. <http://www.bio.org/news>.

были созданы «карты» использования наноматериалов в сельском хозяйстве и пищевой промышленности, энергетике, медицине.

В 7-й Рамочной программе НИОКР на 2007–2013 гг. идея конвергенции легла в основу поддержки нанонауки и нанотехнологий, дальнейших разработок в сферах ИКТ и новых технологий информационного общества, биотехнологии и экологии. На период 2007–2013 гг. расходы ЕС на НИОКР в области ИКТ, нанонаук, нанотехнологий и новых материалов составят 12 535 млн евро – 38,6% отраслевого исследовательского бюджета Рамочной программы. Следует отметить, что значительные ассигнования выделены также на исследование конвергенции вне естественных наук, в частности на усиление прогностической деятельности в социальных науках, расширения исследований в области этических аспектов КТ.

В ближайшей и среднесрочной перспективе в странах Западной Европы инновации на основе конвергентных технологий затронут прежде всего здравоохранение и медицину (превентивная медицина, лечение болезней и восстановление физических и умственных функций). Так, в рамках одного из проектов, осуществленных в сети “Nano2Life”, был приведен онлайн-опрос экспертов по поводу будущих перспектив нанобиотехнологии. Опрос показал, что большинство новых технологий может найти коммерческое применение в среднесрочной перспективе – до 2015 г. В опросе приняли участие 139 исследователей из 30 стран, более половины из которых пришлось на европейский континент<sup>1</sup>. Наибольшее значение с точки зрения влияния на другие технологии и возможности коммерциализации имеют такие технологии, как «лаборатория на чипе»; «самосборка» материалов и устройств; материалы, созданные на принципах биомимикрии; биосенсоры; биодетекторы. В первую очередь эти технологии разрабатываются для нужд медицины и здравоохранения. В число прочих сфер применения биотехнологий входят безопасность, окружающая среда, сельское хозяйство и потребительская продукция.

Следует отметить, что наиболее «прорывные» технологии были инспирированы разработками в области биологии (наноструктурированные биоматериалы, биомолекулярные двигатели, самогенерирующие искусственные системы, чипы с биомолекулами, чипы на ДНК и протеинах).

В краткосрочный период (до 2010 г.) будут разработаны биодетекторы с «умными» нанопокрывтиями; наноанализаторы и диагносторы, проникающие в клетку без нарушения ее нормальной деятельности, а в сред-

---

<sup>1</sup> “Envisioned Development in Nanobiotechnology”. Expert Survey. Summary of Results. Interdisciplinary Center for Technology Analysis and Forecasting (ICTAF) at Tel-Aviv University, February 2006, p. 6.

несрочный период (2011–2015 гг.) – новые наноструктурированные материалы, которые заменят традиционные материалы (в т.ч. полимеры); «доставка» лекарств на наночастицах к больному органу становится стандартной процедурой; использование для внутренней диагностики «умных» частиц, дающих сигнал при достижении больного органа; применение наноинструментов для манипуляций внутри клетки; широкое использование биоинженерных материалов, созданных на принципах биомимикрии; «лаборатория на чипе» широко используется для различных целей, в различных секторах, включая домашнее хозяйство; протеиновые чипы, интегрированные с ДНК-чипами, используются для специфической диагностики в больницах; тестирование на клеточных чипах заменяет тестирование на животных (фармацевтика, косметика ит.д.); коммерческое производство и использование биосенсоров на клеточном уровне; технология «самосборки» широко используется для разработки материалов и устройств; коммерческое производство активных элементов на биомолекулярных чипах; коммерческое производство наноэлектронных чипов с использованием ДНК или пептидов в качестве подложки.

В долгосрочный период (2016–2020 гг.):

- благодаря прогрессу в нанобиотехнологии будут практически полностью поняты фундаментальные процессы развития клетки;
- прогресс в нанобиотехнологии позволит конструировать искусственные человеческие органы;
- биологические системы консервации энергии (в т.ч. биомолекулярные двигатели) будут использоваться в искусственных микро\нано системах;
- протеиновые чипы будут широко использоваться обычными потребителями;
- в искусственных системах будут использоваться принципы «живых» самовосстанавливающихся механизмов.

К 2025 г. будет решён вопрос использования наномеханизмов для внутренней терапии и диагностики человеческого организма. Кроме этого, ожидается, что КТ будут активно использоваться в сельском хозяйстве и пищевой промышленности, энергетике, а также в военной промышленности и в сфере обеспечения безопасности. В то же время следует отметить, что пока можно говорить о формировании новых комплексов по линиям нано-био и нано-инфо. В частности, в ЕС действуют три «технологические платформы» в области новейших технологий: наноэлектроники, наномедицины, а также по водороду и топливным элементам, объединяющие основных игроков данного сектора в целях выработки стратегии научно-технического развития.

В целом, для комплекса КТ в странах Западной Европы типичны общие проблемы развития инновационной деятельности этого региона (те же преимущества, слабые стороны и основные вызовы) – разрыв между наукой и коммерциализацией, недостаток частных инвестиций в НИОКР, растущая конкуренция новых развивающихся экономик, особенно азиатских стран. Западноевропейские страны имеют потенциальные возможности использования ТК в области здравоохранения, превосходят США по уровню развития теоретических подходов в области когнитивной науки, активизируют институциональную среду разработки новой технологии путем расширения сетевой кооперации, стимулирования МСБ и частно-государственного партнерства.

Разработка новых конвергентных технологий и их использование требует расширения сотрудничества и кооперации внутри научного сообщества, между наукой и промышленностью на региональном, национальном и международном уровнях, повышения значения горизонтальных и вертикальных сетей. Формирование исследовательских сетей на основе личных связей может служить индикатором возникновения новой области науки в стране. Затем, если академические и правительственные круги осознают важность этих направлений, сети консолидируются на национальном или трансграничном уровне.

Страны ЕС, имеющие богатый опыт сетевого сотрудничества в традиционных дисциплинах, начали создавать сети в области КТ в последние годы. Если в 2000 г. в области нанотехнологий действовало около 90 сетей (почти поровну национального и международного характера), то в 2003 г. их насчитывалось свыше 116<sup>1</sup>. Так, в ходе реализации 6-й Рамочной программы НИОКР ЕС была создана исследовательская сеть “Nanoforum” (координатором которой является институт нанотехнологии Великобритании с партнерами из Франции, Испании, Германии, Нидерландов и Дании), установившая тесные связи с бизнес-сетью European Nanobusiness Association в целях стимулирования передачи технологий.

Первая европейская сеть центров превосходства в области нанобиотехнологии – “Nano2Life” (создана в рамках 6-й Рамочной программы в целях превращения в дальнейшем в виртуальный европейский нанотехнологический институт) объединила около 200 исследователей из 23 научных центров 12 стран, включая 5 центров в Канаде, США, Южной Корее и Австралии, а также около 30 ассоциированных партнеров из промышленности и университетов. В ее рамках организовано более 40 кон-

---

<sup>1</sup> Greg Tegart “Converging technologies and their implications for technology transfer the case of European networks and NBIC technologies as drivers of change”. [http://findarticles.com/p/articles/mi\\_m5QNA/is\\_4\\_7\\_n25121401/print](http://findarticles.com/p/articles/mi_m5QNA/is_4_7_n25121401/print).

сорциумов по разработке совместных проектов, участниками которых являются биотехнологические компании (35%), компании приборостроения (32%), специализирующиеся на разработке микротехнологии и нанотехнологии (по 14% соответственно), компьютерной техники и софта (5%)<sup>1</sup>. Цели “Nano2Life”: повышение конкурентоспособности европейской промышленности и научного уровня в нанотехнологии путем преодоления географической и дисциплинарной фрагментарности ресурсов, определение потенциальных рынков, подготовка специалистов и экспертов, формирование благоприятной среды использования нанобиотехнологии (этические, юридические, социальные аспекты, охрана интеллектуальной собственности).

Широкое применение информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) в современных условиях и на перспективу сохраняет роль важнейшего фактора экономического роста и социального развития. Монолитная группа технически взаимосвязанных инновационных отраслей, непрерывно генерирующих новые технологические возможности, уверенно заняла позиции ключевого сегмента хозяйства и, в конечном счете, ядра формирующегося информационного общества. Инфокоммуникации – особый сектор хозяйства. Феномен их воздействия на экономику происходит одновременно по двум направлениям. Во-первых, путем демонстрации собственного успешного развития (по масштабам, рентабельности, востребованности и взрывному потенциалу предложения новых услуг т.д.). Во-вторых, по генерации так называемого индуцированного эффекта – глубокой диффузии в ткань хозяйственной деятельности, повышения эффективности агентов старой и новой экономики.

Многочисленные исследования и опыт использования ИКТ в бизнес-процессах свидетельствуют о росте производительности труда, снижении операционных расходов, увеличении маневренности предприятий, росте их конкурентоспособности. Тем не менее, осуществление тотальной информатизации хозяйствующих субъектов, видимо, выходит за рамки 2030 года.

По данным ОЭСР, в 2007 г. в среднем только 38% европейских предприятий были оснащены системами автоматизированной интеграции. Процесс тормозится как финансовыми возможностями компаний, так и недостаточной осведомленностью о потенциальных выгодах инновационных технологий. Лишь немногие предприятия в развивающихся странах имеют Intranet и Extranet. В странах ЕС в течение последних 5 лет наблюдался высокий темп информатизации преимущественно крупных

---

<sup>1</sup> European Landmark in nanobiotechnology.  
[http://www.nano2life.org/download/major\\_achievements.pdf](http://www.nano2life.org/download/major_achievements.pdf).

предприятий, а малый и средний бизнес существенно отстают. В рамках ОЭСР этому вопросу уделяется серьезное внимание, инициирован ряд специальных программ. Существенный эффект от растущей электронной автоматизации крупный бизнес в полной мере почувствует, как ожидается, не ранее 2012 года, малый и средний – лет на 5 позже.

Согласно оценкам экспертов Европейской Комиссии, обобщенный портрет уровня информатизации европейских промышленных предприятий дает Франция. Контроль за ИТ–модернизацией возложен на Службу статистических исследований промышленности (Sessi) при Министерстве экономики и промышленности Франции. Ежегодно она проводит зондаж продвижения ИКТ–технологий и с определенной периодичностью подсчитывает по специально разработанной методологии экономическую отдачу от внедрения инноваций.

По последним расчетам, проведенным по итогам 2002 –2004 гг., было установлено, что лучших показателей эффективности (при прочих равных условиях) добились компании, использующие наиболее передовые технологии. К примеру, на 11% выше производительность у фирм, использующих Extranet, колл-центры, видеоконференц-связь, на 4% – при работе на самом современном программном обеспечении. Компании, 50% персонала которых использовали электронную почту, добились 17% роста производительности и, наконец, 5% дополнительного эффекта получили те, кто создал собственный Web-сайт. На примере Франции, где собираются подробные данные, можно проследить, как усиливается диффузия ИТ–технологий.

Так, число предприятий обрабатывающей промышленности, подключенных в 2007 г. к широкополосному интернету, составило 88% (табл. 1), в 2003 г. их было 37%; число предприятий, имеющих собственные Web-сайты, за тот же период увеличилось на 15%; использующих сети Intranet и Extranet – соответственно, на 5% и на 9%; 75% крупных предприятий оборудованы системой ERP (корпоративная система автоматизации учета и управления) против 50% в 2003 г. Ситуация в 15 ведущих странах ЕС представлена не так детально, как по Франции (табл. 2).

О востребованности ИКТ-технологий свидетельствуют растущие мировые расходы на эти цели. Так, за истекшие пять лет, по оценке специалистов консорциума WISTA, они выросли на 11%. Глобальный спрос на продукцию комплекса в 2007 г. достиг 3,4 млрд долл. В ближайшей перспективе (до 2011 г.), по оценкам WISTA, следует ожидать постепенного замедления прироста до 5,6%, а затем – стабилизацию темпов прироста на уровне 9% до 2020 г. и небольшое снижение на 2 процентных пункта к 2030 годам.

Таблица 1

**Уровень диффузии ИКТ-технологий в отдельные отрасли промышленности Франции в 2007 г., % (в % от числа опрошенных предприятий)\***

Отрасли	Широко- коп- лосный Internet	Сайт Web	LAN **	Intra- net	Extra- net	EDI ***	EAI ****	ERP	Group- ware *****	Datamining *****
автомоби- лестроение	98	78	73	62	38	44	20	53	30	39
химия (без фармацев- тики)	89	78	68	51	25	40	28	28	25	46
судо- и авиастрое- ние	94	84	64	48	33	40	25	27	16	43
машино- строение	90	66	60	31	15	24	20	21	9	36
металлур- гия	89	65	52	29	12	29	15	21	10	33
текстильная промыш- ленность	83	53	50	29	16	30	12	29	11	37
производст- во продо- вольствен- ных товаров	83	63	31	27	14	30	16	13	6	40
обрабаты- вающая промыш- ленность	88	65	53	35	18	30	19	24	12	38
добываю- щая про- мышлен- ность	83	49	38	19	9	21	11	9	10	30

Источник: Eurostat 2007, анкеты предприятий ЕС.

\* Опрошено 17 тыс. предприятий

\*\* LAN – локальная вычислительная сеть

\*\*\* EDI – электронный обмен данными; безбумажная технология.

\*\*\*\* EAI – интеграция приложений данных

\*\*\*\*\* Groupware – программное обеспечение автоматизации групповой работы.

\*\*\*\*\* Datamining – интеллектуальный анализ данных

Возможен и более оптимистичный вариант развития, согласно которому диффузия ИКТ-технологий сохранит 11%-ный рост до конца рассматриваемого периода. Стагнационный же сценарий развития вряд ли возможен, так как данному комплексу отведена роль приоритетного фактора оздоровления и роста эффективности национальных экономик.

Опыт показывает, что ухудшение экономического климата никогда не сдерживало деловую активность в сфере телекоммуникаций, а только замедляло их техническое развитие. Кроме того, постоянно растет и предложение на рынке ИКТ.

Таблица 2

**Уровень диффузии ИКТ–технологий в обрабатывающую промышленность стран ЕС на начало 2007 г., % (в % от числа опрошенных предприятий)\***

Страны	Персональные компьютеры	Локальная сеть	Интернет	Широкополосный доступ	Сайт Web	Intranet	Extranet
Швеция	97	81	96	89	88	42	18
Нидерланды	100	88	97	82	82	31	11
Великобритания	98	76	97	81	81	33	9
Германия	95	80	94	71	72	36	22
Франция	99	53	96	88	65	35	18
ЕС-15	97	67	94	75	67	33	15
Испания	98	68	93	85	51	26	13
Италия	96	59	92	66	62	31	11

*Источник:* Eurostat 2007, опрос предприятий ЕС. Опрошено 140 тыс. предприятий.

Самые высокие темпы среднегодового прироста расходов на ИКТ в масштабах регионов в течение последние четырех лет наблюдались в развивающемся мире: Латинской Америке, Восточной Европе, Африке и АТР.

Информационные технологии останутся и в перспективе локомотивом развития индустрии. Финансовые услуги также находятся на переднем крае использования современных ИТ в каждом звене цепочки обслуживания. Более того, именно они внесли вклад во взрывообразное развитие широкомасштабных международных финансовых операций, главным образом между банками, благодаря использованию новых протоколов онлайн-платежей и систем расчетов в режиме реального времени. Аналогичная картина в системе государственного управления и обрабатывающей промышленности, где большая часть ИКТ расходов приходится на электронную автоматизацию бизнес-процессов.

В числе аутсайдеров с точки зрения востребованности ИТ–продукта находятся строительство, транспорт, образование, добывающая промышленность и сельское хозяйство.