ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ «ИНЖЭК»

Research Centre of Industrial Problems of Development of National Academy of Sciences of Ukraine
Ministry of Education and Science, Youth and Sports of Ukraine
Kharkiv National University of Economics

SOCIO-ECONOMIC DEVELOPMENT OF UKRAINE AND ITS REGIONS:

PROBLEMS OF SCIENCE AND PRACTICE

Monograph

Kharkov
PH «ENGEK»
2011

Научно-исследовательский центр индустриальных проблем развития НАН Украины
Министерство образования и науки, молодежи и спорта Украины
Харьковский национальный экономический университет

СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ УКРАИНЫ И ЕЕ РЕГИОНОВ:

ПРОБЛЕМЫ НАУКИ И ПРАКТИКИ

Монография

Харьков
ИД «ИНЖЭК»
2011

ББК 65.050
С 69

Рекомендовано к изданию решением ученого совета Научно-исследовательского центра индустриальных проблем развития НАН Украины (протокол № 6 от 17.06.2011 г.) и решением ученого совета Харьковского национального экономического университета (протокол № 9 от 21.06.2011 г.)

Рецензенты: **Бубенко П. Т.** – д-р экон. наук, профессор, Северо-Восточный научный центр НАН Украины (г. Харьков);
Булев И. П. – д-р экон. наук, профессор, Институт экономики промышленности НАН Украины (г. Донецк);
Ковальчук К. Ф. – д-р экон. наук профессор, Национальная металлургическая академия Украины (г. Днепропетровск)

С 69 **Социально-экономическое развитие Украины и ее регионов: проблемы науки и практики:** Монография / Под ред. д. э. н., проф. Пономаренко В. С., д. э. н., проф. Кизима Н. А., д. э. н., проф. Раевневой Е. В. – Х.: ИД «ИНЖЭК», 2011. – 280 с. Русск. яз., Укр. мова

ISBN 978-966-392-367-3

Монография посвящена проблемам управления и развития социально-экономических систем разного уровня народнохозяйственного управления – структурных составляющих экономики Украины, регионов, предприятий, функционирующих в условиях флуктуационных воздействий мировой и национальной экономики. Исследуются особенности трансформации финансового рынка, проблемы развития нанотехнологий и государственного регулирования социальной ответственности бизнеса, оценки конкурентоспособности региона, стратегической и тактической устойчивости развития предприятий.

Рекомендовано для ученых и специалистов, занимающихся вопросами управления социально-экономическим развитием разноуровневых систем, а также аспирантам и магистрантам экономических специальностей высших учебных заведений.

Монографія присвячена проблемам управління і розвитку соціально-економічних систем різного рівня народногосподарського управління – структурних складових економіки України, регіонів, підприємств, що функціонують в умовах флуктуаційних дій світової і національної економіки. Досліджуються особливості трансформації фінансового ринку, проблеми розвитку нанотехнологій і державного регулювання соціальної відповідальності бізнесу, оцінки конкурентоспроможності регіону.

Рекомендовано для учених і фахівців, що займаються питаннями управління соціально-економічним розвитком різнорівневих систем, а також аспірантам і магістрантам економічних спеціальностей вищих навчальних закладів.

ББК 65.050

© Коллектив авторов, 2011
© ИД «ИНЖЭК», 2011

ISBN 978-966-392-367-3

СОДЕРЖАНИЕ

Вступ 9

1. Современный этап развития экономики: мировые тенденции и проблемы развивающихся экономик 11

1.1. Формирование новой фазы эволюционного развития финансового рынка (*Раевнева Е. В., Стрижиченко К. А.*) 11

1.2. Проблемы реализации регулятивного потенциала системы налогообложения Украины (*Іванов Ю. Б.*) 33

1.3. Социально-ответственный маркетинг и проблемы государственного регулирования социальной ответственности бизнеса в Украине (*Орлов П. А.*) 49

1.4. Общие перспективы развития и коммерциализации нанотехнологий (*Матюшенко И. Ю.*) 79

1.5. Проблеми гендерної нерівності та подолання гендерного дисбалансу в Україні (*Гавкалова Н. Л., Зима О. Г.*) 129

2. Научно-практические проблемы региональной экономики 141

2.1. Методика оценки конкурентоспособности территориально-производственного комплекса (*Криворотов В. В., Калина А. В., Байраншин А. Ю.*) 141

2.2. Аналіз галузевої структури економіки індустріального регіону із застосуванням моделі міжгалузевого балансу з нечіткими параметрами (*Макаркіна Г. В.*) 154

2.3. Методичний підхід до оцінки втрат ресурсів під час виробництва житлово-комунальних послуг (*Сидорова А. В., Панасенко І. В.*) 171

2.4. Діагностика рівня життя населення та формування соціальної політики в регіонах України (*Хаустова В. Є., Омельченко О. І.*) 184

3. Подходы к управлению предприятиями в трансформационных условиях развития национальной экономики 206

3.1. Способи розвитку підприємства: характеристика, порівняльний аналіз та умови використання (*Погорєлов Ю. С.*) 206

3.2. Стратегічна стійкість підприємств видавничо-поліграфічної галузі України (*Пастухова В. В., Довгань Л. Є., Мохонько Г. А.*) 230

3.3. Управление входными материальными потоками на примере коксохимических предприятий (*Тищенко А. Н., Котлярова В. Г.*) 248

3.4. Аналіз перебігу процесів господарювання та маркетингової діяльності машинобудівних підприємств(*Ястремська О. М., Райко Д. В.*) 261

CONTENTS

Introduction 9

1. Modern stage of development of economy: world tendencies and problems of developing economies 11

1.1. Formation of new phase of evolutionary development of financial market (*Raevneva Y. V., Strizhichenko K. A.*) 11

1.2. Problems of realization of regulative potential of the system of taxation of Ukraine (*Ivanov Y. B.*) 33

1.3. Socially responsible marketing and problems of state regulation of social responsibility of business in Ukraine (*Orlov P. A.*) 49

1.4. General perspectives of development and commercialization of nanotechnologies (*Matyushenko I. Y.*) 79

1.5. Problems of gender inequality and overcoming of gender imbalance in Ukraine (*Gavkalova N. L., Zima O. G.*) 129

2. Scientific and practical problems of regional economy 141

2.1. Methodology of assessment of competitiveness of territorial industrial complex (*Krivorotov V. V., Kalina A. V., Bairanshin A. Y.*) 141

2.2. Analysis of industrial structure of economy of industrial region with the use of the model of inter-industry balance with fuzzy parameters (*Makarkina G. V.*) 154

2.3. Methodic approach to assessment of the loss of resources during production of housing and communal services (*Sidorova A. V., Panasenko I. V.*) 171

2.4. Diagnostics of the standard of living of population and formation of social policy in the regions of Ukraine (*Khaustova V. Y., Omelchenko O. I.*) 184

3. Approaches to management of enterprises in transformational conditions of development of national economy 206

3.1. Means of development of enterprise: characteristic, comparative analysis and conditions of application (*Pogorelov Y. S.*) 206

3.2. Strategic stability of enterprises of publishing and printing industry of Ukraine (*Pastukhova V. V., Dovgan L. Y., Mokhonko G. A.*) 230

3.3. Management of input material streams by example of by-product coke plants (*Tischenko A. N., Kotlyarova V. G.*) 248

3.4. Analysis of behavior of processes of economic and marketing activity of machine building enterprises (*Yastremska O. M., Raiko D. V.*) 261

1.4. Общие перспективы развития и коммерциализации нанотехнологий

Матюшенко И. Ю., канд. техн. наук, профессор
Харьковский национальный экономический университет

За последние два десятилетия в мировое сознание быстро и прочно вошли слова с приставками «нано». Множество специалистов сходятся во мнении, что манипуляции с мельчайшими частицами – атомами и молекулами – уже в ближайшие годы откроют ранее неведомые перспективы перед человечеством. Особо оптимистично настроенные ученые говорят о подобных технологиях как о панацее от всех бед.

Пессимисты считают, что подобные технологии не только неэтичны и в чем-то противоречат религиозным канонам, но даже видят в них новый этап в «гонке вооружений» или создании2 новых биологических типов, которые вытеснят человечество.

Так или иначе, но данные технологии уже затрагивают и могут в корне изменить электронику, энергетику, медицину и многие другие отрасли экономик стран мира. Развитые страны, которые могут себе позволить значительные инвестиции в развитие науки, давно это поняли и вкладывают в развитие нано- и биотехнологий огромные средства. Особенно активно научные исследования в области нано- и биотехнологий ведутся в Европе, США и Японии. Кроме того, высокую активность в области создания нано- и биотехнологий в последние годы демонстрируют Китай и Россия.

Фактически сегодня мы являемся свидетелями *новой научно-технической революции – нанотехнологической*. По масштабам и последствиям она превосходит все прежние революции, так как человек на атомарном уровне вмешивается в природные процессы, создавая на этой основе новую наукоемкую экономику XXI века.

На сегодняшний день существует большое количество научных исследований и публикаций как зарубежных, так и российских, и украинских ученых, специалистов, работающих в сфере нанотехнологий, изда-

ются специализированные журналы, создано большое количество сайтов и каталогов научной литературы [1–15].

Тем не менее, и сегодня существует *проблема* оценки влияния нанотехнологий на перспективы развития различных отраслей экономики, а также механизмов государственной поддержки развития этого направления для инновационного развития экономики различных стран мира.

1. Предпосылки возникновения и развития нанотехнологий

Мировая экономика развивается путем замещения одного технологического уклада другим. Смена очередных технологических укладов всегда связана с появлением «внутри» предыдущего уклада ряда базовых инноваций, которые впоследствии станут ядром нового уклада и приведут к быстрому повышению эффективности экономики: она становится менее материало- и энергоемкой, происходит обвальное снижение затрат, появляются новые потребности человека.

Так, в начале XX века, появление и массовое применение двигателя внутреннего сгорания вызвало развитие автомобилестроения и авиации, что в разы снизило стоимость передвижения людей и транспортировки грузов [16].

В конце XX века аналогичные процессы произошли в сфере связи и обработки информации. Широкое использование компьютеров, Интернета, мобильных телефонов, цифровых технологий и техники сделало хранение, обработку и передачу информации в разы дешевле.

Сегодня, несмотря на технологическую сложность и неочевидность результата при инвестициях в сферу ***нанотехнологий (в первую очередь, в преобразование веществ и конструирование новых материальных объектов)***, развитые государства делают ставку именно на них, рассчитывая, что эти технологии наряду с *биотехнологиями (в том числе клеточными технологиями изменения живых организмов, включая методы генной инженерии), альтернативной энергетикой, электронной промышленностью и информационными технологиями* станут одним из элементов перехода к **шестому технологическому укладу**.

При этом, именно благодаря нанотехнологиям, границы между базовыми технологиями шестого технологического уклада становятся все

более и более стертыми, а информатика, молекулярная биология, генная инженерия, медицина выходят на принципиально новые рубежи.

И хотя расходы на освоение новейших технологий и масштаб их применения растут по экспоненте, общий вес шестого технологического уклада в структуре современной экономики остается незначительным. Качественный скачок произойдет после завершения структурной перестройки ведущих экономик мира, более высокой степени отработки соответствующих технологий и готовности социально-экономической среды к их широкому применению. Именно при таких условиях возможен переход шестого технологического уклада из эмбриональной фазы развития в фазу роста, ожидаемый в середине следующего десятилетия.

По прогнозам специалистов, благодаря технологиям нового шестого технологического уклада энергоемкость мировой экономики к 2030 году может снизиться на 60%. Согласно имеющимся прогнозам, удельное потребление энергии уменьшится с 306 кг нефтяного эквивалента на 1000 долл. США мирового ВВП в 2005 году до 130 кг в 2030 году. При этом в структуре мирового потребления энергоресурсов снизится доля нефти, вероятно некоторое увеличение доли природного газа и быстрый рост доли альтернативных источников энергии [17].

Таким образом, в начале второго десятилетия XXI века нанотехнологии становятся все более реальным инструментом, с помощью которого человечество надеется достичь целей и решить **глобальные проблемы**, стоящие перед ним.

В обобщенном виде эти проблемы можно классифицировать в следующем виде [18, с. 13]:

Сфера экономики:

а) природно-ресурсная:

- исчерпание запасов ряда видов сырья и топлива;
- удорожание добычи и использования сырья и топлива;

б) научно-технологическая:

- смена технологического уклада;
- ускорение научно-технического прогресса;

в) геоэкономическая:

- институциональные основы глобализации экономики (ТНК);
- изменение международного разделения труда вследствие интернационализации;
- рост финансовой неустойчивости мировой глобализированной экономики;

Социальная сфера:

а) демографическая:

- перенаселение или депопуляция населения;
- старение населения;
- миграция населения;

б) доходная:

- поляризация доходов населения внутри страны;
- растущее неравенство между богатыми и бедными странами;
- недостача продовольствия;

Экологическая сфера:

- сокращение лесных массивов;
- сокращение площади плодородных земель;
- загрязнение атмосферы;
- изменение климата и глобальное потепление;
- исчерпание ресурсов пресной воды;
- утилизация и переработка отходов;
- сокращение биологического разнообразия видов;

Геополитическая сфера:

- смена модели мироустройства;
- возникновение новых центров сил и обострение их противодействия;
- международный терроризм;

Культурно-духовная сфера:

- стандартизация ценностей по образцу развитых стран;
- деградация культурно-национального воспроизводства;
- рост организованной преступности.

Как следствие, ведущие страны мира уделяют значительное внимание определению и постоянному пересмотру и уточнению государственных научно-технологических и инновационных приоритетов в соответствии с проблемами, которые необходимо решать любой стране, в том числе и с учетом национальной специфики проявления этих проблем [19].

Говоря о смене парадигмы развитии мировой экономики, необходимо отметить следующее [17]:

- в технологиях происходит переход к наномасштабам, что дает *возможность манипулировать атомами и молекулами вещества*;
- происходит *сближение и взаимопроникновение органического и неорганического миров*. Занимаясь неорганическими моделями, человечество вплотную подошло к принципам, на которых базируется живая природа, причем только начиная их правильно понимать и использовать;
- *междисциплинарность нанотехнологий*, т. е. это надотраслевая область исследований и технологий, интегрирующая специализированные естественнонаучные дисциплины в новое естествознание XXI века. Работая с атомами и складывая из них новые вещества, исследователь теперь будет не просто химиком, физиком или инженером, а снова, как во времена Ньютона, естествоиспытателем на новом, атомарном уровне знаний.

Таким образом, в любой области человеческой деятельности прогресс в ближайшие 10–20 лет будет связан, прежде всего, с атомно-молекулярными построениями. Поэтому глубинный методологический и философский смысл нанотехнологий заключается в том, что они оказываются единственным общим фундаментом для всех сфер деятельности человека.

Хронология событий в сфере разработки нанотехнологий говорит об их «взрывном» развитии и проявлении эффекта «домино» практи-

чески во всех отраслях науки и техники. По мере постижения основных свойств наномира и открытия новых нанотехнологий ученые и инженеры находят новые сферы их применения. Так, если в 1960-е годы ученые предсказывали приход эры нанотехнологий через 300–500 лет, то по сегодняшним оценкам этот период наступит уже всего через 50 лет, т. е. за время деятельности одного поколения. Основные изобретения и открытия в сфере нанотехнологий в ведущих странах мира [20, с. 94–97; 21, с. 48–50; 22, с. 35]:

- 1902 год – для вулканизации были использованы мелкие частицы (размером в несколько нанометров) сажи с чрезвычайно развитой поверхностью. Фактически впервые промышленность воспользовалась преимуществами нанотехнологий;
- 1905 год – Альберт Эйнштейн публикует статью, в которой оценивает диаметр молекулы сахара примерно в 1 нанометр;
- 1931 год – Макс Нол и Эрнст Руска разработали электронный микроскоп, позволяющий получить субнанометровые изображения;
- 1939 год – компания Siemens, в которой работал Эрнст Руска, выпустила первый коммерческий электронный микроскоп с разрешительной способностью 10 нм;
- 1945 год – Эрвин Мюллер изобрел полевой ионный микроскоп, позволивший ему впервые увидеть отдельные атомы;
- 1959 год – Ричард Фейнман читает знаменитую лекцию «Внизу места достаточно» о перспективах миниатюризации и отмечает возможность использования атомов как строительных элементов для создания новых материалов и устройств. Этот год считается годом рождения нанотехнологий;
- 1966 год – Рассел Янг, работавший в Национальном бюро стандартов США, придумал пъезодвигатель, который сегодня используется в сканирующих туннельных микроскопах, а также для позиционирования наноинструментов с точностью до 0,01 ангстрема (1 нм = 10 ангстрем);
- 1968 год – Альфред Чо и Джон Артур с сотрудниками из лабораторий Bell изобрели молекулярно-лучевую эпитаксию – технологию,

позволяющую осаждать на поверхности моноатомные слои, т. е. доказали возможность использования нанотехнологии в решении задач обработки поверхностей и достижения атомарной точности при создании электронных устройств;

- 1974 год – Норио Танигучи предложил использовать термин «*нанотехнология*» для определения обработки материалов с точностью меньше микрона. Танигучи на конференции японского общества точного машиностроения обратил внимание на необходимость применения принципиально новых технологических приемов и соответствующего метрологического обеспечения в процессе предстоящего перехода к обработке материалов с ультравысокой точностью;
- 1975 год – Платон Костюк, Олег Крышталь, Владимир Пидопличко из Института физиологии НАНУ впервые измеряют электропоток, проходящий через мембрану нервной клетки. Вскоре немецкие исследователи усовершенствовали метод и измерили, как через ионный канал проходят отдельные ионы;
- 1981 год – Герд Биннинг и Генрих Рорер создают сканирующий туннельный микроскоп отдельных атомов. Это стало переломным моментом в развитии нанотехнологий, поскольку данный прибор давал возможность воздействовать на вещество на атомарном уровне;
- 1985 год – Роберт Карл-младший, Гарольд Крото и Ричард Смоли открыли *фуллерены* – молекулы, имеющие диаметр около 1 нм и состоящие из атомов углерода, расположенных в форме сферы;
- 1986 год – Эрик Дреслер издал футуристическую книгу «Двигатели созидания», популяризирующую нанотехнологии;
- 1986 год – создан атомно-силовой микроскоп, позволяющий в отличие от туннельного микроскопа осуществить взаимодействие с любыми материалами, а не только с проводящими. При помощи этого (туннельного) микроскопа стало возможным «подцепить» атом и поместить его в нужное место, т. е. *манипулировать атомами*, а следовательно, непосредственно собирать из них любой предмет, любое вещество;

- 1987–1988 годы – в НИИ «Дельта» под руководством П. Н. Лускиновича была создана первая российская нанотехнологическая установка, которая осуществляла направленный выход путем термической десорбции частичек с острия зонда микроскопа под влиянием нагрева;
- 1989 год – Г. Глейтером был введен термин «наноматериалы», которые впервые были получены им с аморфных пленок как первый консолидированный нанокристаллический материал;
- 1989 год – Дональд Эйглер из IBM пишет аббревиатуру своей компании отдельными атомами ксенона;
- 1990 год – на практике осуществлена манипуляция отдельными атомами;
- 1991 год – Сумио Айиджима (Япония) открывает углеродные нанотрубки диаметром 0,8 нм;
- 1991 год – Эрик Дреслер нарисовал картину обозримого будущего в книге «Неограниченное будущее. Нанотехнологическая революция»;
- 1993 год – Ворен Робинет из университета Северной Каролины и Стенли Уильямс из университета Каролины в Лос-Анжелесе разрабатывают систему виртуальной реальности, связанную со сканирующим туннельным микроскопом. Она позволяет видеть и касаться атомов;
- 1994 год – начало *применения нанотехнологических методов в промышленности;*
- 1998 год – группа Циса Деккера из Дельфтского технологического университета в Нидерландах создает транзистор на основе углеродных нанотрубок, используя их как молекулы. Для этого впервые в мире была измерена электропроводность такой нанотрубки;
- 1998 год – Ричард Смаглии продемонстрировал одностенные нанотрубки диаметром 1 нанометр и длиной от 100 до 300 нм, которые могут быть использованы для сверхточных химических проб;

- 1998 год – обладатели Феймановского приза в области нанотехнологии за 1997 год описали свою конструкцию пропеллерообразной молекулы, которая может вращаться на медной поверхности;
- 1999 год – Джеймс Тур (университет Райса (США)) и Майк Рид из Ельского университета (США) показывают, что единичные молекулы могут работать в качестве молекулярных переключателей. Были разработаны единые принципы манипуляции как одной молекулой, так и их цепочкой;
- 1999 год – группа исследователей под руководством Неда Симана создала и испытала первую машину из ДНК. Это была не первая попытка превратить химические компоненты в движущиеся детали, но прежние были неудачны из-за их ломкой природы. Руководитель группы объяснил, что ДНК – более жесткая молекула и позволяет увеличить нагрузку в 10 раз. Машина была сконструирована из двух спиралей ДНК, скрепленных ДНК-«мостом». Этот успех является *основой создания из ДНК – робота*;
- 1999 год – исследовательская группа Чикагского Норвестернского университета создала метод, названный «дипспинной литографией», позволяющий чертить линии шириной в несколько атомов на поверхности золота;
- 2000 год – Зиглер и другие исследователи разрабатывают квантовый мираж. Размещение магнитного атома в одном фокусе эллиптического кольца атомов создает мираж того же атома в другом фокусе. Возможно, это *метод беспроволочной передачи информации*;
- 2000 год – группа американских исследователей под руководством Джордана Поллака создала робота, который почти без посторонней помощи проектирует и воспроизводит себе подобных (хотя и в упрощенном варианте);
- 2000 год – Роберт Мергле предложил технологию нанотомографии – создания трехмерной картины внутреннего строения вещества с разрешением 100 нм;
- 2001 год – Ральф Меркле из фирмы «Ксерокс» в Калифорнии разработал наноэлементы для приборов и роботов. Роботы могут ис-

пользоваться для передвижения по телу человека и его кровеносных сосудах;

- 2002 год – в Австралии международная группа ученых (Австралия, Россия, Япония и др.) приступила к разработке «*квантового компьютера*» наноразмеров, где запись информации будет происходить на молекулярном уровне. Предполагается отказ от бинарной (двоичной) системы и переход на так называемый Q – битный принцип, позволяющий параллельную обработку информации;
- 2002 год – Сиз Деккер соединил *углеродную трубку с ДНК*, получив единый наномеханизм;
- 2005 год – наночастицы начали использовать для исследования раковых клеток;
- 2005 год – компания Altair Nanotechnologies (США) объявила о создании инновационного нанотехнологического материала для электродов литий-ионных аккумуляторов (имеющих время зарядки 10–15 минут), а с 2006 – завершены испытания и начато *совместное производство электромобиля с использованием наноаккумуляторов*;
- 2007 год – Питер Грюнберг и Альберт Ферт получили Нобелевскую премию по физике за открытие GMR-эффекта, позволяющего производить *запись данных на жестких дисках с атомарной плотностью информации*;
- 2007 год – компания Intel разработала новый прототип *процессора*, содержащего наименьший структурный элемент размерами примерно 45 нм с намерением достичь размеров структурных элементов до 5 нм. Компания AMD совместно с компанией IBM создали рабочие образцы процессоров с транзисторами размером 32 нм и опытные образцы на 22 нм с применением дополнительного изолирующего слоя SOI, препятствующего утечке тока за счет дополнительной изоляции структур, формирующих транзистор;
- 2008 год – разработан совместный проект и представлен в Нью-Йорке гибкий *сотовый телефон* научно-исследовательского центра Nokia и Кембриджского университета, который является демонстрацией возможностей нанотехнологий в качестве создания

растяжимых материалов, транспарентной электроники, самоочищающихся поверхностей и способен вывести индустрию сотовых телефонов на новый уровень и удовлетворить новые потребности пользователей;

- 2010 год – создание номенклатуры, системы параметров и ограничений для наноматериалов.

Специалисты прогнозируют следующие процессы в применении нанотехнологий [22, с. 35]:

- 2015 год – распространение нанотехнологий в медицине, например «лабораторий на чипе»;
- 2020 год – углеродные нанотрубки существенно повышают эффективность передачи энергии.

2. Понятие, классификация и области применения нанотехнологий

В самом общем виде **нанотехнология** – это область прикладной науки и техники, занимающаяся изучением свойств объектов и разработкой устройств размеров порядка нанометра (по системе единиц СИ, 10^{-9} метра).

Существует более тысячи других определений понятия «нанотехнологии», некоторые из которых приведены в *табл. 1*:

Таблица 1

Определения понятия «нанотехнологии»

Определение	Автор (источник)
1	2
Нанотехнология – технология производства, позволяющая достигать сверхвысокой точности и ультрамалых размеров порядка 1 нм (было введено в 1974 году)	Норио Танигучи [4, с.11–12]
Нанонаука – междисциплинарная наука, относящаяся к фундаментальным физико-химическим исследованиям объектов и процессов с масштабами в несколько нм (1нм = 10^{-9} м). Нанотехнология – совокупность прикладных исследований нанонауки и их практических применений, включая промышленное производство и социальные приложения	Кобаяси Н. [4, с.24–25]
Нанотехнологии – это технологии манипулирования веществом на атомном и молекулярном уровне	По материалам сайта [34]

Продолжение табл. 1

1	2
Нанотехнологией называется междисциплинарная область науки, в которой изучаются закономерности физико-химических процессов в пространственных областях нанометровых размеров с целью управления отдельными атомами, молекулами, молекулярными системами при создании новых молекул, наноструктур, наноустройств и материалов со специальными физическими, химическими и биологическими свойствами	Профессор Г. Г. Еленина (МГУ, Институт прикладной математики им. М. В. Келдыша РАН), по материалам сайта [35]
Наноматериалы – молекулярные кластеры (объекты, занимающие промежуточную нишу между молекулами и частицами вещества. Они обладают специфическим набором свойств, часть из которых присуща молекулам, но невозможна у частиц вещества, а часть, наоборот, характерна для вещества, но не применима к отдельной молекуле), а также близкие к ним по размерам частицы и сложные пространственные молекулы, размеры которых, по крайней мере, в двух направлениях больше одного нанометра, но превышают несколько десятков нанометров не более, чем в одном направлении	Ваучский М. Н. [24]
Нанотехнология – совокупность методов и приёмов, обеспечивающих возможность контролируемым образом создавать и модифицировать объекты, включающие компоненты с размерами менее 100 нм, хотя бы в одном измерении, и в результате этого получившие принципиально новые качества, позволяющие осуществить их интеграцию в полноценно функционирующие системы большого масштаба; в более широком смысле этот термин охватывает также методы диагностики, характерологии и исследований таких объектов	Федеральное Агентство по науке и инновациям в «Концепции развития в РФ работ в области нанотехнологий до 2010 года», по материалам сайта [34]
Нанотехнологии – совокупность методов и приемов, применяемых при изучении, проектировании, производстве и использовании структур, устройств и систем, включающих целенаправленный контроль и модификацию формы, размера, интеграции и взаимодействия составляющих их наномасштабных элементов (1–100 нм) для получения объектов с новыми химическими, физическими, биологическими свойствами	Государственная Корпорация РФ «Роснанотех», по материалам сайта [36]
Нанотехнологии – набор научных, технологических и производственных направлений, которые объединены в единую культуру, основанную на проведении операций с материей на уровне отдельных молекул и атомов	Ливанов Д. В., (Статс-секретарь Минобрнауки РФ), по материалам сайта [37]

Окончание табл. 1

1	2
Нанотехнологии – «это область знания, ориентированная на изучение и применение материалов, которые наноструктурированы и имеют размер частиц от 1 до 100 нанометров (нано – 10^{-9})»	Третьяков Ю. Д., (академик), по материалам сайта [38]
Нанотехнология – это техника манипуляции на атомарном уровне, т. е. технология, оперирующая объектами величиной порядка нанометра, по размеру сопоставимыми с атомами. В настоящее время термин «нанотехнология» используется в широком смысле, охватывая и объединяя технологические процессы и системы машин и механизмов, способные выполнять операции в масштабе нескольких нанометров	Гусев А. И., (д.ф.-м.н., профессор, заведующий лабораторией ИХТТ), по материалам сайта [39]
Нанотехнология – это совокупность методов и приемов структуризации веществ на атомном и молекулярном уровнях с целью производства конечных продуктов с заранее заданной атомарной структурой. Нанотехнологии дают возможность создавать объекты, имеющие принципиально новые качества и позволяют осуществлять их интеграцию в полноценно функционирующие системы большего масштаба, а также создавать материалы, которые содержат структурные наночастицы и обладают качественно новыми свойствами и эксплуатационными характеристиками	В. С. Пономаренко, Ю. Ф. Назаров, В. П. Свидерський, И. М. Ибрагимов [23, с.8]
Нанотехнология – междисциплинарная область фундаментальной и прикладной науки и техники, имеющая дело с совокупностью теоретического обоснования, практических методов исследования, анализа и синтеза, а также методов производства и применения продуктов с заданной атомарной структурой путём контролируемого манипулирования атомами и молекулами	Энциклопедия «Википедия» [40]

Необходимо отметить, что в США принято различать понятия «нанонаука» и «нанотехнология». Нанонаука, объединяя в себе наноэлектронику, наномеханику, наноматериалы и основываясь на достижениях в различных областях естественных наук (прежде всего в таких областях как физика, химия, биология, математика и информатика), обеспечивает появление и развитие нанотехнологий. При этом бюджетное финансирование исследований в области нанонауки осуществляется в рамках бюджетной категории «фундаментальные исследования».

Как видно из табл. 1, «нанотехнологии» (НТ) – это достаточно широкий класс наук, который, в свою очередь, имеет очень много аспектов развития. Как следствие, возможно построение классификации НТ по нескольким очень разным признакам и особенностям. Например, различные направления НТ могут быть систематизированы по степени сложности используемых и создаваемых структур, исходя из нарастающей размерности объектов (*табл. 2*) [5, с. 81].

Таблица 2

Классификация нанотехнологий по степени усложнения объектов и возрастания их размерности (от точки то объемных элементов)

Класс объектов	Конкретные примеры и приложения
Гомогенные/периодические (объемные) структуры	
Нанопорошки, наночастицы в растворе	Краски, косметические кремы (от загара)
Нанотрубки, нанопроволоки	Углеродные нанотрубки
Простые слои и покрытия нанометрической толщины (например, получаемые адсорбцией из раствора, во многих случаях из молекул с заданной ориентацией, благодаря самоорганизации и т. д.)	Алмазные пленки на разнообразных поверхностях, монослойные покрытия в молекулярной электронике, защитные покрытия, солнечные батареи
Трехмерные слоистые структуры	Магнитные запоминающие устройства
Трехмерные периодические и случайные образования	Кристаллизованные белки, трехмерные устройства молекулярной записи
Сложные структуры	
Линейные цепочки	Информационные молекулы (например, ДНК)
Поверхностные структуры с незначительной глубиной	Новейшие микроэлектронные устройства, наномеханические устройства
Многослойные покрытия, получаемые различными методиками	Так называемые поверхностные лазеры с вертикальным резонатором (VSCEL)
Развитые трехмерные структуры, не обладающие способностью к самовоспроизведению или саморепликации	Манипуляции с ДНК, биомолекулярные компьютеры, наномашины
Развитые трехмерные структуры, обладающие способностью к самовоспроизведению (саморепликации)	Самовоспроизводящиеся нанороботы

Тенденция к слиянию разных видов нанотехнологии, биотехнологии, информационных технологий и наук о познании подчеркивает тот факт, что нанотехнология является сугубо *междисциплинарной отраслью науки* и техники, что в свою очередь, затрудняет классификацию направлений нанотехнологии в соответствии с общепринятым представлением о фундаментальных науках (*табл. 3*) [5, с. 82].

Таблица 3

Связь различных научно-технических дисциплин с нанотехнологиями

Области научно-технических исследований	Изучаемые объекты и возможные приложения нанотехнологий
1	2
Физика	Аналитические и механические приборы и устройства; сканирующие зондовые микроскопы; оптические микроскопы ближнего поля; оптические «щипцы»; Электронные, магнитные, оптические свойства наноструктур; Наномеханика; Самоорганизация структур и объектов;
Химия / Материаловедение	Частицы; Покрытия; Пористые материалы; Дендримерные молекулы; Нановолокнистые композиты; Структуры на основе ДНК;
Электроника	Литография с использованием оптических, электронных и ионных пучков;
	Многослойные магнитные датчики; Запись информации с помощью механических микрозондов; Использование нанотрубок в качестве переключателей; проводников и т. п.
Биология	Анализ биомолекул; Анализ клеточных процессов; Биоминерализация; Биологические моторы; Биокомпьютеры;

Окончание табл. 3

1	2
Медицина	Получение наночастиц с нанесенными на их поверхность антигенами/антителами/участками ДНК; Использование наночастиц для оптической сигнализации о состоянии органов и тканей, применение магнитных наночастиц для выделения и нагрева отдельных участков тканей, преодоление иммунного барьера организма за счет переноса препаратов на наночастицах; Создание и использование ДНК-чипов; Создание биосовместимых материалов и веществ; Использование имплантантов для контроля состояния организма и дозированнного ввода препаратов; Создание и применение электродов, обеспечивающих контакт с мозгом и нервной системой

На *рис.1* представлена связь различных наук, нанотехнологий и нанопродуктов [25].

В последнее время происходит некоторое *расширение понятия нанотехнологии* – сейчас к ней относят не только системы и изделия с размерами менее 100 нм. В *широком значении* этот термин уже применяется даже для микроэлектрических механических систем (МЭМС) – класса микроскопических устройств, изготовленных методами, занятыми у производителей микросхем. МЭМС – сверхминиатюрны по любым меркам, но их габариты могут в 1000 раз превышать наноразмерные объекты. Это связано с тем, что таким образом привлекается внимание к приграничной зоне между самыми малыми продуктами миниатюризации и наибольшими изделиями молекулярного конструирования. Именно благодаря гибридным компонентам и технологиям в этой области будет происходить постепенное развитие и освоение нанотехнологий. И тогда термин МЭМС можно будет целиком обосновано можно будет заменить новым – НЭМС (наноэлектромеханические устройства [23, с. 48–50].

Специфика явлений и процессов, которые происходят при переходе от классической миллиметровой технологии, развитие которой пришлось на середину XX века и связанной с появлением промышленной электроники, к нанотехнологиям, связана с проявлением квантовых физических

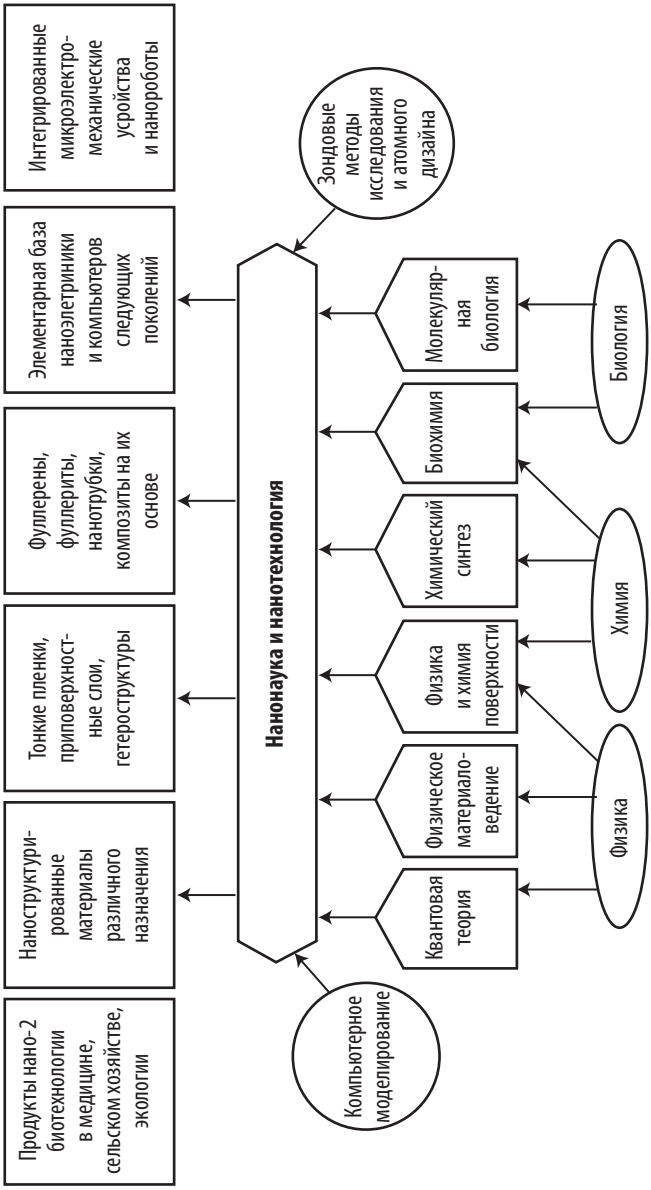

Рис.1. Связь различных наук, нанотехнологий и нанопродуктов

законов и волновой природой микрочастиц. Как следствие, в этой области не действуют законы классических технологий, происходит переход от сплошного вещества классических технологий к атомарно-структурным веществам квантовой нанотехнологии, *человечество вступает в такую «производственную» сферу, где исчезает грань между живой и неживой природой*. Свойства веществ и материалов, созданных наноэлементами, обусловлены не только уменьшением структурных элементов, но и волновой природой переноса и доминирующей ролью поверхностей раздела. Управляя размерами и формой наноструктур, таким материалам можно придавать абсолютно новые функциональные характеристики, которые резко отличаются от характеристик обычных материалов [23, с. 260].

Кроме того, нанотехнологии требуют использования *совершенно новых технологических способов производства*, требующих сверхточных инструментов и сверхчистых помещений. Наиболее распространенным способом получения малых структур и изделий (например, в производстве микроэлектронных изделий) является *нисходящее* (сверху вниз) производство, при котором изготовитель, пользуясь макроскопическими инструментами, удалял (или добавлял) из крупной заготовки необходимое количество материала, стараясь обеспечить возможно большую точность размеров. Такой подход при переходе к наномасштабным объектам приводит к непреодолимым техническим сложностям и резкому возрастанию стоимости производства (для обеспечения повышенной точности обработки).

Массовое, дешевое производство требует изготовления большого числа изделий. Стандартными подходами к организации такого производства являются: тщательное изготовление исходного нанообразца, с которого затем простыми операциями можно получить большое количество копий (литография, штамповка, тиснение, печатное дело); использование большого количества автоматических нано/микроманипуляторов, работающих параллельно [26, 27].

Совершенно иной принцип связан с так называемым *восходящим* (снизу вверх) производством, при котором под действием химических и каталитических реакций атомы и молекулы самостоятельно собираются в наноструктуры, т. е. на основе самоорганизации [28]. Этот подход под-

разумевает возможность создания даже таких систем и материалов, которые трудно или даже невозможно получить традиционными химическими методами (основанными на термодинамических или стохастических процессах). Восходящие процессы предполагают постепенный переход от простой самосборки к моделированию сложных явлений, которые подобны развитию живых организмов [5, с. 60].

Примерами специфических *производственных процессов* получения наноматериалов, в соответствии с классификацией по основным способам производства, могут быть следующие [23, с.48–50]:

- получение частиц из газовой фазы (пламя, плазма);
- получение нанокомпозитов методами золь-гель;
- оптическая литография, литография с применением электронных, ионных, атомарных пучков;
- штамповка, молекулярное «впечатывание»;
- самосборка;
- создание структур на поверхности при манипуляциях отдельными атомами и молекулами с использованием сканирующих зондовых микроскопов;
- механосинтез (молекулярные нанотехнологии).

Таким образом, *нанотехнологии смогут выйти на полномасштабное коммерческое применение* после того, как будут решены три проблемы: самоорганизация наноматериалов, их самоформирование и самосборка. Например, уже сегодня разработаны технологии самоорганизации и самоформирование наноматериалов под воздействием магнитного поля, света или во время фазового перехода при изменении давления или температуры.

3. Перспективные сферы развития и применения нанотехнологий

К очевидным ***преимуществам нанотехнологий*** специалисты относят [2, 29, 30]:

- производство новых *фармацевтических препаратов* для развития генной инженерии, создание *систем индивидуального лечения, целе-*

вая доставка лекарственных препаратов к соответствующим органам в организме;

- создание *искусственных материалов для диагностики* процессов в живых клетках, производство *биосовместимых имплантантов*;
- создание новых *сельскохозяйственных препаратов и удобрений*, а также методов *генетической модификации* растений и животных;
- разработка простых и дешевых *методов очистки и обессоливания воды*;
- создание высокоэффективных *систем преобразования солнечной энергии*;
- создание высокоэффективных *топливных элементов и материалов*, позволяющих аккумулировать и удерживать водород;
- получение *легких и прочных материалов с заданными свойствами*, позволяющими создавать новые устройства и транспортные средства;
- создание миниатюрных и высокоэффективных *датчиков*;
- получение *наноструктурных катализаторов* для использования в низкоэнергетических и экологически чистых производствах;
- организация производства *светоизлучающих диодов*, потребляющих очень небольшое количество электроэнергии;
- создание небольших по весу *космических аппаратов и систем их запуска*, создание миниатюрных автоматических космических систем.

Свой прогноз развития будущего рынка продукции нанотехнологии до 2015 г. формулирует и американский Институт глобального прогнозирования *(Institute For Global Future, USA)* [31]:

- *наноэнергетика* сделает мир более чистым в результате разработки новых типов двигателей, топливных элементов и транспортных средств;
- сформируется *новая экономика*, основанная на нанотехнологиях и нанопродуктах. Е-бизнес (электронно-информационный) уступит лидирующие позиции *NT-бизнесу* (нанотехнологическому);

- быстрое развитие нанопромышленности потребует коренной *перестройки системы образования* на всех уровнях;
- *потребительские и промышленные товары* станут более долговечными, качественными и компактными, а вместе с тем и более дешевыми;
- *медицинское обслуживание* будет более доступным и эффективным. Появятся новые лекарственные препараты и диагностические средства. Нанобиотехнология сделает жизнь людей более здоровой и продолжительной;
- новые подключенные к Интернету устройства, объединяющие функции телефона, телевизора и компьютера, образуют *глобальную систему связи*, которая объединит всех, везде и всегда;
- *мир окружающих вещей станет «интеллектуальным»* за счет встраивания чипов во все предметы быта и производства;
- *общество станет более свободным и интеллектуальным.*

Институт комплексного прогнозирования фирмы «Хитати» (сокращенно «Хитати Сокэн») в марте 2001 года подготовил прогнозные оценки экономических и социальных последствий внедрения нанотехнологий, которые были опубликованы в докладе научно-технического комитета Кэйданрэн при правительстве Японии [4, с. 71–92]. В *табл. 4* представлена связь возможных применений нанотехнологий с проблемами человечества.

В частности, прогноз развития компьютерной техники и электроники делают и различные научные инновационные сети (например, американской *Nanotechnology News Network, 2004 г.), который* представлен на *рис. 2* [25].

Нанотехнологии находятся на стыке научных и инженерных наук, а области их применения в ближайшем будущем (на период до 2015 года) могут быть представлены в *табл. 5* [22, с. 35].

Таблица 4

Связь возможных применений нанотехнологий с проблемами человечества

№ пп	Проблемы человечества	Задачи, которые необходимо решить	Возможности использования нанотехнологий	Экономические и социальные последствия внедрения нанотехнологий
1	2	3	4	5
1	Депопуляция и старение человечества	Здравоохранение и медицина	▪ Создание наноустройств (автономных и вводимых в организм); ▪ Биодатчики (создание органических и неорганических материалов, превосходящих ткани организма по функциональным возможностям); ▪ Создание биомеханизмов, способных осуществлять измерения и требуемые медицинские действия	▪ Новые парадигмы в медицине; ▪ Создание долгосрочных и эффективных систем контроля здоровья; ▪ Измерение уровня загрязнения окружающей среды; ▪ Революционные изменения в медицинском обслуживании (медицина «малого вмешательства» или «без вмешательства»); ▪ Измерение содержания различных веществ в организме, лечебные операции при необходимости (детектирование и уничтожение раковых клеток и т. п.)
		Лекарственные препараты	▪ Практическое использование результатов проекта «Геном человека»; ▪ Адресная доставка лекарств; ▪ Искусственные ферменты и антитела; ▪ Искусственные функциональные полимеры (заменители тканей организма и т. п.)	▪ Реализация идей «индивидуальной» медицины; ▪ Организация полного курса лечения на основе личной генетической информации о пациенте; ▪ Значительный прогресс в здравоохранении и фармацевтике; ▪ Непрерывный контроль за состоянием организма; ▪ Победа над раковыми заболеваниями, СПИДом; ▪ Разработка лекарственных препаратов с новым механизмом действия (например, активизирующихся при повышении температуры у пациента)

Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5
		Восстанавливающая медицина	▪ Производство биологически активных нановеществ методами самосборки	▪ Реализация идей восстанавливающей медицины; ▪ Производство искусственных тканей и органов, не вызывающих реакцию отторжения; ▪ Развитие рынка медицинских услуг
2	Недостаток продовольствия	Развитие сельского хозяйства на новой технологической основе	Методы генетической модификации: ▪ создание более устойчивых к сорнякам и вредителям сортов растений; ▪ увеличение урожайности; ▪ повышение питательной ценности (калорийности) получаемых продуктов; ▪ анализ генетической информации растений, генная модификация; ▪ применение ДНК-чипов и т. п.	▪ Решение проблемы нехватки питания; ▪ Создание стабильного и достаточного сельского хозяйства; ▪ Широкое применение техники ДНК-чипов и ДНК-анализа
3	Экологические проблемы,защита окружающей среды, новая энергетика	Противодействие повышению температуры атмосферы Земли	▪ Поиск альтернативных источников (отказ от сжигания ископаемого топлива, использование природных источников); ▪ Повышение кпд устройств, работающих на солнечной энергии; ▪ Новые топливные элементы; ▪ Использование энергии ветра; ▪ Значительное уменьшение количества CO_2 в выхлопных газах и т. п.	▪ Развитие экологически безопасных транспортных средств; ▪ Развитие и производство новых источников энергии (топливные элементы и др.) ▪ Широкое внедрение новых типов материалов (на основе углеродных нанотрубок и т. п.)
		Сохранение озонового слоя атмосферы	▪ Поиск веществ и материалов, заменяющих фреоны	▪ Предотвращение дальнейшего разрушения озонового слоя; ▪ Снижение риска онкологических заболеваний

Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5
		Защита от загрязнения среды диоксином	▪ Поиск новых материалов, способных заменить хлорсодержащие пластики; ▪ Создание биодатчиков, способных к длительному и точному мониторингу окружающей среды; ▪ Создание нанопорошков для борьбы с загрязнением окружающей среды; ▪ Создание нанофильтров	▪ Создание общества и эко-номики «безотходного» типа; ▪ Прекращение выпуска экологически опасных веществ; ▪ Полная переработка отходов; ▪ Полное предотвращение образования диоксина
		Кислотные дожди	▪ Поиск альтернативных источников энергии (отказ от сжигания ископаемого топлива, использование природных источников); ▪ Повышение КПД устройств, работающих на солнечной энергии; ▪ Новые топливные элементы	▪ Уменьшение или прекращение выброса окислов серы и азота транспортными средствами и промышленными установками
	Переход к новому технологическому укладу			
	4.1. Наноматериалы и их обработка	Получение нанокристаллов и нанозерен	▪ Повышение прочности стали; ▪ Обработка поверхности с молекулярной точностью; ▪ Производство новых материалов	▪ Повышение прочности, снижение веса, особая отделка и внешний вид; ▪ Медицинские применения (новые противораковые препараты)
		Технология получения	▪ Создание наноэлектронных устройств (с использованием фотодиодов и т. п.);	▪ Создание на основе нанозернистых материалов светоизлучающих устройств с низким энергопотреблением;

Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5
4	4.2. Измерения и нанообработка	нанозернистых материалов (измельчение зерен, соединение и придание ориентации	▪ Создание наноэлектронных устройств (с использованием фотодиодов и т. п.); ▪ Создание сред для магнитной записи со сверхвысокой плотностью	▪ Создание на основе нанозернистых материалов сред для магнитной записи со сверхвысокой плотностью
		Техника обработки поверхности с нанометровой точностью	▪ Создание высокоэффективных оптоэлектронных переключателей; ▪ Создание устройств для сверхточной механической обработки	▪ Новый этап развития полупроводниковой промышленности
		Технология получения и отделения двумерных кристаллов	▪ Использование металлических нанокластеров в катализе энергетики; ▪ Создание сверхпроводящей керамики; ▪ Создание функциональных оптических материалов; ▪ Создание сверхлегких и сверхпрочных конструкционных материалов	▪ Развитие промышленного производства новых типов материалов
		Многослойные композиционные и структурированные материалы	▪ Создание высокопрочных и коррозионностойких металлических материалов; ▪ Создание магнитных сред для записи со сверхвысокой плотностью	▪ Прогресс в энергетике и информационных технологиях

Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5
		Развитие техники измерений	▪ Высокоточные и высокоскоростные измерительные устройства; ▪ Использование оптической техники вакуумного ультрафиолета; ▪ Получение «сверхплоских» поверхностей и подложек; ▪ Терабитовые оптические и магнитные запоминающие устройства	▪ Революционные изменения в социальной жизни и экономике; ▪ Значительный прогресс в развитии методов механической микрообработки (уменьшение размеров, повышение точности)
		Техника микрообработки	▪ Создание новых типов ЭВМ (нанокомпьютеры, квантовые компьютеры, молекулярные и биологические компьютеры); ▪ Полупроводниковая техника, квантовые точки, новые типы лазеров; ▪ Наномедицина, наносистемы в биологии; ▪ Информационные терминалы нового типа; ▪ Системы мониторинга окружающей среды и энергетических установок	▪ Медицина и биология: микрокатетеры, биологические мониторы, ДНК-чипы, биодатчики, искусственные органы; ▪ Окружающая среда и энергетика: мониторинг среды, микродвигатели, микробатареи и т. п.; ▪ Электроника: терабитовые запоминающие устройства (рост объема памяти в 1000 раз!), одноэлектронные устройства, квантовые компьютеры; ▪ Передача и обработка информации: персональные информационные терминалы, квантовые компьютеры, оптоэлектронные большие интегральные схемы
		Развитие методов точного моделиро-вания	Машинное проектирование полупроводниковой техники (TCAD)	Существенное изменение структуры электронной промышленности
	4.3. Информационные технологии	Полупроводниковая техника	▪ Трехмерные МОП-структуры БИС; ▪ Углеродные нанотрубки; ▪ Запоминающие устройства нового типа (одноэлектронная память и т. п.)	▪ Значительное снижение энергопотребления микропроцессоров (в 1000 раз); ▪ Резкое увеличение объема памяти запоминающих устройств (в 1000–100 000 раз)

Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5
		Техника хранения информации	Создание терабитовых запоминающих устройств	Рост объема работы информационных сетей в 1000 раз (в течение 10 лет)
		Биодатчики	▪ Материалы, способные к «молекулярному распознаванию»; ▪ Объединение датчиков с ДНК-чипами; ▪ Создание чипов с набором генов, белков, клеток и различных тканей; ▪ Введение датчиков в организм; ▪ Контроль за состоянием организма (состав крови, состояние клеток и т. п.); ▪ Лаборатории-на-чипе (анализ микроколичеств вещества и микрообразцов); ▪ Персональные информационные терминалы	Революционные изменения в организации здравоохранения, развитии систем медицинского обслуживания и охраны окружающей среды, в том числе: ▪ Развитие систем ранней диагностики и предупреждения заболеваний; ▪ Снижение расходов на медицинское обследование; ▪ Развитие систем «лечения в домашних условиях»; ▪ Развитие систем социальной защиты инвалидов
		Устройства нового типа	Прогресс в информационных технологиях	Социальные проблемы создания больших информационных сетей
		Устройства сетевой связи	▪ Оптическая передача информации; ▪ Разработка устройств оптической связи и создание модулей; ▪ Развитие фотоники	▪ Прогресс в ИКТ и системах оптической связи (фотоника, волноводы и т. п.); ▪ Развитие централизованных и локальных сетей, разработка систем доступа к базам данных, обмена информацией и т. п.; ▪ Повышение скорости передачи данных электронными и оптическими средствами от 40 гигабит/с до 160 гигабит/с

Окончание табл. 4

1	2	3	4	5
			▪ Телекоммуникации и радиопередача информации; ▪ Создание модулей радиопередачи информации типа «передатчик – приемник»; ▪ Развитие техники «адаптивных антенн	▪ Прогресс в ИКТ, связанных с радиопередачей информации (электронные устройства со сверхширокой полосой пропускания); ▪ Повышение скорости передачи информации от 30 мегабит/с до 10 гигабит/с
	4.4. Нанотехнологии в авиации и космонав-тике	Авиация, космическая техника	Создание сверхлегких, сверхпрочных и термостойких материалов	Развитие новых, более удобных и надежных средств авиатранспорта
		Ракетная техника	Нанокомпозиты	Ракетные двигатели нового типа, космические станции, наноспутники

Рис. 2. Прогноз развития компьютерной техники и электроники на основе нанотехнологий до 2040 г.

Таблица 5

Потенциальные области применения нанотехнологий

Область	Метод «снизу вверх»	Метод «сверху вниз»
1	2	3
Медицина	Покрытия для имплантантов, антимикробные покрытия	Сенсоры, «лаборатории-на-чипе»
Охрана окружающей среды	Средства сбора загрязняющих веществ, очистки поды и воздуха, керамические мембраны	Материалы для солнечных панелей
Энергетика	Компоненты ядерных реакторов, кабели для линий электропередачи	Покрытия и материалы для контейнеров с радиоактивными отходами и отходами сжигания ископаемого топлива
Космонавтика	Покрытия и материалы для элементов фюзеляжа и сопел	Материалы для двигателя и солнечных панелей
Автомобилестроение	Антикоррозионные покрытия, окна, покрышки, воспламенители	Электроды для свинцовых аккумуляторов

Окончание табл. 5

1	2	3
Вооружение	Броня, боеприпасы и покрытия для стволов	Компоненты двигателей
Промышленные покрытия	Безопасные для окружающей среды покрытия (заменители хрома, кадмия и бериллия), магнитные покрытия	Антикоррозионные покрытия
Потребительские товары	Спортивное снаряжение, настольные и портативные компьютеры, телевизоры, косметика	Компоненты аудиосистем

Сегодня, по нашему мнению, в зависимости от области своего применения, нанотехнологии можно классифицировать следующим образом:

1. **Нанотехнологии в медицине и фармацевтике**:

а) автономные наноустройства, вводимые в организм (внутрисосудистые нанороботы);

б) системы виуализации;

в) электрокардиостимуляторы/дефибрилляторы;

г) искусственное сердце;

д) использование нанотехнологий в создании новых лекарственных препаратов;

2. **Нанотехнологии в обработке материалов (материалы и методы обработки)**:

а) нанокластеры, нанозерна;

б) технология получения (измельчение зерен, соединение и придание ориентации) нанозернистых материалов;

в) техника обработки поверхностей с нанометровой точностью (высокоэффективные оптоэлектронные переключатели, устройства для сверхточной механической обработки);

г) технология получения и отделения двумерных кристаллов (создание металлических нанокластеров в катализе и энергетике, создание сверхпроводящей керамики и т. д.);

д) многослойные, композиционные и структурированные материалы;

3. **Нанобиотехнологии**:

а) в медицине и фармации:

- биодатчики (создание органических и неорганических материалов, превосходящих ткани организма по функциональным возможностям);
- создание биомеханизмов, способных осуществлять измерения и требуемые медицинские действия (биочипы для определения вирусов, использование дендромных ДНК-наночастиц для борьбы с раком и другими заболеваниями, использование нанотрубок в доставке лекарств и т. д.)
- искусственные ферменты и антитела;
- искусственные функциональные полимеры (заменители тканей организма и т. п.);
- восстанавливающая медицина (производство биологически активных веществ методами самосборки);

б) в сельском хозяйстве (в генной инженерии, применение ДНК-чипов);

в) в промышленности и электронике (живое наноожерелье, ДНК-нанопроволока для будущей микроэлектроники, синтез микроорганизмами проводящих нанонитей, наноэлектронный прибор на основе одной органической молекулы, «живые» органические мышцы для роботов, ДНК-наномашина, производящая полимер и т. д.);

г) военные нанобиотехнологии (нанобиологическое детектирование, нанобиомиметика, биотехнические гибридные устройства, новые виды билологического оружия);

4. **Нанотехнологии в электронике и информационных технологиях**:

а) исследование наноразмерных областей методами просвечивающей электронной микроскопии;

б) наноструктуры:

- литографические методы формирования поверхностных периодических наноструктур;

- нелитографические методы создания периодических структур;
- плазменные методы в технологии поверхностных периодических наноструктур;

в) зондовые нанотехнологии:

- зондовые методы нанолитографии;
- квазиодномерные проводники как активные элементы наноэлектроники;
- зондовое формирование полимерных микропроводников;
- создание элементов металлической наноэлектроники;
- металлические квазиодномерные микропроводники на подложках;
- нанотранзисторы на основе углеродных нанотрубок, инверторы;
- углеродная наноэлектроника;

г) нанокомпозиты и нанокерамика (сегнетоэлектрические материалы, пьезоэлектрические пленки, пористая пьезокерамика);

д) фотоника волноводных наноразмерных структур (в т.ч. сенсоры на основе оптических волноводов с фотоннокристаллической структурой);

е) полупроводниковые технологии:

- самоорганизованные имплантированные наноразмерные структуры в полупроводниках;
- полупроводниковые гетероструктуры и приборы на их основе (транзисторы);

ж) высокотемпературные сверхпроводники в наноэлектронике;

з) наносистемы (в т. ч. устройства сетевой связи):

- наноэлектронные компоненты;
- нанооптические компоненты

5. **Военные нанотехнологии:**

- электроника, фотоника, магнитные материалы;

- компьютеры и коммуникационные устройства;
- программное обеспечение и искусственный интеллект;
- материалы (конструктивные, функциональные и активные);
- источники и аккумуляторы энергии;
- реактивные двигатели;
- транспортные средства (в частности – авиация и космическая техника);
- ракетные топлива и взрывчатые вещества;
- камуфляж и средства маскировки;
- распределенные датчики;
- броня и средства защиты;
- обычные типы вооружений (стрелковое, ствольное и т. д.);
- индивидуальные системы военного назначения;
- имплантируемые системы, регулирование жизнедеятельности человеческого организма;
- автономные и беспилотные системы;
- мини- и микророботы;
- миниатюрные космические спутники и средства их запуска;
- ядерное оружие (вспомогательные системы и средства, компьютерное моделирование ядерного оружия, сверхмалые ядерные заряды);
- химическое оружие;
- биологическое оружие;
- защита от химического и биологического оружия.

4. Приоритетные направления коммерциализации нанотехнологий в в различных отраслях

Нанотехнологические исследования и разработка нанотехнологий фактически начали осуществляться в большинстве развитых стран с начала 90-х годов, но уже к началу XXI века мировое сообщество признало, что нанотехнологии принесут радикальные изменения во многих сферах

научно-технической деятельности. Как следствие, были разработаны целевые государственные программы поддержки развития нанотехнологий, которые соответственно финансировались бюджетом.

Еще в начале 90-х годов эта область разработок получила статус приоритетного развития США. Например, в 1995 году в соответствии с программами фундаментальных исследований Министерства обороны США работы в области нанонауки были определены в рамках отдельного приоритетного направления (Strategic Research Area (SRA)). В Японии крупномасштабные и долгосрочные нанотехнологические проекты были развернуты в 1992 году.

Государственные расходы ведущих стран мира на нанонауку и нанотехнологии в 1997 году составили: в США – 116 млн долл. США (из них 27% в интересах Минобороны); в Японии – 128 млн долл. США; в Западной Европе – 120 млн долл. США [5, с. 412].

По данным специального комитета американского *Центра оценки мирового состояния технологий* (World Technology Evaluation Center, WTEC), который отслеживал и анализировал в период 1996–1998 гг. развитие нанотехнологий в различных странах по *шести основным направлениям*, а также выпускал для научных, технических и административных специалистов США обзорные информационные бюллетени об основных тенденциях развития и достижениях, приоритеты распределились следующим образом (*табл. 6*) [5, с. 84].

Таблица 6

Распределение приоритетов исследований в нанонауке и нанотехнологии в США, Японии, странах Западной Европы

№ пп	Область научно-технических исследований	Распределение приоритетов		
		1	2	3
1	Синтез и сборка	США	Европа	Япония
2	Биология и связанные с ней приложения	США/Европа	Япония	
3	Дисперсные системы и покрытия	США/Европа	Япония	
4	Материалы с развитой поверхностью	США	Европа	Япония
5	Наноустройства	Япония	Европа	США
6	Консолидированные материалы	Япония	США/Европа	

К началу 2000 года США заняли лидирующие позиции в области формирования и сборки наноструктур, разделяя с Европой лидерство в создании наноструктурных покрытий и наномасштабной биологии. Япония же достигла лидерства в области разработок наноприборов и наноструктурных материалов повышенной прочности.

Приблизительная оценка правительственных расходов ведущих стран мира на нанотехнологические НИОКР представлена в виде в *табл.* 7 [4, с. 111]:

Таблица 7

Рост расходов на исследования в сфере нанотехнологий в странах мира

№ пп	Страна или регион	Официальные бюджетные ассигнования (в млн дол. США)					
		1998	1999	2000	2001	2002	2003
1	Япония	120	157	250	465	720	800
2	США	116	255	270	465	697	774
3	Европа (ЕС + Швейцария)	128	165	200	225	400	650
4	Остальные страны (Австралия, Канада, Китай, страны СНГ, Израиль, Корея, Сингапур, Тайвань и т. д.)	70	96	110	380	550	800
	Общие расходы	434	673	830	1535	2367	3024

Из *табл.* 7 видно, что к 2001 году государственные расходы США и Японии на цели развития нанотехнологий почти сравнялись. Именно между этими двумя странами развернулось основное соперничество в данной области. По оценкам специалистов *Национального научного фонда США* (NSF) в 2001 году на исследования и внедрение нанотехнологий в мире было затрачено около 50 млрд дол. [22, с. 298].

В то же время, уже к 2005 году значительно расширился круг стран-участников «наносообщества». Об этом свидетельствуют результаты анализа, проведенного фирмой «**Lux Reseach**» [5, С. 405], по данным которой в 2005 году НТ-исследования и разработки осуществлялись в 51-й стране мира. 14 из этих стран, квалифицированных авторами анализа в качестве наиболее продвинутых, были, в свою очередь, разбиты на 4 перечисленные ниже группы, исходя из масштабов бюджетного фи-

нансирования, научно-технического потенциала, количества публикаций и возможностей реализации достижений:

Группа I – США, Япония, ФРГ и Южная Корея (авторы называют их «безусловными лидерами»);

Группа II – Тайвань, Израиль и Сингапур (страны с небольшим населением, активно развивающие нанотехнологию, которые авторы анализа образно именуют «игроками ниши», подразумевая их возможное преимущество лишь в узких направлениях);

Группа III – Великобритания и Франция (станы, именуемые «башнями из слоновой кости», которые обладают высоким научно-техническим потенциалом, но пока очень «скромны» в развитии технических приложений);

Группа IV – Китай, Канада, Австралия, Россия, Индия. Необходимо особо подчеркнуть стремление Китая перейти в группу «безусловных лидеров». В Китае быстро растет бюджетное финансирование НТ-исследований (в 2003 г. – 100 млн дол., в 2004 г. – 200 млн дол.). Стоит отметить и стремительный рост числа журнальных публикаций: по данным Science Citation Index в 2004 году Китай по числу научных публикаций вышел на второе место в мире, обогнав такие страны, как Япония, ФРГ и др. [32].

Россия, по результатам исследований «Lux Reseach», в мировом НТ-рейтинге занимает пока достаточно скромное место. Это было связано с крайне слабым финансированием военной и гражданской науки вплоть до 2007 года. В 2004 году Россия по числу публикаций была на 8-ом месте (в 1994 г. – на 7-ом) [http://www.nano.gov], а масштаб финансирования НТ-исследований составил в 2005 г. лишь **1,4 млрд руб**.

В 2004 году, по некоторым оценкам, в сфере нанотехнологий:

1) *на исследования* правительствами разных стран было потрачено более 1,0 млрд долл. США. В 2006 году эта цифра превысила 2,0 млрд долл. США, причем столько же на подобные исследования потратили частные компании;

2) мировые *инвестиции* в этом же году значительно возросли и достигли **$10 млрд**. На долю *частных доноров* – корпораций и фондов – пришлось примерно **$6,6 млрд** инвестиций, на долю *государствен-*

ных структур – около **$3,3 млрд**. Мировыми лидерами по общему объему капиталовложений в этой сфере стали Япония и США;

3) суммарная *стоимость продукции*, выпущенной на основе наноматериалов и нанотехнологий, по оценкам научно-исследовательской компании NanoMat (Карлсруэ, Германия) превысила **26,5** млрд долл. США [22, с. 262]:

По мнению старшего аналитика в области нанотехнологий Национального научного фонда США Михаила Роко *пик интенсивности научных исследований* в сфере нанотехнологий будет достигнут в **2010 году**, *а их крупномасштабное внедрение* состоится примерно в **2015** году. Специалисты этого фонда спрогнозировали, что если общий рынок нанотехнологий в 2006 году оценивался примерно в 300 млрд. долл. США, то в **2015 году** рынок нанопродуктов и нанотехнологий достигнет величины **1 трлн долл. США в год.** А аналитики агентства «*Lux Reseach*» в 2005 году предсказали, что эффект от внедрения нанопродуктов и нанотехнологий к 2015 году будет равен **2,5 трлн долл. США** [22, ч. 298].

Сегодня нанотехнологии используются в производстве как минимум 80 групп потребительских товаров и свыше 600 видов сырьевых материалов, комплектующих изделий и промышленного оборудования. На полученную с применением нанотехнологий продукцию приходится около 0,01% мирового ВВП, а к 2015-му году этот показатель может составить уже 0,5–0,7%. Крупнейшими потребителями нанотоваров являются компании по охране окружающей среды (56% общего объема рынка), электроники (20,8%) и энергетики (14,1%) [16, с. 20–22].

Так, например, особенно быстро в течение ближайших 10–15 лет будут развиваться перечисленные ниже секторы рынка [29, 33]:

- *в промышленности* – материалы с высокими заданными характеристиками, которые не могут быть созданы традиционным способом, могут занять рынок объемом 340 млрд долл. / год в ближайшие 10 лет;
- *в электронике и полупроводниковой промышленности* объем рынка нанотехнологичной продукции может достигнуть 300 млрд долл./год в ближайшие 10–15 лет;

- *в фармацевтической отрасли* около половины всей продукции будет зависеть от нанотехнологий. Объем продукции с использованием нанотехнологий составит более 300 млрд долл./год в ближайшие 10–15 лет;
- *в химической промышленности* наноструктурные катализаторы имеют применение при производстве бензина и в других химических процессах, с приблизительным ростом рынка до 180 млрд долл./год. По прогнозам экспертов рынок таких товаров растет на 10 % в год;
- *в транспорте* применение нанотехнологий и наноматериалов позволит создавать более легкие, быстрые, надежные и безопасные автомобили. Рынок только авиакосмических продуктов может достичь 70 млрд долл./год к 2010–2012 годам;
- *в сфере здравоохранения* использование нанотехнологий может позволить помочь увеличить продолжительность жизни, улучшить ее качество и расширить физические возможности человека;
- *в сельском хозяйстве* и в *сфере защиты окружающей среды* применение нанотехнологий может увеличить урожайность сельскохозяйственных культур, обеспечить более экономичные способы фильтрации воды и позволит ускорить развитие возобновляемых источников энергии, например, таких как высокоэффективная конверсия солнечной энергии. Это позволит снизить загрязнение окружающей среды и экономить значительные средства. Так, по прогнозам ученых, применение нанотехнологий в сфере использования энергии света через 10–15 лет может снизить потребление энергии в мире на 10%, предоставить общую экономию 100 млрд долл./год и соответственно сократить вредные выбросы углекислого газа в размере 200 млн тонн.

Объединяя прогнозы, составленные специалистами по промышленному развитию и специалистами по тенденциям изменения рынка, можно *получить оценки на будущее по различным видам товаров, услуг и состоянию рынка*.

Так, «Хитати Сокэн» подготовил прогнозные развития и коммерческого использования нанотехнологий (*табл. 8*) [4, с. 97–100].

Таблица 8

Прогноз развития рынка услуг и товаров, связанных с нанотехнологиями

№ пп	Секторы будущего рынка товаров и услуг	Предполагаемый год внедрения	Товары и материалы, изготовленные с использованием нанотехнологий
1	2	3	4
1	Биология, медицина	2000	▪ Жидкие наноматериалы для охлаждения атомных реакторов;
		2003	▪ Развитие общих методов моделирования наносистем;
		2007	▪ Развитие общих методов анализа и моделирования полимерных сеток;
		2010	▪ Система «адресной» доставки лекарств в организм;
		2012	▪ Биоматериалы;
		2013	▪ Биологические микродвигатели
2	Сельское хозяйство	2006	▪ Биологические пестициды
3	Охрана окружающей среды, энергетика	2000	▪ Материалы для автомобилестроения; ▪ Новые оптические наноматериалы; ▪ Термоэлектрические преобразователи с высоким КПД;
		2003	▪ Аккумуляторы водорода; ▪ Топливные батареи для автомобилестроения; ▪ Топливные батареи;
		2004	▪ Биодатчики;
		2005	▪ Солнечные батареи с высоким КПД;
		2007	▪ Нанорботехника;
		2011	▪ Биосовместимые неорганические материалы;
		2012	▪ Технология связывания CO_2;
		2013	▪ Технология разложения фреонов;
		2014	▪ Высокоэффективные разделительные мембраны;
		После 2017	▪ Искусственный фотосинтез;
		После 2025	▪ Нанофильтры для разделения изотопов
4	Материалы и методы их обработки	2000	▪ PDP; ▪ Производство углеродных нанотрубок и фуллеренов;

Продолжение табл. 8

1	2	3	4
4		2003	▪ Гибкие дисплеи из органических материалов; ▪ Наностекла; ▪ Магнитные среды для записи со сверхвысокой плотностью;
		2004	▪ Устройства со сверхплотной компоновкой;
		2005	▪ Высокоэффективные фотонные преобразователи; ▪ Нанопроволоки; ▪ Волокна с углеродными нанотрубками; ▪ Новые сорта стали (с повышенной прочностью, термостойкостью, коррозионной стойкостью и т. д.)
		2007	▪ Нанокристаллические оптические устройства; ▪ Сверхпроводники;
		2009	▪ «Синергические» керамические материалы; ▪ «Регулируемые» оптические волокна (с меняющейся структурой);
		2010	▪ «Высокоэнергетические» материалы (биомиметики)
5	Измерения, отделка, моделирование	2000	▪ Скоростная измерительная аппаратура с высоким разрешением; ▪ Информационные терминалы нового типа; ▪ Полупроводниковые устройства нового типа (TCAD); ▪ Микромашины и микродвигатели
		2003	▪ Нанолазеры;
		2005	▪ Использование сверхдальнего УФ-излучения;
		2006	▪ Сверхточная обработка поверхности;
		2008	▪ Биологические и медицинские наносистемы;
		2011	▪ Нанокомпьютеры
		После 2016	▪ Биокомпютеры
6	Информационные технологии, электроника	2000	▪ Метод ALCVD;
		2005	▪ Новые методы литографии; ▪ Оптическая связь (фотоника, волноводные устройства); ▪ Радиосвязь (сверхширокополосные устройства); ▪ Использование нанотехнологий в устройствах типа Пасокон; ▪ Контрольно-измерительное оборудование с использованием СЭМ;

Окончание табл. 8

1	2	3	4
			▪ Трехмерные БИС (МОП-транзисторы с трехмерной структурой); ▪ Одноэлектронные запоминающие устройства; ▪ Устройства с углеродными нанотрубками;
		2007	▪ «Умные» биодатчики; ▪ Лаборатории-на-чипе;
		2010	▪ Наноустройства в фотонике
7.	Авиация, космическая техника	2000	▪ Новые материалы для авиационной промышленности; ▪ Новые материалы для космической техники

Результаты оценок объемов рынка (японского и мирового) НТ-материалов, изделий, услуг представлены в *табл. 9* [4, с. 101–102].

Таблица 9

Прогноз коммерциализации нанотехнологических исследований (млн дол.)

№ пп	Область нанотехнологии	Мировой рынок				Рынок Японии			
		2005		2010		2005		2010	
		всего	доля,%	всего	доля,%	всего	доля,%	всего	доля,%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Информационные технологии, электроника		27,1		50,6		38,8		50,7
2	Полупроводниковая техника		2,7		20,1		4,0		21,6
3	Устройства для хранения информации		-		3,9		-		11,1
4	Биологические нано-датчики		-		0,1		-		0,1
5	Сетевые устройства		24,4		8,1		34,8		8,5
6	Прочие		-		18,4		-		9,4
7	Обработка материалов (новые устройства и элементы)		16,3		31,3		20,0		32,6
8	Измерения, расчеты и моделирование		13,1		3,9		26,7		7,8

Окончание табл. 9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
9	Зондовая измерительная техника		0		0,9		0		1,3
10	Механическая обработка на наноуровне		11,3		1,9		24,9		4,7
11	Моделирование высокой точности		1,8		1,1		1,8		1,8
12	Охрана окружающей среды, энергетика		5,7		4,6		4,8		5,8
13	Техника связывания CO_2		2,5		4,1		2,9		5,4
14	Контроль окружающей среды		3,2		0,5		1,9		0,4
15	Технологии для атомной промышленности		-		-		-		-
16	Науки о жизни (биология, медицина)		7,1		2,9		3,7		1,5
17	Производство удобрений		0,6		0,1		0,4		0,1
18	Авиационная и космическая техника (самолеты, ракеты)		30,1		6,6		5,6		1,5
ВСЕГО		80,1	100	1089,8	100	19,32	100	243,3	100

По приблизительным оценкам, раздел рынка нанотехнологий в целом имеет следующий вид: США – 40–45%, Япония – 25–30%, Европа – 15–20%, Азия – 5–10%.

На 2005–2009 годы для развития ***нанотехнологий*** **США** выделили **3,5 млрд долл.**, **Евросоюз** – **2 млрд долл.**, а за последние несколько лет в число ведущих нанодержав также вошел и Китай. В **2008 году** в мире было продано товаров, созданных с использованием нанотехнологий, на сумму в **100 млрд долларов**.

В 2006 году в сфере нанотехнологий работало около 4000 компаний и научно-исследовательских организаций в сфере обслуживания и около 2000 организаций, выпускающих новые продукты [22, с. 320].

Сегодня в мире существует уже около 16 тысяч нанокомпаний, а к **2015 году**, по прогнозам Национального научного фонда США, предприятия, которые станут работать в этой сфере, создадут от 800 тыс. до одного миллиона новых рабочих мест. Так, например, в Китае в этой сфере работает около 800 компаний и более 100 научно-исследовательских институтов, большинство из которых ориентировано на удовлетворение нужд оборонно-промышленного комплекса КНР. В США на долю американских компаний, университетов и частных лиц приходится около 40% всех выданных в мире патентов в этой сфере, а число наноизобретений здесь превышает 3000 в год [16, с. 20–22].

В *табл. 10* перечислены некоторые современные нанотехнологические компании и выпускаемая ими продукция [22, с. 262–264].

Таблица 10

Нанопродукция, выпускаемая современными компаниями

Компания	Продукция
1	2
Acadia Research Corp.	Идентификация генов, молекулярная характеристика заболеваний
Altair Nanotechnolo-gies Inc.	Наноматериалы на основе титаната лития для ферромагнитных шпинелей
Applied Nanofluorescence, LLC	Оптические наноинструменты для изучения нанотрубок
Arryx, Inc.	Нанопинцеты для манипулирования наночастицами
California Molecular Electronics Corp.	Интеллектуальная собственность в области молекулярной электроники
Carbon Nanotechnologics, Inc.	Коммерческое производство углеродных нанотрубок
Cima Nanotech, Inc.	Мелкие, сверхмелкие и наноразмерные порошки
Dendritech, Inc.	Производство дендримеров
Dendritic NanoTechnolo gies, Inc.	Производство дендримеров, имеющих широкий диапазон применения (например в качестве медикаментов)
EnviroSystems	Дезинфицирующие наноэмульсии для больниц
eSpin Technologies, Inc.	Производство полимерных нановолокон

Окончание табл. 10

1	2
Front Edge	Сверхтонкие аккумуляторы
Hysitron	Научно-исследовательские и промышленные инструменты для измерения наномасштабных характеристик: прочности, упругости, трения, износа и адгезии
Intematix Corp.	Электронные материалы; катализаторы для мембран топливных элементов
Kereos Inc.	Наночастицы для визуализации болезней и терапевтического лечения
Lumcra	Полимерные материалы
Mccular Electronics Corp.	Электронные и оптоэлектронные приложения
Molecular Imprints	Инструменты для нанопечати в полупроводниковой и электронной промышленности
NanoDynamics	Наночастицы серебра, мели, никеля; нанооксиды; углеродные наноструктуры
NanoElectronics	Новые наноматериалы для элементов электросхем
NanoGram Corp.	Химические соединения для компьютерных чипов
Nanohorizons	Производство тонкопленочных наноструктур на основе лицензии (Университета штата Пенсильвания, США)
NanoInk Inc.	Обнаружение сибирской язвы
NanoOpto	Наноструктуры для оптических систем
Nanophase Technologies	Подготовка и коммерческое производство нанопорошков оксидов металла
Nanopoint	Визуализация внутренних компонентов биологических клеток с разрешением около 50 нм (в инфракрасном, видимом и ультрафиолетовом диапазоне)
Nanoproducts, Inc.	Наномасштабные порошки, дисперсии и продукты на их основе
NanoSpectra Biosciences, Inc.	Неинвазивная терапия на основе нанооболочек
Nanosphere	Анализ и обнаружение нуклеиновых кислот и белков
Nanosys, Inc.	Гибкие тонкопленочные компоненты для электроники, биоматериалов и солнечных батарей
Nano-Tex	Нанотехнологические ткани и покрытия
Nanotherapeutics, Inc.	Целевая доставка медикаментов с помощью наночастиц
Neo Photonics Corp.	Наномасштабные оптические компоненты
Novation Environmental Technologies	Очистка воды наномасип абными фильтрами на основе йода
Ntera	Электронные чернила и цифровая бумага

В *табл. 11* перечислены некоторые продукты и материалы, созданные на основе нанотехнологий или наноматериалов и попавшие в список десяти самых популярных нанопродуктов в 2005 году, по мнению журнала *Forbes* [22, с. 310–311].

Таблица 11

Десять нанопродуктов, самых популярных в 2005 г.

	Продукт	Компания
1	iPod Nano с чипом памяти NAND 4 Гб	Apple Computer
2	Canola Active – повышает абсорбцию фитохимикатов и снижает уровень холестерина	NutraLease/Shemen
3	Жевательная резинка Choco'la	O'Lala Foods
4	Антиоксидантный крем Fullercne C-60	Zelen
5	Бейсбольная бита Easton Stealth на основе углеродных нанотрубок	Easton Sports & Zyvex
6	Водоотталкивающая и грязеустойчивая ткань на основе нановолокон	Nanotex
7	Антибактериальные носки Arctic Shield	ARC Outdoor
8	Водоотталкивающая и прочная краска NanoGuardPaint	Behr Paints
9	Самоочищающееся покрытие Activ Glass	Pilkington
10	Очиститель воздуха NanoBreeze Air Purifier	NanoTwin Technologies

По мнению ведущих мировых экспертов, к 2015 году рынок нанотехнологических продуктов станет огромным. В *табл. 12* перечислены наиболее вероятные области применения нанотехнологий в недалеком будущем [22, с. 318–320].

Таблица 12

Перспективные будущие области применения нанотехнологий

Продукт	Описание
1	2
Настенные экраны	Улучшение телевидения и видеоигр
Настенные акустические колонки	Улучшение звуковых систем, телевидения и видеоигр
Программируемая краска	Изменение цвета и узора по команде
Перепрограммируемые книги	Изменение содержания и вида книг по команде

Продолжение табл. 12

1	2
Повторно используемая бумага и ткани	Изменение цвета и узора
Самонастраивающиеся кресла	Подгонка формы кресла под фигуру человека
Самонастраивающиеся краски для настольных игр	Подгонка размера и формы игрового поля под любую поверхность
Настольные игры с большой детализацией	Создание реальных стратегических игр по аналогии с компьютерными стратегиями
Окна и стены с изменяющейся прозрачностью	Изменение прозрачности для регулировки уровня освещенности и экономии энергии
Окна и стены с изменяющейся формой	Изменение объема комнат по команде
Стены, которые можно проходить насквозь	Изменение механической сопротивляемости стен по команде
Программируемые комнаты	Изменение конфигурации квартиры и интерьера по команде
Самозатачивающиеся ножи	Применение наночастиц, которые образуют абсолютно острую кромку.
Программируемые затворы	Открытие и закрытие затвора по команде
Самоочищающиеся ванны	Покрытия, на которые не прилипает грязь
Программируемые гигиенические средства	Гигиенические средства для удаления грязи, жиров и пота без необходимости приема душа
Программируемые средства по уходу за одеждой	Одежда из материалов, которые способны автоматически удалять грязь
Чувствительная к температуре одежда	Одежда из материалов, которые способны автоматически изменять теплопроводящие свойства, например плотность расположения волокон и зависимости от внешней температуры
Наручные часы и термометры в виде тонкого, как краска, покрытия	Мгновенное получение информации; больше не нужно будет бояться потери часов
Программируемые лекарства внутри организма	Доза и время ввода лекарства по команде
Автоматические поглотители колебаний зданий	Предотвращение ужасных последствий землетрясений и ураганов
Самособирающиеся полномасштабные продукты	Полный цикл самосборки – от чертежа к продукту

Окончание табл. 12

1	2
Программируемые формы и штампы	Для создания деталей из разных материалов – от бетона до пластмасс
Программируемые презентационные доски	Сделанные специальной ручкой надписи автоматически считываются компьютером
Самодиагностируемые конструкционные материалы	Автоматически определяют свое состояние, приложенную нагрузку, износ и структурную целостность
Чувствительные шины	Изменяют форму и свойства в соответствии с нагрузкой и дорожными условиями
Умные бамперы	Изменяют форму (например, увеличиваются) при внезапном приближении к препятствию
Программируемые голограммы	Визуализация по команде
Контактные линзы для виртуальной реальности	Для улучшения компьютерных игр и систем управления
Полноценная виртуальная реальность	Окружение, которое имитирует ситуацию для всех органов чувств: зрения, слуха, осязания и т. п.
Космический лифт	Доставка грузов в космос
Клеточная терапия	Идентификация и лечение заболеваний на уровне клетки
Имплантируемые компьютеры	Компьютер, который всегда с тобой
Имплантируемые переводчики	Переводчик, который всегда с тобой
Увлажнитель кожи, устраняющий морщины	Автоматическое сглаживание морщин
Самонастраивающийся спортивный инвентарь	Автоматическая подгонка спортивного снаряжения под спортсмена
Противоударные и антикоррозионные покрытия	Для повышения износоустойчивости транспортных средств, двигателей и инструментов

Таким образом, глобальный интерес к наноматериалам и нанотехнологиям способствует улучшению качества уже существующих продуктов. По мере открытия новых удивительных свойств наноматериалов растут инвестиции в развитие потенциально очень выгодных нанотехнологий.

Литература

1. Ратнер М., Ратнер Д. Нанотехнология: простое объяснение очередной гениальной идеи / М. Ратнер, Д. Ратнер; пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 240 с.

2. Нанотехнология в ближайшем десятилетии. Прогноз направления исследований / Под ред. М. К. Роко, Р. С. Уильямса, П. Аливисатоса. – М.: Мир, 2002.

3. Пул Ч.–мл., Оуэнс Ф. Нанотехнологии / Ч. Пул–мл., Ф. Оуэнс; 5-е изд., исправленное и дополненное. – М.: Техносфера, 2010. – 336 с.

4. Кобаяси Н. Введение в нанотехнологию / Н. Кобаяси; пер. с япон. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 134 с.

5. Альтман Ю. Военные нанотехнологии / Ю. Альтман. – М.: Техносфера, 2006. – 416 с.

6. Балабанов В. И. Нанотехнологии. Наука будущего / В. И. Балабанов. – М.: Эксмо, 2008. – 256 с.

7. Гусев А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А. И. Гусев; 2-е изд., испр. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 416 с.

8. Справочник Шпрингера по нанотехнологиям (в 3-х томах) / Под ред. Б. Бхушана. – М.: Техносфера, 2010.

9. Наноструктурные покрытия / Под ред. А. Кавалейро, Д. де Хоссона. – М.: Техносфера, 2010.

10. Нанотехнологии, метрология, стандартизация и сертификация в терминах и определениях / Под ред. М. В. Ковальчука, П. А. Тодуа. – М.: Техносфера, 2009.

11. Нанотехнологии. Наноматериалы. Наносистемная техника / Сб. статей под ред. П. П. Мальцева. – М.: Техносфера, 2005.

12. Нанотехнологии. Наноматериалы. Наносистемная техника – 2008 / Сб. статей под ред. П. П. Мальцева. – М.: Техносфера, 2008.

13. Мартинес-Дуарт Дж. М., Мартин-Палма Р. Дж. Нанотехнологии для микро- и оптоэлектроники / Дж. М. Мартинес-Дуарт, Р. Дж. Мартин-Палма. – М.: Техносфера, 2009.

14. Наноструктурные материалы / Под ред. Р. Ханнинка. – М.: Техносфера, 2009.

15. Фостер Л. Нанотехнологии. Наука, инновации и возможности / Л. Фостер. – М.: Техносфера, 2008.

16. Лавриненко И., Крюкова С. Нанопрогресс и нанопурга / Эксперт, № 50, 28.12.10. – С. 20–22.

17. Пустовалов В. К. Развитие нанотехнологий – один из возможных путей выхода из мирового экономического кризиса / Проблемы и перспективы инновационного развития экономики в контексте преодоления мирового финансового кризиса. Материалы XIV международной

научно-практической конференции по инновационной деятельности, Киев-Симферополь-Алушта, 2009. – С. 261–264.

18. Основи сталого розвитку Харківської області до 2020 року: Монографія. – Х.: ВД «ІНЖЕК», 2010. – 512 с.

19. Кизим Н. А., Матюшенко І. Ю. Перспективные направления финансирования научно-технической и инновационной деятельности / Налогообложение: проблемы науки и практики – 2007: Монография. – Х.: ИД «ИНЖЭК», 2007. – С.116–143.

20. Мельник Л. Г. Информационная экономика. – Сумы: ИТД «Университетская книга», 2003. – 288 с.

21. Нанотехнологія та її інноваційний розвиток: Монографія / В. С. Пономаренко, Ю. Ф. Назаров, В. П. Свідерський, І. М. Ібрагімов. – Х.: ВД «ІНЖЕК», 2008. – 280 с.

22. Уильямс Л., Адамс У. Нанотехнологии без тайн / Л. Уильямс, У. Адамс; пер. с англ. – М.: Эксмо, 2009. – 368 с.

23. Нанотехнологія та її інноваційний розвиток: Монографія / В. С. Пономаренко, Ю. Ф. Назаров, В. П. Свідерський, І. М. Ібрагімов. – Х.: ВД «ІНЖЕК», 2008. – 280 с.

24. Ваучский М. Н. Понятийный аппарат наномира / Интернет-ресурс: http://www.ntsr.info/science/library/3199.htm

25. Головин Ю. И. Нанотехнологическая революция стартовала! / Интернет-ресурс: http://www.abitura.com/modern_physics/nano/nano2.html

26. Vettiger P., Cross G., Despont M., Drechsler U., During U., Gotsmann B., Haberle W., Lantz M. A., Rothuizen H. E., Stutz R. And Binnig G. K. (2002) The «Millipede» – Nanotechnology Entering Data Storage». IEEE Transactions on Nanotechnology 1 (1): 39–55.

27. MacDonald N. C. (1999) «Nanostructures in Motion: Micro-Instruments for Moving Nanometer-Scale Objects», in G. Timp (ed.) Nanotechnology. New York: AIP1» Springer.

28. De Wild M., Berner S., Suzuki H., Ramoino L., Baratoff A. And Jung T. A. (2003) «Molecular Assembly and Self-Assmbly – Molecular Nanoscience for Future Technologies», Annals of the New York Academy of Sciences 1006 (1): 291–305.

29. Roco M. C. and Bainbridge W. S. (eds) (2001) Societal Implications of Nanoscience and Nanotechnology (NSF Report), Boston etc.: Kluwer. Online, available at: www.wtec.org/Loyola/nano/societalimpact/nanosi.pdf (accessed 22 Sept. 2003)

30. Глинк Б., Пастернак Дж. Молекулярная биотехнология. Принципы и применение / Б. Глинк, Дж. Пастернак; пер. с англ. – М.: Мир, 2002. – С. 589.

31. Social Implications of Nanoscience and Nanotechnology / Eds M. C. Roco and W. S. Bainbridge. Dordrecht, 2001.

32. Kostoff R. N., Stump I. A., Jonson D. et al. Journal of National Research, 8, № 3, 2006.

33. Сергеев Д. Перспективы развития нанотехнологий / Интернет-ресурс: http://www.artkis.ru/nano.html

34. http://www.nanonewsnet.ru/what-are-the-nanotechnologies

35. http://cas.ssu.runnet.ru/nlc/student.htm

36. http://www.rusnano.com

37. http://www.expert.ru/printissues/volga/2007/03/nanoindustriya/

38. http://www.nanoportal.ru/nanoarticles/interview/tretiakov/, http://viperson.ru/wind.php?ID=487920&soch=1

39. http://www.forums.nas.gov.ua/lectures-nansys2007/Pages/LectureGusev.aspx

40. http://ru.wikipedia.org/wiki/Нанотехнология