

## Наноматериали и технологии- състояние и стратегии за развитие

Владимир Кожухаров

**Nanomaterials and technologies- Status and strategy for development:** *The work presents a world- wide level overview regarding state-of-the-art and strategy for nanomaterials and nanotechnologies development. Object of analysis are world leading countries with high impact on the North-American, European, Euroasian and Asia- Pacific markets. A special attention is focus on National Nanotechnology Initiatives (NNI), the respective port folio and the target industrial branches.*

**Key words:** *Nanomaterials, Nanotechnology, status and strategy, world-wide overview .*

### ВЪВЕДЕНИЕ

Днес осем години след стартирането на Националната Инициатива по Нанотехнологии (NNI) в САЩ [1], както в Европа, така и в Азия и Пасифика [2] се регистрира висока интензивност на разработките, касаещи наноразмерните материали (НМ) и нанотехнологии (НТ). Приоритетно бяха приети международни и национални програми за интензивно изследване и разработка в редица водещи научни центрове, университети и индустриални компании в Япония [3], Южна Корея, Китай и Тайван, Тайланд, Израел, Индия, Австралия, а така също и в Русия.

Известни са няколко обзора, касаещи реализирането на Националната Инициатива по Нанотехнологии в САЩ, като публикация със значителен принос, по отношение на финансирането е лит. [4]. Освен актуалните прогнози и визията за бъдещи научни разработки, стратегиите за развитие на НТ и SWOT-анализите в обзорите, вниманието се фокусира и върху финансовата и научна инфраструктура, качеството на научният продукт, човешките ресурси, механизмите за ефективни научни иновации и интегрирането между университетите, националните изследователски центрове (НИЦ), Малките и средни предприятия (МСП) т.е. индустрията.

Целта на настоящата статия е да се проследи съвременното състояние и маркират основните стратегии, касаещи разработването и приложението на НМ и НТ. Обект на анализ са водещи държави, изграждащи четирите основни световни пазари: Североамерикански, Европейски, Евроазиатски и Азия- Пасифика.

### ИЗЛОЖЕНИЕ

#### 1. Североамерикански регион (Канада и САЩ)

Състоянието и стратегиите на разработка, финансиране и внедряване в североамериканския регион накратко могат да се резюмират както следва. Канада интензивно стартира своите научни разработки в областта на нанотехнологиите през 1992год. Съгласно [5] Националният изследователски съвет на Канада (NRC) финансира НТ основно чрез Института по микроструктурни науки (IMS). Именно през 1992 год. се основава и Центъра за големи космически структури и системи (CLS3), който е една корпорация базирана в Монреал, с характеристика на водеща организация (Centre for Excellence (CE)). Вниманието на иновационните изследвания е фокусирано върху технологиите, касаещи "интелигентните" космически апарати и структури, които в бъдеще се планира да бъдат изработвани предимно на базата на микро- и нано- прибори и системи. На предни позиции са организации като Канадската Иновационна Фондация (CFI) и Националният изследователски съвет на Канада, включвайки и трите федерални агенции: Канадските институти по здравеопазване (CIHR), Националният научен и инженерно-изследователски съвет на Канада (NSERC), Съвета за социални науки и Хуманитарни изследвания (SSHRC). Тези организации заедно с Genome Canada, разработват тематика обединена предимно в 9 тематични области. Като пример NSERC има стратигически изследвания в области като: бионаука и биотехнологии, околна среда и устойчиво

развитие, информационни и комуникационни технологии (ИКТ), продукти и процеси с висока ефективност, както и други авангардни направления. В областта на материалите вниманието е фокусирано върху наноразмерните структури (кристали, мембрани, флуиди). Финансирането е в размер на \$1.6M за четиригодишен план на изпълнение.

През 2000 година администрацията на Клинтън оповести NNI. Веднага финансирането се увеличи с около 84%, което за 2001 година достигна до \$227M. Организациите които получиха федерално финансиране с над \$50M годишно бяха: Националната фондация за Наука (NSF), Военното министерство (DoD), Министерството на Енергетиката (DoE) и Националната Администрация по Аеронавтика и Космос (NASA). Фундаменталните изследвания с дългосрочна перспектива бяха предоставени на Националната фондация за Наука (NSF) в размер на \$195M/2001г.. Изследванията бяха с фокус върху разработването на нови процеси, откриването на нови явления и изработвяването на средства за анализ и контрол, т.е съответното оборудване за получаване и изследване на материята на нано ниво. През този период бяха открити нови и модернизирани CE, които организационно бяха обединени в мрежа на компетентност (Network of Excellence). Специално внимание е обърнато на подготовката и обучението на кадрите, като само за тази дейност, съответно с финансиране от \$28M за 2001г.. Трябва да се подчертае, че като резултат общото финансиране в САЩ за дейностите на NNI се увеличи от \$270M/FY2000, \$465M/FY2001, \$697M/FY2002, \$774M/FY2003, до над \$800M за FY2004 и след това надмина 1 милиард щ.д./годишно. Едно сравнение, съгласно данните представени в Таблицата, ясно показва тенденцията на растеж по региони (без Русия и Южна Америка).

Таблица: Финансиране (в щ.д.) на научните изследвания в областта на НТ [4].

Регион	1997г.	1998г.	1999г.	2000г.	2001г.	2002г.	2003г.	2004г.
З.Европа	126	151	179	200	~225	~400	~650	1430**
Япония	120*	135	157	245	~465	~720	~800	>800***
САЩ	116	190	255	270	465	697	774	849
Други	70	83	96	110	~380	~550	~800	1150
Общо (%,база1997)	<b>432</b> <b>100%</b>	<b>559</b> <b>129%</b>	<b>687</b> <b>159%</b>	<b>825</b> <b>191%</b>	<b>1,535</b> <b>355%</b>	<b>2,367</b> <b>548%</b>	<b>3,024</b> <b>700%</b>	<b>4,229</b> <b>980%</b>

\*- съкращения : 1US\$ = 1.1€;120€обменен курс ;\*\*- за период 2002/6;за период \*\*\*-2001/6

Като пример за сериозно финансиране на авангардни разработки може да се посочи Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA). Това е агенция чиято мисия е разработването на иновативни, с висок рисков фактор научни идеи, с фокус върху развитие на високите технологии с двойно приложение: военно и цивилно. Специално внимание е концентрирано на изследванията с интердисциплинарен характер на фазовата граница био/инфо/нано. С акцент от стратегическа важност са авангардни технологии за производството на енергия в широк аспект, включително биогорива. Налице са много нови идеи за разработка и внедряване, като в областта на НТ, например Nano Air Vehicle (NAV) програмата за изработване и демонстриране на изключително миниатюрни (по- малки от 7.5 см) и свръх леки (по- леки от 10 гр) въздушни устройства с потенциал на използването им в специализирани военни мисии. Програмата Nano-Composite Optical Ceramic (NCOС) е насочена към разработването на нови нанокompозитни материали с подобрени механични, термични и оптични свойства с пропускливост в ИЧ оптичен диапазон от 3 до 5 μm. Над 67 са програмите в отделението по микротехнологични системи на DARPA, които се изграждат предимно на базата на нано компоненти.



тенденция към индустриално внедряване. Бих желал да подчертая, че се създадоха национални (например Института по Нанотехнологии – Великобритания, който може да се приеме като основан институт за нова наука [7] и интернационални центрове (например Обединен Изследователски Център (JRC)) като Институт за перспективни технологични изследвания в гр. Севиля, Испания), чиято основна задача е да стимулират изследванията в наноуаката и НТ. Ключовите насоки за ЕС са: (1) Организационни аспекти, (2) Етични и социални аспекти на нанотехнологиите, (3) Аспекти касаещи бъдещите пазари и бизнеса, (4) Проблеми в областта на изследванията, (5) Съпътстващи технологии и др. [8]. Европейският съюз се отвори за света и бяха осъществени нови интерконтинентални кооперирания със САЩ, Канада, Китай, Русия и Япония. Така например Националния Изследователски Съвет на Канада (NRC) съвместно с Автономния Университет в Барселона и Институтите на Испанската Академия на Науките (CESIC) организираха симпозиум по нанотехнологии (6-8 Май 2002). На кръглата маса са анализирани общите области на интереси, възможностите за коопериране и съответно приносите към 6 РП.

Следва да се подчертае, че през последните години бяха създадени научни и технологични мрежи и в Скандинавския регион. Идеята бе да се изгради най-ефективната безгранична мрежа за изследвания и внедряване в тази високотехнологична област [9]. Една успешна мрежа е Medicon Valley Academy (MVA) която е Датско-Шведско коопериране с идеална цел за катализиране на научната интеграция в областта [10]. Обект на дискусията са националните инициативи на Швеция, Дания, Финландия и Норвегия. Освен новооткритите институции са набелязани и мерките за съвместно обучение, което да подготви специалисти за бъдещите технологии.

Без съмнение дейностите на ЕК през този период бяха насочени за стимулиране на бъдещите изследвания в Европейското Изследователско Пространство (ERA). Това бе направено основно в следните две стратегически направления (i)-да стимулира развитието на иновативните НТ в съществуващите индустриални сектори и (ii)-да стимулира развитието на дейности относно синтеза и изследването на нови материали, съответните прибори и процеси, с цел получаване на нови средства и нови продукти за възникващите нови индустрии.

В този аспект и EUROSCIENCE, която е една организация за стимулиране развитието на науката и дискусията на учените от страните в Европа [11], акцентира върху НТ на организираните от нея паневропейски форуми (ESOF) за наука. Първият ESOF-2004 бе проведен в Стокхолм, Швеция, вторият ESOF-2006 в Мюнхен, Германия, а третият ESOF2008 в Барселона, Испания. Очаква се специален интерес върху НТ и на следващите форуми, планирани да се проведат съответно през 2010 – Торино, Италия и през 2012- (държави-кандидатки Австрия и Ирландия).

Както е известно на 22 Декември 2006г. в 11ч. стартира 7-ма РП (2007- 2013) [6]. На този първи конкурс са обявени 42 направления (под- конкурси) съответно в *Коопериране- Съвместни изследвания*, *Идеи- Изследвания* на предните позиции на Науката, *Хора- Човешки потенциал* и *Капацитет- Изследователска мощност*. Гласуваният от Европарламента бюджет е няколко пъти по- голям в сравнение с 6-та РП и е в размер на €50521М, като от тях € 32413М се предвиждат за *Коопериране- Съвместни изследвания*. Съответно те са предназначени за 10 тематични направления както следва: 1-Здраве (€ 6100М), 2- Храни, Селско стопанство и Биотехнологии (€1935М), 3-Информационни и комуникационни технологии (€ 9050М), 4- Нанотехнологии, материали и производства (€3475М) , 5- Енергия (€2350М), 6-Околна среда (€1890М), 7- Транспорт (€4160М), 8-Социално икономически изследвания (€623М), 9- Космос (€1430М) и 10- Сигурност (€1 400М).

Тема 4 - Нанотехнологии, материали и производства (NMP), обхващаща всички индустриални сектори, стимулира активното участие на МСП, провакира мулти-дисциплинарни изследвания, мотивира гъвкаво коопериране, двуетапно

приемане и оценка на предложенията за проекти (освен CSA-дейностите), като се предвижда и годишно актуализиране на работната програма. Четири са основните насоки за разработки в NMP: 4.1- Нанонаука и нанотехнологии, 4.2- Материали, 4.3- Нови производства и 4. 4- Интегриране на технологии за индустриално приложение. Респективно в 4.1 се обхващат: 4.1.1: Нанонаука и съпътстващите я науки, 4.1.2: НТ и съпътстващите я технологии и 4.1.3: Здраве, Защита и Положително въздействие върху околната среда. В 4.2. съответно се предвиждат: 4.2.1: Разработване на материали на нанониво, 4.2.2: Наукоемки интелигентни материали със свойства и поведение на адаптация, 4.2.3: Нови биоматериали и биоинспирирани материали, 4.2.4: Авангардни химични технологии и получаване на материали и 4.2.5: Приложение на нови методи и технологии за разработването на материали с високи експлоатационни свойства. В дейностите 4.3 и 4.4 фундаменталните аспекти на НТ и материалите са застъпени по- незначително. Бе направен анализ на резултатите от конкурса на заседание (18 юни 2008, Брюксел) на Националните Контактни Лица (НКЛ), като се възприе идеята за създаване на Европейска мрежа на НКЛ по тема 4 (координатор Гърция), и проведе дискусия по организирането на III- Евро Нано Форум, през 2009 в Прага, Чешка Република. През м. Ноември 2008 ще бъде обявен вторият конкурс на ЕК в областта на Тама 4- NMP.

### **3. Ниво на развитие на НТ в Евразия (Русия).**

Евразия е един изключително интересен регион за България и Европа. Водеща индустриална държава е Русия. Актуален анализ на икономическите отношения между България и Русия в условията на разширяване на ЕС са представени в [12]. Съвременното състояние и перспективите за развитие на НМ и НТ в Русия е изключително интересен, но проблемът представлява обект на отделен анализ и публикация. Тук ще се маркират само най- основните високи технологии, обект на финасиране и интерес за страната. Водещи организации са: МОН на Руската федерация, Федералната агенция по наука и иновации, Физико-технически институт- Иофе, Московски институт стомана и сплави, ЗАО «Институт по приложни нанотехнологии» и др. Налице е сериозно финансиране от \$10000M за следващите 10 години, предвиждани от правителството на Русия, независимо от участието на научни колективи в конкурсите по 7РП.

Проведената руска национална изложба за високи технологии и иновации в България [13], показва, че се акцентира върху подготовката на кадри (например Московски ХТИ) и разкриването на нови технологични паркове и научни центрове (например Технопарк в сферата на високите технологии «Западно- Сибирски иновационен център по нефт и газ»). Разработките, касаещи наносистеми и материали са насочени предимно в следните направления: (1) методи за синтез и анализ на НМ, (2) нанокompозити с широко практическо приложение, (3) наноелектромеханични системи (NEMS) на основата на нанокристални слоеве, (4) материали с биоацидни свойства, наноструктурни мембрани, нанопрахове, нанотръбчици и др. (5) НТ и материали за нуждите на самолетостроенето и космическите технологии, (6) материали за енергетиката и информатиката (7) както и НМ и технологии за нуждите на отбраната и сигурността на страната.

### **4. Състояние и перспективи на развитие на НТ в Азия- Пасифика**

Този регион представлява изключително горлям интерес за анализ. Той бе обект на разработка и доклади съответно през 2002 и 2003 година [2]. Тъй като регионът обхваща много държави, вниманието ще бъде концентрирано само върху най- активните в областта на НТ.

Дейностите, касаещи развитието на нанонауката и НТ в Южна Корея стартират през 1995 година. Научно- изследователският институт по електроника и телекомуникации (ETRI) -Тайджон, полага основите на интензивна разработка в

областта на информационните и новите компютърни технологии [5]. Основните цели на ETRI са в областта на физиката, информационните технологии, комуникацията, материалите и инженерните науки. Друга цел на института е да комерсиализира своите разработки, правейки ги по-адаптивни към индустрията. Стартирането на ATIP- националната програма през 1998, може да се приеме като ключова за развитието на НТ в тази страна. Друг мощен център е Националният Университет в Сеул (SNU). Интердисциплинарната природа на изследванията тук са концентрирани върху електронния транспорт на наноструктурираните материали, като въглеродни нанотръбички, ацетиленови влакна,  $V_2O_5$  - влакна и др. Министерството по науката и технологиите (MOST) през 2002-2003 инвестира 203.1 милиарда южнокорейски вона (т.е. около US\$ 154 M) в областта на НТ. Правителството търси начини да ревизира правовата си уредба с цел да стимулира чуждите компании да инвестират в Южнокорейската НТ индустрия. Предвижда се компанните да не заплащат корпоративни и други такси за първите 7 години и да получат 50% редукция на данаците за периода през следващите три години. В областта на материалите и елементите изследванията касаят полупроводниковите квантови наноразмерни прибори като лазери, модулатори, превключватели и логически елементи, само-асамблирани наноточки и моно-електронни транзистори. Стратегическите цели на изследванията в областта на НТ са насочени към инфо- и телекомуникационни технологии, прибори и компоненти, както и инфра-технологии, касаещи системното инженерство, информационната сигурност и стандартизация.

Китай обръща внимание на НТ още през 1990 година. Правителството утвърждава десетгодишен (1990-1999) проект за стимулиране на нанонауката и НТ. Водещи организации са Китайската академия на науките (CAS), националната Китайска фондация за наука (CNSF) и Китайското дружество по физика [5]. Още през 2001 г. започват да се появяват търговски фирми, ориентирани към производството и пласмента на наноразмерни прахове. През последните години вниманието рязко се увеличава, като се организират и редица международни форуми. Актуална информация относно региона (Австралия, Китай, Япония, Ю. Корея и Тайван) може да се получи от проведените Азия-Пасифик Нано Форуми (APNF). Китай на практика покрива всички важни области на производство на наноразмерни материали и развитие на НТ. Вниманието е насочено към полупроводниковите наноразмерни прибори (наноелектроника), наносондиране и производствени процеси, използващи нанотръбички, способите на нанобиологията, нанофотоволтаици и др.

Тайван (Китайски Тайпей) лансира своята национална НТ инициатива през 2003 година. Правителството веднага планира целево да се изразходва около US\$700M за периода от 2003 до 2007. Тайванският национален съвет по наука (NSC) в коопериране с Тайванското министерство по икономика (MOEA) са натоварени от правителството да координират и осъществят широка дългогодишна програма за изследователски проекти в областта на НТ. Организации като Министерството на образованието, Съвета по атомна енергия, Департамента по здравеопазване са също включени в националната програма. Института по Индуриални технологични изследвания (ITRI) и Националният изследователски център също провеждат своите изследвания в това перспективно направление [14]. Средствата се пренасочват и се очаква да се изразходват над US\$10 милиарда за периода от 2002 до 2007 година. До 2008 се предвижда активно участие да вземат над 800 фирми, а до 2012 те да бъдат до 1500 на брой. Приносите от националната инициатива се очаква да бъдат над US\$8.8 милиарда за периода до 2008. Вниманието е насочено към биологията, биофизиката и биотехнологичните процеси, а напоследък и върху проблеми на биоелектродинамиката и биокомуникацията. Основната цел на правителството е да осигури една конкурираща база за НТ производство в рамките на следващите няколко години.

Страната на изгряващото слънце, Япония, започва своите дейности още през 1981 година, с приемането на програма ERATO (1981-1986 г.). Тази програма е насочена към синтеза и изследването на високодисперсни частици. Държавните организации които са уторизирани за развитието на НТ са: Министерството по международната търговия и индустрията (MITI), Министерството на образованието, науката, спорта и културата (Monbusho) и Японската агенция по наука и технологии (STA). Националният институт за авангардни и интердисциплинарни изследвания (NAIR) и Обединеният изследователски център по атомни технологии (JRCAT) са също финансово активни. Сериозно се финансира и Националната изследователска програма по бионика, Програмата за клъстерно агрегиране на центрове и други. Един качествен анализ за развитието на НТ в Япония е представен в [5].

Интересно е да се отбележи, че още преди 10 години (1996/97) Агенцията по индустриални науки и технологии (AIST), съвместно с MITI, разполага с бюджет от ~\$60M/год. Основно MITI спонсорира държавни организации, изследователски институти и университети. Така например между тях са Електротехническата лаборатория в Цукуба, Национален изследователски институт в Осака, Асоциацията по свръх-авангардни електронни технологии и Индустриалния изследователски институт в Нагоя. Отделно Японското общество за насърчаване на науката (JSPS) и Monbusho финансират центрове като Университетите в Токио (UT), Киото, Осака, Сендай и Йокохама. Например Лабораторията по наука и производство на наноразмерни материали (NMS Lab.) работи върху създаването на нови технологии за микроелектрониката, асамблиране на микросистеми, включително микромашини като Микро Електро Механични Системи (MEMS) както и логични и оптоелектронни прибори. Успешно бе изпълнена и инициативна програма „Изследвания за бъдещето“, касаеща наноструктурно контролирани спин-зависими квантови ефекти в Университета Тохоку, Сендай с период на разработка от 1996 до 2001.

В Япония налице е планово инвестиране, касаещо НТ и наноизследвания, съответно първи петгодишен план (1995-2001) и втори петгодишен план (2001-2006). Последният е с държавно финансиране от около \$500-600M. Паралелно големи компании като Хитачи, НЕК, НТТ(Atsugi Lab.), Фуджицу, Сони, Фуджи фото филм и др. са с висока активност в областта на НТ. Те допълнително инвестират в научни разработки, а така също и за внедряването им. По този начин се увеличава приносът на бизнеса към нацията, стимулирайки високите технологии. Специално внимание се отделя на МСП, импулсирайки ги да повишат своя производствен потенциал за бъдещия световен мултимилиарден нанопазар.

Понастоящем спинтрониката (спин-базираната електроника) и молетрониката (молекулярната електроника) имат подчертано преимущество при финансиране на изследванията. Целта е да се разработят нови електронни прибори или такива с подобрени характеристики. Например Института по наноелектронии изследвания (NERI) към Агенцията по индустриални науки и технологии (AIST) има приоритет в изследванията на спинтрониката. По отношение на молетрониката налице е амбициозна програма за изследвания върху само-асамблирани материали (SAMs), процеси на самоорганизиране на материята, молекулярно разпознаване, супрамолекулярна химия и др. Патентована и разработена е техника за моно-молекулярно детектиране (SMD), предназначена за директен контрол на динамиката на протеините при молекулярните системи и машини. От специален научен интерес са разработките върху NEMS и MEMS-прибори, био-НТ, био-квантови точки, материали и технологии за разработването на бъдещите генерации компютри на принципа, че молекулите, могат да бъдат светлинно манипулирани [15]. Накратко, стратегическите изследвания в Япония, на практика, касаят развитието на наноунаучните знания и НТ във всички научни отрасли. ИКТ, които са предпоставка, за развитието на едно бъдещо хипер-информационно общество, високо качество на

живот, медицина и енергия са най- приоритетните области на финансиране, разработка и внедряване.

Анализът на НТ дейностите в Тайланд и Индия са описани по-подробно в [2,16]. Националната агенция за развитие на науката и технологиите (NSTDA) и Изследователския фонд на Тайланд (TRF) са организациите които финансират НТ разработки в Тайланд. Материалите обект на разработка са въглеродни нанотръбчици, нови ефективни катализатори, хибридни нанокompозитни материали, сензори и др., ориентирани предимно за нуждите на индустрията и аграрната наука. Разработването на иновативни идеи, касаещи нано- биотехнологията, аграрната индустрия и медицината са стратегическите области, тъй като Тайланд е добре известна като аграрна страна.

Изследванията в областта на НТ в Индия започват през 1995 година. Те са концентрирани преди всичко в Централния институт по инженерна електроника в Пилани, Космическия център в Ахмадабад, Центъра за авангардни научни изследвания „Дж. Неру“ в Бангалор, Университета в Делхи, Националната химическа лаборатория в Пуна, Индийски институт по технология и др. Финансирането е държавна политика, като се привличат капитали и от други източници, включително и от страна на индустрията. Изследванията в Индия са ориентирани към разработването на нано-литография, производство на лекарствени препарати за медицината, компютърна и космическа техника, околна среда и др. Повечето от разработките са ориентирани към синтез и физико- химично охарактеризиране, нанопрахове, нанотръбчици и нишки с наноразмери. Индия и Тайван, подобно на Китай имат организирани образователни програмни с цел подготовка на компетентни кадри, които да са в състояние да посрещнат предизвикателствата на нововъзникващите микро- и нанотехнологии.

Изключително интересно е развитието на НТ в Израел. Водещи организации са Хебрю университета в Йерусалим, Института по технологии- Технион в Хайфа, АХАВА лабораториите - Мъртво Море в Холон, Университета в Тел Авив и др. Създаден е център по Наноаука и НТ към Факултета по Наука при Хебрю университета в Йерусалим, чиято мисия е да развива знания, експертиза и изследвания в интердисциплинарни области и да обезпечи необходимата инфраструктура за провеждане на изследвания на предните позиции на науката. Три са основните области на научни изследвания (i)- нано-биология (включително DNA-базирана наноелектроника), (ii)- наноматериали и наноструктури и (iii)- наноприбори и наносъоръжения за синтез, анализ и контрол. Създаден е консорциум, включващ лаборатории на повече от 50 професори с високо ниво на екпертиза, покриващи най-важните научни направления в областта на НТ, включително теоретични изследвания на наноструктурите и тяхното асамблиране. Изследванията са ползотворни и през 2004 са присъдени Нобелови награди по химия на Проф. А. Хершко и Проф. А. Сиечановер [17]- Технион в Хайфа. Финансирането на разработките е сериозно, като се осигурява от национални фондове, интензивно участие в рамковите програми на ЕК и капитали от САЩ.

Австралия започва по- интензивно да разработва наноматериали и технологии през 1995 година. [2,5,18]. Австралийският съвет по изследвания (ARC) е финансовата организация която спонсорира научните разработки. Последните са концентрирани в Университета Ню Саут Уелс (нанопрахове за мембрани и катализатори), центъра на UNESCO по мембранни науки и технологии (нанофилтриране), Изследователски център по авангардни минерални продукти към Университета в Мелбърн (нанопрахове за получаване на нови материали), Университета в Куинсланд, съвместно с NANOMAC (нанооптика за развитие на нови високоефективни фотоволтаични елементи) и др. Успоредно с държавните организации, се създават нови частни компании (например Napoquest, Micromiser и др.) чието предназначение е бързо внедряване на разработките, а самите компании



да бъдат високо конкурентно способни на бъдещия пазар за наноматериали, елементи, прибори и системи. Стратегическите направления на разработка и приложение са в областите: наноелектроника (AWA electronics), самоасамблиране на нови наноструктури на основата на колоидни квантови наноточки, нанобиотехнология, нанокompозити, наноматериали с приложение за енергия, околна среда и др. Други сведения за инициативите на Австралийското правителство в областта на нанонауката и НТ са достъпни чрез [18,19].

Поради ограничение в обема, данни за развитие на НТ в Нова Зеландия, Сингапур и Филипините не са представени. Интересно е и развитието на държави от Южна Америка (Мексико (организиран съвместен Евро-Мексикански НаноФорум през 2007), Бразилия, Аржентина, Чили и др). Тези държави също имат амбициозни инициативни програми за прогрес в областта на изследванията и внедряването на НМ и технологии.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От проведенения сравнителен анализ на стартирането и съвременното състояние, касаещи разработването и приложението на НМ и НТ на водещи държави в света могат да се направят следните изводи.

Почти във всички държави, обект на анализ, са приети национални инициативни програми за развитие на изследванията в Нанонауката и НТ. Налице са дълготрайни, високо конкуриращи се лабораторни разработки с фундаментално-приложен характер, но подчертано ориентирани към високотехнологични индустриални приложения. Финансирането е значително, главно от държавни фондове, на конкурентна проектна основа. Разкриването на гъвкави МСП е съчетано с благоприятна среда за тяхното развитие (научни инкубатори, високотехнологични паркове, национални лаборатории, национални изследователски центрове, центрове за компетентност и др.), включително усъвременяване на законовата уредба и редуциране на данаците и таксите, с цел ускорено внедряване.

Обективния анализ на четирите основни световни пазари: Североамерикански, Европейски, Евроазиатски и Азия- Пасифика, безспорно показва, че водещи държави в това перспективно научно направление, съответно са: Канада и САЩ, Германия и Великобритания, Япония и Китай. Правителствата на тези държави интензивно анонсират национални НТ инициативи за среден и дългогодишен период на разработки със стабилен финансиране. Русия, а също така и азиатските „тигри“ – Тайван, Сингапур, Хонг-Конг и Южна Корея, имат успешен старт, високоамбициозни изследователски национални програми и бърз стремеж към индустриално приложение.

Научните изследвания, на практика, са фокусирани за развитието на всички индустриални браншове. Налице е висока степен на интердисциплинарност на разработките, целящи синергезис между **нано- био- инфо** науки и технологии. Целта е да се увеличат знанията в областта на НТ, обучат съответните кадри, създадат нови материали с желани свойства, съответните компоненти, елементи, прибори и съоръжения за бъдещия световен мултимиларден нанопазар.

Стремеж на изследователите са в разработването на полупроводникови квантови наноразмерни прибори, самоасамблиращи се наноструктури, нано- сонди, микро- и нанофотонни прибори, въглеродни нанотръбички, нанопорьозни и нанокompозитни материали, свръх- проводими наноструктури, магнитни наночастици и композити, нанокристални квантови точки и пръчици, нано- биосензори, интегриране на живи клетки и неврони върху полупроводникови прибори, наноразмерно капсулиране и много други. Очаква се зараждането на нови научни и индустриални клонове, например като спинтроника, молетроника, нанобионика, нанороботика и др., което ще доведе до невероятна миниатюризация на компоненти, прибори и системи, тоест без съмнение и до прогрес на човешката цивилизация.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Washington News (2000) Mat. Res. Soc. Bulletin, March 2000, p.8-10
- [2] Kozhukharov, V. "Recent development of nanoscale materials in Asia-Pacific region", COST ACTION 523, Nanoscience & Nanotechnology Meeting, 25–27 April 2002, Leuven, Belgium и IV Workshop "Nanoscience & Nanotechnology" November 2002, Sofia; National Council at BAS, Nanoscience & Nanotechnology, Eds. E. Balabanova & I. Dragieva, Herron Press (2003) 231
- [3] Program Booklet, 5th Int. Conf. Nanomaterials, Aug 20-25 (2000) Sendai, Japan
- [4] Roco, M. NSF „National Nanotechnology Investment 2001-3“ FY 2002 [www.aaas.org/spp/rd/xxvi/chap23.pdf](http://www.aaas.org/spp/rd/xxvi/chap23.pdf), FY2003 Government NT Funding: An International Outlook [www.nano.gov/html/res/IntlFunding](http://www.nano.gov/html/res/IntlFunding) .
- [5] Roco, M. in Nanostructure Sci. & Techn., Eds. R. Siegel, E.Hu, M.Roco, 8, 1999,131
- [6] <http://cordis.europa.eu/en/home.htm>
- [7] <http://www.nano.org.uk/>
- [8] Malsch, I., Oud, M. Outcome of the Open Consultation on the European Strategy for Nanotechnology, Nanoforum.org , September 2004.
- [9] Nanotechnology in the Nordic region, Nanoforum.org, European nanotechnology gateway, June 2003.
- [10] Medicon Valley Academy (MVA) , достъпни данни чрез [www.mva.org](http://www.mva.org).
- [11] <http://euroscience.org>.
- [12] Сборник „Икономическите отношения между България и Русия в условията на разширяване на ЕС“, Институт по Икономика на БАН и Институт Экономики РАН, изд. Жокер- Медия, София , 2008 .
- [13] Russian National Exhibition "High Technologies and innovations of Russia", Org. MES Russian Federation, 08-12 October 2008, Sofia, Bulgaria.
- [14] Pan, M. BB Times, January 23 (2002); The Taipei Times, January 17 , 2002, p.1
- [15] Barnes, M., Runge, K, Hathorn, B., Mahurin, S., Sumpter, B., Noid, D. Materials today, 5 , 2002, 20-25.
- [16] Kozhukharov, V., Sato,T., Albella, J., Carda, J. Bol. Soc. Esp. Ceram. y Vidrio ,2003, available via [www.secv.es/madridmaterials2002](http://www.secv.es/madridmaterials2002).
- [17] Information on the Nobel Prize in Chemistry 2004: [www.nobelprize.org](http://www.nobelprize.org) .
- [18] Australia (2001-2005), available via [www.nanotechnology.gov.au](http://www.nanotechnology.gov.au)
- [19] Summary of recent surveys on nanotechnology undertaken to support the work of the National Nanotechnology Strategy, March 2006.

## За контакти:

Проф. д-р инж. Владимир Кожухаров, Катедра „Технология на Силикатите“, Химикотехнологичен и Металургичен Университет, София-1756, тел: 02-8163 375, 02-9689017, viko@uctm.edu

**Докладът е рецензиран**