

## ПОВЫШЕНИЕ РОЛИ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ РАЗВИТИЯ НОВЕЙШИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Варшавский А. Е., Дымова И. А.

*Проводится сопоставительный анализ уровня финансирования фундаментальных исследований в сфере нанотехнологии в России и промышленно развитых странах, лидирующих в этой области (США, Япония, Германия). Рассмотрены проблемы развития фундаментальных исследований в области нанотехнологии в России.*

**Введение.** В настоящее время в наиболее развитых странах большое внимание уделяется развитию революционных технологий, в число которых входит нанотехнология. В связи с этим представляет интерес анализ структуры и динамики затрат на научные исследования и опытно-конструкторские разработки (НИОКР) в области нанотехнологий, которые проводятся за рубежом в рамках национальных нанотехнологических программ. В настоящей работе анализировались главным образом данные по затратам трех ведущих в этой области стран — США, Японии, ФРГ. Результаты такого анализа могут быть актуальны при реализации набирающих темп отечественных инициатив в сфере нанотехнологий.

Основное внимание в работе уделяется выявлению тенденций в распределении государственных средств на нанотехнологии по стадиям НИОКР (фундаментальные исследования, прикладные исследования, разработки). Этот анализ представляется необходимым для адекватного выбора приоритетов развития нанотехнологического направления. Он может способствовать повышению результативности работ в данной области в целом.

В дискуссиях по данному вопросу применительно к России речь идет, как правило, о необходимости повышения уровня затрат на фундаментальные исследования. Приоритетность фундаментальных исследований в сфере нанотехнологий неоднократно подчеркивали, в том числе и в СМИ, ведущие российские ученые в этой области: Нобелевский лауреат, вице-президент РАН, руководитель секции нанотехноло-

гий Отделения нанотехнологий и информационных технологий РАН академик Ж.И. Алферов, отмечавший, что «Основа нанотехнологий — фундаментальная наука» (Алферов, 2008); один из основателей нанотехнологического общества России, декан факультета наук о материалах МГУ им. М.В. Ломоносова академик Ю.Д. Третьяков (Третьяков, 2008a,b; 2009), член-корреспондент РАН И.В. Мелихов (Мелихов, 2006; Мелихов, 2007) и др.

Следует подчеркнуть большую роль российских ученых в получении фундаментальных результатов в области нанотехнологии на первых этапах развития этого направления. Как отмечает академик Ю.Д. Третьяков, «многие фундаментальные исследования, без которых было бы немыслимо развитие современных нанотехнологий, проводились на протяжении десятилетий научными школами академиков В.А. Каргина, П.А. Ребиндера, Б.В. Дерягина и Нобелевского лауреата Ж.И. Алферова. Было бы несправедливо замалчивать пионерские работы В.Б. Алесковского по развитию методов "химической сборки", т.е. послойного (layer-by-layer) синтеза, заложившие начало успешно функционирующей и сейчас Санкт-Петербургской научной школе (С.И. Кольцов, А.А. Мальгин, И.В. Мурин, В.М. Смирнов, В.П. Толстой). Несомненным для своего времени достижением является создание и практическое внедрение в атомную энергетику оригинальных технологий получения ультрадисперсных (нано-) порошков, выполненное группой советских ученых под руководством И.Д. Морохова (Морохов и др, 1977). Примерно к тому же времени относятся фундаментальные исследования научной школы академика И.В. Тананаева, впервые предложившего дополнить классические диаграммы "состав-структура-свойство" координатой дисперсности (Физико-химия..., 1987), а также оригинальные исследования акад. И.И. Моисеева и М.Н. Варгафтика по созданию так называемых "гигантских кластеров" палладия, ядро которых насчитывает около 600 атомов металла.» (Третьяков, 2008a,b; 2009).

Однако, несмотря на наличие большого научного задела и определенные позитивные сдвиги, произошедшие в последние годы в организации и финансировании отечественных нанотехнологических исследований и разработок, острота проблемы недофинансирования фундаментальной науки не снята. По мнению академика Алферова, «роль фундаментальных исследований в развитии нанотехнологий государственными органами недооценивается», а их финансирование в 2008 г. «почти

на два порядка меньше, чем требуется для того, чтобы обеспечить современный уровень фундаментальных исследований и их развитие, необходимое для становления отечественной наноиндустрии» (Алферов, 2008).

Создание и масштабное финансирование корпорации «Роснано» проблему недофинансирования фундаментальной наноиндустрии принципиально не решают, поскольку нацелены прежде всего на обеспечение коммерциализации разработок отечественной наноиндустрии и координацию инновационной деятельности в этой сфере (Роснано, <http://www.rusnano.com/Rubric.aspx?RubricId=264>).

В то же время за рубежом развитию фундаментальных исследований уделяется первостепенное внимание.

**Повышенное внимание к фундаментальным исследованиям в сфере нанотехнологий в ведущих зарубежных странах: США, Япония, Германия.** Средства на фундаментальные исследования формируются, главным образом, из государственных затрат на НИОКР. Поэтому анализ объемов и структуры затрат на исследования в области нанотехнологии представляет особый интерес. В данном разделе приведены результаты такого анализа, полученные на основе информации, представленной на официальных правительственных специализированных сайтах, отражающих проблематику нанотехнологических исследований в США (в рамках национальной нанотехнологической инициативы, данные Национального научного фонда США), ЕС, в том числе в Германии (данные Федерального министерства образования и научных исследований) и в Японии (данные Нанотехнологического центра), ряда других официальных сайтов.

**1. Рост государственного финансирования исследований и разработок в области нанотехнологии за рубежом.** По объему государственных затрат на НИОКР в сфере нанотехнологии список из более чем 50-ти стран, осуществляющих в мире нанотехнологические исследования и разработки, возглавляют США, Япония и Германия. По данным Комиссии ЕС, в 2004 г. суммарно на долю этих трех стран приходилось около 60% всех мировых затрат государственного уровня на нанотехнологические НИОКР (примерно 2,66 из 3,85 млрд. евро), при этом доля США составляла 32,3%, Японии — 19,5%, Германии — 7,6%. (в целом на долю стран-членов ЕС приходилось примерно 23,8% затрат).

Результативность вложений в нанотехнологии этих стран, оцененная, например, по числу патентных заявок в области нанотехнологий, также свидетельствует об их лидерстве — в 2005 г. суммарная доля США, Японии и ЕС в заявках на патенты превышала 83%, составляя для США примерно 43%, Японии 14%, стран ЕС около 27% (данные Еврокомиссии), при этом следует учитывать, что подавляющая часть нанопатентов из стран ЕС приходится на Германию. По нашим оценкам, полученным на основе данных ЕС, в 2005 г. число патентных заявок в расчете на 1 миллиард евро общих затрат на НИОКР (государственных и частных) в области нанотехнологии составило в США примерно 105 заявок, странах ЕС — 98 и Японии 47 заявок.

Доля России в заявках на патенты в нанообласти составляла в 2005 г. по этим данным только 0,6%.

О нарастающих масштабах государственного финансирования нанотехнологических НИОКР в ведущих странах мира в последние годы дают представление данные табл. 1.

**Таблица 1.** Государственное финансирование исследований и разработок в сфере нанотехнологий в США\*, Японии\*\* и Германии.

Страна	Ед.	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
США	млн. долл.	464	697	760	989	1200	1351	1425	1491	1527
Япония	млн. долл.	708	759	788	779	809				
Германия	млн. евро	210	240	258	273	310	330		> 630	

\*для США приводятся затраты федерального правительства (в 2004 г., по данным NSF, они составляли около ¼ всех государственных затрат, остальные средства поступали из бюджетов отдельных штатов; здесь и далее в табл. 2 и 3: 2001-2007 гг. - фактические затраты; 2008 г. – оценка и 2009 г. – предполагаемые до начала финансового кризиса 2008 г. затраты);

\*\*для Японии даны затраты на НИОКР в сфере нанотехнологий и наук о материалах (Nanotechnology & Materials Science); по данным (Кобаяси, 2007), в 2001 г. на нанотехнологические НИОКР планировалось затратить 420 млн. долл. (данные на конец августа 2000 г.).

В США в рамках крупномасштабной долгосрочной правительственной программы NNI (National Nanotechnology Initiative, одобрена Конгрессом США в 2000 г., участвуют 13 министерств и ведомств, основными из которых являются Национальный научный фонд (NSF),

Министерство обороны (DOD), Министерство энергетики (DOE)) объем бюджетных затрат только федерального правительства в 2009 г. запланирован на уровне примерно 1,5 млрд. долл. Это означает, что по сравнению с 2004 г. федеральное финансирование должно вырасти более чем в полтора раза, а по сравнению с 2001 г. — почти в 3,3 раза.

В Германии в соответствии со специальным Планом действий “Наноинициатива-2010” (Nano-Initiative – Action Plan 2010, утвержден в ноябре 2006 г., участвуют 7 федеральных министерств) финансирование только со стороны Федерального министерства образования и исследований (основной участник программы) должно составлять в год порядка 630 млрд. евро. Дополнительно к средствам федерального бюджета в Германию поступает самая большая часть средств, направляемых на развитие нанотехнологий в странах ЕС от Еврокомиссии. В соответствии с планами 7-ой Рамочной Европейской исследовательской программы Еврокомиссии на 2007-2013 гг. (FP7) из примерно 50-ти миллиардного бюджета программы запланировано выделить 3,5 млрд. евро на нанотехнологии (около 7%), что почти в 2,7 раза больше аналогичного финансирования в рамках 6-ой программы (FP6, 2002-2006 гг., порядка 1,3-1,4 млрд. евро из 17,5 миллиардов). В 2007 г. в рамках FP7 на нанотехнологические исследования и разработки, в том числе и фундаментального характера, по разным оценкам, было выделено от 560 до 600 млн. евро, и, как было выше отмечено, самая большая часть предназначалась Германии.

Анализ бюджетной статистики, представленной на официальном нанотехнологическом сайте Японии, за период 2001-2005 гг., позволяет сделать вывод о росте государственных затрат на исследования и разработки в нанобласти в эти годы.

Начиная с 2006 г., в Японии реализуется Основной план третьего этапа развития науки и техники на 2006-2010 гг. (The 3rd Science and Technology Basic Plan), в соответствии с которым направление «Нанотехнологии/Материалы» входит в четверку приоритетных направлений, наряду с науками о жизни, информационными технологиями и изучением окружающей среды. Суммарный бюджет третьего этапа составляет 208 млрд. долл. на 5 лет.

Результаты сопоставления удельных затрат на душу населения на основе оценок Национального научного фонда США (NSF) показали, что государственные затраты на НИОКР в области нано составили в

2006 г. в расчете на душу населения в США, ЕС и Японии соответственно 4.5, 2.5 и 7.6 долл.

**2. Ведущая роль фундаментальных исследований для развития нанотехнологий в основополагающих документах нанотехнологических инициатив.** Даже беглое знакомство с программными документами осуществляемых за рубежом нанотехнологических инициатив не оставляет сомнений в том, что повышенное внимание к развитию фундаментальных исследований в нано области рассматривается разработчиками как непереносимое условие достижения основных целей, формулируемых в рамках каждой инициативы.

Особенно наглядно это демонстрируют документы, регламентирующие развитие нанотехнологий **в Японии**. Например, в упомянутом выше Основном плане третьего этапа развития науки и техники на 2006–2010 гг. (как и в аналогичном плане второго этапа на 2001–2005 гг.) нанотехнологии, см. выше, входят в число приоритетных областей, а постоянное проведение фундаментальных исследований является одной из стратегически приоритетных установок (Strategic Priority Setting in S&T) Основного плана. Дополнительным аргументом повышения роли фундаментальных исследований в научно-технической сфере Японии, в том числе и в нанотехнологиях, в последние годы является тот факт, что в Плане третьего этапа акцент делается на междисциплинарных исследованиях (на втором этапе приоритеты относились к исследованиям в отдельных предметных областях), что предопределяет рост важности фундаментальных исследований.

Масштабность финансирования фундаментальных исследований в нанотехнологиях в рамках третьего этапа подчеркивается тем, что доля таких затрат (вместе с затратами на университетские образовательные программы) в 2006 г. планировалась на уровне 40% от всех правительственных затрат на нанотехнологии (1,42 трлн иен из 3,57 трлн).

В многочисленных документах, касающихся наноинициативных планов и программ **Германии**, также постоянно подчеркиваются сильные позиции страны в области фундаментальных исследований в целом и, в частности, в нанообласти. Об этом свидетельствуют, в частности, результаты SWOT-анализа, проведенного немецкими специалистами; при этом одновременно указывается, что желательны такие фундаментальные исследования, отдача от которых будет получена не в очень далекой перспективе.

Повышенное внимание в **США** к фундаментальным нанотехнологическим исследованиям можно увидеть на основе анализа информации NNI о динамике и структуре затрат на НИОКР по данным открытых источников.

**3. Оценки объема и структуры затрат на фундаментальные исследования в области нанотехнологии в США.** Выделяемые в рамках NNI бюджетные ассигнования на нанотехнологические НИОКР распределяются по следующим 7 основным научно-техническим направлениям (предметным областям): 1) фундаментальные явления и процессы на наноуровне; 2) наноматериалы (полупроводниковые наноструктуры, фотонные кристаллы, магнитные наноструктуры, молекулярные наноструктуры, фуллереноподобные материалы и т.п.); 3) наноразмерные устройства и приборы (наносистемы и наноэлектроника); 4) научно-экспериментальная база исследований, метрологическое обеспечение и стандартизация в нанообласти; 5) технологическая база производства наноизделий; 6) приобретение инструментов, приборов и технологического оборудования (для специализированных государственных научно-исследовательских учреждений); 7) обеспечение социальных программ.

В табл. 2 приведены результаты расчетов на основе официальных данных NNI структуры распределения в рамках NNI США средств федерального бюджета по выделенным семи направлениям в 2006–2009 гг.

Как следует из табл. 2, в 2006–2007 гг. основная доля затрат на НИОКР (76-77%) приходилась на первые три направления, причем более трети всех затрат - на исследования в области фундаментальных явлений и процессов на наноуровне (направление 1), около четверти затрат — на НИОКР по наноразмерным устройствам и приборам (направление 3) и порядка одной пятой — по наноматериалам (направление 2). Примерно на уровне 10% финансировалось направление, связанное с приобретением инструментов, приборов и технологического оборудования (6). НИОКР по остальным трем научно-техническим направлениям (два из них связаны с развитием научно-экспериментальной (4) и технологической (5) базы в области нанотехнологий и одно (7) — с социальными программами) финансировались в рассматриваемый период на уровне 3–6%.

**Таблица 2.** Структура правительственного финансирования НИТ исследований и разработок в США по научно-техническим направлениям в 2006–2009 гг., % (расчет).

<b>Научно-технические направления</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>
1. Фундаментальные явления и процессы на наноуровне	33,7	33,7	35,6	36,1
2. Наноматериалы	19,6	18,1	17,1	14,9
3. Наноразмерные устройства и приборы	23,7	24,2	23,0	21,4
4. Научно-экспериментальная база исследований, метрологическое обеспечение и стандартизация в нанобласти	3,8	3,7	4,1	5,3
5. Технологическая база производства нанопроизведений	2,5	3,4	3,4	4,1
6. Приобретение инструментов, приборов и технологического оборудования	11,3	10,7	10,4	10,6
7. Обеспечение социальных программ	5,4	6,1	6,5	7,7
<b>Всего</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Анализ запланированного на 2008 г. распределения затрат на нанотехнологические НИОКР по выделенным научно-техническим направлениям и объемов запрашиваемых средств по ним на 2009 г. выявляет следующие тенденции (табл. 2). Ожидалось снижение суммарной доли первых трех направлений (до 72,4% в 2009 г.) и соответственно увеличение суммарной доли остальных четырех направлений (примерно на 4 п.п. в 2009 г. по сравнению с 2007 г.).

При этом в первой группе планировались сокращение долей затрат на исследования и разработки в области наноматериалов, а также наноразмерных устройств и приборов (т.е. в направлениях 2 и 3 соответственно), и одновременно рост доли затрат на исследования в области фундаментальных явлений и процессов на наноуровне (1) — с 33,7% в 2006–2007 гг. до 35,6% в 2008 г. (оценка) и до 36,1% по планам на 2009 г. Это, по-видимому, свидетельствовало о высоком уровне затрат на фундаментальные исследования в рамках NNI (при этом следует учитывать, что в других предметных областях также проводятся фундаментальные исследования).

Более точную информацию о внимании к фундаментальным исследованиям можно получить по данным Министерства обороны (МО) США, на которое приходилось около трети (31,4–32,7% в 2006–2008 гг.) всего объема финансирования по NNI (на втором месте — Националь-



ный научный фонд — 26–27%), затем Министерство энергетики — около 17%, Национальный институт здоровья — 14–15% и др.).

В табл. 3 приведены данные по структуре распределения средств, выделяемых Министерству обороны США в 2006–2009 гг. на нанотехнологические НИОКР, по указанным выше семи научно-техническим направлениям.

**Таблица 3.** Структура распределения бюджетных средств Министерства обороны США на НТ исследования и разработки по научно-техническим направлениям в 2006–2009 гг., % (расчет).

<b>Научно-технические направления</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>
1. Фундаментальные явления и процессы на наноуровне	43,5	46,7	53,1	52,9
2. Наноматериалы	25,9	19,1	14,1	12,8
3. Наноразмерные устройства и приборы	26,1	26,7	24,6	25,0
4. Научно-экспериментальная база исследований, метрологическое обеспечение и стандартизация в нанообласти	2,5	1,0	1,6	0,8
5. Технологическая база производства наноизделий	0,7	1,7	1,1	3,0
6. Приобретение инструментов, приборов и технологического оборудования	1,0	5,0	5,0	5,1
7. Обеспечение социальных программ	0,2	0,0	0,4	0,4
<b>Всего</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Из табл. 3 следует, что наибольшие объемы финансирования Министерством обороны, как и в целом по нанотехнологической инициативе США, направляются на первые три направления — фундаментальные явления и процессы на наноуровне, наноматериалы, наноразмерные устройства и приборы. Суммарно на эти три направления выделяется до 90–95% от общей суммы военного «нанотехнологического» бюджета. При этом динамика структуры финансирования военных НИОКР в области нанотехнологий в основных чертах сходна с ее динамикой для всей NNI, см. выше.

Однако, до финансового кризиса ожидался более сильный относительный спад в финансировании НИОКР в области наноматериалов (практически вдвое в 2009 г. по сравнению с 2006 г.) и одновременно еще больший рост доли бюджетных средств, выделяемых на НИОКР в области фундаментальных явлений и процессов. В результате в 2008–2009 гг.

затраты МО на это направление, по оценкам, должны были превысить более половины нанотехнологического бюджета Министерства (в то время как по всей NNI затраты на исследование фундаментальных явлений и процессов ожидалось на уровне примерно 35–36%, см. табл. 2).

Другие опубликованные данные о затратах МО США на нанотехнологии позволяют оценить структуру затрат Министерства обороны не только по научно-техническим направлениям, но и по стадиям НИОКР, в том числе и долю затрат на фундаментальные исследования в сфере нанотехнологий. В табл. 4 даны результаты расчета структуры затрат для периода 2005–2008 гг.

**Таблица 4.** Структура распределения бюджетных средств Министерства обороны США на НТ исследования и разработки по стадиям НИОКР в 2005–2008 гг., % (расчет по данным на середину 2007 г.).

	2005	2006	2007	2008
	факт	факт	оценка	запрос
Фундаментальные исследования	49,0	47,1	50,6	52,6
Прикладные исследования	50,2	45,2	36,6	33,5
Разработки	0,8	7,7	12,8	13,9
<b>Всего</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Из табл. 4 видно, что в 2005–2008 гг. МО США тратило или планировало затратить на фундаментальные исследования в области нанотехнологий примерно половину своего нанотехнологического бюджета, предназначенного для проведения соответствующих НИОКР. При этом наблюдается тенденция роста доли фундаментальных исследований (49% в 2005 г., 50,6% в 2007 г., оценка, и 52,6% в соответствии с запросом на 2008 г.). В этот период повышается доля разработок (примерно с 1% в 2005 г. до 14% в 2008 г.), что происходит за счет сокращения затрат на прикладные исследования (с 50,2% в 2005 г. до 33,5% в 2008 г.).

Таким образом, представленные данные свидетельствуют о все более возрастающем внимании в США в первую очередь к фундаментальным исследованиям в области нанотехнологий. Коммерциализация результатов, характеризуемая долей затрат на разработки, была в этот период не столь велика. Очевидно, эти тенденции следует учитывать и при реализации отечественной программы в данной области.

**Сопоставление показателей затрат на нанотехнологии в России и за рубежом.** Сопоставительный анализ данных по удельному весу затрат на НИОКР в области нанотехнологии в общих государственных затратах на науку в России и в зарубежных странах-лидерах показывает следующее.

Доля затрат на работы в области нанотехнологии по программе NNI по отношению к общему объему государственных затрат на науку в 2006 г. в США была равна 1,39%. При этом относительно затрат федерального правительства на фундаментальные исследования затраты на эту программу составили 3,74%.

В 2004 г. в Японии доля затрат на НИОКР в области нанотехнологии по отношению к общему объему государственных затрат на науку составляла 3,15% и в Германии 1,63%.

Таким образом, удельный вес затрат на нанотехнологии в общих затратах на НИОКР в странах-лидерах не велик. Однако необходимо учитывать, что абсолютный размер затрат государства на НИОКР в странах-лидерах в области нанотехнологии значительно превышает соответствующий показатель в России: государственные затраты на НИОКР в США в 2006 г. были равны примерно 97,3 млрд. долл. при общих затратах на науку 340 млрд. долл. (2006 г.), в Японии (2004 г.) — 23,8 и 131,5 млрд. долл., в Германии (2004 г.) — 16,8 и 55,2 млрд. евро, соответственно. Как показывает анализ, затраты на НИОКР в области нанотехнологии во всех ведущих странах увеличиваются.

В России в соответствии с программой развития нанотехнологии предполагалось до 2015 г. включительно затратить на эти цели около 200 млрд. руб. или в среднем примерно по 25 млрд. руб. ежегодно (в настоящее время эти данные пересмотрены). По отношению к затратам на науку из средств федерального бюджета (132,7 млрд. руб.), а также к средствам бюджета, расходуемым на НИОКР, включая бюджетные ассигнования на содержание вузов и средства организаций государственного сектора (228,4 млрд. руб.) и, наконец, к общему объему внутренних затрат на НИОКР в 2007 г. (371,1 млрд. руб.) это примерно составляет 18,8%, 14,4% и 6,7%, соответственно. При этом по отношению к расходам федерального бюджета на фундаментальные исследования (54,8 млрд. руб.) эта сумма составляет более 45 %.

Это сопоставление показывает, с одной стороны, что для успешного развития нанотехнологии в стране необходимо значительно повысить

расходы на науку в целом, в том числе на фундаментальные исследования. С другой стороны, из него следует также, что выделенные средства целесообразно использовать на проведение междисциплинарных научных исследований, в первую очередь фундаментальных, результаты которых создадут базу для дальнейших успешных работ в области нанотехнологии и других направлениях науки.

**Заключение.** Таким образом, приведенные в работе результаты исследования свидетельствуют о необходимости приоритетного финансирования фундаментальных исследований в области нанотехнологии в России.

В этой связи следует привести слова лауреата Нобелевской премии по физике академика Ж.И. Алферова о том, что «наиболее заманчивые и многообещающие приложения нанотехнологий, о которых обычно и идет речь, когда говорят о выдающихся перспективах этой области, находятся еще в стадии фундаментальных исследований... Исследования физико-химических процессов в нанотехнологиях, разработка методов конструирования, диагностики и исследования наноструктур, наноматериалов и наноустройств, изучение их свойств и новых явлений, возникающих на наноуровне, — по большей части являются и еще долгое время будут оставаться предметом фундаментальных или ориентированных фундаментальных исследований» (Алферов, 2008).

Представляются неубедительными соображения о том, что необходимая информация фундаментального характера может быть заимствована из зарубежных источников. Так, по оценкам чл.-корр. И.В. Мелихова (Мелихов, 2006), в научную литературу попадает не более 10–20% информации, получаемой в ходе выполнения нанотехнологических программ, остальная информация не является публичной.

Без приоритета фундаментальной науки «мы рискуем не только оказаться на обочине длинной нанотехнологической дороги, но и в скором времени перестанем на должном уровне понимать мировые достижения в этой области» (Алферов, 2008).

Работа выполнена при поддержке РФФИ по проекту 08-06-00266.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алферов Ж.И. Основа нанотехнологий — фундаментальная наука // «Индустрия». — № 41 (1459), декабрь 2008.
- Кобаяси Н. Введение в нанотехнологию. / Пер. с японск. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007.
- Мелихов И.В. Логика целесообразности, 2006.  
[http://www.poisknews.ru/2007/04/04/logika\\_celesoobraznosti.html](http://www.poisknews.ru/2007/04/04/logika_celesoobraznosti.html);
- Мелихов И.В. Какая нанотехнологическая программа нужна России, 2007.  
<http://www.nanometer.ru/2006/11/17/7458256.html>.
- Морохов И.Д., Трусов Л.И., Чижик С.П. Ультрадисперсные металлические среды. — М.: Атомиздат, 1977.
- Роснано.  
<http://www.rusnano.com/Rubric.aspx?RubricId=264>.
- Третьяков Ю.Д. Фундаментальные подходы к созданию наноматериалов, 2008а.  
[http://www.nanometer.ru/2008/07/06/poluchenie\\_nanomaterialov\\_53433.html](http://www.nanometer.ru/2008/07/06/poluchenie_nanomaterialov_53433.html).
- Третьяков Ю.Д. Нанотехнологическое самосознание, 2008b.  
[http://www.nanometer.ru/2008/12/21/rossijskie\\_nauchnie\\_shkoli\\_54996.html](http://www.nanometer.ru/2008/12/21/rossijskie_nauchnie_shkoli_54996.html).
- Третьяков Ю.Д. Нанообучение, 2009.  
<http://www.lenta.ru/conf/nanotech/>.
- Физико-химия ультрадисперсных систем. / Под ред. И.В. Тананаева. — М.: Наука, 1987.

## INCREASING THE ROLE OF BASIC SCIENCE FOR DEVELOPMENT OF THE DISRUPTIVE TECHNOLOGIES

**Varshavsky A. E., Dymova I. A.**

*The comparative analysis of supporting the basic science for nanotechnology in the developed countries-leaders in the area (the USA, Japan, Germany) is made. The problems of the basic research in nanotechnology in Russia are discussed.*