

## ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ?

**О.Ю. МАМЕДОВ,**

доктор экономических наук, профессор,  
Южный федеральный университет,  
e-mail: terraeconomicus@mail.ru

Автор концентрирует внимание на тех негативных последствиях и проблемах наноиндустриализации, которые остаются обычно на периферии внимания экономистов.

**Ключевые слова:** экономические последствия наноиндустриализации, наноэкономика, нанотехнология.

The author focuses on the negative consequences and problems nanoindustrialization that remain are usually on the periphery of the attention of economists.

**Keywords:** economic effects nanoindustrialization, nanoeconomics, nanotechnology.

**Коды классификатора JEL:** O13.

**Удивителен механизм становления современной цивилизации, — ведь каждый скачок в развитии техники порождал надежду на долгожданный приход царства всеобщей материальной сытости и повседневной социальной гармонии. Однако в реальности любой прорыв в техническом прогрессе всегда роковым образом сопровождался тяжким экономическим кризисом, длительной перестройкой производства, социальными катаклизмами и обострением политического противостояния.**

**Впрочем, коротка память человеческая, — вновь манят новые технологии, суля, как прежде, сытость и гармонию: сегодня все предвкушают приход эры нанотехнологий.**

**Все, но только не экономисты, профессиональная обязанность которых — заблаговременно выявить возможные негативные последствия возникновения «молекулярного производства» и готовить страну к различным «наноапастям».**

Конец XX в. ознаменовался такими научно-технологическими разработками, негативные экономические и социальные последствия которых мы только начинаем осознавать. Самое же неприятное состоит в том, что, поскольку эти последствия объективны по своей природе, то они неотвратимы и нерегулируемы. Нанометровый масштаб молекулярного анализа природы объединил физику, химию и биологию. В результате мы стоим на пороге возникновения особого комплекса дисциплин, который часто обозначают англо-саксонской аббревиатурой «NBIC» (нанотехнология + биология + информатика + познание) [6].

Нанотехнологии<sup>1</sup> имеют неоспоримые преимущества перед современной индустрией, позволяя реально решить многие мучающие человечество проблемы.

Взять, например, нехватку воды, которая является растущей угрозой для ряда стран. Однако основная часть водных ресурсов используется-то вовсе не населением, а промышленностью и сельским хозяйством<sup>2</sup>. С приходом нанотехнологий «агропромышленное» потребление воды будет значительно сокращено, ибо для изготовления нанопродуктов воды требуется существенно

<sup>1</sup> Нанотехнологии — это управление процессами в «наномасштабе» (до 100 нанометров, при этом нанометр равен миллиардной части метра: для примера — толщина бумажного листа равна 100 тысячам нанометров!).

<sup>2</sup> Из используемой в мире воды 67% потребляется сельским хозяйством, 19% — промышленностью, населению же достается менее 9% (источник — [2]).

меньше. А ведь это огромная экономия невозполнимых природных ресурсов и прямое сокращение экологических расходов!

Или — инфекционные заболевания, настоящее бедствие для населения многих государств: нанопродукты способны принципиально снять эту проблему. Нанотехнологии обещают также потрясающе дешевое производство компьютеров и устройств отображения. А производство наноструктур для электрооборудования позволит использовать солнечное тепло в качестве практически неисчерпаемого источника энергии.

Главное же в том, что во многих регионах мира сформировалась разрушительная для природы производственная инфраструктура. А нанотехнологии могут — при минимальных физических параметрах — произвести масштабную промышленную революцию.



Нанотехнологические чудеса поистине неисчерпаемы, — в кубическом миллиметре может уместиться суперкомпьютер, а стоимость его производства составит всего лишь долю процента сегодняшних затрат! Такая дешевизна позволит обеспечить компьютерами, КПК и сотовыми телефонами практически все население Земли (включая, кстати, маргинальные группы неграмотных благодаря переходу к голосовому интерфейсу).

Эти и другие нанотехнологические достижения оправданно находятся в центре внимания общества. Однако не меньшего внимания, по нашему мнению, заслуживают и те негативные последствия, которые неизбежно будут сопровождать наноиндустриализацию современной экономики, поскольку нанотехнологии, решив одни проблемы, породят новые, и, к сожалению, не менее острые!

На данном этапе основными препятствиями для масштабной наноиндустриализации являются высокие издержки производства, нежелание общества принять инновационные технологии без гарантированной техники безопасности, относительный дефицит венчурных фондов, отсутствие знаний о взаимодействии между наноматериалами и живыми клетками (вопрос о биосовместимости и токсичности наноматериалов), нежелание многих корпораций серьезно инвестировать в нанотехнологии, отсутствие контроля качества [7].



Современная наука достигла качественного прорыва — изучение наноразмерных процессов позволяет перейти к нанотехнологиям, т.е. к созданию заданных свойств органической и неорганической материи с «атомной точностью». Тем не менее, нанотехнологии не должны рассматриваться как движение производства в направлении его миниатюризации на основе конвергенции квантовой физики, молекулярной биологии, химии, компьютерных устройств и техники.

В научной литературе последних лет принято выделять пять промышленных революций в мировой экономической истории [9]:

◆ «первая промышленная революция» (1780–1840), странная база – Великобритания, содержание – паровой двигатель, текстильная промышленность, машиностроение;

◆ «вторая промышленная революция» (1840–1900), странная база – Европа (Англия, Франция, Германия), содержание – железные дороги, металлургическая промышленность;

◆ «третья промышленная революция» (1900–1950), странная база – Соединенные Штаты Америки, содержание – электрический двигатель, тяжелые химические вещества, автомобили, потребительские товары длительного пользования;

◆ «четвертая промышленная революция» (1950 — по настоящее время), странная база — Тихоокеанский бассейн (Калифорния, Япония), содержание — синтетика органических химических веществ (масло), компьютеры.

Но вот что касается следующего этапа («пятая промышленная революция»), то здесь все еще неясна его странная база — Китай? Индия? Бразилия? А, может, — Россия? Зато ни у кого не вызывает сомнения его содержание — нанотехнологии (молекулярное производство)!

Отличительная особенность пятой промышленной революции усматривается в способности строить все, что мы можем конструировать, путем манипулирования молекулами под непосредственным контролем компьютера.

Ожидается, что комбинированное воздействие нанотехнологий будет равно суммарному воздействию всех промышленных революций последних двух столетий, с той особенностью, что все эти изменения окажутся осуществленными в несколько лет. И появятся не только новые продукты, главное — новые средства производства.

Наноиндустриализация будет означать экспоненциальное распространение нанопроизводственных систем. Значительное улучшение качества продукции приведет к ее ускоренному и дешевому ко-

пированию. А недорогое сырье, уменьшение стоимости капитала и портативный размер заводов вызовут социальные потрясения, которые будут свободно пересекать границы, способствуя глобальной трансформации.



Уже сегодня можно с большой долей точности прогнозировать следующие экономические потрясения: обилие дешевых продуктов обрушит аграрные рынки и экономическую организацию сферы потребления, возможен экономический гнет населения в результате искусственного завышения цен, коллективный экологический ущерб от нерегулируемых продуктов, теневой рынок в сфере молекулярного производства.

Наноиндустриализация приведет к революции в обществе, преобразуя медицину, биотехнологию, сельское хозяйство, промышленное производство, материалы, аэрокосмическую промышленность, информационные технологии и телекоммуникации. Важно осознать, что сегодня именно нанотехнологии дают импульс к развитию конкурентоспособных инноваций, появлению новых видов бизнеса и перспективам экономического прогресса для тех стран, которые стремятся стать лидерами в эпоху глобализации знаний.

Мы вступаем в эпоху, суть которой — ускоренное внедрение технологических проектов в бизнес-предприятия, которые, тем самым, и воплощают, и генерируют значительную экономическую ценность. В этом механизме нанотехнологии, возможно, самое главное, что способно обеспечить будущее мировой экономики, конкурентоспособность каждой национальной экономической системы, богатство народов.

Дж. Катон, Генеральный директор Института «Global Futures» и советник Белого Дома в период трех различных администраций, еще в 1999 г. объяснял, что нанотехнология повлияет на все аспекты экономики — занятость, вклады, ценообразование, капитал, курсы валют и валютные рынки, спрос и предложение [5]. Другие специалисты считают, что появление радикально новаторских материалов, автоматизация «молекулярных» процессов, изменив подавляющее большинство промышленных цепочек поставок, каналы распределения, цепочки добавленной стоимости, приведут к кризису и исчезновению многих традиционных видов производственной деятельности, возможно, в очень короткий период времени. Многие производственные сектора ощутят значительные изъятия в их экономической организации и необходимость принятия решительных изменений в целях обеспечения своей глобальной конкурентоспособности.

Хотя в сфере освоения нанотехнологий многие страны-аутсайдеры будут двигаться «прицепом» к странам-лидерам (как это происходило в рамках предшествующих «технологических волн»), именно такое освоение явится стратегическим направлением модернизации «догоняющих» экономик в границах «пятой промышленной революции».

Впрочем, не стоит строить иллюзии — в незрелых секторах рынка нанотехнологии не в состоянии породить фундаментальные инновации.

К счастью для догоняющих стран, «молекулярная нанотехнология» еще не может обрести массовую реальность в краткосрочной перспективе.

Однако эффект массового нанопроизводства не ограничивается исключительно позитивом, — негативная сторона предстанет исчезновением многочисленных «ненанотехнологических» линий производства в связи с их неконкурентоспособностью, в результате чего неизбежно грядет огромное сокращение рабочих мест. Другая экономическая неприятность нанотехнологических прорывов — «провоцирование» ими расширения монополистической структуры. Наконец, произойдет устаревание многих элементов экономической инфраструктуры, не соответствующих требованиям наноэкономики.

Решающее звено в наноиндустриализации национальной экономики — реальная степень интеграции нанотехнологий с экономикой. Для этого необходима реализация всех достижений смежной экономической системы — эффективное развитие стратегических секторов, инвестиции в человеческий капитал, реструктурирование рынка труда, национальная политика в области R&D, государственно-частное партнерство<sup>3</sup>.

Однако те страны, экономика которых окажется наиболее подготовленной к революции в области нанотехнологий смогут обеспечить благосостояние своих народов за счет устойчивого эко-

<sup>3</sup> Европейская комиссия по науке и исследованиям с 2007 г. стала проводить регулярные консультации с целью разработки «кодекса ответственного поведения при исследовании нанотехнологий»; Янез Поточник, комиссар данной комиссии, заявил: «Нанонауки и нанотехнологии могут повысить рост занятости в Европе, поэтому важно, чтобы их развитие и использование не замедлялось, но и не было несбалансированным или оставлено на волю случая». Эта позиция объясняется масштабами финансирования нанотехнологических разработок: 150 млрд долл. в 2010 г. и 2,6 трлн долл. в 2014 г.; по прогнозам специалистов, рынок нанотехнологической продукции будет крупнейшим рынком, в десять раз превышая будущий рынок биотехнологий см.: [4].

номического роста. При этом следует учитывать, что нанотехнологии не только представляют собой гигантский шаг в техническом прогрессе, но и сами выступают материальной предпосылкой возникновения механизма управления масштабными изменениями.



Все это превосходно, но **какова экономическая цена наночудес?** Ведь нанотехнологические выигрыши в производстве вполне могут сопровождаться проигрышами в экономике.

И сразу скажем о главном: **если наноэкономика реально на практике выводит на неограниченность производственных ресурсов, то это означает своеобразную «гибель» современной экономики, институты, инструменты и мотивация которой построены именно на принципе ограниченности и альтернативного использования этих ресурсов**, — не случайно же все современные экономические учебники начинаются с модели производственной трансформации!

Поэтому нельзя игнорировать те негативные последствия, которые неизбежно будут сопровождать наноиндустриализацию современной экономики, поскольку нанотехнологии, решив одни проблемы, породят новые, — и, к сожалению, не менее острые!

1. Современное производство основано на применении специализированных материалов и машин, используемых высококвалифицированными работниками. В противоположность этому нанотехнологии не требуют значительной массы квалифицированной рабочей силы и развитой вспомогательной инфраструктуры. Главная причина в том, что на молекулярном уровне могут работать только «роботы»! Вот эта «роботизация» нанопроизводства обязательно взорвет рынок труда. В результате на улицу будут выброшены массы квалифицированных работников. И современные луддиты с высшим образованием окажутся, пожалуй, страшнее своих исторических предшественников.

2. Еще более грозными могут быть последствия исчезновения основы рыночной организации общественного производства — конкуренции. А она обязательно исчезнет потому, что нанотехнологии позволяют из одного и того же исходного материала производить широкий спектр различных товаров, уничтожая тем самым основные формы рыночного статуса фирм — специализацию и диверсификацию.

3. Уход конкуренции сделает бессмысленным поиск оптимальных финансовых институтов и монетарных инструментов, ибо экономический фундамент рынка — кредит — окажется в условиях наноэкономики бесполезным. В результате исчезнет основное оправдание вмешательства государства в экономические процессы — необходимость проведения особой экономической политики, поскольку ее осуществление станет попросту невозможно.

4. Многие отрасли будут заменены наноиндустриализированным (молекулярным) производством — сельское хозяйство будет «перенесено» в портативные нанотеплицы, нанопереработанная вода станет лечить прямо на дому, наноизоляция повысит комфорт и снизит потребление энергии, а жилищно-коммунальное хозяйство претерпит подлинную революцию. Но это же означает пространственную локализацию производства в малосвязанных между собой «точках наноиндустриализации» — со всеми вытекающими отсюда негативными социальными последствиями.

5. Стремительное развитие современных технологий ускорило инновационную динамику экономики развитых стран, — это доказывается, в частности, тем, что информационные технологии в настоящее время обеспечивают не менее трети валового национального продукта США. Наноиндустриализация может стать основой обновления национальной экономики многих стран, повышения экономической устойчивости и роста благосостояния нации, а также исчезновения и появления множества отраслей промышленности. Вместе с тем новейшие разработки в области новых технологий и их влияние на бизнес и экономику означают, что стратегические прогнозы становятся менее точными. Мало кто мог еще 50 лет назад предсказать такие инновации, как Интернет, беспроводную связь или отображение генома человека. Точно так же прогнозы о возможностях нанотехнологий воспринимаются сегодня как фантастика. Тем не менее, нанотехнологии способны придать развитию глобальной экономики такую невиданную ранее скорость, которая опасна сама по себе.

6. Дело в том, что нанотехнологии, выступая средством преобразования неорганических и органических веществ на атомном уровне, способны взорвать современную структуру организации и экономики, и ее созидающего центра — бизнеса. Ведь нанотехнологии «дотянутся» практически до всех аспектов экономики: зарплаты, занятости, ценообразования, структуры капитала и курсов валют, спроса и предложения. В результате нанотехнологии станут двигателем экономического процветания, основой производительности и глобальной конкурентоспособности.

7. Если объем нанотехнологий достигнет критической массы, превратившись в прорыв в автоматизированной «самосборке» нанотоваров, то это разрушит большинство вертикально-построенных отраслей, разорвав большинство промышленных и постиндустриальных цепочек поставок. Коренным образом изменится механизм создания стоимости, а также каналы ее распределения и перераспределения.

8. Нанотехнологии освобождают страны от «нефтяной зависимости», — нам-то радоваться или огорчаться? Нанопроизведенные товары вообще могут заменить натуральные вещества. Фермеры попросту потеряют сферу занятости, а с ней — и доход. Аграрные страны потерпят экономическую катастрофу, поскольку производство наноматериалов способно заменить сельскохозяйственную продукцию. Опасны и отходы от нанотехнологий, выбрасываемые в атмосферу, так как они могут проникать в клетки человека и животных. Причем такой ущерб не поправим.

9. Нанотехнологии требуют высоких первоначальных затрат на инвестиции, что вызовет их одностороннее перераспределение в пользу нанотраслей.



Действительно, представьте себе, что завтра, благодаря появлению наночипов, на рынок будут выброшены суперкомпьютеры по цене кварцевых часов, дешевле, чем брелок. Катастрофические экономические последствия для компьютерной индустрии очевидны. Другой пример — суперстойкие и недорогие наноматериалы, используемые для строительства и производства, наверняка «убьют» рынки стали и пластмассы.

Так же, как компьютеры и Интернет вплетены в структуру современной экономики, так и нанотехнологии выступают структурой будущей экономики.

И особняком стоит вопрос — а готовы ли деловые круги заниматься бизнесом в сфере нанотехнологий? И готовит ли кто-нибудь к этому? Такой же вопрос адресует сферам здравоохранения, производства, информационных технологий, товаров народного потребления и финансовых услуг.

Американский институт глобального прогнозирования провел специальное исследование, показавшее, что уровень информированности и готовности бизнеса и общества относительно нанотехнологий крайне низок. На этой основе институт предложил пять различных сценариев адаптации национальной экономики к эффективному использованию нанотехнологий — «оптимальный», «догоняющий», «ухабиственный» [8].

Особый интерес для нас, в силу ряда причин, представляет, конечно, третий сценарий (временной период — 2010–2050 гг.). Его главные черты — отсутствие всеобъемлющей интеграции нанотехнологий в производство и экономику, резкое сокращение постиндустриального роста, неспособность инвестировать в меры, необходимые для управления системой социально-экономических преобразований.

После детального анализа авторы приходят к важному выводу — развитие «наноэкономики» имеет альтернативный характер и механизм функционирования по сравнению с «петроэкономикой». Это означает, что наноиндустриализация натолкнется на сопротивление не только субъективное, но и объективное.

Между тем исторический урок XX века показывает: та страна, которая бы раньше других осознала будущую значимость компьютеров, могла бы выдвинуться в мировые лидеры.

Ясно одно — та страна, которая бы осознала будущее значение компьютеров, могла бы выдвинуться в лидеры. Это — важный урок для встречи с эпохой нанотехнологий. И этот урок теперь, будьте уверены, учтут все страны мира!



Экономисты призваны ответить на вопрос об экономической цене наноиндустриализации, ведь калькуляция такой цены включает невидимые (и неведомые) неэкономистам потрясения фундаментальных основ современной экономики.

Вот минимальный перечень грозных вопросов:

- сохранится ли в наноэкономике общественное разделение труда (специализация и кооперация производства)?
- останется ли труд основной стоимостесозидающей субстанцией?
- что станет с профессионально-квалификационными различиями работников?
- выдержит ли социальная (непроизводственная) сфера стремительный рост населения?
- как изменится отраслевая структура производства?

- сохранится ли аграрный сектор экономики?
- какие перспективы ожидают горнодобывающую промышленность, или добыча полезных ископаемых вообще прекратится?
- как развивать производство в условиях исчезновения экономических стимулов для применения инновационных технологий?<sup>4</sup>

И хотя наноиндустриализация способна снять экономические причины социальных катаклизмов, сама экономика изменится до неузнаваемости...



Согласно Жану Дюпюи, нанотехнологии могут обернуться серьезной проблемой, поскольку они способны привести к созданию искусственного мира, который не будет находиться под контролем человечества. Он утверждает, что эта проблема порождается тем, что нанотехнологии включают способность к самоорганизации и самосозданию сложных структур нанообъектов! И такие структуры ничем не будут обязаны ни человеку, ни даже природе [1]. Не менее пронзительно высказывание Билла Джоя, — «Это будет особый мир, который в нас больше не нуждается!» [3].

Так и хочется воскликнуть — «ДОТКРЫВАЛИСЬ?»

**Каждое продвижение по пути технического прогресса превращается в напряженное испытание для экономики.**

**Имя новому испытанию — «наноиндустриализация».**

**ГОТОВЫ ЛИ МЫ К ТАКОМУ ИСПЫТАНИЮ?**

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Dupuy Pierre*. Pour une évaluation normative du programme nanotechnologique. Réalités industrielles, «Les nanotechnologies, Annales des mines», 27-32, 2004.
2. <http://www.crnano.org/benefits.htm>.
3. *Joy Bill*. Why future doesn't need us. Article paru dans la revue WIRED. Numéro d'avril, 2000.
4. La Commissione avvia una consultazione sulla ricerca responsabile nel campo delle nanoscienze nanotecnologie // [http://ec.europa.eu/italia/attualita/archivio/scienza\\_ricerca/113e2eaa90c\\_it.htm](http://ec.europa.eu/italia/attualita/archivio/scienza_ricerca/113e2eaa90c_it.htm).
5. *Muñoz Andrés Pedreño*. Nanotecnología y Economía: estrategias de futuro. Universidad de Alicante // Instituto de Economía Internacional // <http://iei.ua.es/nanotecnologia/nanotecnologia-y-economia-estrategias-de-futuro>.
6. «Nanosciences: nouvelle âge d'or ou apocalypse? («Нанонаука: новый золотой век или Апокалипсис?»), réflexion de Louis Laurent et Jean-Claude Petit, // [http://www.cea.fr/technologies/nanosciences\\_et\\_nanotechnologies/nanosciences\\_nouvel\\_age\\_d\\_or\\_ou\\_apocalypse](http://www.cea.fr/technologies/nanosciences_et_nanotechnologies/nanosciences_nouvel_age_d_or_ou_apocalypse).
7. *Raj Baw*. Nanotechnology Patent Proliferation and the Crisis at the U.S. Patent Office. 2008 // <http://www.nvcc.edu/home/rbawa/articles/>.
8. The Strategic Impact of Nanotechnology on the Future of Business and Economics. Dr. James Canton. Institute for Global Futures // <http://www.leader-val-ues.com/guests/cantonNanotechFutureBizEconomic.pdf>
9. *Treder Mike*. Jolt to the System: The Transformative Impact of Nanotechnology. Center for Responsible Nanotechnology. Troy, New York, November, 16, 2004 // [http://translate.google.ru/translate\\_t#](http://translate.google.ru/translate_t#).

<sup>4</sup> Особой проблемой следует считать патентную защиту нанотехнологий, которая будет иметь для конкурентоспособности страны решающее значение. Но и здесь обнаруживаются сложные проблемы, так, в США все чаще возникают патентные претензии в результате удивительно массовой выдачи патентов. Последнее объясняется путаницей, так как широко используемое определение нанотехнологий не является точным. Это, как отмечает признанный специалист, «создает хаотичный, запутанный пейзаж патентирования в различных секторах нанотехнологий (например, нанозлектроники и наномедицины), в котором конкурирующие игроки не уверены в действительности и законности многочисленных выданных патентов. Если эта тенденция сохранится, то она может задушить конкуренцию, ограничить доступ к некоторым изобретениям и просто остановить усилия по коммерциализации» достижений нанотехнологий. И далее автор делает практически важный для всех стран вывод — «только надежная патентная система будет стимулировать развитие коммерчески жизнеспособной нанотехнологической продукции» (см.: [7]).