

# О задачах академического сектора науки России в реализации Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации в области информационных технологий

В.Б. Бетелин

**Аннотация.** В Стратегии научно-технологического развития РФ, утвержденной Президентом РФ в декабре 2016 г. к числу наиболее важных проблем относится парирование неявных вызовов и рисков, обусловленных научно-технологическим развитием, а также создание в России компаний, способных стать лидерами на новых глобальных технологических рынках. В статье предлагаются возможные подходы к решению такой проблемы как практическое отсутствие России на глобальном мировом рынке полупроводников. Лидеры этого рынка уже формируют новые глобальные массовые рынки, основанные на увеличении доходности финишной радиоэлектронной продукции за счет комплексной оптимизации элементной базы, аппаратуры и программного обеспечения. В рамках такой модели предлагается нацелить ИТ-отрасль России на обеспечение высокого уровня доходности финишных изделий ее стратегических отраслей и тем самым обеспечить их лидерство на стратегических мировых глобальных рынках.

**Ключевые слова:** Стратегия научно-технологического развития, неявные вызовы и риски, глобальный мировой рынок полупроводников, снижение доходности полупроводников, новые глобальные технологические рынки, высокая доходность финишной радиоэлектронной продукции, лидерство на стратегических мировых рынках, реальный сектор экономики, объем товарного производства.

## 1. Полупроводниковая промышленность – локомотив и катализатор развития глобальных высокотехнологичных рынков

Указом Президента Российской Федерации от 01 декабря 2016 г. № 642 утверждена Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации (далее Стратегия). Один из приоритетов Стратегии – обеспечение готовности страны к парированию вызовов и рисков, еще не проявившихся и не получивших широ-

кого общественного признания, обусловленных научно-технологическим развитием. Ключевую роль в этом должна сыграть российская фундаментальная наука (п.21, стр.10).

К числу таких неявных вызовов и рисков относится **практическое отсутствие России на глобальном мировом рынке полупроводников**. По данным SIA 2016 FACTBOOK полупроводниковая промышленность США контролирует 50% этого глобального рынка, емкость которого в 2015 составила \$335 млрд. Доля Кореи на этом рынке -17%, Японии-11%, Европы-9%, Тайваня-6%, Китая-4%. По данным CNews100 оборот крупнейшей российской

полупроводниковой компании НИИМЭ и Микрон в 2015 году составил 11.4 млрд руб. или менее \$200 млн (при курсе \$ - 60руб.), при численности персонала немногим более 1.5 тыс. человек. Для сравнения, экспорт полупроводников является третьей по величине статей экспорта промышленных изделий США после автомобилей (\$55 млрд) и самолетов (\$119 млрд), и составляет \$42 млрд. Полупроводниковая отрасль США обеспечивает около 250 тыс. рабочих мест и еще 1млн. в других отраслях экономики (SIA 2016 FACTBOOK).

Полупроводниковая промышленность (микрорэлектроника) является создателем модели товарного производства короткоживущих (1-3 года) высокотехнологичных товаров массового спроса, которая основана на стратегии «двойного сокращения». То есть, сокращения времени жизни производимого продукта, сокращения сроков разработки нового продукта с новыми возможностями и меры принуждения потребителя к приобретению нового продукта взамен старого. Эта модель обеспечила **беспрецедентно высокие темпы** повышения производительности и снижения стоимости полупроводников, что стимулировало переход на эту модель сначала производителей массовой радиоэлектронной аппаратуры и программного обеспечения, а затем производителей бытовой техники такой, как холодильники, стиральные машины, телевизоры и т.д. Сегодня на основе этой модели ведется, например, производство легковых автомобилей, в том числе, и легковых автомобилей «Мерседес», которые еще 15-20 лет назад считались практически «вечными» машинами. Другими словами, полупроводниковая промышленность является локомотивом и катализатором развития, в течение последних 25 лет, глобальных мировых рынков, массовых короткоживущих высокотехнологичных товаров массового спроса. По оценкам экспертов до 40% роста мирового производства в этот период обусловлено экспансией информационно-коммуникационных технологий, локомотивом и катализатором развития которых явилась полупроводниковая промышленность. Именно в этот период были сформированы глобальные мировые рынки полупроводников и финишных радиоэлектронных изделий, емкость последнего из которых составила в 2015 году около \$1.5 трл.

Практическое отсутствие России на глобальном мировом рынке полупроводников означает, что наша страна последние два десятилетия не имела собственного локомотива и катализатора технологического развития реального сектора экономики, включая конечно, и ИТ-отрасль и была вынуждена следовать в этой области экономической и технической политике, диктуемыми глобальными полупроводниковыми и радиоэлектронными компаниями США, Кореи, Японии, Европы, Тайваня и Китая, являясь, в то же время, финансовым и кадровым донором этих компаний.

## **2. Основа новых глобальных технологических рынков – существующие глобальные рынки полупроводников, радиоэлектроники и программного обеспечения**

Целевой сценарий научно-технологического развития Стратегии предусматривает создание и развитие частных компаний, способных стать лидерами, в том числе на новых глобальных технологических рынках (стр. 11-12). К числу технологий, являющихся основой развития внутреннего рынка и устойчивого положения России на внешнем рынке, в Стратегии отнесены цифровые интеллектуальные производственные технологии, работы с большими объемами данных, машинного обучения и искусственного интеллекта, эффективной добычи углеводородов (стр. 9).

**Эти новые технологии** будут принципиально основаны **на существующих технологиях** создания полупроводников, финишной радиоэлектронной продукции и программного обеспечения. То есть, эти **новые** глобальные технологические рынки будут построены на основе **существующих** глобальных мировых рынков полупроводников, радиоэлектроники и программного обеспечения. И эти рынки **уже формируют и будут формировать уже существующие** лидеры **уже существующих** глобальных мировых рынков, то есть компании, обороты которых исчисляются десятками и сотнями миллиардов долларов, а численность персонала составляет десятки и сотни тысяч

человек. А именно такие компании, как INTEL с оборотом \$55 млрд в 2015 г. и числом сотрудников более 100 тыс., APPLE с оборотом \$215 млрд в 2016 г. и числом сотрудников более 110 тыс., MICROSOFT с оборотом более \$86 млрд в 2016 г. и числом сотрудников более 100 тыс.

Основная тенденция формирования этих новых глобальных рынков – переход от модели формирования глобальных массовых рынков полупроводников, радиоэлектронной аппаратуры и программного обеспечения, принципиально основанной на **высокой доходности полупроводников** к модели формирования глобальных массовых рынков, основанных на **высокой доходности финишной радиоэлектронной продукции**, все основные компоненты которой – элементная база, аппаратура и программное обеспечение разрабатываются в рамках одной компании, и оптимизированы на обеспечение максимальной эффективности продукта в данном сегменте глобального рынка.

Действительно, например, корпорация MICROSOFT уже производит семейство игровых консолей Xbox, а также собственный планшетный компьютер Surface. Кроме того эта компания ежегодно вкладывает около \$9млрд. в развитие приоритетных направлений исследований, в числе которых искусственный интеллект, работа с большими объемами данных, ERP-системы. В России совместный исследовательский центр Microsoft Research и МГУ им. М.В. Ломоносова уже ведет исследования в области обработки и визуализации больших данных, финансируемые этой корпорацией.

Другой пример – корпорация INTEL, лидер глобального полупроводникового рынка, которая уже производит сетевое оборудование, материнские платы и серверы, и которая вложила значительный объем инвестиций в российскую компанию «Rock Flow Dynamics». Эта компания является резидентом Фонда «Сколково» и занимается разработкой программных систем моделирования нефтяных месторождений.

Однако эффективность и перспективность стратегии производства массовых короткоживущих оптимальных в данном сегменте глобального рынка, радиоэлектронных изделий на основе элементной базы, аппаратуры и про-

граммного обеспечения собственной разработки, в наибольшей степени иллюстрирует путь к успеху корпорации APPLE, которая на январь 2016 года занимала первое место в мире по рыночной капитализации-\$537млрд. Первый шаг на этом пути компания, ранее производящая только компьютерную технику, сделала в 2001 году, выпустив в продажу цифровой аудио проигрыватель iPod. В настоящее время APPLE разрабатывает и производит 64-разрядные микропроцессоры (Apple A7), операционные системы, прикладное программное обеспечение и, на этой основе, целый ряд финишных изделий: мобильные телефоны планшетные компьютеры, мультимедийные видеопроигрыватели, умные часы, ноутбуки, серверы и т.д.

Искусственный интеллект и методы машинного обучения могут стать основными направлениями развития APPLE ближайшее время. Одно из возможных применений результатов в этой области – встроенная в продукты APPLE функция сканирования фотографии, которая автоматически определяет, что именно изображено на снимках, каталогизируя их на основе заданных критериев. Это особенно удобно при необходимости отыскать все, что было отснято в отпуске или за выходные.

### **3. Снижение доходности полупроводниковых производств – основная причина формирования новых глобальных технологических рынков**

Модель развития глобального рынка полупроводниковых радиоэлектронных изделий в течение последних двадцати лет существовала **основываясь на высоком росте доходности** массовых полупроводниковых производств, связанном с уменьшением стоимости единичного транзистора при переходе к меньшим проектным нормам. Так, например, стоимость одного бита в микросхемах памяти ежегодно снижалась на 30-35%. Однако при переходе от проектных норм 28 нм к 20 нм стоимость транзистора **перестала снижаться**. Для такой технологии существенно возросли затраты на разработку технологического процесса (до **\$1 млрд**) и стоимость завода

**(\$10 млрд)**, в основном, вследствие высокой стоимости и сложности технологического оборудования, в частности стоимость фотолитографических устройств и фотошаблонов, стоимость комплекта которых, например для проектных норм 32 нм составляет от \$4 до \$6 млн. Рост операционных расходов современного завода, обеспечивающего массовое производство полупроводников, в значительной степени определяются **возросшим энергопотреблением**, которое достигает **100 Мвт**. Это больше потребление многих автомобильных и нефтеперерабатывающих заводов. Как следствие, **порог безубыточности**, например, для компаний, работающих в сегменте производства микропроцессоров и памяти, составляет, в зависимости от модели производства, от **\$3 до \$6 млрд**.

Как следствие, существенно **снизилась доходность** полупроводниковых производств, и выросли риски достижения в ближайшие 5-10 лет технических, энергетических, экологических и ресурсных барьеров. К числу этих рисков относится, например, прекращение действия закона Мура. Проблему продления действия Закона Мура после преодоления рубежа 10 нм обсуждали на конференции ISSCC 2015 года представители крупнейших микроэлектронных компаний INTEL, SAMSUNG, TSMC, IBM и др.

По-видимому, 10 нм технологический процесс будет последним, построенным INTEL по чисто кремниевой технологии. Наиболее вероятно, что в 7нм технологическом процессе кремний заменят полупроводники группы III-V, такие, как индий арсенида галлия (In Ga As).

Основная научная и технологическая проблема, которую необходимо при этом решить – обеспечение приемлемого уровня пространственных дефектов, порожденных разницей типов объединяемых кристаллических решеток. Компании IMEC и IBM уже добились заметных успехов в решении этой проблемы, создав образцы высокоэффективных транзисторов на основе полупроводников группы III-V, то есть имеются реальные предпосылки к продлению Закона Мура по крайней мере, еще на 5-7 лет. Однако эти технологические успехи, по-видимому, **не обеспечат** существенного **увеличения доходности** производ-

ства полупроводников вследствие еще более возросшей стоимости технологического оборудования и технологических процессов и, как следствие, доходности производств аппаратуры обработки и передачи данных на их основе и их программного обеспечения. Другими словами **для существующих** глобальных рынков полупроводников, радиоэлектронной аппаратуры и программного обеспечения существует реальная угроза их "ширпотребизации" (commoditization). То есть слияния брендовых продуктов в общую массу функционально идентичных GENERIC продуктов, конкурирующих между собой только по цене. Производство ширпотреба не требует проведения затратных НИОКР, и характеризуется низкой нормой прибыли.

Из вышеизложенного очевидно следует, что **существующая модель** развития глобальных рынков полупроводников, радиоэлектронных изделий и программного обеспечения, основанная на высоком росте доходности полупроводников, **себя исчерпала**.

Альтернативой этой модели является фактически уже сформированная и успешно апробированная компаниями APPLE, SAMSUNG, LG модель глобального массового рынка, основанная на увеличении доходности финишной радиоэлектронной продукции за счет комплексной оптимизации элементной базы, аппаратуры и программного обеспечения. Фактически, по аналогичной модели развивается и существующий глобальный рынок легковых автомобилей.

Однако уже сегодня очевидны экономические, энергетические и экологические проблемы как существующей, так и формируемой моделей массового производства короткоживущих высокотехнологических изделий – огромная энергоемкость массовых производств, необходимость утилизации стремительно растущей массы выведенных из эксплуатации автомобилей, телевизоров, компьютеров, мобильных устройств различного назначения и т.д., а также высокий порог безубыточности этих производств. Все эти проблемы, а также реальная возможность достижения технологических и ресурсных барьеров уже в ближайшие 5-10 лет ставит под сомне-

ние перспективность для реального сектора экономики России модели производства на основе стратегии «двойного сокращения». [1]

#### **4. Модель технологического и экономического развития России на основе глобальных мировых рынков долгоживущих промышленных изделий высокой надежности и готовности**

Альтернативой модели технологического и экономического развития на основе глобальных массовых рынков и стратегии «двойного сокращения» является модель развития страны на основе глобальных рынков долгоживущих изделий высокой надежности и готовности. К ним, очевидно, относится продукция таких стратегических отраслей как авиационно-космический комплекс, тяжелое, энергетическое, транспортное и точное машиностроение, атомное энергетическое машиностроение, судостроение, оборонно-промышленный комплекс. Это дорогостоящие изделия, продажи которых на мировом рынке могут обеспечить, наряду с энергоносителями, финансовые потоки достаточные для устойчивого социально-экономического развития страны.

В рамках этой модели ИТ-отрасль России должна быть нацелена не на завоевание какой-либо доли глобальных мировых рынков массовой короткоживущей ИТ-продукции, а на обеспечение **высокого уровня доходности** финишных изделий стратегических отраслей, то есть, в конечном счете, на обеспечение лидерства на стратегических мировых глобальных рынках [1].

Аналогичной альтернативой для российской ИТ-отрасли является модель развития, основанная на увеличении доходности финишной радиоэлектронной продукции за счет ее оптимизации под требования финишных изделий стратегических отраслей, с целью увеличения доходности последних. Другими словами ИТ-отрасль России должна вести разработку и производство таких полупроводников, вычислительной и коммуникационной техники, программного обеспечения, которые, в конечном счете, обеспечивают, как высокую доходность финишных изделий стратегических отраслей на

внешних рынках, так и высокую доходность и конкурентоспособность финишных радиоэлектронных изделий на внутреннем рынке.

Ключевым фактором достижения высокой доходности стратегических изделий являются цифровые технологии их проектирования, производства и эксплуатации, обеспечивающие оптимизацию конструкции изделия, технологии и процесса его изготовления и функционирования. Существенно важными элементами этих технологий является суперкомпьютерное моделирование стратегических изделий, процесса их изготовления и функционирования, результаты которого, в конечном счете, и обеспечивают снижение себестоимости единицы продукции.

Для этого необходимо разработать новые, более точные модели сложных физических процессов, на основе которых функционируют стратегические изделия, поддерживающие их новые вычислительные методы и алгоритмы, и реализующих эти алгоритмы программные системы. Необходимо также разработать суперкомпьютеры с архитектурой и элементной базой, обеспечивающих максимальную эффективность для этих программных систем.

Для обеспечения высокой доходности и конкурентоспособности отечественных финишных радиоэлектронных изделий, необходимо также разработать технологии комплексной («встречной») оптимизации элементной базы, аппаратуры и программного обеспечения.

#### **5. О возможности реализации ИТ-отрасли России только на основе потребностей ее внутреннего рынка**

Как уже отмечалось выше, объем продаж массовых короткоживущих электронных устройств (мобильные устройства, телефоны, компьютеры и т.д.) на глобальном мировом рынке этих высокотехнологичных изделий, составил в 2015 г. \$1.584 трл.

По данным SEMI 2015, объем продаж полупроводников, необходимый для производства этих изделий на соответствующем глобальном мировом рынке составил в 2015 г. \$378 млрд, то есть 24% от объемов продаж электронных устройств.

Объемы продаж полупроводникового технологического оборудования и расходных материалов, необходимых для производства этой полупроводниковой продукции, составили соответственно в 2015 г. \$42 млрд и \$46 млрд, то есть 2.7% и 2.9% от объема продаж электронных устройств.

По данным Минэкономразвития, объем продаж на внутреннем рынке электронных устройств России в 2013 году составил 658 млрд руб. Исходя из соотношений объемов продаж для глобальных рынков электронных устройств и полупроводников, технологического оборудования и расходных материалов, можно заключить, что годовые объемы продаж на внутреннем российском рынке полупроводников, технологического оборудования и расходных материалов должны составлять соответственно 158 млрд руб. (24%), 18 млрд руб. (2.7%) и 19 млрд руб. (2.9%). [1]

Под эти объемы продаж могут быть сформированы отечественные компании, комплексно решающие проблемы проектирования, серийного производства и сопровождения, в течение всего срока эксплуатации, электронной компонентой базы и различных радиоэлектронных устройств, востребованных стратегически важными отраслями России. Под эти объемы продаж могут быть также сформированы отечественные компании, обеспечивающие разработку, производство и серийное сопровождение микроэлектронного технологического оборудования и расходных материалов в объемах, необходимых отечественным компаниям, серийно производящим полупроводники и радиоэлектронную аппаратуру.

**Бетелин Владимир Борисович.** Научный руководитель ФГУ «Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт системных исследований РАН» (ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН). Окончил МГУ им. М.В. Ломоносова в 1970 году. Академик РАН, профессор. Лауреат Государственной премии РФ за 2005 год и премии Правительства РФ в области науки и техники за 2014 год. Количество печатных работ: 171. Область научных интересов: технология программирования и операционные системы, информационная безопасность, архитектура микропроцессоров и ЭВМ, микроэлектроника. E-mail: betelin@niisi.msk.ru

## Заключение

В заключении следует отметить, что **самый большой** и самый актуальный с 2006 года внутренний вызов, это существенно меньшие, по сравнению с мировыми лидерами, объемы продаж отечественных компаний реального сектора, а следовательно меньшие **налоговые отчисления** государству, меньший размер **фонда оплаты труда** и меньшие **затраты на развитие** компаний, то есть на создание новых технологий и продуктов на их основе. Таким образом, в конечном счете, это меньшие, чем в развитых странах, объемы **бюджетной поддержки** государством научного и технологического развития реального сектора экономики, и это **более низкий**, чем в развитых странах, **уровень жизни работников** высокотехнологичных отраслей, науки и образования. [2]

Поэтому одним из основных критериев успеха реализации Стратегии должно являться достижение реальным сектором экономики России объемов товарного производства сопоставимых со странами-лидерами мирового рынка, что является необходимым условием обеспечения устойчивого социально-экономического развития страны.

## Литература

1. В.Б. Бетелин. О проблеме импортозамещения и альтернативной модели экономического развития России // Стратегические приоритеты 2016 №1(9) С.11-21
2. В.Б. Бетелин. Итоги научно-технологического и инновационного развития экономики России в 2006-2016 гг. // Инновации 2016 №6 (212), С.9-16

## Development of Russian Federation in the field of Information Technologies

V.B. Betelin

**Abstract.** On December 2016 Russian Federation President have signed off on «The Strategy of Russian Federation Technological Evolvment», which declares, that one of the most important tasks are parrying hidden challenges and risks, inspired by technological evolvment, as well as creation in Russia companies capable be leaders in new global technological markets. This paper suggests possible ways to solution the problem of absence of Russia on global semiconductor market. Leaders of this market are making now new global wide-scale markets on the basis of increase of profitability of finish radio-electronic production by means of complex optimization of chips, hardware and software.

In the framework of this model it is suggested to aim Russia IT-branch on assurance high level of revenue position of finish production of strategic branches providing their leadership on global strategic markets.

**Keywords:** Technology evolvment strategy, hidden challenges and risks, global semiconductor market, decrease level of revenue position of semiconductors, new global technological markets, high level of revenue position of finish radio-electronic production, leadership on global strategic markets, real sector of economy, volume of production.

### References

1. V.B. Betelin. O probleme importozamestcheniya i alternativnoj modeli ekonomicheskogo razvitiya Rossii // Strategicheskie priority [Strategic Priorities] 2016 №1(9) p.11-21.
2. V.B. Betelin. Itogi nauchno-tehnologicheskogo i innivatsionnogo razvitiya ekonomiki Rossii v 2006-2016 гг. // Innovatsii [Innnovations] 2016 №6 (212), С.9-16.

**Betelin Vladimir Borisovich.** Research advisor of FGU «Federal Research Centre Scientific Research Institute of System Analysis Russian Academy of Scienses», Moscow, Nakhimovsky prospekt, 36-1. Member of the Russian Academy of Sciences, professor. Awardee of State prize (2005) and Russian Federation Government prize (2014). V. Betelin have graduated Moscow State University in 1970. The author and coauthor of 171 scientific publications. Area of scientific interests: technology of programming and operational systems, information security, microprocessor architecture, microelectrionics. E-mail: betelin@niisi.msk.ru