

## ОБЩАЯ ДИСКУССИЯ ПО ПРИОРИТЕТУ

Материал поступил в редакцию 03.12.2018 г.

Принят к публикации 25.12.2018 г.

*Ключевые слова:* В.В. Устинов, В.Б. Бетелин, Е.Е. Тыртышников, К.В. Рудаков.

**DOI:** <https://doi.org/10.31857/S0869-5873894381-383>

### АКАДЕМИК РАН В.В. УСТИНОВ

Прежде чем говорить о спинтронике, которой посвящено моё выступление, я хотел бы подчеркнуть связь между ключевыми компонентами обсуждаемого нами приоритета. Их объединяют цифровые технологии — это главная, повторяющаяся от доклада к докладу составляющая.

Сегодня мы имеем документ, который принят Правительством РФ, — программу "Цифровая экономика Российской Федерации". В программе определены "сквозные цифровые технологии", создание которых — непереносимое условие успешного решения задач по развитию цифровой экономики. Реализация сквозных технологий обязательно влечёт за собой использование современных компьютеров того или иного масштаба — суперкомпьютеров, персональных компьютеров, процессоров мобильных телефонов и т. д. Совершенно очевидно, что без решения проблемы элементной базы компьютеров говорить об успешности развития цифровой экономики невозможно. Я хочу привлечь внимание именно к аспектам создания элементной базы информационных цифровых технологий сегодняшнего и будущего поколения.

Общая проблема развития современной электроники и вычислительной техники связана с так называемым законом Мура: количество элементов на единицу площади в интегральных микросхемах удваивается каждые два года. Это ведёт к тому, что отдельный элемент микросхемы уменьшается в размерах, причём уже близок тот предел, когда этот размер приблизится к межатомному расстоянию в твёрдом теле.

Очевидно, что экстенсивное развитие современной электроники исчерпало себя и нужны принципиально новые подходы, например, основанные на квантовой механике. Спинтроника — новая наука, которая сформировалась не так давно. Основной ключевой параметр в ней — спин. Это существенно квантовая характеристика электрона, хорошо известного нам как носителя электрического заряда, играющего главную роль в устройствах и приборах электроники. Спин — это внутренний момент вращения, существование

которого ведёт к тому, что у электрона появляется ещё и магнитный момент. А значит, помимо традиционного способа воздействия на электрон со стороны электрического поля, мы получаем новый инструмент, новую степень свободы, когда можем управлять свойствами электрона, его движением с помощью магнитного поля.

Спинтроника зародилась 30 лет назад. П. Грюнберг и А. Ферт получили в 2007 г. Нобелевскую премию за открытие в синтетизированных ими слоистых магнитных наноструктурах эффекта гигантского магнитного сопротивления — макроскопического проявления сугубо квантовых эффектов, что оказалось очень важным для разнообразных приложений. Я упомяну только два из них.

Первое — применение новых материалов — многослойных магнитных наноструктур с гигантским магнитосопротивлением — в качестве "считывателя" информации с магнитных носителей. Во всех современных компьютерах устройство считывающих головок основано именно на материалах, в которых используются принципы спинтроники.

Второе крайне перспективное направление — создание оперативной магнитной памяти на этих материалах. Магнитная память по целому ряду параметров превосходит полупроводниковую, над её созданием работают все ведущие производители современной вычислительной техники. О перспективности исследований по спинтронике свидетельствует хотя бы тот факт, что число научных публикаций, содержащих слово "спинтроника", постоянно растёт, и конца этому не видно. Появилось множество новых компаний (к сожалению, за рубежом), которые активно продвигают идеи спинтроники и пытаются разрабатывать на этой основе эффективные устройства обработки информации. Финансирование работ по спинтронике увеличивается быстрыми темпами. В Европе стартовала специальная программа, посвящённая спинтронике, в Соединённых Штатах Америки, Франции, Японии, Германии, Испании созданы новые научные центры и компании, в которых разрабатываются проблемы новой магнитной памяти, вопросы спинтроники решаются применительно к созданию реальных изде-

лий. На западном рынке уже появились первые коммерческие образцы магнитной оперативной памяти, построенной на принципах спинтроники, в повестке дня — её широкое использование.

Спинтроника — это важнейший компонент сквозных цифровых технологий программы "Цифровая экономика Российской Федерации", прямо и непосредственно относящаяся к её разделу "Квантовые технологии". Широкое развитие в России исследований по спинтронике, нацеленное на создание перспективных технологий производства элементной базы современной квантовой электроники, приборов и устройств цифровой обработки информации, — насущная задача для России.

Российская академия наук могла бы стать инициатором Национального мегапроекта по широкому развёртыванию фундаментальных исследований в области спинтроники, ориентированных на создание элементной базы современной квантовой электроники. Концентрация усилий научного сообщества на прорывных направлениях, одно из которых, несомненно, — спинтроника, это залог успеха в обеспечении технологического рывка России в будущий мир высоких технологий.

#### АКАДЕМИК РАН В.Б. БЕТЕЛИН

Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации определяет ключевую роль фундаментальной науки. Эта роль состоит в том, чтобы обеспечить готовность страны к большим вызовам, ещё не проявившимся и не получившим широкий общественный резонанс. Очевидный вызов — импортозависимость России в области элементной базы. Собственно фундаментом всего, о чём сегодня говорилось, является элементная база.

Россия импортозависима в этой области, поскольку она только потребитель на глобальном рынке полупроводников, объём которого порядка 400 млрд долл. Половина этого объёма приходится на США, где данный сектор обеспечивает 1 млн рабочих мест, из них 250 тыс. — основных. В России эти цифры на три порядка меньше по выручке и на два порядка — по численности. Это и определяет импортозависимость по всему спектру, включая суперкомпьютеры, радиоэлектронику, бытовую электронику и пр. Импортозависимость пронизывает всю нашу деятельность, зачитанные здесь доклады с очевидностью говорят об этом.

В чём же заключается ещё один большой вызов? За 25 лет в России выросло целое поколение, которое дома и на работе использует зарубежную электронику. Основная причина в том, что в те-

чение четверти века у нас под словом "экономика" понимается экономика услуг, а не экономика производства промышленной продукции. Эта идея трансформировала образовательную сферу, которая куёт активных носителей импортозависимости. С позиции экономики услуг образование — растущая отрасль экономики, сопоставимая по доходам с нефтяным сектором. Системе образования этой экономики не нужно учить производить промышленную продукцию, поэтому приходит конец так называемой "принудительной школе", которая только и может обеспечить восстановление и рост промышленного производства в стране.

#### АКАДЕМИК РАН Е.Е. ТЫРТЫШНИКОВ

Хочу обратить внимание на одну проблему, связанную с нашими достижениями. Если говорить о суперкомпьютерном моделировании отдельных сложных систем, то здесь у России позиции очень хорошие. Есть, например, модель климатической системы Института вычислительной математики им. Г.И. Марчука, которая успешно участвует в соревновании лучших моделей мира. Есть ещё одна модель, тоже единственная в России, которая используется для составления оперативных прогнозов погоды и полностью готова для работы с высокой эффективностью на новом компьютере Гидрометцентра — почти 30 тыс. процессоров. Однако вот в чём проблема.

На Западе многие суперкомпьютерные установки применяются не только для подготовки крупного вычислительного эксперимента, но и для отладки и перепроверки результатов, поэтому прежде чем представить расчёт для сравнения, выполняется десяток или больше его вариантов. А мы можем позволить себе только один расчёт. Значит, то, что говорилось здесь о необходимости создания суперкомпьютерных центров, безусловно, актуально, но недостаточно: нужны не только суперкомпьютеры в центре общего пользования, должны быть и центры со специализацией, нацеленные на решение крупной научной проблемы, например, моделирования климата и смежных задач.

#### АКАДЕМИК РАН К.В. РУДАКОВ

Наша математическая научная школа с 1970-х годов занимается проблематикой, называемой сегодня, в том числе, искусственным интеллектом. Правда, название периодически меняется — "распознавание образов", "обучение машин", "интеллектуальный анализ Больших данных" и т. п. Сейчас наиболее очевидно проявились две особенности этой области.

Во-первых, она стала настолько популярной, что относительно неё складываются завышенные ожидания. Большие данные, искусственный интеллект — эти слова звучат как некие мантры, будто они сами по себе позволяют решить те или иные задачи. Это неправда, с точки зрения математики особенно заметного прогресса здесь нет. Да, результаты внедряются очень широко, но как всегда, когда область популярна, в неё устремляется много непрофессионалов. Думаю, в плане оценки постановки и качества решения прикладных задач роль Академии наук должна стать существенно более заметной.

Во-вторых, важно разъяснить, что в большинстве случаев то, о чём идёт речь, вовсе не искусственный интеллект. Многие задачи не требуют использования сверхресурсов, они решаются просто, часто на бытовом компьютере. Суперкомпьютеры пытаются использовать не по назначению, там, где не нужны серьёзные вычислительные ресурсы. Конечно, если речь идёт о Навье–Стоксе или моделях климата, то это так, но, например, в промышленности надо помогать людям разумно ставить задачи и правильно их решать, и если задача решается просто, её и следует решать просто. Ведь завышенные ожидания порождают большие разочарования.

## GENERAL DISCUSSION ON PRIORITIES

Received: 03.12.2018

Accepted: 25.12.2019

*Keywords:* V.V. Ustinov, V.B. Betelin, E.E. Tyrtysnikov, K.V. Rudakov.