

Финкельштейн А.М.

Наука: вызовы природы и общества

Лекция, прочитанная в Международном университете (Москва, 28 сентября 2006 г.)

I

Дорогие слушатели! Мне очень приятно выступать в этой аудитории, видеть молодые лица, лица того поколения, которое уже в ближайшие годы будет формировать новый облик нашего государства.

Я буду говорить о науке, захватывающей сфере творческой деятельности, результатом которой является не только всё более полное и углубленное понимание окружающего нас мира, но и сознательное его преобразование в интересах всего человечества. В этой лекции я хочу вместе с вами взглянуть на мир науки с точки зрения тех вызовов, которые в настоящее время ей выдвигает природа и общество.

Как это ни покажется вам странным, наука – относительно молодое явление. В начале XVII века великий Галилео Галилей построил телескоп и открыл горы на Луне, спутники Юпитера, фазы Венеры, пятна на Солнце, а также, экспериментируя с медными шарами, открыл фундаментальный закон свободного падения тел в гравитационном поле Земли, т.н. принцип эквивалентности. Можно сказать, что с этого времени сформировалась наука в современном смысле этого слова, наука как совокупность теоретических моделей и экспериментальных способов их проверки, т.е. как мощный метод выхода из области эмпирически освоенной в эмпирически неосвоенную область, в область новых фактов и знаний. С этого момента стала постепенно исчезать так называемая схоластическая наука, развиваемая в университетах в соответствии с принципом, выдвинутым Фомой Аквинским – «*наука – служанка богословия*». Как мы сейчас знаем, наука создала интеллектуальную базу для западной технологии, триумфальное шествие которой началось в конце XVIII – начале XIX веков. Особую роль в развитии этого процесса сыграла эпоха Реформации, которая привела к господству рационального взгляда на природу и общество и заложила основание того, что сегодня принято называть, отчасти романтизируя это явление, западной свободой, в том числе свободой исследований.

Россию, где все интеллектуальные достижения Возрождения и Реформации были не только не известны, но и принципиально не осваивались из-за греко-византийской традиции абсолютного недоверия к католикам и, тем более, к протестантам, а также из-за энергичного отрицания всего светского, этот процесс обошел стороной. Лишь в 1724–1725 годах, в результате создания по инициативе Петра I Императорской академии наук и художеств (ныне – Российской академии наук), рациональное знание было реабилитировано и признано необходимым для государства и общества. Таким образом, российская наука начала приобретать современные черты на сто лет позже европейской науки.

Начиная с XVII века и до начала XX века события в мире науки и техники развивались весьма неторопливо, и заметные изменения в том, что мы сейчас называем научно-техническим прогрессом, происходили на интервалах времени, сравнимых с историческими эпохами и существенно превышающими жизнь одного и даже нескольких поколений. Приведу несколько разнородных примеров, характеризующих такое положение вещей.

В 1633 г. инквизиция судила Галилея за его приверженность к гелиоцентрической системе. Потребовалось 195 лет, чтобы в 1828 г. католическая церковь сняла запрет на эту концепцию. Кстати говоря, лишь в 1992 г. церковь во времена понтификата Иоанна Павла II признала решения суда инквизиции ошибочным и реабилитировала Галилея.

В 1709 г. во время Северной войны русская армия под командованием Петра I вблизи Полтавы разгромила шведскую армию Карла XII. А в 1799 г., т.е. через 90 лет, русские войска под водительством Александра Суворова перешли швейцарские Альпы. Они тащили за собой те же пушки, которые Петр I использовал в Полтавской битве.

В 1831 г. Майкл Фарадей сделал одно из самых выдающихся физических открытий – открыл явление электромагнитной индукции и высказал идею о существовании электромагнитных волн. Но лишь только в 1895 г. Александр Попов, а в 1897 г. Гульельмо Маркони изобрели радиоприемник и продемонстрировали его действие.

Однако в XX веке, особенно во второй его половине, ситуация радикально изменилась. Это был беспрецедентно динамичный век. События в этом веке, изменяющие окружающую действительность, стремительно сменяли друг друга, за десятилетие перенося людей из одной культурной и технологической эпохи в другую. Это заметно даже сейчас, когда в одно время еще живут люди, которые впервые увидели телевизионную картинку (конец 30-х годов), те, кто помнят взрыв первой атомной бомбы (1945 г.) и запуск первого искусственного спутника Земли (1957 г.), кто был свидетелем полета Юрия Гагарина вокруг Земли (1961 г.) и выхода Нила Армстронга на поверхность Луны (1969 г.) и, наконец, те, для которых все эти события являются фактами далекой истории и кто нынешнюю действительность воспринимают с момента появления первого персонального компьютера (1977 г.) и создания технологии INTERNET (1983 г.), с помощью которой они получают основную часть знаний. Еще более показательным для характеристики нынешней эпохи является тот факт, что 90% научно-технических знаний, которыми в настоящее время располагает человечество, были получены за последние 30 лет, а 90% из общего числа ученых и инженеров, существовавших за всю цивилизацию – наши современники.

Да, мир изменился, и все его наиболее существенные компоненты оказались связанными с рациональным знанием и соответствующими ему социальными институтами. В конце XIX века библиотеки, обсерватории, лаборатории и другие научно-исследовательские учреждения открывались лишь десятками, а научная литература издавалась не более чем тысячными тиражами. Во второй же половине XX века тиражи научной и научно-популярной литературы составили уже многие миллионы экземпляров, число научно-исследовательских учреждений достигло нескольких десятков тысяч, а число людей, занятых в сфере науки и научного обслуживания, только в СССР составило более 4 миллионов человек.

Таким образом, уже в середине XX века наука начала представлять собою сложнейший мир, представляющий из себя не только систему взглядов, но и мощный социальный институт. Он начинается с фундаментальных исследований (*basic researches*), нацеленных на создание предельно широких представлений о природе (т.н. чистые фундаментальные исследования) или тех знаний, которые могут служить для решения предвидимых прикладных задач, т.н. ориентированные фундаментальные исследования (*oriented basic researches*). Он проходит через прикладные исследования, нацеленные на решение конкретной практической задачи (*applied researches*) и заканчивается экспериментальными разработками и внедрением новых материалов, изделий и технологий (*experimental developments*). Классическими примерами ученых, занимавшихся чистыми фундаментальными исследованиями, являются физик Макс Планк – основоположник квантовой теории и физик Альберт Эйнштейн – создатель специальной и общей теории относительности; ориентированными фундаментальными исследованиями – биофизик Фрэнсис Крик и биохимик Джеймс Уотсон – создатели пространственной модели ДНК, прикладными исследованиями – микробиолог Александер Флеминг – первооткрыватель пенициллина и экспериментальными разработками – физики Джон Бардин, Уолтер Браттейн, Уильям Шокли – изобретатели транзистора. Кстати говоря, все они были удостоены Нобелевских премий в области физики, химии и физиологии или медицины.

II

Если говорить о второй половине ушедшего века и нынешнем веке, то, как я уже говорил, практически всё, что нас окружает и обеспечивает наше физическое и духовное существование, напрямую связано с научной и научно-технической деятельностью. Это вызвано тем, что XX век в целом был насыщен многочисленными открытиями, радикально изменившими не только физическую картину мира, но оказавшими решающее влияние на его технологический и технический облик.

Можно указать на ряд таких опорных открытий, сыгравших принципиальную роль в этом процессе. Среди них в области теоретической физики – построение квантовой механики и квантовой теории поля, специальной и общей теории относительности, в области атомной и ядерной физики и физики элементарных частиц – открытия естественной и искусственной радиоактивности и деления ядер тяжелых элементов, осуществление цепной ядерной реакции,

построение теории атома и ядра и стандартной модели элементарных частиц, в области физики конденсированного состояния – построение теории сверхпроводимости и сверхтекучести, а в области технической физики – изобретение радиоприемника, открытие голографии, лазерно-мазерного принципа и транзисторного эффекта, создание полупроводников и микрочипов.

Вне всякого сомнения, по отношению к физике природа выдвигала и до сей поры выдвигает множество вызовов. Среди них в области фундаментальной физики наиболее крупными являются задачи построения единой теории электрослабых, сильных и гравитационных взаимодействий, предсказание параметров (прежде всего масс и спинов) всех мыслимых частиц и описание взаимодействия частиц при сверхвысоких энергиях.

Однако во второй половине XX века в области фундаментальных исследований проявились новые тенденции. Они обнаружили себя в ряде выдающихся открытий в области наук о живом и в астрономии. Поэтому, если XX век можно определить как век физики, то XXI век будет, на мой взгляд, веком биологии и астрономии или, если хотите, веком физики живого и физики Вселенной. Остановлюсь на более известной мне области – астрономии.

В астрономии наиболее впечатляющими открытиями второй половины XX века являлись открытие звездных ассоциаций и звездообразования Виктором Амбарцумяном (1947), квазаров Мартином Шмидтом (1963), реликтового излучения Арно Пензиасом и Робертом Вильсоном (1965), пульсаров Джоселин Белл и Энтони Хьюишем (1967), рентгеновских объектов группой под руководством Риккардо Джиаккони (1970), солнечных нейтрино Раймондом Дейвисом (1968) и космических нейтрино группой под руководством Масатоши Кошиба (1987), построение теории ядерных реакций для объяснения источника энергии звезд Хансом Бете (1938) и теории образования химических элементов в звездах и во Вселенной Уильямом Фаулером и Фредом Хойлом (1954–1957). Авторы почти всех этих открытий были удостоены Нобелевских премий в области физики.

В целом астрономия в конце XX века претерпела революционные изменения, которые будут определять ее облик, по крайней мере, до середины нынешнего века. Во-первых, она стала всеволновой, используя для получения наблюдательной информации о Вселенной полный спектр электромагнитного излучения от радиоволн до гамма-лучей, а также нейтрино, гравитационные волны, космические лучи, вещество планет, их спутников и комет. Во-вторых, она стала глобальной, объединяя для реализации своих программ с помощью современных телекоммуникационных технологий телескопы, расположенные на различных материках, а в ряде случаев и в космосе, в единые глобальные сети реального времени – глобальные телескопы. В третьих, для объяснения новых наблюдаемых явлений она стала использовать самые современные физические теории и самые изощренные математические методы.

Итак, астрономия стала высокотехнологической и, как следствие, очень дорогой наукой, использующей самые передовые наземные и космические технологии. Кардинально изменились и ее кадры – в астрономию пришли новые люди, физики, математики и инженеры, которые принесли с собой указанные выше методы и технические средства и которые, собственно говоря, ее и преобразовали...

Совершенно очевидно, что пространственно-временные и энергетические масштабы происходящих в космосе процессов таковы, что они всегда на порядки порядков будут превышать технические и технологические возможности любой сколь угодно высоко развитой цивилизации. Это означает, что Вселенная является уникальной физической лабораторией (наш выдающийся соотечественник академик Яков Зельдович остроумно определил Вселенную как «лабораторию для бедных»), которую природа предоставила исследователям для изучения необычных состояний вещества, построения и проверки фундаментальных физических теорий. По этой причине именно здесь сосредоточены все наиболее значительные вызовы природы и все наиболее значительные возможные прорывы в ее понимании. Упомяну о нескольких примерах такого рода.

Среди фундаментальных физических теорий особое место занимает общая теория относительности – теория тяготения Эйнштейна. Это поистине фундаментальная теория и потому, что она описывает такие фундаментальные феномены, как сверхсильные гравитационные поля и основные свойства пространства-времени, и потому, что она не имеет внутренних ограничений на область своего применения. Будучи создана более 90 лет тому назад, она многократно и с всё возрастающей точностью проверялась в прямых и косвенных экспериментах, при этом до сих пор не было обнаружено ни одного экспериментального факта, противоречащего этой выдающейся физической теории. Вместе с тем, при изучении ряда

экзотических астрономических явлений, таких как черные дыры и ранняя Вселенная, возникает твердое ощущение, что теория тяготения Эйнштейна должна быть обобщена, подобно тому, как в свое время была обобщена теория тяготения Ньютона.

Черные дыры – это особые области пространства-времени, которые могут возникать на заключительной стадии эволюции звезд (звезды, как и люди, рождаются, живут и умирают) с массами, большими трех масс Солнца, а также в ядрах галактик и квазаров и на начальной фазе расширения Вселенной. Существование черных дыр предсказано общей теорией относительности, и в настоящее время существует ряд наблюдений, которые с высокой степенью достоверности подтверждают существование черных дыр со звездными массами. Ближайшие десятилетия должны прояснить вопрос о существовании сверхмассивных (с массами в сотни миллионов и миллиардов масс Солнца) и первичных (с массами порядка миллиардов тонн) черных дыр – первых как источников первичной энергии ядер галактик и квазаров, вторых как источников информации об очень ранних стадиях эволюции Вселенной. Здесь же мы получим окончательный ответ о механизмах образования той видимой картины мира, которую мы привыкли видеть, взглядываясь в ночное звездное небо.

Вселенная – это уникальное образование, возникшее порядка 14–14,5 миллиардов лет назад из сверхплотного и сверхгорячего состояния, из сингулярности, которая подобно гену содержала всю информацию о будущем Вселенной. Как я уже упоминал, в 1965 году было открыто микроволновое реликтовое излучение, которое несет информацию о первых нескольких сотнях тысяч лет жизни Вселенной. В этот период огненный шар остывал, и в силу расширения его излучение смещалось в инфракрасную область, в результате чего наступили «темные времена» («*dark ages*»), которые длились до тех пор, пока не возникли звезды, которые снова осветили Вселенную. Информацию о более ранних этапах жизни Вселенной, вплоть до нескольких минут после ее рождения, несут данные об ее первичном химическом составе и, прежде всего, о соотношении водорода, гелия, дейтерия и лития (более тяжелые элементы – углерод, кислород, железо и др., рождаются в звездах). Однако наиболее интересные явления сосредоточены на значительно более ранних стадиях эволюции Вселенной, когда она имела размеры на 20 порядков меньше размера атомного ядра. Именно тогда начали работать такие загадочные механизмы, как темная энергия и темное вещество, механизмы, которые задали процесс расширения Вселенной и определили ее основные динамические и топологические свойства.

Исследование природы начальной фазы эволюции Вселенной дает шанс получить ответы и на экзотические и менее точно формулируемые вопросы.

Среди них вопрос – уникальна наша Вселенная или вселенных множество, даже несмотря на то, что некоторые из них бесконечны. Согласно современной теории суперструн, число вселенных может быть большим, чем число атомов в нашей Вселенной. Более того, существуют такие возможности, когда в результате случайных флуктуаций физического вакуума может возникать бесчисленное множество вселенных.

Среди них вопрос – универсальны ли фундаментальные физические законы, описывающие эволюцию всех возможных вселенных или существуют различные их наборы, и каждая из вселенных следует своим законам.

Наконец, среди них вопрос – является ли наша Вселенная самой сложной из теоретически возможных, в силу чего ее физические законы позволяют образовывать сложные, в том числе и живые структуры, к которым принадлежим и мы.

Пожалуй, я ограничусь этими примерами, чтобы вызовы, порождаемые человеческой фантазией, не превзошли количественно и качественно вызовы природы.

Сейчас же я коснусь одной темы, которая волнует меня и многих других исследователей и которая, как мне кажется, должна волновать многих людей, живущих на нашей планете.

Я уже говорил о возрастающей роли астрономии в фундаментальной науке XXI века. Эта тенденция, как мне кажется, порождена не только естественной потребностью исследователей ответить на самые крупные вызовы природы, но и в стремлении понять, почему мы – человечество – оказались в этой части Вселенной и каковы цели, поставленные перед нами, т.е. в определенном смысле в стремлении дать ответ на вопрос о «смысле жизни». Последний вопрос содержит значительную идеальную компоненту, и он связан, как мне представляется, с тем обстоятельством, что мыслящий человек, начиная с первого *homo sapiens*, всматриваясь в звездное небо (напомню, что типичный наблюдатель видит на небе невооруженным глазом не менее 3000 звезд), быстро осознал гигантские масштабы окружающего его космического пространства. А далее, чем глубже он познавал этот мир, тем чаще задавал самому себе вопросы

о смысле своего пребывания во Вселенной, о месте в нем занимаемом, о смысле своего бытия. С моей точки зрения желание всматриваться в небо было характерно, прежде всего, для народов, живущих в южных широтах (от 10° до 40°), поскольку южное небо прозрачно и звезды на нем яркие; для северных же народов небо почти всегда закрыто и поэтому ничего им не говорит и ничего не будит в их сознании. Не случайно, что именно в южных широтах возникли первые великие цивилизации, и там же родились и действовали величайшие мудрецы человечества – Конфуций и Лао-Дзы, пророки Израиля и Иудеи, Сократ и Будда, Иисус и Магомет.

Надо сказать, что современная цивилизация характеризуется не только высоко развитыми технологиями, которые обеспечивают настоящие и ближайшие будущие практические потребности людей. Она характеризуется также многочисленными вторичными мирами (религиями, культурой, искусством, философией и т.д.) и созданной духовными усилиями людей чрезвычайно избыточной искусственной средой (спорт, шоу-бизнес, мода, реклама, звания, награды и т.д.), ни от одной из компонент которой человечество не готово, а возможно и не способно, отказаться. Возникает естественный вопрос, как совместить эту фантастическую, и по большей части творческую, активность людей в областях, не связанных с проблемой выживания, с отчетливым пониманием того, что Вселенная, масштабы которой на 26 порядков больше масштабов человека, абсолютно безразлична к самому факту существования человеческой цивилизации, пониманием того, что события, которые происходят в Космосе, способны хладнокровно прекратить ее существование.

В далеком космосе мы видим множество таких апокалиптических событий – столкновения галактик, взрывы звезд, черные дыры, разрывающие или поглощающие звезды. Но и в нашей Солнечной системе происходили и происходят не менее масштабные катастрофы. Достаточно вспомнить о многочисленных следах столкновения Земли с астероидами, ряд из которых приводил к радикальным изменениям флоры и фауны Земли. В частности, кратер Чиксулуб в Мексике является свидетелем такого события, которое произошло на рубеже мезозойской и кайнозойской эр, т.е. приблизительно 65 миллионов лет назад, в результате чего произошло массовое вымирание одних видов животных и развитие других. Попигайская котловина на севере Средне-Сибирского плоскогорья, которая образовалась 35,5 миллионов лет назад от столкновения с Землей астероида диаметром 1,5 км, что привело к существенным изменениям в фауне Земли. Совсем недавно, в июле 1994 года, мы были свидетелями столкновения кометы Шумейкеров–Леви с Юпитером, свидетелями события, по масштабам эквивалентного столкновению с Землей астероида диаметром не менее 10 км.

Итак, где будет получен ответ на поставленный ранее вопрос. Мне кажется, что он будет в той или иной степени получен в астрономии, то есть именно в рамках той науки, которая этот вопрос и поставила.

Один из путей решения этого вопроса намечают идеи т.н. антропного принципа. В соответствии с ним, Вселенная управляется такими законами, которые позволили ей приблизительно за 14 – 14,5 миллиардов лет проэволюционировать из довольно примитивного начального состояния, состояния радиационной стадии, в сверхсложное состояние с галактиками, звездами, планетными системами. При этом Вселенная так тонко подстроила свои фундаментальные параметры (фундаментальные физические постоянные, размерность, топологию и т.д.), что в ней, хотя бы на одной планете, смогли начаться биологические процессы, возникли жизнь, разум и цивилизация.

А ведь могло бы быть и совершенно по-другому. Достаточно было бы слегка изменить физические законы, например, чуть увеличить величину элементарного электрического заряда, как возникла бы Вселенная, в которой нет атомов, а есть только темная энергия. Если же изменить закон так, чтобы заряд был чуть меньше, то во Вселенной были бы только атомы таких простых элементов, как водород и гелий. Если бы сильные взаимодействия, удерживающие протоны и нейтроны, были бы чуть слабее, то подавляющее большинство химических элементов таблицы Менделеева были бы нестабильны, в результате чего не возникли бы сложные молекулы, в том числе и ДНК. А если бы они были чуть сильнее, то не были бы возможны термоядерные реакции, дающие энергию звездам и обеспечивающие энергообеспечение планетных систем.

Рассуждения такого рода можно продолжать, и они, как следствие, приведут к заключению, что все существующие фундаментальные константы и фундаментальные физические законы, взятые в совокупности, имеют очень узкий интервал допустимых значений, позволивший создать Вселенную, в которой возникла жизнь и разум.

Отсюда возможны два варианта ответа на поставленный ранее вопрос. Один состоит в том, что наша Вселенная, в которой возникла жизнь – это только случайность среди множества, может быть даже бесконечного множества, других вселенных. Такой подход исключает возможность того, что называется «Божественным замыслом» или «Божественным дизайном». Он же лишает всякого содержания вопрос «о смысле жизни». Другой подход предполагает, что существует такой фундаментальный закон, согласно которому может существовать только такая Вселенная, которая способна породить жизнь и разум, и эта Вселенная – уникальна. В этом случае можно говорить, что Вселенная является результатом «Божественного дизайна», согласно которому неизбежность возникновения жизни и разума была заложена фундаментальными физическими законами в момент рождения Вселенной из сингулярного состояния. Такой подход можно рассматривать в качестве попытки построения физической модели того, кого верующие люди называют Творцом. В этой модели вопрос «о смысле жизни» неизбежно приобретает глубокое содержание и на него, вероятно, можно получить строгий ответ.

Рассуждая об антропном принципе, я хотел продемонстрировать вам, как в рамках научного языка можно получить строгие ответы даже на такие вопросы, которые постоянно ставятся и обсуждаются в рамках философии или тысячелетиями нащупываются мировыми религиями.

В заключение этого раздела упомяну о еще одном вопросе, ответ на который должен быть получен в ближайшие десятилетия. Это вопрос о том, одиноки ли мы во Вселенной? Это один из самых захватывающих вопросов, и тема о поиске внеземной жизни, разума и цивилизации достойна отдельной лекции. Поэтому здесь я скажу лишь несколько слов на эту тему.

Поиск следов внеземного разума – это одна из задач астрономии, которая по своей природе является наукой, ведущей регулярные обширные обзоры неба, результатом которых является открытие новых, в том числе и экзотических, астрономических объектов. Так открытие в 1967 году пульсаров, нейтронных звезд с удивительно стабильным импульсным радиоизлучением, некоторое время рассматривалось первооткрывателями как обнаружение следов внеземной цивилизации.

В последнее десятилетие было открыто более 100 планет у звезд солнечного типа, а в космическом пространстве обнаружено более ста типов сложных органических молекул, в том числе есть основание полагать, что найдена и одна из аминокислот – глицин. Всё это свидетельствует о том, что мы вроде бы в двух шагах от обнаружения следов внеземной жизни, разума и цивилизации. Однако Вселенная, в которой сто миллиардов галактик, каждая из которых содержит в среднем сто миллиардов звезд, вызывающе демонстрирует отсутствие каких-либо однозначных следов внеземного разума, или, если говорить более точно, то внеземной цивилизации. Ведь если внеземная цивилизация существует, то, развиваясь технологически, т.е. по тому сценарию, по которому развивается земная жизнь, она должна оставлять следы, которые неизбежно были бы обнаружены астрономическими наблюдениями, и, прежде всего, наблюдениями с помощью современных радио- и инфракрасных телескопов.

Как объяснить это «космическое молчание». Существуют многочисленные варианты ответа на этот вопрос. Возможно, что наличие жизни не всегда ведет к наличию разума, а тем более к возникновению цивилизации. Возможно, что технологические цивилизации, оставляющие следы в космосе, не единственный путь развития разума. Возможно, что цивилизации живут не слишком долго по космическим масштабам и погибают до того, как мы ее можем обнаружить. Возможно, что жизнь земного типа, в том числе и разумная жизнь, не единственный из возможных вариантов. Даже на Земле мы имеем массу примеров жизни (дельфины, пчелы, муравьи и т.д.), которую мы не готовы признать разумной. На Земле существуют метанококки – организмы, которые живут на больших глубинах вблизи гидротермальных источников при температурах выше 100°C и давлении более 200 атмосфер. Эти организмы, поглощающие водород, двуокись кислорода, азот и тяжелые металлы и выделяющие метан, трудно даже признать жизнью. В космосе такая задача может оказаться на порядки более сложной, и Станислав Лем дал блистательный пример такого рода своим Солярисом. Если так, то мы одиноки, однако, одиноки подобно Гамлету в толпе. Наконец, возможно, что жизнь, разум и цивилизация – это уникальное явление, и мы действительно одиноки во Вселенной. Лично мне наиболее привлекательным представляется этот вариант. Он мне кажется более мужественным, поскольку возлагает на нас и только на нас ответственность за наше будущее. Ограничусь сказанным, чтобы не уйти бесконечно далеко от основной темы моего доклада.

III

Итак, в области чистых фундаментальных исследований имеется большое число содержательных вопросов и увлекательных задач. Однако значительно большее число задач сосредоточено в области ориентированных фундаментальных исследований и еще большее – в области прикладных исследований. Эти задачи рождены не только вызовами природы, но и вызовами общества. Среди них – управляемый термоядерный синтез, высокотемпературная сверхпроводимость, вещества с заданными свойствами, водородная и солнечная энергетика, методы доставки лекарств к пораженным органам, биологические компьютеры, микромашины, новые типы космических аппаратов и множество других необходимых и актуальных практических проблем. Без решения этих и множества, подобных им задач человечество не имеет шансов не только на благополучную жизнь, но и просто на выживание.

Долгие годы существовала довольно определенная граница между фундаментальными и прикладными исследованиями. Эта граница проходила и между типами исследований, и между людьми, их проводящими. Первопричиной разобщенности фундаментальных и прикладных исследований были, на мой взгляд, различия в системах ценностей. Фундаментальные исследования были нацелены на свободный поиск и подчинялись в нем внутренним потребностям науки и творческим интересам исследователей, прикладные – на решение конкретных задач в конкретные сроки с конкретной ответственностью перед конкретным заказчиком. Исследователи первой группы были, как правило, плохо знакомы с современными технологиями, структурой производства и рядом существенных организационных и финансово-экономических вопросов. Исследователи второй группы, как правило, плохо ориентировались в панораме фундаментальных знаний и методов, применяемых в фундаментальных исследованиях. В связи с этим неоднократно отмечалось, что при видимой принадлежности к одному социальному слою, представители обеих групп принадлежали к двум различным типам культур. Однако во второй половине XX века начали действовать процессы, размывшие, и, на мой взгляд, навсегда, четкую границу между фундаментальными и прикладными исследованиями.

С одной стороны, все наиболее содержательные чистые и ориентированные фундаментальные исследования, даже подчиненные лишь весьма отдаленным и опосредованным потребностям общества, начали использовать все наиболее значительные технические и технологические достижения прикладной науки. Для этого достаточно вспомнить об исследованиях в области физики элементарных частиц и о космических исследованиях.

С другой стороны, для решения прикладных задач напрямую стали использоваться самые передовые теоретические концепции, фундаментальные физические теории и средства самых развитых разделов математики, которые ранее традиционно применялись только в чистых фундаментальных исследованиях.

В качестве одного из таких примеров вспомним, что абстрактные идеи кибернетики, развитые математиком Джоном Нейманом и физиком Норбертом Винером (1945–1948), используются в мощном мире современных информационных систем, начиная с создания первого языка программирования FORTRAN (1956), изобретения микрочипа Джеком Килби (1958) и создания Стивеном Джобзом и Стивеном Возняком первых персональных компьютеров APPLE-I и APPLE-II (1977) и заканчивая созданием операционной системы MS-DOS Биллом Гейтсом (1981), разработкой сетевого протокола TCP/IP и переходом к технологии INTERNET (1983).

В качестве другого примера укажу на то, что такая фундаментальная физическая теория, как квантовая механика, является в настоящее время рабочим инструментом в твердотельной электронике, а общая теория относительности – в современных навигационных системах, системах атомного времени и во многих других системах координатно-временного обеспечения.

Наконец, в качестве еще одной иллюстрации размывания границы между фундаментальной и прикладной наукой можно указать и на тот факт, что больше половины Нобелевских премий в области физики за 106 лет существования этой международной награды были присуждены за открытия в области технической и общей физики, атомной и ядерной физики и физики конденсированных состояний, т.е. тех разделов физики, которые либо напрямую носят прикладной характер, либо широко используются при решении прикладных задач.

Вообще деление науки на фундаментальную и прикладную, если к нему относиться догматически, напоминает мне деление любви на платоническую и телесную, что также вероятно обосновывается тем, что первая способствует лишь развитию духа, а вторая – решению насущных демографических проблем. Наука же во многих отношениях более похожа на биосферу, нежели на гессевскую Касталью, в которой высшей формой интеллектуальной

деятельности является «игра в бисер». В науке каждый ее элемент играет важную и нужную роль, и ей, также как и биосфере, присущ свой тип «метаболизма». Поэтому, закрывая (например, перестав финансировать) какие-либо научные направления, которые кажутся сегодня практически бесполезными, мы всегда должны иметь в виду, что рискуем со временем потерять возможность требовать от науки решения несомненно важных практических задач. Пройдя сложный «обменный» аппарат науки, эти действия могут явиться причиной гибели новых идей, методов, экспериментальных результатов и, наконец, духа свободолобия и творчества, присущего институту науки.

IV

Теперь спустимся с небес на землю и поговорим немного об области весьма далекой от науки – о деньгах. В связи с всё увеличивающимися материальными затратами, и прежде всего затратами государственных бюджетных средств, на научные исследования, содержание которых в большинстве случаев оказывалось до конца понятным только специалистам в данной предметной области, с особой остротой встал вопрос о том, кто и как должен определять порядок планирования и расходования этих средств. Определенное время господствовала точка зрения, согласно которой коллегия ученых любого ранга не может формулировать и проводить в жизнь разумную политику финансирования научных исследований. В частности, считалось, что профессиональные интересы ученых, как правило, увлеченных стремлением ответить на вызовы природы, не всегда совпадают с государственными или общенациональными интересами. Кроме того, полагалось, что научное сообщество при распределении средств будет руководствоваться одним из двух простых принципов – либо «всем сестрам по серьгам», либо «кто сильный, тот и прав». Поэтому долгое время основное государственное финансирование науки осуществлялось по линии прикладных исследований и, прежде всего, исследований, носящих оборонный характер, значение которых во властных структурах не подвергалось сомнениям. Чистые же, в том числе и ориентированные, фундаментальные исследования проводились в научно-исследовательских институтах как часть этих прикладных исследований или в университетах как часть системы образования. Это создавало определенное напряжение между научным сообществом и государством. Однако после второй мировой войны, трагический опыт которой однозначно показал значение как прикладной, так и фундаментальной наук, компромисс между исследователями и государством был достигнут. Он состоял в создании государством общенациональных координационных органов, уполномоченных содержательно распределять государственные средства, выделяемые на науку. В этой модели наука оставалась самоуправляемой, и ученые в качестве экспертов и консультантов участвовали в разработке научных приоритетов, а также в определении необходимых объемов финансирования по крупным научным направлениям, в том числе и тем, которые требуют заметных капитальных вложений. Принятие окончательных решений, а также контроль за расходованием выделенных средств, осуществляли политики и государственные чиновники. В СССР таким общенациональным органом стала Академия наук СССР (ныне – Российская академия наук), которая вплоть до распада СССР активно исполняла эту функцию.

Сейчас стало очевидным, что этот подход оказался не только эффективным, но и единственно возможным, ибо профессиональную оценку наиболее перспективных научных и научно-технических направлений невозможно проводить без привлечения ученых, т.е. людей, не только детально и глубоко понимающих предметные области, но и имеющих точное представление об объективных и субъективных механизмах научных исследований. Стало ясно, что задача чиновников на этой стадии состоит в том, чтобы содержательно участвовать в дискуссиях, вносить предложения от имени государства, внимательно выслушивать мнение членов научного сообщества и терпеливо искать согласия.

Успех такого подхода был полностью подтвержден тем, что во второй половине XX века в развитых странах наука, в том числе и фундаментальная наука, из идеологической надстройки стала превращаться в элемент производственной структуры, в мощный сектор национальной экономики. При этом к настоящему времени рынок знаний стал более выгодным, нежели рынок товаров и услуг. Одними из первых это поняли США, где, начиная с 70-х – 80-х годов прошлого века, затраты на науку стали составлять 2,5 % от ВВП. Из них от 15 % до 35 % (от 0,38 % до 0,86 % от ВВП) расходовались на фундаментальные исследования при незначительном участии частного сектора. Для сравнения также укажем, что в 2000 г. финансирование науки в США составило три бюджета России. Даже Китай ежегодно вкладывает в развитие фундаментальной

науки около 19 млрд. долларов. В это же время в России объем финансирования науки составлял менее 1,7 % от бюджета или менее 0,4 % от ВВП и являлся по существу унизительным.

В настоящее время в развитых странах результаты научных исследований, в том числе и фундаментальных, стали иметь непосредственную, а во многих случаях и очень высокую, коммерческую стоимость. Уже сейчас общий ежегодный торговый объем 50 высоких технологий, т.н. макротехнологий, достиг 2,3 триллионов долларов США, из которых 80 % приходится на США, Германию и Японию (объем России, обладающей 17 такими технологиями – около 690 миллионов долларов США или около 0,3 % от мирового объема). Более того, заметную роль в экономике развитых стран начинают играть «ноу-хау», где их ежегодный торговый объем составляет 40 миллиардов долларов США (объем России – 4 миллиона долларов США или 0,01 % от мирового объема). Впереди нас ждет мощный рынок «брейн-хау», в котором основным товаром будут научные идеи и научные теории.

Уже сейчас отчетливо видны следствия этого процесса – очень значительную роль стали играть те национальные и транснациональные корпорации, в которых развиваются высокие технологии и где уровень капитализации определяется в основном нематериальными активами. В качестве одного из таких примеров достаточно упомянуть о том, что такие крупнейшие автомобильные компании, как «Дженерал Моторс», «Форд» и «Даймлер-Крайслер», в которых занято около 2,4 миллионов человек, имеют уровень капитализации в 192 млрд. долларов, в то время как компании «Диско», «Американ-онлайн» и «Яху», производящие новые технологии и программные продукты, имеют уровень капитализации более 600 млрд. долларов при общем числе сотрудников около 35 тысяч человек.

В настоящее время в США, Германии и Японии 65–80% прироста национального дохода определяются результатами научно-технической деятельности. Население в США составляет всего 5 % населения мира, а его вклад в мировых расходах на науку составляет 40%, в результате чего вклад США в мировой валовой продукт даже сейчас превышает 20 %. Для сравнения укажем, что в России эти показатели составляют соответственно 2,5 %, 1,5 % и 2,5 %. Неудивительно, что до недавнего времени ежегодный прирост бюджета США превышал весь ежегодный бюджет Российской Федерации или был сравним с ним.

Несколько слов о заключительной фазе научных исследований, о фазе прикладных исследований и опытно-конструкторских разработок – о так называемой фазе инноваций. Термин «инновация» был введен в начале XX века австрийским экономистом Йозефом Шумпетером, и он соответствует общеизвестному у нас в стране термину «внедрение». В настоящее время в сознании российских государственных деятелей и отчасти в общественном сознании именно эта фаза научных исследований рассматривается в качестве наиболее серьезного обоснования бюджетных затрат на научные исследования в целом. Отмечу, что здесь часто возникают определенные эмоциональные напряжения между учеными, властью и обществом. Эти напряжения порождаются рядом идеологических и практических причин. В частности, часто ученые ждут от общества романтического отношения к науке, а общество по большей части относится к ней потребительски. Однако более важная причина состоит в том, что в подавляющем большинстве случаев идеи инноваций возникают там, где нет ни богатства, ни власти, т.е. тех условий, которые являются критическими для инновационного процесса. Поэтому требуется, чтобы основная, и уж во всяком случае, на первых порах, поддержка как крупной, так средней и малой инновационной деятельности, осуществлялась государством. И мы знаем, что именно так и происходит в хорошо организованных странах, управляемых ответственными правительствами.

И опять США занимают лидирующие позиции в этом процессе. Достаточно сказать, что в США государственная поддержка только малых и средних инновационных предприятий, т.е. тех предприятий, где не менее 30 % дохода связаны с инновационной деятельностью, составляет, начиная с 1995 г., более 5,5 миллиардов долларов в год. В России, к сожалению, до недавнего времени затраты на инновации были в сотни раз меньше, и, более того, часть из них шла на создание инновационных фирм и соответствующих им инфраструктурных матриц – инкубаторов, технопарков и т.д., а не собственно на доведение научно-технической идеи до серийного производства и передачи ее в коммерческий оборот.

V

XX век придал уверенность в том, что возможности современной науки безграничны, что для нее нет ничего недоступного. Вместе с тем, в конце XX – начале XXI веков в части общества

стали формироваться представления об окружающем мире, его прошлом, настоящем и будущем в терминах, более присущих средневековому, нежели современному мышлению. Происходящее стало подтверждать высказывание святого Августина о том, что *«в каждом веке есть свое средневековье»*. В особой степени это явление стало типичным для современной России, где в результате резкой смены общественного строя и крушения коммунистической идеи образовался идеологический вакуум, который заполнили представители Русской православной церкви, а также других религиозных конфессий и религиозных организаций. Российское общество стало обращаться к архаическим ценностям, а народное сознание, как и сознание политических руководителей, подобно тому, как это имело место в России в конце XIX – начале XX веков, стало сильно мифологизировано – и те, и другие стали ждать не знания, а знамений, и те, и другие стали верить не ученым, а различным священнослужителям и толкователям, «старцам» и «божьим людям».

Идея Бога – одна из важнейших идей человеческой культуры, хотя, как известно, не всем народам было присуще теистическое мышление, а тем более мышление, связанное с большим количеством религиозных мифов. Например, в Китае в течение более 2500 лет общественную жизнь определяла не религия, а этико-философская система Конфуция, которая прокламировала в качестве высших ценностей образование, законопослушание и преданность семье. По этой причине в Китае мифы были заменены историческими легендами об образованных и справедливых правителях. В китайском языке нет даже отдельного понятия «религия» – соответствующий иероглиф «цзяо» переводится и как «религия», и как «учение».

Вера в Бога – тонкое и сугубо индивидуальное чувство. Оно у разных людей порождается различными причинами, и в ряде случаев позволяет им ответить на те вопросы, на которые им в настоящее время не дает ответов ни философия, ни наука. Действительно, как говорил австрийский философ Людвиг Витгенштейн, *«мы чувствуем, что даже когда даны ответы на все возможные научные вопросы, то наши жизненные проблемы еще даже не затронуты»*. Религиозность же иногда предоставляет возможностям чувствам, эмоциям и интуиции играть созидательную роль. Таким образом, индивидуальное религиозное чувство, жестко не связанное с религиозными догмами, достаточно свободно совмещается с восприятием научной картины мира. Поэтому неудивительно, что даже такой религиозный фанатик, как Жан Кальвин, считал, что *«люди, сведущие и искушенные в науках или интересующиеся ими, легче и глубже постигают Божьи тайны»*.

Религиозное чувство и соответствующий религиозный опыт, согласно датскому философу и теологу Серену Кьекегору, это вопрос личного выбора и риска, его нельзя анализировать, поскольку в результате анализа религиозное переживание перестает быть таковым. По этой причине многие выдающиеся ученые были религиозны и, более того, идея о том, что мир поддается рациональному пониманию, служила некоторому числу из них доказательством того, что мир был сотворен Создателем. Они считали, что Бог, помимо книг Священного писания, дал им в качестве откровения о себе Книгу природы, и по этой причине они, и даже, быть может, только они, могут разговаривать с Богом, задавая Ему содержательные вопросы и получая содержательные ответы. Этим они отличались от тех верующих, которые стремились установить личные отношения с Богом только с помощью молитвы. В связи с вышесказанным не удивительно, что в XIX веке австрийский монах общины Святого Томаша в Брюнне Георг Мендель стал основоположником теории наследственности, а в XX веке бельгийский католический священник церкви в Лувене Жорж Леметр – создателем теории расширяющейся Вселенной.

В 1998 году в энциклике «Вера и Разум» папа Иоанн Павел II утверждал, что *«вера и разум – это два крыла, на которых человеческий дух возносится к постижению истины»*. Несмотря на красоту этого утверждения, нельзя согласиться с ним, если понимать его буквально. Ведь религия, в отличие от науки, допускает наличие чудес, нарушающих фундаментальные законы природы, а ряд ее религиозных базовых догм очевидным образом противоречат научной картине мира. Невозможно, например, согласовать хорошо установленный закон генетики о том, что мужской пол у всех млекопитающих определяется набором XY хромосом с догмой о том, что Иисус Христос родился в результате непорочного зачатия Богоматери Марии, которая обладала набором XX хромосом. Невозможно считать, что после снятия с креста Иисус Христос был обернут в плащаницу, которая ныне хранится в Турине, после того, как в 1988 году три независимые лаборатории в США, Англии и Швейцарии по поручению Ватикана провели радиоуглеродный анализ плащаницы и датировали ее возникновение в интервале от 1170 до 1335

гг. Примеров фактов, твердо установленных наукой и противоречащих религиозной догматике, можно приводить великое множество.

Протестантизм был первым из крупных религиозных течений, который отказался от догматического толкования старинных библейских сюжетов и стал самостоятельно толковать Священное писание в ответ на новые вызовы времени, в том числе, и на неоспоримые утверждения науки. Католицизм в середине 60-х годов прошлого века, во время второго Ватиканского собора (1962–1965 гг.), который протекал в период понтификатов Иоанна XIII и Павла VI, также провозгласил курс на неоспоримость научного знания. Это позволило перевести диалог между христианской религией и наукой в состояние мирного сосуществования. Русская православная церковь оказалась значительно более консервативной и попала в плен у множества устаревших и противоречащих научной картине мира обветшалых догм древности. В итоге в своей практике она подтвердила то, о чем говорил в упомянутой выше энциклике Иоанн Павел II – *«вера, избавленная от рассуждения... сопряжена с риском выродиться в миф и суеверие»*.

Когда возникла наука, между религией и научным знанием был заключен негласный договор, согласно которому знание находилось в компетенции науки, а моральные ценности в ведении религии. Такое положение вещей сохраняется до настоящего времени, поскольку научное знание эволюционирует и осваивается стремительно, а моральные ценности – развиваются очень медленно. По этой причине и в настоящее время религия продолжает играть роль формы, в которой, в частности, рождаются представления о «добре и зле» и концепции «смысла жизни», не теряющие религиозной основы в течение столетий и даже тысячелетий. Научное же знание давно и навсегда ушло далеко за пределы догматической религиозной картины мира.

Кстати говоря, в светских странах отделение церкви от государства и, в частности, отделение светского образования от религиозного, являлось следствием этого давнего договора. В России же в настоящее время некоторые религиозные деятели и, прежде всего наиболее влиятельные из них, пытаются нарушить этот договор. Это особенно заметно в стремлении церкви, и в первую очередь православной, заменить в общественном сознании научную картину мира на религиозную и, более того, ввести ее в обязательные школьные программы. Очевидно, что всё это невозможно осуществить без поддержки власти. В России церковь всегда стремилась получить поддержку власти и даже стать ее частью, подтверждая мысль, высказанную известным американским психологом и социологом Эрихом Фроммом, о том, что все крупные религии, имеющие церкви, представляют собой массовые организации, которые управляются мощной бюрократией, часто руководствующейся, как и в светских организациях, личными или корпоративными интересами. Естественно, что власть, в свою очередь, использует религию для решения собственных проблем, которые даже в малейшей степени не связаны с религиозным восприятием мира.

Тем не менее, общественный вызов, который религия поставила перед наукой, требует от последней напряженной работы над теми вопросами, которые вызывают острый общественный интерес, с одной стороны, и не менее напряженных усилий по ознакомлению общества с научными достижениями или, говоря проще, по его просвещению, с другой стороны. При этом следует помнить, что наука при правильном ее изложении может не только удовлетворить естественный общественный «аппетит к удивительному», но и обеспечить рациональные и идеальные основания для ответа на важнейшие этические и моральные вопросы.

VI

Заканчивая свой доклад, который весьма вероятно вас уже утомил, я хотел бы отметить, что проблема просвещения общества связана с еще одним вызовом к науке, да и к образованию. Он порожден тем, что в ряде случаев уровень человеческого невежества значительно выше, чем кажется большинству из нас. Вместе с тем абсолютное большинство общественных систем развивается так, что подавляющему большинству людей отведена роль исполнителей, искренне верящих в то, что у лидеров есть ответы на все вопросы, а лидеры с уверенностью, иногда даже искренней, претендуют на знание этих ответов. В связи с этим лидеры не заинтересованы в повышении интеллектуального уровня населения, как бы подтверждая мысль, в свое время высказанную Львом Толстым: *«Сила правительства держится на невежестве народа, и оно знает это, а потому всегда будет бороться с образованием»*.¹⁴

¹⁴ Хотелось бы надеяться, что для нашего времени эта цитата будет неактуальной. – Прим. редкол.

При возрастающей сложности технических и технологических проблем и вытекающих из них государственных и социальных следствий всё яснее становится и непрерывное снижение компетентности подавляющего числа политических и государственных лидеров. Это связано с тем, что даже лучшие из них не имеют никакого серьезного представления о науке и о порожденных ею современных технологиях и технических средствах. По этой причине они всё чаще и чаще принимают решения, руководствуясь ложными идеями или поверхностными знаниями о предмете, в отношении которого они принимают решения, порождая этим самым всё новые и новые проблемы.

Одним из таких примеров последнего десятилетия прошедшего века является одобренная политиками экономическая реформа России, которую известный американский монетарист Джордж Сакс точно и остроумно охарактеризовал в 1996 году: *«Мы положили больного на операционный стол, вскрыли ему грудную клетку... А оказалось, что у него другая анатомия»*. Напомню, что в 1998 году в России произошел дефолт. Те же, кто взял ответственность за принятие этого решения, как мне представляется, не вполне адекватно представляли природу экономических теорий, которую блестяще охарактеризовал выдающийся английский экономист Джон Кейнс: *«Экономика – это наука думать в терминах моделей, соединенная с искусством выбирать модели, подходящие современному миру»*. Таким образом, экономика дает только инструменты для понимания и освоения мира. При этом существует довольно значительное число экономических моделей, даже относящихся к разряду наиболее авторитетных («мейн-стрима»), которые нельзя однозначно отождествлять с возникающими реальными проблемами и которые нельзя неосмотрительно использовать при формировании общественных процессов, в которых участвуют миллионы свободных людей. В частности, неолиберализм, который утверждает, что в последовательной рыночной экономике нет и не может быть места для социальной справедливости, входит в противоречие с принятым в России массовым представлением о социальной справедливости, представлением, которое играет значительную экономическую роль, поскольку формирует отношение людей к труду, средствам производства и собственности. По этой причине идеи неолиберализма не были и никогда не будут приняты российским обществом. Это конечно не единственный и, может быть, даже не самый впечатляющий пример некомпетентности политиков.

В заключение я хотел бы сказать, что раньше или позже нам придется сделать выбор между цивилизацией как правлением политических лидеров, обещающих всё и, как правило, не понимающих того, о чем они говорят, и между цивилизацией как глобальным правлением ученых и инженеров, технологов и знатоков-экспертов. Трудно сказать, будет ли от этого наша общественная жизнь веселее, но нет никаких сомнений, что она будет значительно более справедливой, комфортабельной и безопасной.