



# 2014 год объявлен годом управляемого термоядерного синтеза в России



13 января 2014 г. Пол Томас,  
заместитель генерального  
директора Организации ITER,  
посетил учреждение Госкорпорации  
«Росатом» «Проектный центр ITER»

В первый день своего российского визита Пол Томас провел рабочую встречу с коллективом Российского агентства ITER в Москве. В своем докладе на встрече с сотрудниками ITER-центра он отметил, что «сейчас настал момент, когда нам всем необходимо применить максимум усилий для достижения нашей общей цели».

А уже 14–15 января в Институте ядерной физики СО РАН им. Г.И. Будкера (Новосибирск) прошла расширенная встреча Пола Томаса и руководства института с заместителем генерального директора Госкорпорации «Росатом» В.А. Першуковым, директором Проектного центра ITER А.В. Красильниковым и директором Института физики токамаков НИЦ «Курчатовский институт» Э.А. Азизовым. Во встрече приняли участие первый заместитель губернатора Новосибирской области А.Е. Ксензов и вице-председатель Сибирского отделения РАН академик В.М. Фомин.

Встреча в Новосибирском ИЯФ СО РАН была посвящена расширению участия института в совместной реализации международного термоядерного проекта ITER,

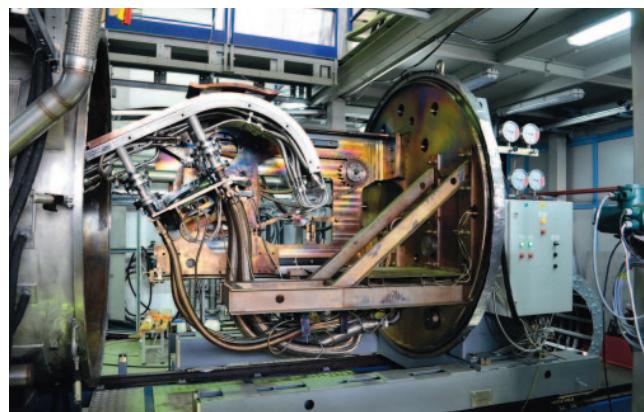


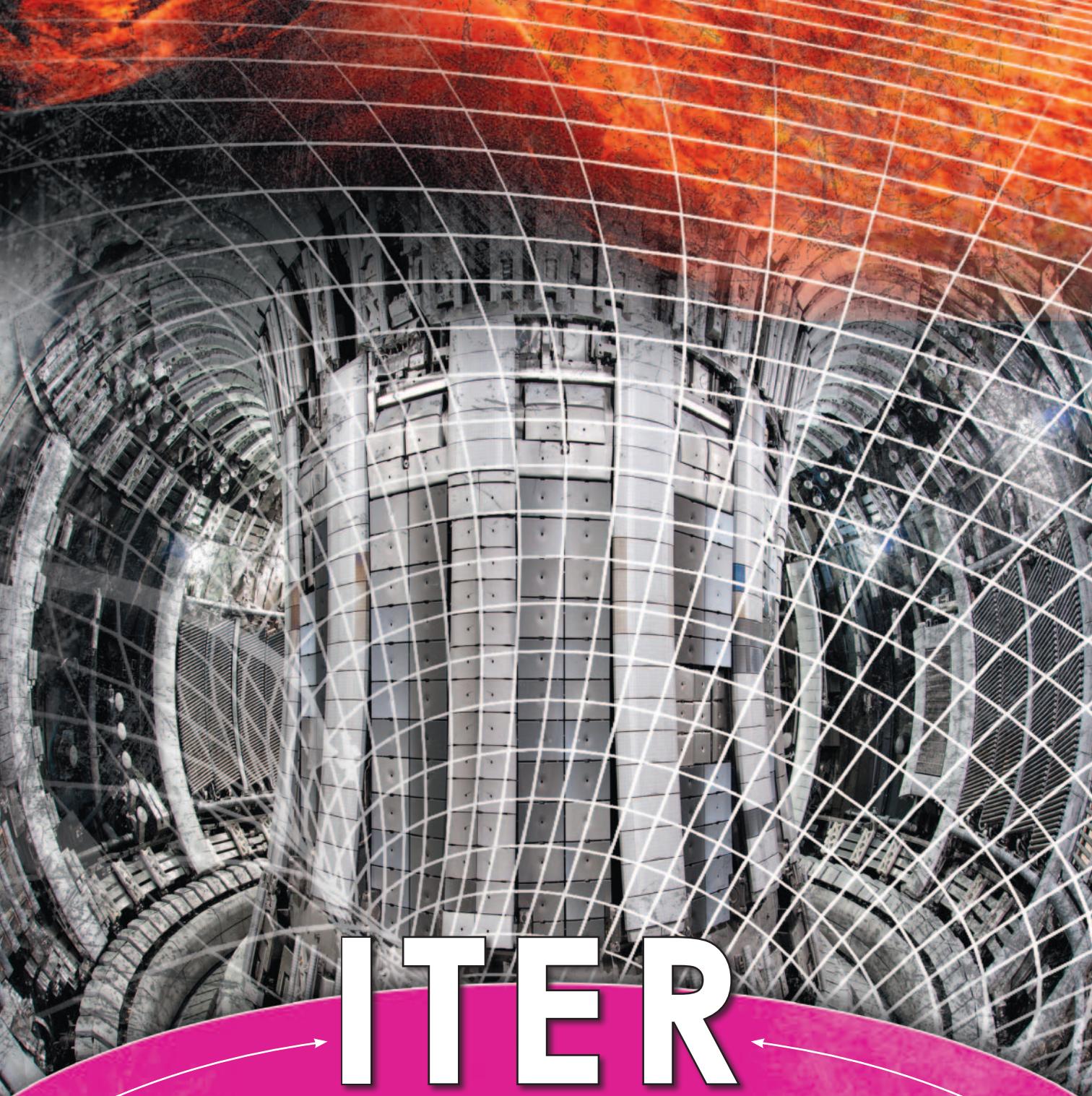
а также в других направлениях управляемого термоядерного синтеза (УТС). В частности в рамках проекта ITER ИЯФ СО РАН производит разработку технологии и инженерии установки диагностических систем в каналы вакуумной камеры реактора. В апреле 2013 г. в Новосибирске генеральный директор Организации ITER профессор Осаму Мотоджима и директор Проектного центра ITER Анатолий Красильников подписали первое соглашение об изготовлении и поставке соответствующего оборудования. 14 января 2014 г. были подписаны еще два аналогичных документа. Андрей Ксензов отметил, что состоявшаяся встреча станет стимулом для развития науки в Сибири. Пол Томас выразил уверенность, что «одна из главных задач — привлекать молодежь в такие масштабные проекты, как ITER, преемственность поколений очень важна». 15 января на общеинститутском семинаре ИЯФ заместитель гендиректора Организации ITER представил доклад о техническом прогрессе в реализации проекта.

В ходе визита делегации текущий год был объявлен руководством Госкорпорации «Росатом» годом управляемого термоядерного синтеза в России. Соответствующее решение было принято в свете предстоящего в июне 2014 г. 14-го регулярного заседания Совета ITER (руководящего органа проекта) и 25-й конференции по энергии синтеза МАГАТЭ в Санкт-Петербурге, а также ввиду особой значимости проекта ITER для развития и приумножения научного потенциала России. В рамках года УТС в России будет проведен ряд мероприятий, направленных прежде всего на повышение информированности населения о целях и задачах проекта, а также об успехах в его реализации. Как подчеркнул открывавший церемонию Вячеслав Першуков, «решением Госкорпорации «Росатом» этот год мы объявляем годом УТС, и самым важным проектом станет, безусловно, проект ITER». Предположительно, по итогам года будет сформирована и утверждена национальная программа по УТС.

Члены делегации ознакомились также с деятельностью ИЯФ СО РАН, Новосибирского технопарка и приняли участие в рабочих совещаниях по развитию участия института в различных проектах по УТС в России.

*Александр Петров*





# ITER

*ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor) — проект международного экспериментального термоядерного реактора. Эта программа реализуется совместными усилиями многих стран. В качестве площадки для строительства выбрано место рядом с исследовательским центром Кадара на юге Франции, при этом каждая из сторон-участниц вносит свой вклад в строительство реактора в натуральной форме. О вкладе России в проект мы поговорили с Анатолием Витальевичем Красильниковым, директором частного учреждения «ИТЭР-Центр».*

# ТЕРМОЯДЕРНЫЙ СИНТЕЗ – ПРОЕКТ ВЕКА



РОСАТОМ

## *Что такое термоядерный реактор ITER?*

Начнем с предыстории. В 1950 г. советский ученый Олег Александрович Лаврентьев сформулировал возможность использования управляемого термоядерного синтеза для промышленных целей с термоизоляцией плазмы в электрическом поле. Это породило множество работ по исследованию плазмы, и, модифицировав идею, Игорь Евгеньевич Тамм и Андрей Дмитриевич Сахаров пришли к концепции удержания плазмы в торе с использованием магнитного поля. Так и родилась идея токамака — тороидальной камеры с магнитными катушками. Название «токамак» придумал один из сподвижников Игоря Васильевича Курчатова — Игорь Николаевич Головин. Но задача оказалась крайне технологически сложной. Прошло время, и уже в 2006 г. семь стран решили построить экспериментальный токамак, чтобы доказать миру возможность термоядерной энергетики. В основе работы термоядерного реактора лежит принцип синтеза тяжелых ядер из более легких — в отличие от традиционной ядерной энергетики, в которой используется реакция деления тяжелых ядер на легкие. В качестве топлива для реактора применяются изотопы водорода триитий идейтерий, а в отдаленной перспективе, возможно, и гелий-3. Если учитывать запасы гелия в 50 тыс. т на Земле и практически полное отсутствие радиоактивных отходов в реакции синтезадейтерия и гелия, подобная энергетика остается очень заманчивой. Ближайший доступный для нас всех термоядерный реактор — Солнце, которое вырабатывает энергию при синтезе гелия из изотопов водорода.

**— Расскажите, пожалуйста, что такое ITER, откуда появилась идея создания такого крупномасштабного международного проекта и какой вклад в него вносят российские ученые?**

— ITER — это проект создания экспериментально-го термоядерного реактора на базе концепции токамака, предложенной в Курчатовском институте, т.е. токамак — это отечественная научно-техническая разработка. Это слово вошло во все языки мира так же, как слово «спутник». В развитии концепции токамака участвовало множество коллективов из различных институтов: прежде всего это Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН, Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН, Научно-исследовательский институт электрофизической аппаратуры им. Д.Ф. Ефремова, Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований (ТРИНИТИ) и многие другие. На основе проведенных работ в 1986 г. М.С. Горбачев и Р. Рейган договорились о создании термоядерного реактора как примере совместной конструктивной работы двух великих держав. К этому договору сразу присоединилась Франция потом Япония, Индия и другие страны. Сегодня в этой кооперации — семь сторон: шесть стран и Евросоюз

**— Как разделена работа между странами-участницами?**

— Когда было подписано соглашение о создании установки ITER, партнеры договорились между собой, кто и какие системы будет поставлять. При их распределении соблюдалось два важных принципа. Первый принцип: каждый партнер хотел получить ключевые системы, чтобы иметь опыт их создания для реализации последующей термоядерной программы у себя дома, иметь школу, опыт и кадры. Второй принцип — предоставить соответствующие системы мировым лидерам в соответствующих отраслях.

**— И какие ключевые системы взяла на себя Россия?**

— России по этим двум принципам досталось 25 систем. Системой мы условно называем отдельную составную часть большого проекта ITER, будь то установка или здание. Много это или мало — судить трудно, но это составляет 9% от общего вклада в проект. В упомянутые системы входит производство рядом предприятий низкотемпературных сверхпроводников для магнитной системы удержания плазмы, кроме того это девять систем измерения параметров плазмы, коннекторы, компоненты дивертора и т.д. Дивертор — это та часть внутренней поверхности токамака, которая принимает на себя основные потоки тепла и частиц, т.е. это самые энергопряженные конструкции в этой экстремальной машине. Россия также работает над материалами и сварными соединениями, например между вольфрамом и нержающей сталью, все эти конструктивы должны выдерживать тепловые потоки, которых раньше не было. Эти технологии создаются НИИЭФА им. Д.Ф. Ефремова. После первых проведенных испытаний таких материалов я могу вас заверить: мы смотримся не хуже наших партнеров, а в чем-то и лучше. Россия поставляет и некоторые установки для стеновых испытаний.

Здесь мы используем опыт НПО «Криогенмаш», накопленный при создании космической техники.

**— Справляется ли Россия с поставленными условиями?**

— Россия выполняет все взятые на себя обязательства строго по графику; далеко не все партнеры могут этим похвастаться. Так, Европейский союз отстает на два года. Европа — главный партнер, у нее 45% вклада. За счет чего такая большая цифра, спросите вы? За счет строительства зданий: это одна из самых сложных и дорогостоящих статей расходов, ведь происходит сооружение принципиально новых зданий. Они сами по себе экспериментальные, не все проекты на сегодня остаются очевидными. Таким образом, проект вроде бы закончен, но в нем постоянно происходят какие-то небольшие изменения — например, отверстия в стенах. И людей, строящих эти здания, мы ставим в очень трудное положение, т.к. это не работа по готовому плану, поэтому ситуация и привела к такому отставанию. Эта задержка ведет к рассинхронизации всех участников: можно столкнуться с ситуацией, когда оборудование готово, а монтировать его некуда. Результат — удорожание, сооружение дополнительных складов с соответствующими условиями хранения. Что касается России, мы почти закончили изготовление всего сверхпроводника для магнитной системы ITER. Точно посчитать, какой процент работ мы уже выполнили, сложно, но могу со всей определенностью сказать, что разработки и тестирование прототипов по всем системам везде закончены. По многим системам мы начали изготовление компонентов, которые будут установлены в сам реактор.

**— А для чего Россия участвует в таком большом проекте? Это наверняка очень непросто?**

— Это крайне важно по нескольким причинам. ITER — локомотив развития высокотехнологичных производств и исследований в России. Например, до ITER в мире выпускали 15 т сверхпроводников в год, а в России не было производства сверхпроводников вообще. Запустив же его на Чепецком механическом заводе и ряде других предприятий, мы теперь только на нем выпускаем 60 т в год. Мало того: европейцы отдали нам по двустороннему договору производство своей доли ниобий-титановых сверхпроводящих кабелей, а они у себя выполняют их джекетирование (затягивание в защитную металлическую оболочку). ITER — это проект, который существенно выше мирового уровня по системам, составляющим его технологическую платформу. Это высочайшая мировая планка. Мы хотим создать условия Солнца в конкретной физической установке, и, обучая кадры, выпуская оборудование здесь и непосредственно работая во Франции, мы создаем задел для нашей внутренней термоядерной программы. Так что, участвуя в этом проекте, мы покупаем свой билет в будущее.

**— Много ли представителей России уже работает во Франции?**

— Сегодня всего 565 человек работают в центральной организации ITER Organization во Франции, существуют также семь домашних агентств у каждого партнера.

Из 565 человек 6% — наш персонал. Персонал делится на две категории: профессиональные участники и поддерживающий персонал. У нас большинство участников относятся к первой категории. По большей части это физики, инженеры, технологи — профессионалы своего дела. Они полноценно участвуют в работах по сооружению установки, которые уже развернуты. С одной стороны, нас там немало — целых 6%, но, с другой стороны, это меньше нашего вклада в проект. Мы вносим в ITER 9%, и наша цель — добиться такого же уровня присутствия нашего персонала. А чтобы такой персонал иметь, нам нужно его подготовить здесь, в России. Молодых специалистов мы обучаем в МФТИ, МИФИ, СПбГУ и других университетах, но этого мало. Молодой специалист — выпускник вуза в ITER не очень нужен. Необходим работник, который уже стал специалистом и не просто окончил университет, а еще поработал дома на каких-то установках. Поэтому в России очень важно иметь собственную программу термоядерных исследований, где бывшие студенты становились бы физиками-исследователями и потом уже попадали на ITER, т.е. получить такую цепочку: вуз, далее внутренняя термоядерная программа, а потом участие в ITER. Безусловно, хочется замкнуть эту связь назад — уже после приобретенного на ITER опыта вернуться обратно в страну и участвовать в сооружении собственного термоядерного реактора.

**— Что с экспериментами на ITER, существует ли уже программа?**

— Программа работ расписана до недель. Высший орган, который утверждает эту программу, — Совет ITER, он собирается два раза в год и рассматривает наиболее важные принципиальные решения. От России, как и от других партнеров, в совете работают четыре человека. В первую очередь мы должны получить первую плазму, затем все время работы реактора расписано. Сначала мы будем работать с водородом, потом с гелием, а дальше будет переход на дейтерий-тритиевую плазму, т.е. около пяти-шести лет машина будет выходить на режим, будут добавляться мощности дополнительного нагрева, испытываться, отрабатываться. Почему так неопределенно — пять-шесть лет, хотя я уже говорил, что все расписано по неделям? Потому что это эксперимент и мы не можем гарантировать успешность того или иного шага. Уже после всех испытаний и тестов мы начнем эксперименты с дейтерий-тритиевой плазмой, ради которых и строили реактор. Должно зажечься термоядерное горение. Миссия ITER — получение плазмы с отношением термоядерной мощности к вложенной мощности, равным десяти. На сегодня запланировано получить термоядерную мощность 500 МВт при введенной мощности нагрева 50 МВт. Продемонстрировав это в земных лабораторных условиях, мы покажем возможность реализации термоядерной энергетики с точки зрения физики плазмы. Вторая крайне важная задача заключается в выведении реактора на стационарный режим работы; проще говоря, необходимо заставить его работать продолжительное время — 3600 с. 3600 с — это час, это очень много. Показав возможность продолжительного горения, инженеры



**! Справка**

**Анатолий Витальевич Красильников** — директор Частного учреждения Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» «Проектный центр ИТЭР» (Частного учреждения «ИТЭР-Центр») — российского Агентства ИТЭР.

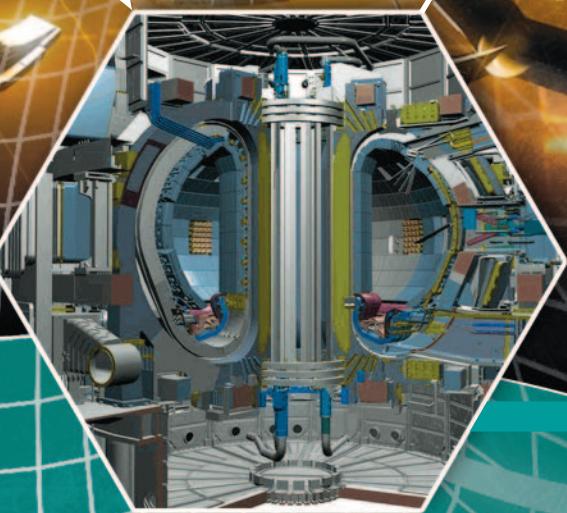
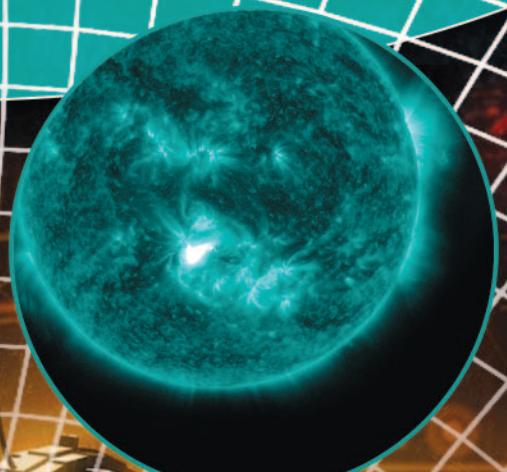
- ✓ Родился в Новосибирске, в 1981 г. окончил факультет проблем физики и энергетики МФТИ. С 1981 по 2007 г. работал в Институте атомной энергии им И.В. Курчатова.
- ✓ Кандидатскую (1994 г.) и докторскую (1999 г.) диссертации защитил по результатам разработки методов диагностики и исследований плазмы.
- ✓ Автор и соавтор более 120 научных работ.
- ✓ С 2007 г. и по настоящее время — руководитель национального агентства в Российской Федерации по сооружению Международного экспериментального термоядерного реактора ITER.

начнут проектировать следующую установку, целью которой станет демонстрация возможности получения электричества из термоядерной реакции.

**— В какой стадии сейчас находится проект, каков график работы?**

— Сейчас идет этап возведения зданий, т.е. залиты фундаменты и начинают подниматься стены главного здания комплекса токамака. Некоторые из построек уже закончены и сданы — в том числе офисные, главное здание, где сидит персонал. Закончены некоторые здания с технологическими лабораториями. Мы начинаем постепенно переходить к этапу их оборудования технологическими системами, стендаами. К 2020–2022 гг. мы планируем получить, как я уже говорил, первую плазму, а уже к 2027 г. зажечь термоядерное горение. Глобальная цель — к 2050 г. иметь промышленную термоядерную электростанцию, но сроки постоянно сдвигаются: проект сложнейший, практически все делается впервые и выше существующего мирового уровня.

*Подготовил Бурхан Массалимов*



# «НАУКА – ЭТО НЕ ИГРА В ПРЯТКИ»



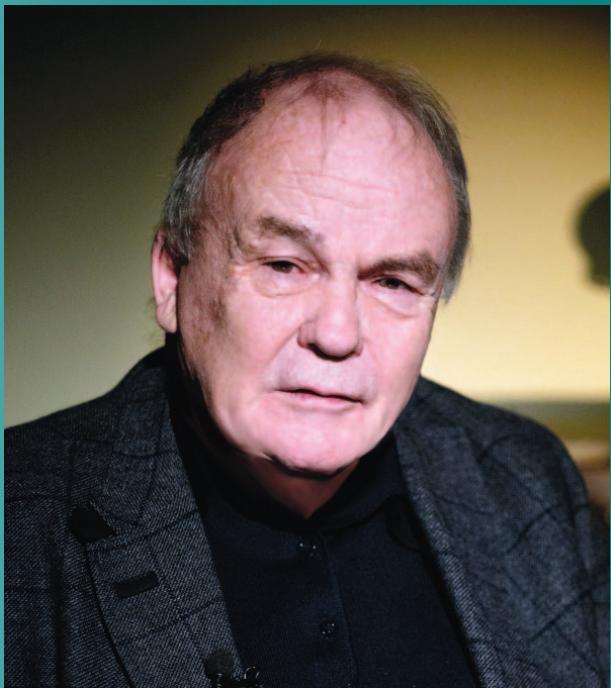
РОСАТОМ

Нестандартная и откровенная  
беседа с академиком  
**Евгением Павловичем  
ВЕЛИХОВЫМ**

Скрывать не буду: мы знакомы добрых полвека, много раз встречались, беседовали, иногда даже спорили, помогали друг другу, если в том возникала необходимость. Я считаю, что у нас товарищеские отношения, и это важно отметить, имея в виду наш нынешний разговор и оценку сложившейся ситуации в науке, атомной отрасли и отчасти в политике.

Несколько лет назад мы долго беседовали о взаимоотношениях науки и власти, о близости ученого к «сильным мира сего», а также о влиянии того или иного политического деятеля на судьбу науки. Мне показалось, что многие идеи, высказанные тогда академиком Велиховым, не потеряли своей актуальности. Точно так же, как и размышления о термоядерной энергетике и реакторе ITER, с которым учёные и политики связывают энергетическую безопасность планеты в будущем.

Сегодня научное сообщество переживает очередной этап «реформы» (или «кризиса», как считают многие), а потому мнение Евгения Павловича Велихова, который пользуется непререкаемым авторитетом среди как учёных, так и политиков, о судьбе науки важно для всех — ведь на протяжении полувека он всегда находился на острие общественной жизни.



## ! Справка

### Евгений Павлович Велихов

- ✓ Родился в Москве. В 1958 г. окончил физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова по специальности «Теоретическая физика».
- ✓ С 1988 г. — директор ИАЭ им. И.В. Курчатова, с 1992 г. — президент НИЦ «Курчатовский институт».
- ✓ Представитель России в Международном совете по управляемому термоядерному синтезу при МАГАТЭ.
- ✓ Действительный член РАН. Почетный член Шведской королевской академии инженерных наук, член Европейской академии наук, иностранный член Национальной инженерной академии США.
- ✓ С 2001 г. — член Президиума Совета Президента РФ по науке и высоким технологиям.
- ✓ Руководитель отделения информатики и вычислительной техники РАН, с 2009 г. — академик-секретарь отделения нано- и информационных технологий РАН.
- ✓ С 2002 г. — председатель Совета директоров российских научных учреждений, привлеченных к работам по проекту ИНПРО — международному проекту МАГАТЭ в области перспективной ядерной энергетики.
- ✓ С 2005 г. — секретарь Общественной палаты РФ.
- ✓ Лауреат многих премий, имеет многочисленные государственные награды.

### О любимых детях и должностях

— Создается такое впечатление, будто Велихов везде. Не слишком ли много должностей и обязанностей?

— Действительно, многовато. Но моей вины в том нет — так складывается судьба.

— Мне кажется, что есть все-таки «любимые дети», которым и внимания уделяется больше, да и радости они больше приносят. Например, тот же ITER.

— Пожалуй, можно так сказать.

— Это самое любимое дитя?

— А куда же Приразломную отнести? Нет, и это дитя любимое. Платформа в море стоит, действует.

— Знаю, что она стоила много крови, борьба за Штокманское месторождение была жесткая. Во всех смертных грехах вас обвиняли. Даже заступаться пришлось. И все-таки, как мне кажется, ITER стал главным в жизни?

— Плазма. Свою первую статью я написал в 1957 г. Опубликована она была в 1959 г. До сих пор ее цитируют. А статья простая: что происходит в жидкости, когда она вращается в магнитном поле. Эффект так и связан с моей фамилией. Тогда я учился в университете, а потом пришел на работу в Институт атомной энергии им. И.В. Курчатова. В нем и работаю всю жизнь. История той первой работы не заканчивается и сегодня. Недавно вышел отчет Национального научного фонда США, в котором пишут: самый главный вопрос сегодня сводится к тому, что все планеты, звезды, туманности, и вообще вся Вселенная вращается. Значит, вся штука в том, что если есть магнитное поле, любое, даже маленькое, то когда у тебя проводящая жидкость большая, она «наматывает» силовые линии. Это и есть ее устойчивость, которая вызывает возникновение магнитного поля практически из ничего.

После Большого взрыва, в который многие верят, а кое-кто нет, т.е., вероятно, 13 млрд лет назад, вещество начало падать обратно, на гравитирующий центр. И когда вещество падает, оно начинает быстро вращаться. Это самый мощный механизм выделения энергии во Вселенной, он на порядок мощнее, чем термоядерный взрыв в звездах.

— Именно с рассказа о нем началась наша первая беседа полвека назад. Была группа молодых физиков, которая пыталась понять, что происходит в звездах, и смоделировать этот процесс в земных условиях. Звучало красиво: «Звезды в ладонях!»

— Я работал в теоретическом отделе, который возглавлял Михаил Александрович Леонтович. Занимались тем, что называется фундаментальной физикой. Мы втроем — Роальд Зиннурович Сагдеев, Борис Евгеньевич Веденеев и я — сделали теорию турбулентной плазмы и доложили о ней в 1962 г. в Зальцбурге на конференции по термоядру. Но это к термоядерному синтезу, к реактору и к проекту ITER не имеет абсолютно никакого отношения.

— А как же на него вышли?

— Лев Андреевич Арцимович после Зальцбурга назначил меня своим директором. Он решил, что есть молодой парень — пусть он и тянет, и назначил меня ответственным за термояд. В то время у нас было соперничество с американцами. Они очень бодро, бурно развивали термоядерный синтез, у них был невероятный бюджет — до \$500 млн в год, сегодня это, наверное, \$2 млрд в год. Американцы сделали ставку на новую установку. Сказали, что построят ее и будет термоядерный реактор, а потом все лопнуло и они ударились в обратную крайность: начали говорить, что термояда вообще никогда не будет.

— Но вы упорно шли своим путем?

— Конечно.

## О токамаках и не только

### — Как все началось?

— Конечно, с Игоря Васильевича Курчатова. Он активно поддерживал это направление, но всю серию сделал замечательный инженер Натан Аронович Явлинский. Сначала никто не обращал на него внимания. Арцимович увлекался тогда открытыми ловушками, и Будкер тоже. Они вместе с Игорем Николаевичем Головиным начали строить «Огру», про которую тогда Виталий Дмитриевич Шафранов написал стихотворение: «Вот лежит большая «Огра», хоть начальство смотрит бодро, знает каждый втихомолку: много шума — мало толку».

Если же говорить о токамаке, то идею магнитного термоядерного синтеза впервые принес в институт Олег Александрович Лаврентьев, моряк тихоокеанского флота. В то время синтезом занимались два человека — Игорь Евгеньевич Тамм и Андрей Дмитриевич Сахаров. Занимались применительно к бомбе. Там невероятные давления, температуры и плотности, поэтому они считали, что это и есть термоядерный синтез. И вдруг пришла эта самая бумажка от моряка. Нужно отдать должное Андрею Дмитриевичу — у него была потрясающая способность относиться к людям не формально, а по существу. Представьте: недоучившийся моряк, он даже школу не окончил — и вдруг выдвигает какие-то идеи.

### — И что же предложил моряк?

— Ерунду. Он предложил электростатическое удержание. Но важно, что он впервые поставил вопрос о том, что все это можно делать при очень низких давлениях. И это повернуло мозги Сахарову, а он в это время работал с Таммом над термоядерной бомбой. О магнитной ловушке типа токамака с вращающимися поверхностями написано в учебнике И.Е. Тамма 1924 г. издания, который называется «Основы электричества», поэтому он сразу понял, что надо делать. Была написана бумага Игорю Васильевичу Курчатову. Он ее прочел, и написал вторую бумагу уже самому Сталину, которую передал через Берию. Это был январь 1951 г. Бумага была под грифом «Совершенно секретно», т.е. после прочтения надо было сжечь. Но она сохранилась, лежала у нас в первом отделе. Мы о ней не знали, ее обнаружили только два года назад, когда отдел «чистили». Это бумага уникальная, потому что в ней написано, что надо делать не только с термоядерной, но и с атомной энергетикой. Идея очень простая. И.В. Курчатов сказал, что вся энергия заключается в двух элементах: в уране-238 и в тории. Итак, два элемента есть. Но они сами по себе непригодны для того, чтобы из них сделать реактор. Они не горят, значит, нужно их преобразовать. Тогда уже было известно, как именно это можно сделать, поскольку был уже построен первый реактор и первая бомба была сделана и испытана. Игорь Васильевич знал, что уран надо было преобразовать в плутоний, а торий в уран-233. И тогда возник вопрос: откуда взять нейтроны для таких преобразований? Лучше всего, конечно, из дейтерия, они там самые дешевые и их много. Курчатов с Сахаровым прикинули, как бы выглядел термоядерный реактор, в котором горел бы дейтерий. Когда посмотришь на эти цифры, то видишь: по параметрам это ITER.

### Из воспоминаний И.Н. Головина:

«Никто в нашей стране не смог бы сделать так много, как Леонович в воспитании плеяды талантливых учеников — школы Леоновича, вскоре начавшей играть лидирующую роль в международном развитии теории плазмы <...>. Наши работы по управляемому термоядерному синтезу начались с исследования возможности создания реактора-токамака, хотя название "токамак" было изобретено мною только в 1957 г. Основоположники направления управляемого термоядерного синтеза И.Е. Тамм и А.Д. Сахаров сразу предложили нам возбуждать ток в плазме индукционным методом, подсказали роль вращательного преобразования в удержании плазмы и необходимость медного кожуха для обеспечения равновесия плазмы».

Это и есть настоящая фундаментальная физика. Курчатов получил «добро», и с этого момента началась вся наша история. Игорь Васильевич сразу же подключил к этой проблеме И.Н. Головина, так как тот был его заместителем. Был вызван инженер из Харькова Н.А. Явлинский, который и сделал всю серию токамаков.

### Хорошие идеи не умирают

#### — Все ошибались, а вы нет?

— У нас был Курчатов. Он всегда искал простые фундаментальные физические принципы и только после этого принимал решения. Причем речь шла не просто о токамаке, о термоядерном реакторе, а о гибридном реакторе. Это решение имеет много положительных свойств. Во-первых, оно экономично с точки зрения получения и использования нейтронов, а во-вторых — безопасно. Обычный атомный реактор, как и атомная бомба, довольно прост, а потому привлекателен. Но бомба — это взрыв, а в реакторе — цепная реакция. Однако доводить дело до неуправляемой цепной реакции нельзя, поскольку это очень опасно и примеры тому — Чернобыль и Фукусима. Игорь Васильевич предложил лучший вариант: в середину поместить токамак, а вокруг него — так называемый бланкет, где горит реакция. Он небольшой, примерно в метр толщиной. Это второй слой. И дальше нужно убрать всю радиоактивность, которая там накапливается. Мы держим ее за так называемыми барьерами, т.е. мы накопили активность в самом опасном месте, где идет технологически сложная реакция. Если что-нибудь случается, вся грязь вываливается наружу. Значит, ее надо постоянно убирать из реактора. Сделать это очень просто, для этого у нас есть современная и совершенная технология: жидкая смесь, в которой растворены соли урана или соли тория. Когда накапливается радиоактивность, ее выкачиваешь. В общем, ставишь химическую фабрику, которая непрерывно очищает теплоноситель. В реакторе вообще опасной радиоактивности нет.

#### — Что мешает сделать эти реакторы?

— Мешает, как ни странно, мифотворчество. Мы живем в мире, который построен из мифов. И они скоро нас

## Из воспоминаний И.Н. Головина:

«Наступила эра установления международного научно-технического сотрудничества. И.В. Курчатов опасался, что Л.А. Арцимович, руководивший экспериментальными исследованиями по управляемому синтезу, со своим чувством собственного превосходства может нетактичным шагом затруднить налаживание международных контактов. Из-за этого он не пустил Арцимовича ни на Вторую международную конференцию по мирному использованию атомной энергии в Женеве осенью 1958 г., ни в Англию весной 1959 г. в ответную поездку по приглашению сэра Джона Кокрофта. В первой поездке М.А. Леонович выступал как старший от Института атомной энергии, во второй — как глава советской делегации».

уничтожат, если будем дальше так жить. Один из мифов заключается в том, что есть «чистая» энергетика, и она называется «термояд», и есть «грязная», т.е. «атомная», и их нельзя смешивать. Этот миф взяли на вооружение европейцы, американцы и японцы. Они подняли флаг «чистой» энергетики и несут его. Они идут впереди, и ничего с ними сделать нельзя. Я начал проект гибридного реактора, американцев привлек к нему

в 1973 г., когда у нас началось сотрудничество, когда встретились Леонид Ильич Брежnev и Ричард Никсон.

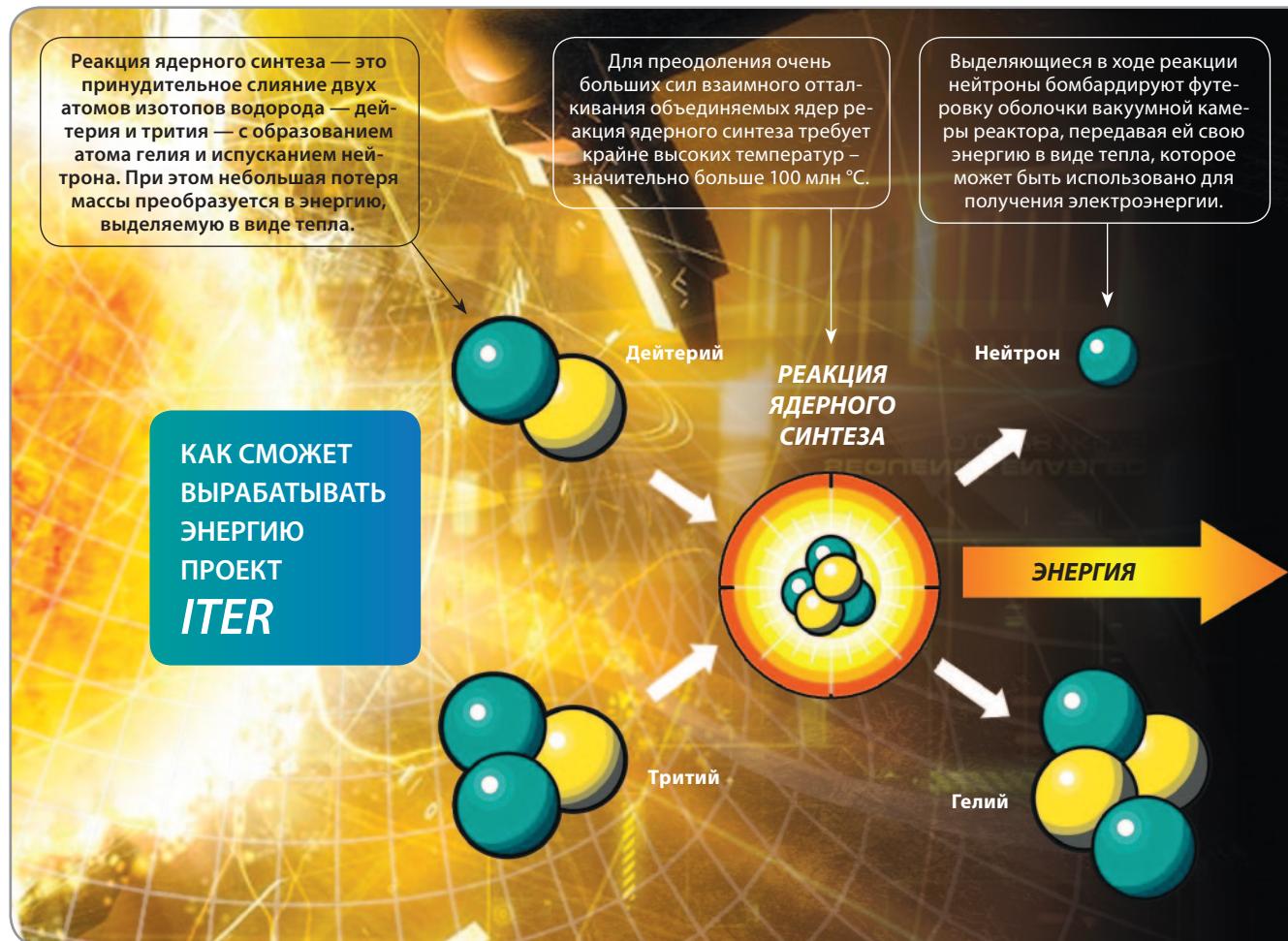
— Программа «Союз — Аполлон» напоминает о том времени...

— Космос — это другое. Брежнев поехал в США к Никсону, и я поехал по лабораториям. В Ливерморе встретился с молодым человеком по фамилии Холден. Сейчас Джон Холден — помощник президента, руководитель научных исследований, своеобразный «отдел науки ЦК КПСС» в администрации президента США. Он энергично взялся за дело, и мы с ним занимались проектом, составляли бумаги, письма. Однако вскоре вмешались мифотворцы — политики, политканы, так называемые «ученые». Они возродили миф о «чистой» энергетике, отделили термояд от атомной энергетики, и в результате ни того ни другого нет и не будет.

## О том, как начинался ITER

— Когда вы были молодым, о чём мечтали? и в какой степени эти мечты осуществились?

— Я всегда имел в виду какую-то конкретную задачу. Например, нашел метеорит — это было еще в школе, но в это не поверил даже учитель. И тогда я начал доказывать, что это метеорит. Потом занялся магнитными генераторами — делал их, потом термояд — и это стало



главным, т.е. у меня какой-то грандиозной мечты, особенно связанной с регалиями и премиями, не было никогда. Меня всегда интересовали определенные задачи, причем иногда они были не физическими, а инженерными.

**— Неужели термоядерный реактор не заслуживает, например, Нобелевской премии?**

— Во-первых, это огромная работа, в которой принимает участие множество людей. Во-вторых, ITER — это инженерная работа. Мог ли Эдисон получить Нобелевскую премию за свои лампочки? Нет, конечно.

**— Его лампочки выше, чем Нобелевская премия!**

— Безусловно. ITER — это длительная и весьма сложная история, в которой на разных этапах участвовало много людей. «Удержаться» с ним было сложно. Ведь первые идеи появились еще в 1975 г., а проект начался в 1985 г. Немногим удалось выдержать столь длительные испытания. Мы прошагали путь от голой идеи до реальности.

**— ITER уже можно «пощупать руками»?**

— Реактор спроектирован, есть трехмерное его изображение, можно войти внутрь, «пощупать», увидеть и оценить все сделанное. Фантастика стала реальностью. Науки осталось еще очень много, есть неясности, нужен обширный поиск, но с точки зрения инженерной его уже можно строить. Принципиальных изменений не будет.

**— Вы считаете себя одним из главных конструкто-ров ITER?**

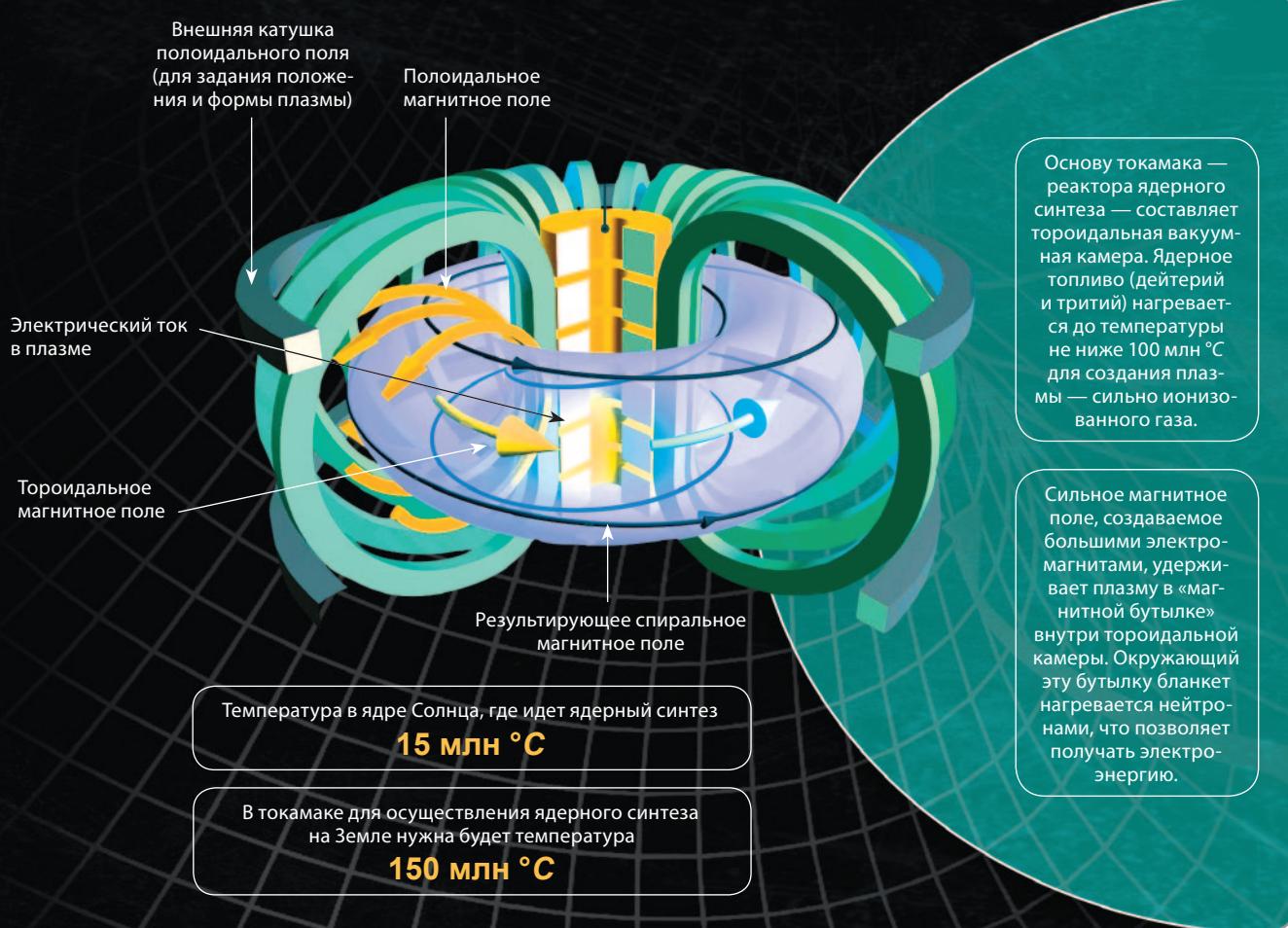
— Вопрос сформулирован неверно. Я один из участников коллектива, который создавал ITER. Я принимал участие в его создании с самого начала, но таких людей было немало. Это коллективное творчество — российское, американское, европейское, японское. Многие люди вложили туда свои идеи.

**— Но все-таки у вас была особая роль?**

— Задача у меня была во многом «президентская». Я должен был быть полностью в курсе всех дел, следить за тем, чтобы программа двигалась, развивалась.

**— Президент должен себя ограничивать?**

— Постоянно! Ни в коем случае нельзя брать на себя решение частных задач, многие свои функции нужно делегировать другим участникам проекта и программы. Необходимо так объяснять людям и так взаимодействовать с ними, чтобы они принимали правильные решения сами. ITER был построен так, что все его участники должны были на своих уровнях принимать самостоятельные решения и нести за них ответственность. Это принципиальное отличие от той системы, что существует у нас. Виза главного конструктора на проекте обязательна, она решающая. Так было в Советском Союзе, так есть и в России. Проект ITER требовал иных подходов,



## Из интервью И.В. Курчатова:

«Первая половина XX в. завершилась крупнейшей победой науки — техническим решением задачи использования громадных запасов энергии тяжелых атомных ядер — урана и тория. Этого вида топлива, сжигаемого в атомных котлах, не так уж много в земной коре. Если всю энергетику земного шара перевести на него, то при современных темпах роста потребления энергии урана и тория хватит лишь на 100–200 лет. За этот же срок исчерпаются запасы угля и нефти.

Вторая половина XX в. будет веком термоядерной энергии. В термоядерных реакциях происходит выделение энергии в процессе превращения водорода в гелий. Быстро протекающие термоядерные реакции осуществлены в нашей стране, в США и в Англии в водородных бомбах. Сейчас перед наукой и техникой стоит задача осуществления термоядерной реакции не в виде взрыва, а в форме управляемого, спокойно протекающего процесса. Решение этой задачи даст возможность использовать громадные запасы водорода на Земле в качестве ядерного топлива».

коллективных решений каждого на своем месте и ответственности за них каждого. Эта ответственность соединялась в коллективную, и здесь уже можно говорить о роли президента. Он следил, чтобы не было ошибок и чтобы они не превращались в лавину.

**— Вам пришлось бороться с «внешними силами»? Я имею в виду президента США, который однажды объявил, что Америка выходит из проекта.**

— Это была ошибка, допущенная американцами в 1998 г. Там всегда находится группировка, которая выступает против фундаментальных исследований и международного сотрудничества. Некоторые сенаторы считают, что Америка должна поддерживать только те проекты и программы, где она играет ведущую роль. В ITER этого нет. К сожалению, администрация поддержала эту идею. И американское научное сообщество попалось на эту удочку, поддержало ошибочное решение. Это было «глухое невежество профессоров». Я говорил об этом и с вице-президентом Альбертом Гором, и с президентом Биллом Клинтоном. Как только был избран президентом Джордж Буш, он в первом же своем выступлении заговорил об энергии и энергетике, без которой будущее Америки невозможно. После этого я довольно долго пробыл в США, встречался со специалистами, близкими к Белому дому. В конце концов им удалось доказать, что проект ITER — проект №1 по энергетике в XXI в. Стало ясно, что американцы должны либо примкнуть к этой программе, либо делать что-то свое не менее эффективное. У президента Буша хватило мудрости принять верное решение и работать сообща с нами.

**— Вы упоминаете Буша, Клинтона, Гора, Рейгана...**

— Можно и других добавить, потому что ITER оказался в центре политических страсти. Михаил Сергеевич Горбачев собирался в первую зарубежную поездку

во Францию. Поскольку у меня с ним были довольно близкие отношения, я пришел к нему и рассказал об ITER. При встрече с Франсуа Миттераном Горбачев рассказал идею о совместной работе, а я ввел президента Франции в суть дела, рассказал о деталях. А вскоре включился в проект и Буш-старший.

## О Брежневе, Устинове и Горбачеве

Власть для нас ассоциируется с президентами, премьерами, министрами, генеральными секретарями и всемозможными председателями. В жизни академика Велихова их было очень много. Из портретов можно смело составить целую галерею и, попав в нее, мы с любопытством вглядывались бы в знакомые и не очень знакомые лица...

**— Я просто обязан спросить: какое отношение вы имели к власти, к тому же Горбачеву? Честно говоря, я не знаю других академиков, которые могли бы запросто зайти к Генеральному секретарю ЦК КПСС и рассказать ему о своих идеях. Как возникло такое особое отношение именно к вам?**

— Такие академики были. Помощником у него был тот же академик Юрий Андреевич Осипьян. Думаю, что могли зайти по своим вопросам и Юлий Борисович Харiton, и Анатолий Петрович Александров, и Владимир Федорович Уткин — в общем, многие. Так что о какой-то исключительности я не говорил бы. Михаил Сергеевич Горбачев был открытым человеком, с ним можно было обсуждать проблемы. Я человек скромный, но «скромности по отношению к начальству» у меня не было, потому что за мной стоял Курчатовский институт — особый в истории нашей науки. Институт был либеральный, и в то же время всегда было желание участвовать в крупных задачах. И потому многие прикасались к власти. Первым, с чем я выходил «наверх», были МГД-генераторы. Для меня было очевидно, что эту идею нужно донести до власти. Ее обсуждали в Оборонном отделе ЦК, в Совете Министров. Это были времена Хрущева, а потом и Брежнева.

## Сегодня такое возможно?

— Я могу, конечно, позвонить тем, кого знаю, и они, думаю, не откажут. Но я не уверен, что между нами возникнет «контакт понимания». Скорее речь идет о доверии ко мне лично, а не к науке в целом. Тогда была общая идея, общая цель. Нельзя сказать, что все было организовано разумно, но власть и наука шли в одном направлении.

## От ядерного безумия к сотрудничеству

Однажды мир сошел с ума. Это случилось в Японии в августе 1945 г. После атомной атаки на Хиросиму и Нагасаки ядерное безумие, как чума в Средневековье, распространялось по планете. Казалось, ничто и никто не сможет положить этому конец.

Великие умы пытались образумить политиков. Эйнштейн и Силард, Жолио-Кюри и Курчатов, Ферми и Сахаров, Рассел, Оппенгеймер и многие другие пытались остановить власть атомной бомбы, но их усилия, к сожалению, оказывались тщетными.

*Военное безумие отвечало им ядерными грибами на полигонах в разных уголках Земли, в космос стартовали мощные ракеты, а политики уже начинали гордиться тем, что они могут уничтожить все живое на Земле более 20 раз.*

*Это были танцы гибели планеты, и последнюю грань так легко было переступить.*

*Нужны были люди, способные остановить это безумие.*

*Одним из немногих, решившихся на это, был Евгений Павлович Велихов.*

**— Как в вас уживаются два человека: один воюет за ударные подводные лодки, за самое современное оружие, а другой борется за разоружение?**

— Первым человеком и ученым, который принял правильное решение, был Клаус Фукс — тот самый физик, который передавал все секреты создания американского ядерного оружия в Советский Союз. Он это делал не потому, что он любил Сталина, а потому, что считал недопустимой монополию на это страшное оружие. Он был прав, поскольку планета превратилась в сумасшедший дом. Было произведено огромное количество атомных бомб — 50 тыс. боеголовок. И в этом процессе я участвовал. Но пацифизм не изменяет реальную ситуацию. Противодействие войне — трудная и повседневная работа, и ее нужно кому-то выполнять, в первую очередь тем, кто лучше понимает опасность всемирной ядерной войны. В то же время надо быть сильным, чтобы не допустить такой войны. Вот и приходится шагать по краю пропасти, постепенно от него отходя.

**— И роль науки в этом особенно велика?**

— Науки, на мой взгляд, недостаточно. Нужна еще политическая воля, поэтому ученые обязаны взаимодействовать с властью.

**— Контакты с американцами развивались?**

— Я старался найти нетрадиционные пути. Принимал тех американцев, которых никто не принимал, например одного из руководителей Информационного агентства США. Он был ярым антисоветчиком, и с ним откаzzались встречаться все чиновники. Я его принял в академии наук. Или тот же Шарон. С ним все откаzzались встречаться, я же согласился. Это не было бравадой. Просто я понимал, что есть определенные нормы отношений между государственными деятелями, и если мы намерены участвовать в мировой политике, то их нужно соблюдать. Да и цели я поставил высокие: речь шла о ядерном разоружении, ради этого догмами можно было не только пожертвовать, но и пренебречь. Такая позиция повысила мой авторитет, что открывало мне двери в очень высокие кабинеты. Я написал письмо Рейгану, и оно легло ему на стол. Дело сразу стронулось с мертвой точки.

**— Зачем вам это нужно? Вы ведь Курчатовский институт, а не «Газпром».**

— Курчатовский институт всегда брал на себя ответственность не только за себя, но и за тех, с кем мы работаем вместе. Мы создавали промышленность атомных подводных лодок, и была реальная опасность просто ее потерять. Все было на грани — люди жили ужасно, производство стояло. Раньше на заводе производили шесть

лодок в год, масштабы производства понятны. Чтобы сохранить хоть что-то, надо производить нефтяные платформы. Именно они поддержат технологию, сохранят кадры, помогут коллективам выжить. В свое время я убедил Бориса Николаевича Ельцина в том, что нужно действовать именно так. Он согласился. Да, сейчас мы можем делать лишь одну лодку в течение нескольких лет, но уникальные производства существуют. Это принципиально важно!

### Завтра будет лучше, чем нам кажется

**— Хочу подарить свою книжку «Убийство РАН». Она только что вышла.**

— С удовольствием прочитаю. Надеюсь, там написано, что последние выборы и были убийством академии?

**— Почему?**

— Потому что был предложен путь, который никуда не ведет. Это, конечно, длинная история. Первая попытка убийства академии была совершена в 1990 г.

**— Вы подписали у Б.Н. Ельцина указ о Курчатовском институте и академии наук, перехватив его на аэродроме, когда он улетал за границу.**

— Да, так и было. Тогда я остановил убийство академии, но какой ценой? Ценой того, что в академию влилось большое количество совсем бестолковых людей, а кроме того, много карьеристов. Академия наук — интересное изобретение России, хотя она была очень разной, и люди в ней разные были — вспомните хотя бы Лысенко. Но это особый разговор. Однако если судить об академии серьезно, то основой ее должен быть академический институт. Первый такой институт был создан Абрамом Федоровичем Иоффе в 1912 г. Он привез эту идею из Германии: институт с академической структурой внутри и с академическим духом. Потом все это перешло в Курчатовский институт: у нас тоже внутри академический дух. И дальше: академия должна быть корпорацией таких институтов. Необходимо корпоративное управление. Что это значит? Должен быть, во-первых, баланс интересов государства и науки. Любой университет в Америке — корпорация. Только единственное — у них есть понятие корпоративной собственности. Я пытался утвердить это у нас, когда писали конституцию России, но меня затоптали: «Какая еще корпоративная? Осталась частная собственность, государственная и муниципальная». Теперь все убедились, что еще одной собственности и не хватает. Но это тоже не страшно. Чтобы развивать науку по-настоящему, нужно создать совет. В нем должны быть выдающиеся люди, в которых общество и президент уверены. Совет и назначает директоров, так же как во всякой корпорации.

**— Жалко мне академию наук и вас, академиков. Хотя мне как писателю чем драматичнее, тем интереснее.**

— Не жалеть нас надо, а помогать в эти нелегкие времена, чтобы они быстрее прошли. Впрочем, я не сомневаюсь: завтра будет лучше, чем нам кажется.

Беседовал Владимир Губарев