

Сотрудничество США и России в сфере науки и техники: пример Международной программы по космическому ядерному реактору ТОПАЗ

*Ричард Дабровски**

Международная программа ТОПАЗ (МПТ) – это было окончательное наименование серии проектов по приобретению космического ядерного реактора ТОПАЗ-II (на условиях неразделки и обратного возвращения) с целью проведения испытаний в Соединенных Штатах, реактора нового типа, разработка которого была на более продвинутой стадии в Советском Союзе, чем в Соединенных Штатах. ТОПАЗ-II олицетворял более чем двадцатилетний опыт советской космической программы в сфере технологии ядерных термоэмиссионных энергетических систем, который накапливался с 1969 по 1990 год. В меняющейся политической ситуации, связанной с распадом Советского Союза, для Соединенных Штатов стало возможным не только приобрести эту систему, но также нанять русских ученых, инженеров и испытательные установки для проверки ее надежности. МПТ стала единственной возможностью для русских ученых и инженеров продолжить развитие термоэмиссионных космических ядерных энергетических систем для гражданских (невоенных) приложений, так как финансирование этих работ в СССР было прекращено. МПТ стала первым выдающимся примером международного сотрудничества между Россией и Соединенными Штатами после распада Советского Союза в ранее очень засекреченной области технологий.

История МПТ началась в январе 1989 года, когда группа российских ученых под руководством академика доктора Николая Н. Пономарева-Степного из института им. Курчатова впервые рассказала о реакторе ТОПАЗ-II на научном симпозиуме в Альбукерке. Несколько американских инженеров угадали коммерческий потенциал этой технологии и успели обеспечить финансирование со стороны Организации Стратегической Оборонной Инициативы (ОСОИ) для доставки и тестирования шести работающих моделей, в конечном итоге нанимая около пятидесяти

* Ричард Дабровски – подполковник Военно-воздушных Сил США, обладатель докторской степени по технологиям систем обучения, полученной в Университете штата Индиана, и в настоящее время он является членом преподавательского состава Европейского центра по изучению вопросов безопасности им. Джорджа К. Маршалла. Публикация информации, содержащейся в данной работе, не означает, что министерство обороны США или какое-либо другое государственное ведомство США одобряет какую бы то ни было деятельность публикующей организации или других упомянутых в работе организациях, или информацию, продукты и услуги, предоставляемые этими организациями. Министерство обороны США не осуществляет какой бы то ни было редакторский контроль информации, предоставляемой этими субъектами. Изложенные в этой статье взгляды являются единственно точкой зрения автора и не отражают официальную политику или позицию Европейского центра по изучению вопросов безопасности имени Джорджа К. Маршалла, министерства обороны или правительства США.

российских ученых, инженеров и техников одновременно и более 250 русских за весь период работ с 1991 по 1995 год для совместной работы с американскими, британскими и французскими учеными и инженерами по исследованию эффективности технологии.

Они начали работать вместе по проекту Оценочные Испытания Термоэмиссионной Системы (ОИТС), проводя термо-вакуумные, электроэнергетические и механические испытания и оценки построенного в СССР реактора ТОПАЗ-II без ядерного топлива. Успех ОИТС привел к амбициозной Программе Космических Испытаний Ядерной Электрической Силовой Установки (ПКИЯЭСУ), в рамках которой предполагалось выведение реактора ТОПАЗ-II на орбиту; однако ПКИЯЭСУ была прекращена до того, как успели это сделать. Между тем вспомогательные аспекты испытаний, такие как Программа Верификации Термоэмиссионного Топливного Элемента (ПВТТЭ), дали ценные данные о долговечности компонентов и по материаловедению в целом, а также и о способах обеспечения ядерной безопасности космического реактора. По сложным политическим и техническим причинам финансирование МПТ было прекращено в 1996 году, что привело к возвращению ученых и работающих моделей реакторов ТОПАЗ обратно в Россию. Уроки, полученные в результате МПТ, иллюстрируют некоторые из институциональных и культурологических проблем сотрудничества между США и Россией в сфере технологических исследований, которые остаются актуальными и поныне.

Научные основы реактора ТОПАЗ

ТОПАЗ – это акроним русского наименования реактора «Термоэмиссионный Опытный Преобразователь в Активной Зоне». Энергетическая установка ТОПАЗ использует термоэмиссионное преобразование энергии – процесс, при котором нагретая поверхность излучает электроны, которые затем захватываются более холодной поверхностью. Этот переход электронов генерирует электрическую энергию. Процесс полностью статичен, т.е. имеется очень небольшое количество движущихся частей, что делает реактор очень долговечным и надежным.

Существует два типа реакторов ТОПАЗ: реактор ТОПАЗ, разработанный научно-производственным объединением «Красная звезда» и Физико-энергетическим институтом, и реактор ТОПАЗ-II, разработанный Институтом атомной энергии им. Курчатова, Центральным конструкторским бюро машиностроения и Научно-исследовательским институтом научно-производственного объединения «Луч». ТОПАЗ-II представлял собой одноэлементную конструкцию Термоэмиссионного топливного элемента (ТТЭ), тогда как ТОПАЗ использовал многоэлементную схему. Одноэлементный ТТЭ ТОПАЗ-II позволял осуществление неядерного процесса испытаний, при котором ядерное топливо заменялось вольфрамовыми электрическими подогревателями, что существенно уменьшало финансовые расходы и улучшало безопасность и экологичность при определении характеристик эффективности и надежности энергетической системы.

Эффективная работа топливных элементов ТОПАЗ-II зависела от производства монокристаллических тугоплавких металлов и изолирующей керамики в больших количествах, причем все они должны были выдерживать жесткую радиацию и работать в плазменной среде. Обширные исследования и разработки по таким материалам в советском научно-производственном объединении «Луч» в Подольске под руководством доктора Юрия Николаева в 1970-х и 1980-х годах были в более продвинутой фазе, чем аналогичные исследования в западных институтах. Сочетание инновационного дизайна и уникальных материалов делало реактор ТОПАЗ-II весьма желательным источником питания для космических сенсорных платформ.

Исторический контекст

Термоэмиссия потенциально может обеспечить больше электрической энергии спутникам, чем могут давать солнечные батареи, и такие системы могут функционировать в более враждебной среде. Однако, разработка средств для термоэмиссионного преобразования энергии оказалась очень трудной. Соединенные Штаты достигли определенного успеха в термоэмиссионной технологии в 1960-х, но импульс ослаб в начале 1970-х из-за сдвига приоритетов в финансировании космических программ. Тем временем Советский Союз инвестировал значительные ресурсы для создания научно-исследовательских институтов, испытательного оборудования и производственных мощностей, предназначенных для развития термоэмиссионных реакторов.¹

Появление Стратегической Оборонной Инициативы (СОИ) в начале 1980-х восстановило интерес и инвестирование в термоэмиссионные системы энергоснабжения для системы противоракетной обороны космического базирования, разрабатываемой под руководством Военно-воздушных сил США. В 1981 году Джозеф Уетч собрал вместе коллег-ученых из программы 1950-х и 1960-х «Системы для вспомогательной ядерной энергии» (СВЯЭ) в новую компанию, названную «Космическая энергетика инкорпорейтед» (КЭИ). Их первый контракт с Военно-воздушными силами США предполагал составление обзора технологий в мировом масштабе, которые могли бы развить возможности США в сфере космической ядерной энергии. КЭИ рассмотрели состояние исследований по термоэмиссионному преобразованию во Франции, Нидерландах, Швеции, Германии и Советском Союзе. Из всех этих стран только Советский Союз провел испытания

¹ История советской космической ядерно-энергетической программы представлена в Н.Е. Кухаркин, Н. Н. Пономарев-Степной и В.А. Усов, *Космическая ядерная энергетика (ядерные реакторы с термоэлектрическим и термоэмиссионным преобразованием – «Ромашка» и «Енисей»)*, Второе издание (Москва: Атомиздат, 2012), 12–136.

работающего термоэмиссионного реактора-преобразователя ТОПАЗ в начале 70-х.²

Вскоре после этого КЭИ получила контракт с NASA, по условиям которого надо было определить пригодность и концептуальный дизайн космических ядерных энергетических систем для противоракетной обороны. Пока в 1987-88 годах шли эти работы, Советы запустили два новых термоэмиссионных реактора, которые работали в Космосе несколько месяцев. Эти запуски стали причиной встречи между ВВС США и их контракторов в конце 1988 года, во время которой была выдвинута идея быстро разработать меньшую реакторную систему, чем проект «SP 100». Джо Уетч в шутку предложил купить один из советских реакторов, которые только что дебютировали на орбите – идея, которую Ричард (Дик) Верга из Организации Стратегической Оборонной Инициативы (ОСОИ) Министерства обороны воспринял всерьез.

Мистер Верга был недоволен техническим прогрессом, достигнутым руководимой департаментом энергетики программы «SP 100», которая в то время среди сравнимых американских работ была ближе всех к советским проектам. Расходы и время, необходимые для завершения программы, увеличивались. Кроме того, испытательное оборудование для полноразмерных ядерных испытаний стоило бы приблизительно 100 миллионов долларов. Соединенным Штатам надо было пересмотреть свой подход к разработке космических ядерных энергетических систем. Хотя было известно, что русские дважды запускали в Космос реактор ТОПАЗ, к тому времени только начали появляться различия между реакторами ТОПАЗ и ТОПАЗ-II и между теми, кто их разрабатывал.

Через несколько месяцев, в январе 1989 года, Верга пригласил ключевых руководителей российской программы космической ядерной энергии на симпозиум по космической ядерной энергии в Альбукерке, США. Там Джо Уетч впервые встретился с русским научным руководителем, академиком Николаем Николаевичем Пономаревым-Степным из Института атомной энергии имени Курчатова (ИАЭ) и узнал, что тот заинтересован в сотрудничестве с Соединенными Штатами. Также на симпозиуме доктор Георгий М. Грязнов, директор научно-производственного объединения «Красная звезда», сделал официальную презентацию конструкции новых реакторов класса ТОПАЗ, для которых только что завершились начальные полетные испытания. Многоэлементная конструкция «Красной звезды» была очень похожа на многоэлементные электрогенерирующие каналы (ЭГК), разрабатываемые фирмой Дженерал Атомикс в Соединенных Штатах. Рано утром на следующий день академик Пономарев-Степной предложил Джо Уетчу, чтобы Соединенные Штаты купили российский реактор. Уетч и его партнер из КЭИ, доктор Нед Бритт, пригласили российскую делегацию на ужин и там пришли к принци-

² История космической ядерно-энергетической программы США представлена в National Research Council Staff, *Thermionics Quo Vadis? An Assessment of the DTRA's Advanced Thermionics Research and Development Program* (Washington, D.C.: National Academies Press, 2001), 26–32.

пимальному соглашению сделать именно так, при условии, что сделка будет одобрена правительствами Советского Союза и Соединенных Штатов.

Начало

Последовала серия встреч и визитов на месте в России для того, чтобы прийти к соглашению о потенциальном приобретении. Во время первых встреч в Москве в ИАЭ, Уетч и Бритт были ознакомлены с термоэмиссионным реактором, использующим в качестве замедлителя гетерогенный циркониевый гидрид, и со всем термоэмиссионным ЭГК, который представлял собой одинарный длинный топливный элемент. Производство одноэлементного ЭГК было проще многоклеточных; одноэлементный ЭГК был более надежен и обеспечивал приемлемо хорошую эффективность и характеристики в течение его жизни. Уетч и Бритт назвали его ТОПАЗ-II для того, чтобы отличать его от многоэлементного ТОПАЗ-а, который собирался на научно-производственном объединении «Красная звезда» и уже летал в Космос; позже они узнали, что русские дали одноклеточному реактору наименование «Енисей» по имени реки Енисей в Сибири. Русские также информировали их, что они уже построили несколько систем ТОПАЗ-II и располагают программой и оборудованием для испытаний реактора без выхода на критические режимы и без создания какой бы то ни было радиоактивности. Однако, они не хотели давать больше информации, пока не будет учреждено совместное предприятие и программа испытаний и финансовый план не будут внесены в министерство атомной энергии (Минатом) для выдачи разрешения на работу с Соединенными Штатами.

Джо Уетч и Нед Бритт организовали новую компанию под наименованием «Международные научные продукты» (МНП), которая могла легально контактировать по несекретным вопросам с российскими учеными. Во время последующих в течении 1989 года нескольких визитов и поездок они пришли к соглашению создать совместное предприятие между МНП, ИАЭ и другими организациями, участвующими в создании и испытаниях реактора ТОПАЗ-II: научно-производственное объединение «Луч» в Подольске (представляемое заместителем директора Юрием Николаевым), Центральное конструкторское бюро машиностроения в Санкт-Петербурге (представляемое его директором Владимиром Никитиным) и Ракетный научно-исследовательский институт имени Келдыша (представляемый его директором академиком Анатолием Коретеевым). Совместное предприятие было названо «Международные исследования и технологии по ядерной энергии» – или INERTEK (ИНЭРТЕК – интернациональные энергетические технологии), его президентом стал академик Пономарев-Степной, а первым заместителем Джо Уетч. Каждая компания/институт подписала протокол, и он был внесен в министерство атомной энергии, а предприятие было зарегистрировано официально в декабре 1990 года.

По возвращении после каждой поездки в Соединенные Штаты Уетч и Бритт информировали Дика Верга о достигнутом прогрессе. Верга держал своих начальников в курсе, и ОСОИ дала согласие на ведение переговоров о приобретении

или лизинге реакторов ТОПАЗ-II, но испытания по установлению характеристик должны были быть проведены в Соединенных Штатах. Именно Верга окончательно убедил Минатом, что полные испытания реакторов надо провести в Соединенных Штатах при участии совместной российско-американской технической команды, если они хотят, чтобы Соединенные Штаты приняли участие в летных испытаниях и будущих коммерческих приложениях. Минатом дало согласие при условии, что реакторы ТОПАЗ-II будут возвращены после испытаний обратно в Россию и что они не будут использованы для военных целей. Верга так же убедил Объединенное Королевство и Францию прикомандировать своих исследователей к проекту, в основном с целью распределить расходы, хотя их участие на самом деле сделало проект ТОПАЗ по-настоящему международным. Военно-воздушные силы Соединенных Штатов заключили контракт с МНП, которая затем подписала контракт с ИНЭРТЕК на приобретение, упаковку, транспортировку, сборку, монтаж, испытания, окончательную упаковку и возвращение реакторов ТОПАЗ-II, вакуумного и другого испытательного оборудования. Этот начальный совместный международный проект получил наименование Оценочное испытание термоэмиссионной системы (ОИТС).

Доставка реакторов ТОПАЗ-II в США

Для нужд как проекта ОИТС, так и проекта ПКИЯЭСУ, были совершены две покупки и перевозки в Альбукерке реакторов типа ТОПАЗ и связанного с ними технологического оборудования. Первые поставки были для проекта ОИТС и включали приобретение двух реакторов типа ТОПАЗ-II и всего связанного с ним испытательного оборудования, а также обеспечение с российской стороны всей необходимой технической поддержки для повторной сборки и проведения испытаний. Вторая поставка в 1994 году четырех (не заправленных топливом) реакторов была для ПКИЯЭСУ, причем два реактора могли быть допущены к космическим полетам. Предполагалось, что один из этих допущенных к космическим полетам реакторов будет выведен на орбиту в качестве источника энергии для прототипа космического корабля, который проектировался в Лаборатории прикладной физики Университета Джона Гопкинса.

Первая поставка. В конце апреля 1992 года группа из Соединенных Штатов (под руководством майора Сухопутных войск Фреда Тарантино из ОСОИ) поехала в Россию для завершения процесса приобретения ТОПАЗ-II, получения оборудования, подготовки оборудования к перевозке и обеспечения доставки оборудования в США. Майор Военно-воздушных сил США Дан Малдер отвечал за логистику – следить за тем, чтобы все оборудование, около восьмидесяти пяти больших ящиков, и два реактора ТОПАЗ-II в транспортных контейнерах – были доставлены на грузовиках в аэропорт Пулково I. Имелись три проблемы: идентификация ящиков, которые содержали опасные материалы, для того чтобы пометить их соответствующим образом; обеспечение наличия крана, который мог бы поднять ящики на паллеты, которые подходят для загрузки на американские военные грузовые самолеты; и обеспечение в аэропорту достаточной свободной

площади для хранения ящиков до прибытия грузовых самолетов. Майор Малдер смог доставить все ящики в аэропорт в течение следующих двух дней и обеспечить кран, который ждал на месте для загрузки самолетных паллет. Остальная часть операции оказалась далеко не простой.

Подготовкой груза для транспортировки занималась Группа по контролю за воздушными перевозками Военно-воздушных сил США (Группа КВП). 26 апреля 1992 года самолетами С-141 и С-130 была перевезена в Россию Группа КВП и все их погрузочное оборудование. Похоже, все шло хорошо, пока дело не дошло до погрузки исключительно деликатных вольфрамовых подогревателей. Хотя все эти единицы были упакованы в специальные ящики, беспокойство вызывали возможные вибрации и тряска во время полета. Они не могли найти никакого упаковочного материала, который эффективно защищал бы ящики, в которых были подогреватели. В конце концов, русские техники поехали на мебельный склад в Санкт-Петербург и купили листы пенопласта. Ящики с подогревателями поместили между пакетами пенопластовых листов, перетянув их ремнями к полу – способ, который, видимо, работал хорошо, судя по тому, что подогреватели прибыли в США в целости и сохранности.

К сожалению, возникли значительные трудности с экспортной лицензией для всего оборудования ТОПАЗ. Власти на таможне в аэропорту Санкт-Петербурга не признавали существующую лицензию на экспорт, так как она была одобрена в Советском Союзе, который перестал существовать и на его месте была Российская Федерация. Без экспортной лицензии майор Тарантино не мог сообщить Военно-воздушным силам США твердую дату и время прилета грузовых самолетов. К тому же, в связи с приближением майских праздников, в Латвии или Эстонии нельзя было найти никого, кто бы выдал разрешение на перелет через воздушное пространство. Оборудование было в аэропорту, но не было действующей лицензии на экспорт и не было самолетов.

Таможня все еще должна была разрешить продажу/экспорт. Поздно вечером 27 апреля 1992 года академик Пономарев-Степной и директор ИНЭРТЕК-а Вениамин Усов смогли добиться встречи в Москве с председателем совета министров Российской Федерации Александром Шохиним и доложили ему о критической ситуации с отправкой оборудования. Шохин проконсультировался с министром иностранных дел Сергеем Глазовым и было принято решение незамедлительно выдать одноразовую лицензию на экспорт. На следующее утро была подписана новая лицензия на экспорт и было получено разрешение на отправку – 1 мая. Быстро был организован чартерный полет из Москвы в Санкт-Петербург для доставки экспортной лицензии.

Однако, еще пять дней ушли на получение требуемого разрешения на перелет через воздушное пространство Латвии и Эстонии из-за приближающихся выходных, два дня праздников в Прибалтике и отсутствия дипломатической процедуры получения в нерабочее время разрешения на перелет. Кроме того, были нужны два самолета С-5 для перевозки загруженных паллет; по пути в Россию один из этих самолетов получил повреждения и сел в Англии. Другой приземлился в Санкт-Пе-

тербурге 6 мая 1992 года. Два реактора ТОПАЗ и другое оборудование, насколько это было возможно, были загружены в этот С-5 и он улетел в тот же день. Второй С-5 прибыл 8 мая, был загружен остальным оборудованием и тоже улетел сразу. К сожалению, со вторым С-5 во время промежуточной посадки в Англии снова возникли технические проблемы. После двухдневной задержки второй С-5 прибыл на военно-воздушную базу Киртленд в Нью-Мексико 12 мая, спустя пять дней после прибытия первого самолета.

Вторая поставка. Для второй поставки в 1994 году было решено не использовать военные самолеты, а нанять коммерческий транспортный самолет. МНП организовала чартерный полет самолета Ан-124 российской компании «Авиалинии Волга-Днепр». Ан-124 был самым большим грузовым самолетом в мире, и этот самолет мог поднять на борт все четыре реактора ТОПАЗ в транспортных контейнерах. Были кое-какие административные проблемы, но ничего такого сложного, как при первой поставке.

Испытания в Альбукерке

В апреле 1990 года доктор Майк Шулер и майор Дан Малдер встретились с Диком Верга из ОСОИ во время участия в семинаре по космической энергии в Космическом подразделении Военно-воздушных сил США. Верга информировал их о возможном приобретении русских реакторов ТОПАЗ. Будет ли заинтересована Лаборатория по вооружениям Военно-воздушных сил в проведении испытаний для ОСОИ? Оба ответили, что они были бы очень заинтересованы провести испытания реактора, если ОСОИ его купит. У них не было группы для испытаний, не было здания для проведения испытаний, и если дело на то пошло, не было и никого, кто имел бы опыт руководства большим проектом, связанным с аппаратными средствами. Позже они связались с Франком Том из Сандиа Нешнл Лабораторис, у которого был опыт руководства большими программами с наличием аппаратных средств, и в декабре 1990 они наняли его руководить Оценочными Испытаниями Термоэмиссионной Системы (ОИТС).

Руководство лаборатории им. Филиппа Военно-воздушных сил США ощущало, что с политической и технической точки зрения было бы выгодно привлечь к участию в программе Лос-Аламос, Сандию и Университет Нью-Мексико. Они создали Стратегический Альянс Нью-Мексико для Термоэмиссионной Космической Ядерной Энергии. Этот альянс обеспечил политическую поддержку сенатора США Пете Доминичи (республиканец из Нью-Мексико), доступ к другим ученым на государственной службе из Сандии и Лос-Аламоса на период проведения программы, технический персонал с необходимыми навыками для испытаний систем в вакууме и дополнительное оборудование стоимостью в 500 000 долларов из запасников Сандии и Лос-Аламоса.

Было принято решение разместить оборудование для испытаний в Университете Нью-Мексико (УНМ) вследствие наличия и достаточного размера пространства для испытаний в несекретной среде. Прозрачность и доступ к местоположению были важны для русских, так как это позволяло им подчеркнуть мирный ха-

рактик исследовательской программы. Кроме того, иметь УНМ в качестве спонсора давало менеджменту существенную организационную гибкость. Менеджер по контрактам Тим Степетич докладывал: «Университет делал все возможное для улучшения сотрудничества и облегчения работы. ... УНМ позволил мне открыть текущие счета для обеспечения экстренных выплат по требованиям технической поддержки в рамках контрактов с ИНЭРТЕК-ом и ЛУЧ-ом, – и я не думаю, что они когда-либо разрешали подобные расчетные схемы до и после нас». Приблизительно 400 000 долларов на покрытие суточных, транспортных и других расходов прошли через эти текущие счета. Когда при рутинном аудите такая нестандартная ситуация попала в поле зрения других, это стало причиной для проведения расследования со стороны Счетной Палаты этой и других практик менеджмента, хотя никаких особенных нарушений и не было констатировано.³

Здания для проведения испытаний

В апреле 1991 года ВВС США подписали контракт о найме здания, принадлежащего Инженерному Исследовательскому Институту Нью-Мексико (ИИИНМ), который являлся частью Университета Нью-Мексико. Однако пустое здание было нечто весьма отличное от завершенной станции для проведения испытаний с обученным персоналом. Франк Том и его команда свели в один документ спецификации для проведения модификации здания, просматривали чертежи, организовали изучение русского языка, организовали курсы по работе с вакуумом и жидкими металлами, разработали план программы и вообще работали внеурочно, чтобы подготовить лабораторию. Менеджер по подготовке персонала проекта ОИТС Скотт Уолд контролировал осуществление необходимых конструктивных изменений и монтаж оборудования. Когда русская команда ТОПАЗ-а приехала в апреле 1992 года, чтобы провести обучение по работе с реактором ТОПАЗ и показать, как проводить испытания на уровне целой системы, они нашли здание полностью готовым.

ОИТС

Система ТОПАЗ-II, наземное оборудование и термовакуумная испытательная установка «Байкал» были доставлены в мае 1992 года вместе с предварительно документированными выписками из производственных записей, докладов от проверок при сборке, приемных испытаний систем, записей о проведенных модификациях, записей о ремонтах и оценки характеристик при высокой температуре. Русские и американские специалисты работали плечом к плечу в лаборатории ОИТС при монтаже, калибровании и принятии оборудования для технологии, а также при демонстрации и верификации результатов прежних испытаний в Советском Союзе. Опыт ОИТС стал основой для развития и демонстрации возможностей будущих термоэмиссионных космических ядерных энергетических систем. Кроме

³ Rachel Smolkin, “TOPAZ Nuclear Program Called Failure; GAO Report Claims Mismanagement in Tech-Transfer Effort,” *Rocky Mountain News* (21 December 1997).

того, проект ОИТС успешно показал, что бывшие враги времен Холодной войны могут работать вместе эффективно и экономически выгодно; что военная технология может быть адаптирована для мирных, невоенных приложений, и что русские специалисты, которые раньше работали в военных целях, могут успешно сотрудничать с иностранными специалистами.

ПКИЯЭСУ

После того как безопасность и надежность системы ТОПАЗ-II была продемонстрирована на земле, следующим шагом должен был стать запуск прототипа в Космос. Программа Космические Испытания Ядерной Электрической Силовой Установки (ПКИЯЭСУ) была международной космической миссией, финансируемой ОСОИ/Организацией Противоракетной обороны (ОПРО) в качестве тестовой системы для развития технологий ядерных электрических силовых установок. В миссии предполагалось использование термоэмиссионного ядерного реактора ТОПАЗ-II в качестве источника энергии и набор передовых экспериментальных электрических реактивных двигателей от международных производителей в качестве силовых установок. Ударно-вибрационные испытания были проведены на полностью оборудованном спутнике в условиях, имитирующих запуск, и они прошли с небольшими механическими или электрическими проблемами. В Лаборатории прикладной физики Университета Джонса Гопкинса был спроектирован прототип космического корабля и создана программа испытаний, хотя этот космический корабль не продвинулся дальше проекта, так как ОПРО закрыла ПКИЯЭСУ в 1993 году.⁴

Хотя ПКИЯЭСУ в итоге была закрыта по финансовым и антиядерным политическим соображениям, программа испытаний в Альбукерке показала, что опасения относительно безопасности и финансовой эффективности можно сбалансировать. Ушедший в отставку ученый из Национальной Лаборатории Сандиа Альберт Маршалл прокомментировал это так: «Мы могли убедить критиков и открыто враждебных групп, что ПКИЯЭСУ может быть выполнена безопасно. Я считаю, что успех нашего подхода станет ценнейшим стандартом для всех будущих миссий, связанных с космическими реакторами». Свидетельством тому является проект 2003 года (ныне закрытый) «Прометей», финансируемые NASA работы, направленные на развитие ядерных силовых установок для продолжительных космических миссий, которые включали неядерные испытания до запуска, подобно тому, как мы научились от русских во время ОИТС.

Вспомогательные программы

Одним из основных дополнений к ОИТС была программа Верификации Термоэмиссионного Топливного Элемента (ВТТЭ). Одновременно с переговорами о приобретении реакторов ТОПАЗ Дик Верга заинтересовался приобретением и ис-

⁴ John Fleck, "TOPAZ Research Funds at Risk," *Albuquerque Journal* (11 January 1996).

питательной установки для ТТЭ (находящейся тогда в Подольске), так как это помогло бы ускорить разработку термоэмиссионных топливных элементов в Соединенных Штатах. На основании прошлых результатов программы термоэмиссионного топливного элемента Министерства энергетики закладывалось, что продолжительность жизни термоэмиссионных реакторов будет где-то около года. Программа ВТТЭ доказала потенциал термоэмиссионных реакторных систем удовлетворять требованиям в течении миссии, продолжающейся от трех до семи лет, и были признаки, что возможна и большая продолжительность их жизни. Это было не единственным побочным проектом. Беспрецедентный доступ к термоэмиссионной технологии, к документации по испытаниям, к испытательным установкам и оборудованию, и самое главное, прямой контакт с советскими учеными и инженерами, позволили реализацию совместных международных разработок в сфере материаловедения.

В этих работах принимали участие исследователи из Объединенного Королевства и Франции, сами работы осуществлялись в Альбукерке наряду с ОИТС и ВТТЭ, и они привели к прорывам, которые оказались бы полезными в условиях жесткой радиации и плазменной среде. Британский ученый Поль Агню вспоминает: «Я начал проектировать опытную установку для оценки влияния длительного воздействия цезиевых паров на электрические свойства поверхности разных изоляционных керамических материалов. Мы начали сборку экспериментальной установки в одном из углов помещения, в котором находилась установка ТТЭ. Ко мне присоединилась Юдит Инг (тоже из Объединенного Королевства). ... Наши исследования по материалам были что-то типа «дополнительного шоу при большом шоу», но все вели себя так, что мы чувствовали себя частью команды и чувствовали, что наша работа очень важна». Юдит Инг дополняет: «Это была очень волнующая и эффективная рабочая среда, в которой мы достигли многого за короткий период времени». Этот вклад в научный прогресс очевиден, если рассмотреть библиографию по советской/российской истории космической ядерной энергии, которая содержит шестьдесят две журнальные статьи и презентации на научных конференциях по всему свету, связанные со всеми аспектами развития термоэмиссионной технологии.⁵

Уроки

Все ключевые российские и американские члены персонала приняли участие в составлении доклада, озаглавленного *Международная программа ТОПАЗ: уроки практики сотрудничества с Россией в сфере технологий*.⁶ В этом докладе уроки практики были разделены на пять категорий:

1. Точки зрения США/России
2. Федеральные ведомства США и законодательная среда

⁵ Кухаркин и др., *Космическая ядерная энергетика*, 203–11.

⁶ Booz, Allen & Hamilton, *TOPAZ International Program: Lessons Learned in Technology Cooperation with Russia* (Springfield, VA: Stephenson Printing, 1995), 55–74.

3. Партнерство с российскими институтами
4. Отличия в способах ведения бизнеса и в менеджменте
5. Вопросы человеческих отношений.

Уроки прорезюмированы ниже и актуализированы наблюдениями из более поздних интервью, электронных писем и опубликованных источников.

Точка зрения США/России

Хотя ни Соединенные Штаты, ни Россия не могут добиться технологического превосходства во всех областях, политические соображения могут мешать желанию сотрудничать, если обмен выглядит односторонним. Программа ТОПАЗ показала ценность технологического партнерства, которое обеспечило русским активную роль в будущем развитии технологии, ими созданной. Как сказано в докладе, «хорошо продуманное партнерство дает и русским, и американцам возможность узнать потенциал другой стороны и создать доверительные отношения».⁷

Международная программа ТОПАЗ предоставила три такие возможности:

- *Совместные испытания и оценки.* Русские специалисты принимали участие в ОИТС-испытаниях и оценке безопасности системы в Альбукерке, что включало подготовку американского технического персонала к выполнению функций операторов испытательных установок.
- *Совместная демонстрация технологии.* Русские работали совместно с американскими инженерами при проектировании модификаций реактора с целью повысить его безопасность для предполагаемого запуска на орбиту заправленного топливом ядерного реактора в рамках программы ПКИЯЭСУ. Кроме того, критические с точки зрения ядерной технологии испытания и послерадиационные исследования компонентов реактора были проведены в русских испытательных лабораториях.
- *Совместные разработки.* Американские фирмы начали сотрудничать с российскими институтами с целью начать разработку перспективного реактора, который заменил бы реакторы программы ПКИЯЭСУ.

С точки зрения США работы, осуществленные в России, потенциально могли уменьшить расходы и время, необходимые для создания в США эквивалентной технологической базы. Другим соображением было то, что совместные работы по термоэмиссионной технологии помогли бы задержать высоко квалифицированных русских ядерных специалистов на работе в России. Финансирование их институтов так же давало возможность русским ученым и инженерам приобрести новые умения, которые были бы полезны в сфере открытой рыночной экономики так, чтобы они могли лучше осуществлять маркетинг продуктов, которые они создавали. Используя финансирование из Соединенных Штатов по этим контрактам, российские институты смогли конвертировать некоторые из своих работ в целях

⁷ Там же, 54.

обороны для мирного гражданского приложения и создать некоторые новые технологии, такие как озонобезопасные хладагенты, металло/керамические рентгеновые трубки для медицинских приложений, сверхпрочные монокристаллические сплавы и другие продукты.

Федеральные ведомства США и законодательная среда

Соединенные Штаты ввели в действие множество законов и правил, ограничивающих продажу технических изделий и технологий другим странам, и соответственно, их приобретение в других странах. Некоторые из этих ограничений, может быть, устарели в стремительно изменяющейся политической ситуации, но тем не менее они все еще существуют. Для того, чтобы международное сотрудничество в сфере науки и технологии было успешным, необходимо упорство, чтобы прорваться через эти бюрократические препятствия. В первые дни после распада Советского Союза защитники российско-американского научного сотрудничества должны были считаться с правилами времен Холодной войны и остаточным, почти параноидальным, мышлением чиновников, причем как в России, так и в Соединенных Штатах. Это было особенно очевидно в драматической ситуации, возникшей с показом неработающей полноразмерной модели реактора ТОПАЗ.

Прежде чем реакторы ТОПАЗ были куплены, была устроена выставка демонстрационной модели реактора ТОПАЗ в рамках Восьмого симпозиума по космической ядерной энергии, проводившегося в Альбукерке, Нью-Мексико, в январе 1991 года. Попав в Соединенные Штаты, демонстрационная модель была опутана бюрократической волокитой, которая мешала ее возвращению в Россию. Комиссия по ядерному регулированию (КЯР) решила, что является незаконным экспортировать «ядерное устройство», как они классифицировали демонстрационную модель. Хотя это была неработающая выставочная модель, КЯР заявила, что ее можно модифицировать и превратить в работающее изделие, и следовательно, ее нельзя возвращать в Россию. Пять месяцев ушло на споры и игру мускулами с обеих сторон, понадобилось вмешательство сенатора из Нью-Мексико Пете Доменичи, чтобы классифицировать выставочную модель реактора ТОПАЗ как *не* «ядерное устройство», и отправить ее домой.⁸

В виду проблем с выставочной моделью реактора ТОПАЗ и другими проблемами, связанными с лицензией на импорт ядерной системы, было решено везти в Соединенные Штаты незаправленные топливом реакторы как собственность правительства США. Это было усложнением, поскольку реакторы покупались у ИНЭРТЕК-а (зарегистрированного в России совместного предприятия) компанией Международные научные продукты (частной американской корпорацией). Предполагалось, что далее МНП перепродает реакторы правительству США. Было найдено следующее решение: после того как первые реакторы и все ящики с испытательным оборудованием будут погружены на грузовой самолет С-5, внутри

⁸ R. Jeffrey Smith, "U.S. Won't Let Soviets Take Reactor Back Home; Conference Exhibit Trapped in Legal Limbo," *Washington Post* (20 April 1991).

самолета должна была состояться церемония подписания перед самым вылетом. В качестве вице-президента МНП, Нед Бритт подписал контракт на приобретение аппаратуры у ИНЭРТЕК-а и сразу же подписал другой комплект документов о перепродаже тех же изделий правительству США. Таким образом, к тому моменту, когда самолеты приземлились в Альбукерке, весь груз был уже собственностью правительства США и был освобожден от большинства проблем, связанных с импортом ядерного оборудования.

Такие бюрократические препятствия существовали на многих уровнях. К примеру, менеджер по обучению персонала ОИТС Скотт Уолд описывал то, как некая внешняя организация не один раз уведомляла команду ТОПАЗ-а, что после внимательного обдумывания «они пришли к заключению, что эксперимент, который мы предлагаем провести, будет невозможен, и мы должны просто прекратить все работы, поскольку они являются очевидно пустой тратой времени. Наш обычный ответ был предоставить им результаты эксперимента, проведение которого мы только что закончили». Уолд приписывал успех программы ТОПАЗ Тому и Малдеру, так как они обеспечивали «крышу», давая возможность сконцентрироваться на конкретных технических задачах и не давая вовлечь нас в политические проблемы, связанные с программой.

Партнерство с российскими институтами

Чтобы упрочить партнерские отношения, членам российской и американской команд надо было познакомиться друг с другом. Первое, что показала практика, это то, что создание близких отношений между русскими и американцами позволяет коммуникационный обмен, который иначе был бы невозможен. Дело было не в языковом барьере, так как те, кто работал вместе по программе ТОПАЗ, были в состоянии понимать друг друга, используя небольшое количество ключевых слов на чужом языке, множество рисунков и схем, дополненных в случае необходимости услугами технических переводчиков. Скорее, это был вопрос желания предпринимать дополнительные шаги, необходимые для разрешения сложных ситуаций, таких как ситуация с экспортной лицензией на первую поставку ТОПАЗ-ов. Это желание стало результатом дружеских отношений, завязавшихся при визитах на месте, академическом и инженерном обмене, и особенно при социальных мероприятиях.

Хотя у русских и американских участников есть много дорогих воспоминаний о проведенном вместе времени, особенно выделяются два случая: визит на испытательную станцию Тринити в Уайт Сендс, Нью-Мексико, и полет на воздушном шаре. Четырнадцать российских инженеров и техников приехали 3 апреля 1992 года, чтобы начать выполнение совместной русско-американской программы подготовки для ознакомления всех с оборудованием ТОПАЗ-а и процедурами испытаний. Дата приезда была выбрана специально, так как 4 апреля было одним из двух дней в году, когда Испытательная станция Тринити (где была взорвана первая атомная бомба) была открыта для публики. Это рассматривалось как уникальная возможность для культурного обмена, которая была бы очень воздействующей

шей для тех, кто работает в ядерной сфере. Дав поспать всего три часа после трансатлантического полета, русских разбудили в 5 часов утра, чтобы сесть в микроавтобусы вместе с их американскими хозяевами и их семьями и поехать на экскурсию. Георгий Компаниец припоминает: «Это было как пикник! На входе в станцию были продавцы сувениров, продававшие тенниски с изображением бомбы и куски камня, предположительно из эпицентра взрыва ...». Русские быстро стали центром внимания со стороны средств массовой информации и их интервьюировали для телевидения. Они смогли рассмотреть ранчо МакДональда, где была собрана первая атомная бомба и откуда она была сдетонирована. Все это было «просто чудом».

Другим мероприятием культурной программы, которое произвело неизгладимое впечатление на русских, был полет на воздушном шаре, наполненным горячим воздухом. Клуб любителей полетов на воздушных шарах предложил бесплатные полеты российским гостям, которые стали местными знаменитостями – предложение, принятое всеми с энтузиазмом, так как до этого ни у кого не было такой возможности. Борис Степенов вспоминает: «Наибольшей трудностью, похоже, являлось приземление. Причем было абсолютно запрещено садиться в резерваты, принадлежащие коренным американцам, так как это рассматривалось как посягательство на их земли и осквернение памяти их предков». Но ветрами все-таки нельзя управлять, и как раз это случилось с воздушным шаром, на котором он летел; была уведомена племенная полиция, они приехали и выписали пилоту баллона штраф за нарушение границ резервата. Только после этого Степенов смог присоединиться к другим, летавшим впервые, на церемонии, на которой отметили это событие. «Были речи, были клятвенные заверения, было крещение шампанским и множество других ритуалов. Память на всю жизнь!»

Отличия в способах ведения бизнеса и в менеджменте

Приезд ученых и технического персонала ТОПАЗ-а был большим потрясением для русских, чем для американцев. Как заметил Валерий Синкевич, ведущий инженер, «было невероятно, что несколько сотен русских, которые всю свою взрослую жизнь работали в условиях строжайшей секретности, смогли вдруг резко окунуться в совсем другой мир». Это стало очевидным в первый рабочий день в Альбукерке, когда Нед Бритт объяснил Синкевичу, что он должен начать с открывания коробок, сортировки оборудования и так далее. Синкевич ответил, что прежде, чем он начнет, ему необходимо, как обычно, разрешение его директора. Бритт незамедлительно позвонил в Россию в Центральное конструкторское бюро тяжелого машиностроения директору Владимиру Никитину и спросил его, можно ли Синкевичу как представителю ИНЭРТЕК-а в Альбукерке делегировать право принимать такие решения. Никитин согласился, и с тех пор установилось рациональное распределение ответственности между сотрудниками в России и теми в США, что способствовало быстрому разрешению технических проблем.

Синкевич работал с Гленом Шмидтом и Скоттом Уолтом по ежедневным задачам установки оборудования и проведению испытаний. Шмидт начинал каждый

рабочий день с совещания «на ногах» перед началом сборки и испытаний, чтобы удостовериться, что весь персонал на месте, знает свои задания и располагает ресурсами, которые будут им нужны. В течение дня Синкевич и Шмидт проходили по рабочему участку, наблюдали, расспрашивали и/или помогали каждому в случае необходимости. В конце дня проводилось такое же совещание для установления прогресса, выявления проблем и для определения работ, которые надо сделать в течение следующей ночи или следующего дня. Русские инженеры и техники называли Шмидта «тростью для прогулок», а Шмидт отвечал им, что это и есть его стиль менеджмента «Менеджмент путем прогулок».

Предполагалось, что необходимое для монтажа и испытаний время, то есть от начала до завершения испытаний систем реакторов ТОПАЗ-II и успешной демонстрации операционного термического цикла энергетической системы, будет больше девяти месяцев. Действительно прошедшее от начала до завершения приемных испытаний время оказалось шесть с половиной месяцев. Синкевич объясняет, что «доверие, которое создалось между русской и американской сторонами, позволило нам в необычайно короткий срок завершить сборку комплекса и продемонстрировать его возможности». Сокращение сроков от начала до успешного завершения термо-вакуумных испытаний сэкономило много денег при фиксированной цене работ МНП/КЭИ и завоевало программе уважение на будущее.

Поскольку совместными усилиями русских и американцев были сэкономлены время и деньги, Шмидт рекомендовал Уетчу и Бритту выплатить премию каждому русскому участнику проекта, чтобы отметить их необыкновенное достижение. Премии были выплачены в соответствии с технической сложностью, продолжительностью работ и качеством труда. Это был первый раз, когда кому-нибудь из русских участников выплатили премию. Примерно через месяц после получения первой премии несколько русских спросили, могли бы они получить еще одну премию, если сэкономят еще времени. Ответ Шмидта был: «Может быть». Они сэкономили еще время и им были выплачены другие премии, поменьше. Такими и многими другими способами российский персонал знакомился с практикой западного менеджмента, что персонально им было выгодно и способствовало успеху программы.

Вопросы человеческих отношений

Менеджер по обучению программы ОИТС Скотт Уолд записал множество моментов «культурного шока», которые показывали, что для русских означало работать с американцами в то время и в том месте. В частности, он вспоминает:

- Как он водил российских инженеров и техников на туры по местным компаниям, поставляющим электрическое оборудование, гидравлическую арматуру, электронные элементы, крепежные элементы и т.д., и объяснял им, что американцы могут получить почти все, что нужно, практически в любое время.
- Как направил русских инженеров на курсы подготовки и понял, что хотя они работали на этом проекте несколько лет, но каждый знал только тот

компонент, которым занимался – только немногие имели представление, как работает система в целом.

- Как один из инженеров должен был вернуться в Россию, так как его сыну должны были делать операцию по удалению опухоли головного мозга, и хирург попросил инженера привезти, если возможно, некоторое количество тайленола. Было удивительно, что (в то время) Россия была страной, где делают операции на головном мозге, но не могут обеспечить поставку основных медицинских препаратов.

Американский вспомогательный персонал в Альбукерке старался смягчить русским культурный шок и помогал им легче адаптироваться к жизни в Соединенных Штатах. Они достигали этого, разместив русских сотрудников в одном жилом комплексе, чтобы они могли помогать друг другу; обеспечив им (с ограничениями) персональные телефонные звонки в Россию; предоставив руководящему персоналу, согласно его положению, дополнительные удобства; понимая, что русские в общем люди экономные и хотели бы не тратить свои суточные, когда это возможно; и в целом распознавая и эффективно помогая в случаях возникновения обычных житейских проблем.

Значение сотрудничества для США и для России

27 марта 1992 года президент Джордж У. Буш на встрече с государственным секретарем Джеймсом Бейкером и министром обороны Ричардом Чейни утвердил приобретение реакторов ТОПАЗ как первую после распада Советского Союза совместную межправительственную США-Россия программу в сфере науки и технологии.⁹ Ал Маршалл прокомментировал это так: «Просвещенная внешняя политика открыла дверь программе ТОПАЗ, и программа ТОПАЗ способствовала установлению хороших отношений между Соединенными Штатами и Россией». ТОПАЗ предшествовала Программе Совместного Уменьшения Угрозы Нанна-Лугара (которая обеспечивала помощь при демонтаже или безопасном хранении вооружений из ядерного арсенала бывшего Советского Союза), хотя по духу она ей соответствовала, в том смысле, что программа ТОПАЗ обеспечивала продолжение занятости определенных ядерных специалистов из бывшего Советского Союза, которые в противном случае могли принять работу в некоторых из государств-изгоев. Важно помнить, что купля реакторов ТОПАЗ не задумывалась как программа оказания помощи; наоборот, она позволила Соединенным Штатам получить передовую технологию космической ядерной энергии за малую часть того, чего бы она стоила, если они развивали бы ее сами. Как комментировал Франк Том, «конструкция русского ТОПАЗА была уникальной по сравнению с тем, что Америка когда-либо изобрела. Это было сделано с использованием неядерного электрического подогрева для испытаний и квалификации на Земле. Единственное, что мы можем сказать, это 'Почему мы, американцы, до этого не додума-

⁹ William J. Broad, "White House Drops Barrier to Buying Soviet Technology," *New York Times* (28 March 1992).

лись?»). Вряд ли Соединенные Штаты сконструируют когда-нибудь космический реактор, не используя технологию неядерных испытаний до запуска в Космос, которая повышает безопасность и уменьшает риск.

Первая покупка ТОПАЗ-ов стала моделью для части Программы Совместного Уменьшения Угрозы Нанна-Лугара, относящейся к противодействию распространения оружия массового уничтожения, известной как Международный Центр Науки и Технологий (МЦНТ). МЦНТ помогал новым независимым советским республикам, спонсируя исследования и разработки, направленные на применение оружейных технологий для коммерческих целей. Однако, после двадцати лет существования программа Нанна-Лугара и МЦНТ стали предметом новых договоренностей после того, как Россия пожаловалась, что оригинальные соглашения подразумевают, что она является реципиентом, а не равноправным партнером. Русские аналитики Владимир Орлов и Александр Чебан комментировали, что наряду с другими претензиями программа Нанна-Лугара дала Соединенным Штатам возможность навязчиво посещать секретные объекты, унижительная практика, которую допускали потому, что США финансировали улучшение их безопасности.¹⁰

Соединенные Штаты и скептически настроенная Россия много лет обсуждали, как они могли бы выиграть от сотрудничества в сфере научных исследований и разработок.¹¹ После 2013 года в тех областях, которые затрагивают национальные интересы России или Соединенных Штатов, сотрудничество будет продолжаться только в ограниченном объеме. *Нью-Йорк Таймс* писала, что Соединенные Штаты и дальше будут оказывать помощь России гарантировать безопасность ядерных и радиологических материалов, но не будут участвовать в уничтожении старых ракет, гарантировании безопасности транспортировки ядерных боеголовок или уничтожению химических оружий. Россия обещала продолжить все эти деятельности, но самостоятельно, в результате чего некоторым американским контракторам придется покинуть Россию.¹²

Многие из русских ученых, инженеров и техников, принимавших участие в программе ТОПАЗ, продолжают работать по развитию космической ядерной энергии вместе с ведущими российскими научно-исследовательскими институтами независимо от Соединенных Штатов.¹³ Перед ними поставлена задача сконструировать к 2018 году модуль типа ТОПАЗ-II, который будет использован в ка-

¹⁰ Vladimir Orlov and Alexander Cheban, "Life after Death: Will the Nunn-Lugar Program Give Way to New Partnership?," *Russia in Global Affairs* (April/June 2013); доступно на <http://eng.globalaffairs.ru/number/Life-After-Death-16057>.

¹¹ Anton Khlopkov, "What Will a Nuclear Agreement with the United States Bring Russia?," *Security Index* 13:2 (2007): 69–86.

¹² Jackie Calmes, "Obama Asks Russia to Join in Reducing Nuclear Arms," *New York Times* (19 June 2013); доступно на <http://www.nytimes.com/2013/06/20/world/europe/obama-asks-russia-to-join-in-reducing-nuclear-arms.html>.

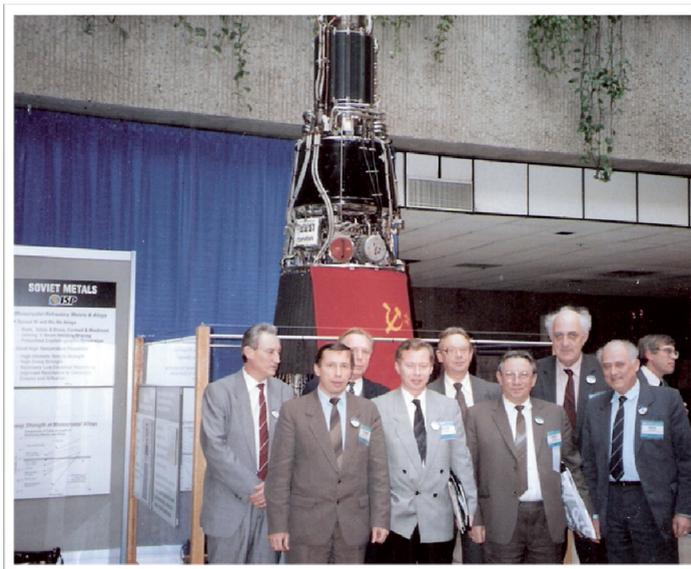
¹³ Valery Yarygin, "Arophis Can Change Priorities: TOPAZ, Enisey and Space Nuclear Power Systems (NPS) of the Second Generation," *Atominfo.ru* (10 December 2007); Доступно на <http://www.atominfo.ru/en/news/e0225.htm>.

честве силовой установки в Космосе для полетов на Луну и на Марс; или как источник питания для коммерческих приложений, связанных с производством при нулевой гравитации и как средство для борьбы с опасными астероидами.¹⁴ Академик Пономарев-Степной отмечает: «Эффективным способом [развития] космической ядерной энергии является организация международных программ, дающих возможность использовать самые высокие достижения участвующих стран». Если такую кооперацию можно рассматривать как настоящее партнерство, выгодное всем участвующим странам, есть причины для оптимизма, что теплые дружеские связи, установившиеся во время программы ТОПАЗ, могут продолжиться в этой и в других областях научного сотрудничества.

В сумерках Холодной войны Международная программа ТОПАЗ являлась замечательным примером международного сотрудничества, направленного на мирное применение термоэмиссионных космических ядерных технологий, которые в прошлом были в высшей степени засекречены. В ценовом отношении МПТ была очень эффективной: с ПКИЯЭСУ она близко подошла к испытанию в космическом полете системы ТОПАЗ-II, хотя этого не случилось из-за антиядерного настроения администрации Клинтон. Программа послужила моделью для сотрудничества Россия-США в других областях и привела к множеству открытий и разработкам продуктов, связанных с материалознанием. Хотя ТОПАЗ-II так и не слетал в Космос, но он прилетел в Соединенные Штаты и затем обратно в Россию, прокладывая дорогу к международному сотрудничеству в сфере науки и технологий.

¹⁴ Кухаркин и др., *Космическая ядерная энергетика*, 199–201.

Приложение: Фотографии международной программы ТОПАЗ



Фигура 1: Советские ученые под руководством директора «Красной звезды» Георгия Грязнова (спереди в центре) с выставочной моделью реактора ТОПАЗ-II на симпозиуме по космической ядерной энергии в Конгрессном центре Альбурке, Нью-Мексико, январь 1991.



Фигура 2: Погрузка реактора ТОПАЗ-II в транспортном контейнере в самолет С-5 Военно-воздушных сил США, Санкт-Петербург, Россия, апрель 1992.



Фигура 3: Русский технический персонал в Инженерном исследовательском институте, Университет Нью-Мексико в Альбукерке, июль 1992.



Фигура 4: Академик Н. Н. Пономарев-Степной и российские менеджеры проекта ТОПАЗ-II вместе с автором, Институт Курчатова, Москва, Россия, апрель 2013.

Литература

Н.Е. Кухаркин; Н. Н. Пономарев-Степной; В.А. Усов. *Сотрудничество США и России в сфере науки и технологии: пример Международной программы по космическому ядерному реактору ТОПАЗ*. Москва: Атомиздат, 2012: Космическая ядерная энергетика (ядерные реакторы с термоэлектрическим и термоэмиссионным преобразованием – «Ромашка» и «Енисей»), 2012.

Broad, William J.. "White House Drops Barrier to Buying Soviet Technology." *New York Times* (1992).

Calmes, Jackie. "Obama Asks Russia to Join in Reducing Nuclear Arms." *New York Times* (2013).

Fleck, John. "TOPAZ Research Funds at Risk." *Albuquerque Journal* (1996).

Khlopkov, Anton. "What Will a Nuclear Agreement with the United States Bring Russia?" *Security Index* 13, no. 2 (2007): 69-86.

Orlov, Vladimir, and Alexander Cheban. "Life after Death: Will the Nunn-Lugar Program Give Way to New Partnership?" *Russia in Global Affairs* (2013).

R. Smith, Jeffrey. "U.S. Won't Let Soviets Take Reactor Back Home; Conference Exhibit Trapped in Legal Limbo." *Washington Post* (1991).

Smolkin, Rachel. "TOPAZ Nuclear Program Called Failure; GAO Report Claims Mismanagement in Tech-Transfer Effort." *Rocky Mountain News* (1997).

Thermionics Quo Vadis? An Assessment of the DTRA's Advanced Thermionics Research and Development Program. Washington, D.C.: National Academies Press, 2001.

TOPAZ International Program: Lessons Learned in Technology Cooperation with Russia. Springfield, VA: Stephenson Printing, 1995.

TOPAZ International Program: Lessons Learned in Technology Cooperation with Russia. Springfield, VA: Stephenson Printing, 1995.

Yarygin, Valery. *Apophis Can Change Priorities: TOPAZ, Enisey and Space Nuclear Power Systems (NPS) of the Second Generation*. Atominfo.ru, 2007.