

М.Ф. ТРОЯНОВ

ВОСПОМИНАНИЯ
ИЗБРАННЫЕ ТРУДЫ
ДОКУМЕНТЫ



ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ «РОСАТОМ»
АО «Государственный научный центр Российской Федерации —
ФИЗИКО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
имени А. И. Лейпунского»

М. Ф. ТРОЯНОВ

ВОСПОМИНАНИЯ
ИЗБРАННЫЕ ТРУДЫ
ДОКУМЕНТЫ

Обнинск 2023

УДК 621.311
ББК 31.4

Составители
Ю. В. Фролов, Ю. А. Левченко

Троянов М.Ф. Воспоминания, избранные труды, документы. — Обнинск: АО «ГНЦ РФ – ФЭИ», 2023. — 344 с. : 12 л. ил.

Сборник посвящен М. Ф. Троянову (1931 – 2017) — видному ученому-физику, организатору науки в области атомной энергетики, доктору технических наук, профессору, заслуженному деятелю науки и техники Российской Федерации, лауреату Ленинской и Государственной премий, директору Физико-энергетического института в 1987 – 1992 гг.

Первое издание воспоминаний М. Ф. Троянова было осуществлено в 2007 г. В качестве приложений в него были также включены статьи и доклады М. Ф. Троянова за разные годы. Новое издание существенно отличается от первого, в него вошли воспоминания М. Ф. Троянова, а также избранные труды и документы из архива АО «ГНЦ РФ – ФЭИ» и личного архива М. Ф. Троянова, воспоминания друзей и коллег о М. Ф. Троянове, которые публикуются впервые.

Для научных работников, инженеров, студентов, а также всех интересующихся историей атомной отрасли, науки и техники.

ISBN 978-5-907108-32-5

© М.Ф. Троянов, воспоминания, 2023
© АО «ГНЦ РФ – ФЭИ», составление,
документы, иллюстрации, 2023



Münch

Предисловие

Имена ученых, пришедших в атомную отрасль в середине XX века, уже принадлежат истории. Они застали самый расцвет отечественной атомной науки и техники, период выдающихся достижений и свершений. Дстойное место в ряду знаменитых исследователей занимает Михаил Федотович Троянов, активный участник работ по созданию энергетических реакторов на быстрых нейтронах и один из наиболее известных представителей научной школы в области ядерной и реакторной физики, созданной А. И. Лейпунским в Физико-энергетическом институте.

На протяжении всей своей долгой научной деятельности М. Ф. Троянов оставался верен Физико-энергетическому институту и направлению энергетики на основе быстрых реакторов. За эту верность, которую одновременно можно считать значимым «вкладом в науку», в 1978 году вместе с другими участниками работ по созданию реактора БН-350 он был награжден Государственной премией СССР, а в 1982 году за создание реактора БН-600 — Ленинской премией.

Свои воспоминания, опубликованные впервые в 2007 году и включенные в эту книгу, М. Ф. Троянов назвал «Моей судьбою стал Физико-энергетический институт». Это не просто риторический прием — под этим названием могут подписаться все ветераны института, во всяком случае, принадлежащие к поколению Михаила Федотовича. Сам М. Ф. Троянов своей книгой показал, что невозможно рассказать о своей жизни и деятельности в отрыве от дела, которому служишь, т. е. от жизни и деятельности института и его коллектива. Поэтому попытка раскрыть в этой книге научную и административную деятельность М. Ф. Троянова — это одновременно и рассказ о жизни и деятельности ФЭИ и его коллектива.

Материалы, включенные в книгу, убедительно демонстрируют тот факт, что научный коллектив ФЭИ, комплексно решая задачу создания современной ядерной энергетики на базе реакторов на быстрых нейтронах, ещё в период 70–80-х годов прошлого века искал и находил решения для краеугольных вопросов повышения безопасности и технико-экономических показателей ядерной энергетики. Внимательный читатель обнаружит в опубликованных в книге документах и предложения конкретных технических решений, и постановку новых задач, и попытки донести эти предложения до широкой общественности. Можно с уверенностью констатировать, что хоть и с опозданием на несколько десятилетий, разрабатываемая в то время Физико-энергетическим институтом идеология создания атомной энергетики на базе быстрых реакторов и замкнутого топливного цикла нашла поддержку в программных документах отрасли и стала основой для реализации федеральных комплексных программ развития современной атомной энергетики.

И еще в книге можно обнаружить десятки имен соратников и друзей М. Ф. Троянова, с которыми он вместе делал великое дело упорным трудом.

*А. А. Лебезов,
генеральный директор АО «ГНЦ РФ – ФЭИ»*

Предисловие составителей

Эта книга посвящена памяти Михаила Федотовича Троянова — советского и российского ученого-физика, директора Физико-энергетического института с 1987 по 1992 год.

Его первые работы в ФЭИ (с 1955 г.) в должности младшего научного сотрудника в отделе В. И. Субботина, будущего академика АН СССР и РАН, были связаны с теплофизикой и освоением технологии натрия и сплава натрий-калий. Несмотря на то, что М. Ф. Троянов недолго проработал в коллективе теплофизиков, он был одним из основных участников принципиальной в те годы работы по изучению теплоотдачи в трубах к натрию и сплаву натрий-калий с использованием передвижной термопары. Полученные результаты доказали правоту теплофизиков ФЭИ в споре со специалистами Энергетического института АН СССР: было показано, что так называемое термическое контактное сопротивление отсутствует, если обеспечена необходимая очистка теплоносителя от примесей.

С 1959 года М. Ф. Троянов занимался вопросами разработки быстрых энергетических реакторов, изучением физики этих реакторов. Это направление атомной науки и техники, как и многие другие, зарождалось в рамках военной программы, где быстрый реактор рассматривался как возможный источник наработки плутония для атомной бомбы, а позднее — как двухцелевой реактор (получение плутония плюс производство электроэнергии).

Для А. И. Лейпунского изначально привлекательной и главной была вторая цель — создание реактора, дающего энергию. Но и задача наработки оружейного плутония не снималась в течение многих лет. Даже для энергетического реактора БН-350 план наработки плутония считался важным показателем работы. Как вспоминал М. Ф. Троянов: «Пожалуй, главным разрушителем этого плана стал министр Ефим Павлович Славский, который весьма ненормативной лексикой объяснял некоторым руководителям, что Министерство обойдется без этого плутония, а БН-350 должен, прежде всего, быть энергетическим реактором для будущего. Именно Е. П. Славский в дальнейшем такую направленность придал и проекту БН-800, отвергнув предложение рассматривать его как наработчика плутония».

С 1964 года М. Ф. Троянов последовательно возглавлял лабораторию физического обоснования ядерных реакторов на быстрых нейтронах, с 1970 года — отдел, с 1976 года — сектор (отделение), в 1977 году был назначен заместителем директора по научной работе. За эти годы М. Ф. Троянов стал одним из ведущих специалистов по расчетно-физическому обоснованию быстрых реакторов. Существенное место в его научной деятельности занимали исследования различных перспективных компоновок активных зон быстрых реакторов, исследования физики реакторов с различными видами топливных композиций, пути повышения коэффициента воспроизводства и технико-экономической эффективности.

В 1966 году М. Ф. Троянов в своей лаборатории впервые применил для оптимизации быстрых реакторов метод расчетных затрат. В дальнейшем вопросы анализа экономических характеристик быстрых реакторов и путей их улучшения и повышения эффективности ядерной энергетики стали занимать значительное место. В 1977—1980 годах М. Ф. Троянов принимал непосредственное участие в международной оценке ядерного топливного цикла.

Предложения ФЭИ о разработке быстрых реакторов в настоящее время осуществились и реализовались в многолетнем опыте создания и эксплуатации таких реакторов. Самым ярким примером этого является реактор БН-600, успешно и эффективно работающий с 1980 года. Но еще до пуска БН-600, в октябре 1972 г., в сообщении ФЭИ, подготовленном В. В. Орловым, М. Ф. Трояновым и Г. М. Пшакиным для Межведомственного технического совета о перспективах развития быстрых реакторов в СССР, говорилось, что «дальнейшее сооружение быстрых реакторов целесообразно осуществлять на основе опыта эксплуатации БН-350 и на оборудовании, разработанном и освоенном промышленностью для БН-350 и БН-600», и предлагалась примерная программа ввода быстрых реакторов: «В 1977—78 годах можно было бы начать сооружение головного образца реактора БН-1500. В настоящее время ведется проектирование такого реактора. Этот реактор может явиться основным типом быстрого реактора для сооружения в период 1980—1990 гг. с тем, чтобы до 1990 г. ввести примерно 16 таких реакторов и достичь полной мощности АЭС с быстрыми реакторами в 1980 г. ~2,5 млн кВт, в 1985 ~11 млн кВт, а в 1990 г. — ~32 млн кВт» (документ включен в настоящий сборник, с. 134—138).

Под научным руководством М. Ф. Троянова подразделениями института был выполнен полный комплекс исследований по физическому и инженерному обоснованию БН-350, затем — БОР-60 и БН-600. Он сам принял участие в пусконаладочных работах на реакторах БН-350 и БН-600, в исследованиях их физических и эксплуатационных характеристик. Под его руководством были проведены экспериментальные работы на действующих реакторах, в частности сделаны измерения коэффициента воспроизводства, инициирован и проделан ряд работ по изучению безопасности, разработаны мероприятия по повышению безопасности.

После ввода в эксплуатацию этих реакторов важнейшей работой отделения М. Ф. Троянова стал анализ результатов пуска и исследования реальных характеристик этих объектов, разработка перспективных реакторов БН-800 и БН-1600. По оценкам руководства Министерства среднего машиностроения СССР, проведенная под его научным руководством работа во многом способствовала надежной и стабильной работе атомных электростанций с реакторами на быстрых нейтронах в СССР.

Наряду с улучшением основных характеристик быстрых реакторов с натриевым охлаждением ученые ФЭИ ставили задачу повышения технико-экономических показателей, особенно уменьшения затрат на сооружение быстрых реакторов. Так в докладе ФЭИ на НТС Министерства (авторы М. Ф. Троянов,

В. И. Матвеев, А. А. Ринейский), подготовленном в мае 1983 г., этому уделяется отдельное внимание. «Последнее время мы много занимаемся анализом статей затрат и изучением путей удешевления реакторов. По удельным затратам по сметной стоимости БН-600 в 1,55 раз дороже ВВЭР-1000, по фактическим затратам на 01.01.83 (за вычетом не относящихся к БН-600 затрат) — в 1,36 раза. Однако очень сильны тенденции ухудшать это соотношение. Наш анализ показывает, что существуют пути снижения затрат. При этом нет одного «волшебного» решения. Должна быть систематическая упорная работа по использованию всех резервов экономии», — отмечается в докладе и предлагаются пути снижения стоимости реакторов типа БН-1600 (документ включен в настоящий сборник, с. 164–174).

В 1983 году был закончен технический проект атомной паропроизводящей установки с реактором БН-1600 и началось проектирование АЭС с этим реактором. Активное участие в этих работах принимал М. Ф. Троянов. В том же году в отчете о НИР «Пути совершенствования проектных решений АЭС БН» его авторы А. А. Ринейский, М. Ф. Троянов, Л. А. Кочетков, Ю. Е. Багдасаров показывают, что благодаря значительному увеличению единичной мощности и выбору рациональных решений по реактору и оборудованию, усовершенствованию физических характеристик АЭС БН-1600 по своим технико-экономическим показателям превосходит действующие быстрые реакторы. «Проведенный анализ показывает, что имеются пути таких изменений конструкторско-компоновочных решений, которые приведут к существенному уменьшению затрат на сооружение АЭС с быстрыми натриевыми реакторами. Это означает, что при массовом строительстве такие АЭС могут не только обеспечить полное использование урана и перевести ядерную энергетику в режим самообеспечения, но и выполнить эту задачу достаточно экономично», — приходят к выводу авторы отчета (документ включен в настоящий сборник, с. 175–194).

Однако уже через несколько лет провозглашенный правительством СССР переход на «новые формы экономического стимулирования», «хозяйственный расчет» и «самофинансирование» отразился не самым лучшим образом на работе института. Это хорошо отражает Справка о деятельности Физико-энергетического института, направленная директором ФЭИ М. Ф. Трояновым в Министерство в мае 1988 года: «Осуществлена концентрация научно-технического потенциала на основные направления деятельности и важнейшие задания XII пятилетки. С этой целью полностью пересмотрена тематика института, сконцентрирована, укрупнена тематика, ликвидированы мелкие и неперспективные темы... В результате неоднократных детальных обсуждений в 16 ГУ¹⁾, НТУ²⁾, с заказчиками предварительно согласованы 28 государственных (отраслевых) заказов для института, сформирован проект тематического плана института, куда вошли кроме 28 госзаказов 46 хозяйственных договоров с предприятиями (для сравнения: в тематический план института 1988 г. входит 156 тем). Таким образом тематика сокращена более чем вдвое... В ходе подготовки к новым условиям хозяйствования ликвидировано 14 лабораторий.

Штатное расписание на 1988 год сформировано с учетом перераспределения численности по направлениям деятельности, сокращено 186 единиц. За счет укрупнения участков сокращено 158 мастерских участков» (документ включен в настоящий сборник, с. 197–211).

Директором ФЭИ М. Ф. Троянов был назначен приказом Министра в 1987 году. Назначение его на эту должность совпало с эпохой «гласности» и «демократизации». Поэтому, в угоду новым веяниям, представители партийного комитета провели собрания во всех отделениях и крупных подразделениях. В коллективах кандидатура нового директора получила всеобщее одобрение, был только один воздержавшийся. В связи с этим М. Ф. Троянова можно считать еще первым и последним всенародно избранным директором ФЭИ.

Так случилось, что одновременно М. Ф. Троянов стал последним директором ФЭИ советской эпохи и первым директором ФЭИ в стране, вступившей в другую социально-экономическую формацию. Слом общественно-политической системы в любом государстве всегда сопровождается экономическим кризисом. Все это отразилось на экономическом положении института и на научной тематике. В архиве ФЭИ сохранились документы, отражающие действия руководства ФЭИ по поиску путей спасения атомной отрасли в условиях ухудшающегося финансово-экономического положения в стране.

В июле 1989 года директор ФЭИ М. Ф. Троянов направляет письмо первому заместителю министра атомной энергетики и промышленности СССР Б. В. Никипелову, которое так и называется — «Об экономике АЭС». В этом письме отмечается, что для упрочения позиции ядерной энергетики в топливно-энергетическом комплексе нашей страны и в интересах успешного перспективного развития атомной отрасли требуется уточнение и убедительное обоснование технико-экономических показателей АЭС. И показывается, что успешному решению этой задачи серьёзно мешает закрытость исходной экономической информации, «в особенности это относится к ядерному топливному циклу, в котором как раз и заключены основные отличия АЭС от традиционных тепловых электростанций» (документ включен в настоящий сборник, с. 221–223). Многие предложения, озвученные в этом письме, в наше время, когда в условиях рыночных отношений даже внутри одной Корпорации все большее значение приобретает «коммерческая тайна», возможно устарели. Но они показывают пути, которые пытался использовать ФЭИ, чтобы сделать атомную энергетику конкурентоспособной в новых экономических условиях.

Архивные документы раскрывают, как директор ФЭИ боролся за сохранение и института, и важнейших для государства научных направлений. Руководство ФЭИ остро ощущало, что резкое сокращение финансирования пагубно отразится на перспективах как оборонного, так и мирного применения ядерной энергетики. Воспользовавшись тем, что в 1990 году ФЭИ посетил заместитель Генерального секретаря ЦК КПСС В. А. Ивашко, через него Президенту СССР М. С. Горбачеву (который одновременно был Генеральным секретарем ЦК КПСС) направляется письмо о необходимости сохранения и поддержания работ

по ядерной энергетике для космических аппаратов (документ включен в настоящий сборник, с. 229–231).

Письмо написано как личное обращение директора Физико-энергетического института Министерства атомной энергии и промышленности к Президенту страны, которое «вызвано серьезными опасениями, что наша страна может достаточно быстро потерять весь накопленный научно-технический потенциал в области ядерной техники для космоса».

В обращении говорится о достижениях СССР в этой области, понесённых затратах и о том, что «в стране сложилась кооперация конструкторских и научных организаций, имеющая в своём составе коллективы высококвалифицированных специалистов в области космической ядерной техники и создавшая дорогостоящую экспериментально-производственную базу». Тем не менее, несмотря на «сложившуюся кооперацию», обращение подписано только директором ФЭИ, и это выглядит как акт отчаяния.

В обращении к М. С. Горбачеву руководство ФЭИ ограничилось пока одной проблемой (космос), но, как видно из письма к В. А. Ивашко, оно не собиралось на этом останавливаться и выражало надежду «в дальнейшем таким же образом затронуть другие, также важные, вопросы ядерной энергетики» (документ включен в настоящий сборник, с. 228).

К сожалению, по документам архива ФЭИ не удалось установить, какая последовала реакция на это обращение. Но можно предположить, что только человек с менталитетом настоящего ученого, не дорожающий директорским креслом, мог лично обратиться к президенту страны, нарушив сразу все правила.

Неудача с письмом президенту СССР не остановила директора ФЭИ, но многому научила. М.Ф. Троянов не прекращает попытки улучшить положение института. Теперь он получает поддержку главы администрации Калужской области А.В. Дерягина и министра Российской Федерации по атомной энергии В.Н. Михайлова. В конце марта 1992 года А.В. Дерягин обращается с большим письмом к президенту Российской Федерации Б.Н. Ельцину с просьбой «обратить внимание на судьбу Физико-энергетического института, одной из ведущих научно-исследовательских организаций атомно-энергетического комплекса» и чтобы сохранить основной потенциал ФЭИ, его кадры и экспериментальную базу предлагает преобразовать его в «Федеральный ядерно-энергетический центр — «Физико-энергетический институт» управляемый Министерством Российской Федерации по атомной энергии с «отдельной строкой в составе ассигнований, выделяемых Минатому РФ на энергетику и оборону».

Эти предложения получают развитие в письме В.Н. Михайлова, направленном президенту Российской Федерации в начале апреля 1992 года. Министр писал о важности сохранении и развитии не только ФЭИ, но и НИИАР, раскрывал потенциал и значимость этих институтов для страны и предлагал преобразовать ФЭИ — в «Российский Федеральный ядерно-энергетический Центр — «Физико-энергетический институт» и НИИАР — в «Российский Федеральный атомный Центр — «Институт атомных реакторов», возложив

функции управления ими на Министерство Российской Федерации по атомной энергии. В приложенном к письму проекте распоряжения Президента прописывались меры, которые должны были улучшить положение обоих институтов.

Несомненно, что все эти действия, инициированные М.Ф. Трояновым, способствовали тому, что в 1994 году ФЭИ получил статус Государственного научного центра.

По воспоминаниям современников, директора Троянова менее всего волновал собственный пиар, он жил только интересами института и коллектива. Такому человеку в роли топ-менеджера в период экономического хаоса было особенно трудно. Возможно, поэтому произошла катастрофа со здоровьем. И в 1992 году он ушел с поста директора, предложив на этот пост человека, который, как он считал, сможет руководить институтом в условиях рыночной экономики.

В настоящую книгу вошли воспоминания М. Ф. Троянова, документы из архива ФЭИ и личного архива М. Ф. Троянова, воспоминания друзей и коллег М. Ф. Троянова о нём и фотоматериалы из архива ФЭИ и личных собраний.

Воспоминания М. Ф. Троянова, над которыми он начал работать в 1999 году, были опубликованы в 2007 году. Дополненные статьями и докладами автора за разные годы по истории работ ФЭИ по быстрым реакторам они вышли отдельной книгой. Из той книги в настоящее издание включены только воспоминания М. Ф. Троянова.

Архивные документы (научные отчеты, доклады, письма), отобранные для книги, публикуются впервые. Документы достаточно ярко и интересно отражают историю работ, основные проблемы, концепции, «проекты», а также вклад М. Ф. Троянова в создание быстрых реакторов. Воспоминания друзей, коллег и соратников М. Ф. Троянова, написанные специально для этой книги, и фотодокументы помогают в какой-то мере раскрыть личность М. Ф. Троянова. По отзывам современников, это был человек очень дисциплинированный, пунктуальный, сдержанный и достаточно закрытый.

В работе над сборником приняли участие Чебесков А. Н. и Чёрный В. А., которые помогали собирать воспоминания. В выявлении архивных документов приняли участие работники архива Акинтьева Е. А. и Платонова И. Ф. При анализе выявленных в архивном фонде ФЭИ отчетов о НИР на предмет отбора их к публикации консультационную помощь оказал Чёрный В. А. Набор текстов документов осуществляли работники архива Акинтьева Е. А. и Сторчило Н. С.

Примечания к публикуемым документам и воспоминаниям сделаны составителями, что специально не оговаривается, и помещаются в конце текстов. Примечания авторов воспоминаний даются в конце страниц.

Примечания

¹⁾ *16 ГУ* — 16 Главное управление (Главное управление атомных энергетических установок) Министерства среднего машиностроения СССР, к которому относился ФЭИ.

²⁾ *НТУ* — Научно-техническое управление Министерства среднего машиностроения СССР.

Часть 1

М. Ф. Троянов. Моей судьбою стал Физико-энергетический институт. Воспоминания

От автора

Эти воспоминания рождались в несколько приёмов со значительными перерывами.

Побудил меня заняться ими начальник отдела фондов ФЭИ Юрий Викторович Фролов. Весной 1999 г. он уговорил меня надиктовать на магнитофон свои воспоминания. Я выполнил его просьбу, а он организовал появление письменного текста. Несколько позже таким же образом было сделано продолжение.

В этих воспоминаниях я попытался рассказать о своей работе в Физико-энергетическом институте, куда пришел молодым специалистом в апреле 1955 г. и откуда ушел на пенсию ровно в день 70-летия — в ноябре 2001 г., а также о необыкновенном и незабываемом коллективе ученых и специалистов, в котором довелось заниматься разработкой и созданием быстрых реакторов.

Я не спешил с обнародованием этих записей, т. к. мне казалось, что еще рано, кое-что в них может кого-то задеть, вызвать споры или непонимание. Поэтому передал их в архив и не афишировал. Но они постоянно напоминали о себе, и время от времени я возвращался к ним, делал некоторые правки и дополнения и закончил это только весной 2005 г.

Текст, конечно же, нуждался в редактировании. В какой-то степени это было сделано с помощью людей, обрабатывавших, а потом и читавших мои воспоминания.

Выполнив то, что намечал, я вдруг понял: очень слабо затронут другой, значительный и интересный пласт моей жизни, связанный с поездками за границу, участием в сотрудничестве с зарубежными специалистами, кратким, но очень впечатляющим знакомством с другими странами и совсем другой жизнью. Каждая поездка за границу давала повод о чем-то задуматься, увидеть что-то такое, что западало в память и оставляло несмываемый след в душе.

В несколько приёмов, в домашних условиях была подготовлена вторая часть моих воспоминаний.

Возможно, нам не удалось выправить и отшлифовать текст, надиктованный на магнитофон, так, как это следует по литературно-художественным законам. Но я хочу оставить его таким, каков он есть.

Надеюсь, что еще появятся воспоминания, рассказывающие о жизни нашего института, о его успехах и проблемах, о том, как появлялись и вырастали интересные ученые, как возникали новые идеи и направления исследований,

как реализовались на практике разработки института. Я надеюсь, что все это будет, и об этом напишут.

Большую помощь в подготовке этой книги мне оказали моя жена Валентина Ивановна, Н. М. Троянова, М. С. Колесникова, А. Н. Чебесков, Е. П. Кочеткова, О. П. Лебедева, Ю. В. Фролов, которым я выражаю свою глубокую благодарность.

Год за годом

В истории нашего института есть несколько характерных периодов, которые я, не претендуя на всеобщее признание, разделяю для себя следующим образом.

Первый период — это самое начало, «период с немецким акцентом», становление института — 1946—1950 гг. Второй период я бы условно назвал «Блохинцевско-Красинским» — это 1950—1959 гг. Далее я бы выделил период, когда научным руководителем института был Александр Ильич Лейпунский — с 1959 г. до его кончины в 1972 г. Потом был период интенсивного внедрения и практической реализации многих работ нашего института. Его можно считать законченным примерно к 1986 г. Этот год — страшная веха в истории атомной энергетики, год аварии в Чернобыле. Потом — следующий период, до 1991 г., когда распался Советский Союз. И последний период — после 1991 г., когда мы, можно сказать, поползли назад. Во всяком случае, новые разработки у нас уже не появлялись.

Мое начало работы в институте как раз приходится на середину второго периода — «Блохинцевско-Красинского».

* * *

Пасмурным мартовским днем 1955 г. в вагоне-теплушке поезда, который шел от Киевского вокзала три с половиной часа, я приехал в нынешний Обнинск с направлением в «хозяйство Блохинцева».

Надо сказать, что вся процедура первоначального «попадания» в институт — тогда он назывался Лабораторией «В» — проходила очень просто: после выполнения формальностей по оформлению на работу в отделе кадров работник отдела Николай Дмитриевич Зажигин куда-то позвонил и сказал, что у него здесь сидит Троянов. Буквально через пять минут в отдел кадров пришел почтенный, солидный человек, поздоровался со мной и представился заместителем директора Красиным. Вот так было в ту пору: приехавшего молодого специалиста приходил встречать заместитель директора института.

У Андрея Капитоновича было несколько дежурных вопросов, а последним вопросом был такой: «Ну, чем бы вы хотели заниматься — экспериментами или расчетом?» Под впечатлением своей дипломной работы я хотел заниматься экспериментом.

Я должен был познакомиться с тем коллективом, в котором мне предстояло работать. Там тогда молодых специалистов встречал начальник отдела

Валерий Иванович Субботин. Он производил очень приятное впечатление: энергичный, подтянутый, очень приветливый, деловой человек. Мы познакомились, и он прежде всего повел меня по тем лабораториям, которые тогда были в главном корпусе: показать оборудование, рассказать, что тут делается. Конечно, все это проходило в пределах дозволенного, потому что режим охраны тайн тогда был чрезвычайно строгим, никто ничего лишнего не должен был знать. Но в той мере, в какой это возможно, он меня познакомил и привел в ту лабораторию, где мне предстояло работать.

Это была лаборатория Бориса Александровича Зенкевича. Она провела в 1953—1954 гг. очень важную работу по испытанию тепловыделяющих элементов атомной станции и была на подъеме. Лаборатория продолжала работы по теплофизике воды как теплоносителя и испытаниям различных элементов.

Сразу скажу, что я сохранил глубокое уважение к своему первому руководителю Б. А. Зенкевичу. Это был очень спокойный, несколько флегматичный человек, самостоятельный в суждениях, в поведении и в отношениях с начальством. Например, с Валерием Ивановичем он держал определенную дистанцию, не панибратствовал никогда. Он был неплохим, вдумчивым начальником, намного старше всех сотрудников лаборатории. Он познакомил меня с теми работами, которые велись, и направил в группу Вилиора Ивановича Кротова, в здание, которое находилось вне главного корпуса, в нынешнем стендовом городке, и называлось «бывшая котельная». Это действительно была бывшая котельная. Рядом с ней стоял бывший энергопоезд. О нем тоже придется потом рассказать.

В этой бывшей котельной размещались тогда два стенда: один большой стенд, водяной, где я и должен был работать, и другой стенд — свинцово-висмутовый, на котором отлаживалась технология на свинцово-висмутовом теплоносителе. Вилиор Иванович был как раз руководителем водяного стенда. Его группа должна была исследовать так называемые критические тепловые нагрузки на пучках стержней, омываемых водой высокого давления, вплоть до двухсот атмосфер. Работа эта предназначалась для активных зон первых атомных подводных лодок и была очень важной: в ней были заинтересованы разработчики, и они ждали результатов, которые на этом стенде надо было получить.

Несколько слов о В. И. Кротове. Это своеобразный и интересный человек. Сейчас он уже несколько лет на пенсии. Рождения он 1928 г., то есть по возрасту чуть старше меня, но уже тогда был очень грамотным инженером. Когда я с ним сталкивался в жизни, меня поражала его богатая эрудиция в технических вопросах. Он многое знал и умел делать своими руками. Работая в разных местах, везде умел найти новые методы исследования, применить новую аппаратуру. У Вилиора Ивановича было очень интересное увлечение: он был спортивным мотоциклистом, одним из руководителей институтской мотосекции. Он прекрасно ездил на мотоцикле и участвовал в соревнованиях, в том числе в гонках на льду по ледяным трекам. Мотосекция, которой он руководил, была очень популярна и в институте, и в городе. Мотокроссы всегда привлекали

к себе огромное внимание. Сначала они проводились на речке, потом в песчаном карьере, там, где сейчас садовое общество «Протва», потом — на Кончаловке. Мотокроссы собирали тысячи людей, в городе это был праздник.

В этом коллективе я постепенно познакомился еще и с другой категорией специалистов — с мастерами-механиками, к которым тоже испытывал большое уважение и долго поддерживал, а со многими и сохранил хорошие, добрые отношения. В ту пору в каждой лаборатории был свой более или менее приличный, устраивающий лабораторию станочный парк, были и свои мастера-механики. Как правило, это были люди разносторонней квалификации, многое умеющие делать, они фактически определяли возможность лаборатории провести те или иные эксперименты. Такие люди были везде: и у физиков, и у теплофизиков, и у химиков — их роль, конечно, была крайне важна. Много раз в институте впоследствии обсуждалась проблема: держать или не держать станки в лабораториях, нужны или не нужны мастера-механики в лабораториях — но всегда одерживала вверх позиция, что нужны, и они действительно были нужны и большую пользу приносили институту. К числу таких людей я отношу Василия Михайловича Беляева, с которым познакомился в этой лаборатории и которого всегда вспоминаю с благодарностью.

Вот в этой лаборатории мне и пришлось начинать работать. Велась подготовка экспериментов, довольно нудная, тягучая, с неполадками. Все это немного тяготило, хотелось более живой работы, чувствовалось, что в институте жизнь кипит, а мы как бы немного в стороне от этой жизни. Эта кипучая жизнь чувствовалась по очень многим признакам. Институт продолжал быстро расти и строиться, везде работали строители, в том числе в стендовом городке, в здании бывшей котельной. Среди них были заключенные и расконвоированные, которые ходили свободно, часто не туда, куда надо, лазили, с этими заключенными происходили всякие приключения. К нам приезжало много людей из других лабораторий и институтов, много ездили и наши сотрудники, некоторые переводились на другие объекты.

Через месяц после начала работы я попал на торжественное собрание накануне 1 Мая 1955 г. и увидел коллектив института в неформальной обстановке. На торжественном собрании вручали знамя. Я увидел, как Олег Дмитриевич Казачковский получает знамя за работу по пуску установки на здании 168. Как оказалось, это был пуск реактора БР-1, первого быстрого реактора, построенного и пущенного в институте. (Эта установка располагалась рядом с нашим зданием и питалась от его трансформаторов.) Тогда Олег Дмитриевич как раз руководил этой работой и работал вместе с Игорем Ильичом Бондаренко, Юрием Яковлевичем Стависским, Николаем Викторовичем Красноярским, Фёдором Ильичом Украинцевым, Валерием Петровичем Зиновьевым. (В. П. Зиновьев только пришел и начинал работать.) Были там и многие другие люди, в том числе прекрасный мастер-механик П. С. Соловьев.

Потом был концерт художественной самодеятельности, на котором Тамара Семёновна Беланова, жена О. Д. Казачковского, очень хорошо пела с кем-то в

дуэте, а почтенный профессор Владимир Николаевич Глазанов проникновенно читал стихи, я даже помню, что это была басня, у которой было название «Ежели вы вежливы». В общем, это был очень уютный и очень приятный вечер.

Время шло. У нас потихоньку начались эксперименты. Они длились до конца 1955 г. и завершились отчетом. Но все-таки весь этот год у меня было чувство неудовлетворенности, мне хотелось попасть в гущу работ, которую я чувствовал где-то рядом. Я заводил разговоры об этом с В. И. Субботиным, и в конце 1955 г., когда мы выполнили программу экспериментов и написали отчет, он, чувствуя мое настроение, разрешил перейти в соседнюю лабораторию.

Рядом со зданием бывшей котельной было здание бывшего энергопоезда (так оно тогда называлось), где организовывалась новая натриевая лаборатория, которую возглавил П. Л. Кириллов. Работы на натриевом стенде начались несколько раньше в недалеко расположенном здании, называвшемся «пиролизная». Там работали Павел Леонидович Кириллов, Юрий Михайлович Федосеев, Анатолий Викторович Дробышев. Я был переведен в эту лабораторию, оставаясь в том же отделе В. И. Субботина.

Работа в новой лаборатории оказалась намного живее, наверное потому, что строительные работы заканчивались, стенды поступали в наладку, т. е. все делалось с самого начала. Было ясно, что первая работа предназначена для того, чтобы обеспечить реактор БР-5. В то время еще существовал реактор БР-2 на ртути, но уже предусматривалось, что он будет переведен на натриевый теплоноситель. Исследования по натриевому теплоносителю в то время только разворачивались, и это, конечно, придавало особый интерес работе.

Там был очень дружный коллектив, много молодых интересных людей. Одним из них был Анатолий Викторович Дробышев. Он пришел в институт в 1947 г. после ремесленного училища, сначала был сантехником, окончил вечернюю школу, институт, перешел в лабораторию и много лет проработал инженером на стендах и установках. Стал кандидатом технических наук, руководителем лаборатории, хорошим специалистом и ученым. Его особенность в том, что он всегда был готов к смелым решениям, новые задачи брал на себя легко и просто, занимался этим увлеченно и всегда успешно.

Вспоминая самое начало моей работы, нужно сказать, что интересные события, происходившие в институте в 1955 г., всецело определялись пуском за год до этого атомной станции. Осенью 1955 г. состоялась Первая Женевская конференция. Она стала, можно сказать, триумфом ФЭИ. На ней с докладом о сооружении и пуске АЭС выступили Дмитрий Иванович Блохинцев и Андрей Капитонович Красин.

Вернувшись с конференции, они много рассказывали о том, как она проходила. Все это — и научная сторона, и не научная — было интересно, потому что мы жили в обстановке полной изоляции. Помимо научных впечатлений, было много всяких бытовых подробностей. Помню, как Красин — а он был хорошим рассказчиком и наблюдательным человеком, его рассказы сопровождались шутками и интересными подробностями и всегда с удовольствием слуша-

лись — как-то отметил, что за границей совсем не носят галош, а у нас в те времена в раздевалке главного корпуса галоши стояли почти под каждым пальто.

Надо сказать, в начальный период работы чувствовалось, что в институте есть разные течения. Молодым людям, может быть, не все внутриинститутские коллизии и отношения были понятны, но по некоторым признакам и проявлениям мы замечали симптомы противостояния. Например, выступает на активе или собрании Василий Саввич Ляшенко и говорит о том, что в институте есть две группы работ и две группы специалистов. В одной — администратор и некоторые его помощники (он имел в виду А. К. Красина и В. А. Малыха), а в другой группе — ученые (подразумевался Александр Ильич и его сотрудники). Таким образом противопоставлялись друг другу некие коллективы и было заметно, что А. К. Красин не очень жалуется А. И. Лейпунского. Но это, повторяю, было не слишком явно, выглядело просто как некий спор. Но заметно, во всяком случае, это было.

А. И. Лейпунский тогда был просто начальником отдела, а А. К. Красин — заместителем директора. Д. И. Блохинцев — директором и одновременно руководителем теоретического отдела. Я не могу однозначно сказать, к кому в этом споре присоединился Блохинцев — к Красину или к Лейпунскому. Даже сейчас не могу сказать, потому что я в этом тогда не разбирался, не хочется разбираться и сейчас. Д. И. Блохинцев в своем теоретическом отделе развивал теорию быстрых реакторов, поручив эти работы Льву Николаевичу Усачеву. Усачев тогда целеустремленно занимался теорией быстрых реакторов. Красин быстрыми реакторами не занимался, да и сам Блохинцев, собственно, ими не занимался, хотя эти работы поддерживал, и именно при нем в институте начались многие работы по быстрым реакторам (тот же БР-1). Я не видел в этих их спорах открытой вражды, хотя потом это все-таки привело к радикальным изменениям, о которых скажу ниже.

Итак, я перешел в натриевую лабораторию и начал заниматься реализацией работ по натриевой технологии. Коллектив в лаборатории собрался интересный. Там были люди, которые пришли на год или два раньше меня. Человек, который проработал лишний год, уже обязательно приобретал какой-то запас знаний, больший, чем у того, кто пришел позже, и эти знания собирались всеми как бы в копилку, буквально по крупицам.

В то время (1956—1957 гг.) в натриевой лаборатории было много командированных из смежного ЦНИИ-58, который находился в Подлипках. Этот институт, начальником и главным конструктором которого был Василий Гаврилович Грабин, занимался созданием артиллерийских орудий. Он был подключен к работам по быстрым реакторам. ФЭИ сотрудничал с ЦНИИ-58 довольно основательно. Как раз грабинские КБ и производство обеспечивали конструирование и изготовление оборудования для реактора БР-5 (весь проект реактора БР-5 был сделан грабинским КБ). Впоследствии люди из грабинского института разрабатывали проекты реакторов БН-50, БН-250, проекты БФС-1 и БФС-2, они же сделали проект и стенд для натриевой лаборатории. Это, на-

верно, не все, что они сделали для института, но даже из этого видно, как много они сделали. Эти люди — конструкторы артиллерийских систем — совсем не были знакомы с реакторной технологией и реакторной техникой. Для того чтобы познакомиться с ними, они приезжали к нам в институт.

Сам ЦНИИ-58 обладал уникальной экспериментальной базой и мог делать очень серьезные вещи. Мы к ним часто обращались за помощью, когда наши мастерские не могли что-то сделать, например очень точное сверление на большую глубину. Мне самому пришлось обращаться к ним по этому вопросу, и они такую работу сделали. Однажды, когда я к ним приехал, главный конструктор, с которым я был хорошо знаком, вывел меня на один балкончик и со словами: «Сейчас я тебе что-то покажу», — приоткрыл шторочку: в зале стояла здоровенная пушка, и добавил, что эта пушка должна стрелять ядерными зарядами.

Так вот, ЦНИИ-58 должен был спроектировать на месте реактора БР-2 реактор БР-5 с натриевым теплоносителем. Поэтому их сотрудники бывали у нас в натриевой лаборатории. Мы, возможно, знали чуть больше, чем они, и давали им консультации, передавали и рассказывали все, что уже узнали и вычитали из литературы, собирая по крохам. Они сидели в здании, где планировалось разместить реактор БР-5, прямо тут же чертили (с помощью консультаций, которые им давали наши специалисты), передавали чертежи к себе в производство, затем привозили готовые изделия.

Работы по натриевой технологии проводились в лаборатории П. Л. Кириллова большим коллективом. У меня там было много очень хороших товарищей и друзей, многие из них остались друзьями до сих пор. Я вспоминал уже А. В. Дробышева, еще там работали Валентин Федорович Кузнецов, Николай Матвеевич Турчин, хозлаборант Анна Григорьевна Шмотина, в 1956 г. пришел Федор Алексеевич Козлов и многие другие хорошие люди и специалисты. В то время институт рос необыкновенно быстро, все время приходили новые люди, которых институт как бы впитывал в себя и включал постепенно в дело.

Когда в натриевой лаборатории уже заработали многие стенды, то постепенно произошла специализация, определилось, кто какими вопросами занимается. Мне, вместе с Павлом Леонидовичем Кирилловым, Михаилом Яковлевичем Суворовым, Анатолием Викторовичем Дробышевым, Рейнольдом Владимировичем Шумским и другими сотрудниками этой лаборатории, довелось заниматься очень интересной работой по теплоотдаче к натрию или к сплаву натрия-калия в круглой трубе. Это работа фундаментального характера, которой наш институт, извиняюсь, «утер нос» почтенным академикам. Одно время между учеными были большие разногласия, как именно нужно рассчитывать теплообмен к жидким металлам. Была теория этого вопроса, куда, между прочим, внес вклад и Виктор Яковлевич Пупко, и были эксперименты, проводившиеся в Энергетическом институте Академии наук и в Центральном котлотурбинном институте в Ленинграде. Результаты этих экспериментов не совпадали с той теорией, которая была разработана. Оказалось, что как раз мы

правильно разобрались в возникающих тут эффектах. Мы применили уникальную экспериментальную методику по измерению температуры прямо внутри потока натрия и выполнили работу, результаты которой отличались от тех, которые получали академики. Они сюда приезжали, ходили к нам на стенд, морщили носы, выражали недоверие. Через много лет все встало на место: конечные результаты и конечные формулы расчета оказались гораздо ближе к нашим, чем к тем, которые были получены в ЭНИНе и ЦКТИ.

Я это отношу не только на счет наших каких-то особых умственных способностей. Вовсе нет. Институт обладал очень хорошей по тем временам техникой измерения. Фактически все лучшее, что можно было использовать для измерения, мы могли получить, и теплофизические лаборатории были хорошо оснащены. Были условия для хорошей экспериментальной работы. Были ещё молодая энергия, напор, хороший базис, было с кем посоветоваться. Все это быстро вывело многие работы теплофизиков на передовой уровень, и отдел Субботина уже к концу 1950-х годов имел высокий авторитет. К нам часто обращались из Курчатовского и других институтов для того, чтобы выполнить те или иные работы; конструкторы «разных мастей» из разных организаций опирались на работы нашего института.

По прошествии лет я оцениваю период своей работы в теплофизическом отделении как чрезвычайно важный для того, чтобы научиться понимать собственно эти проблемы и относиться к ним с необходимым уважением и почтением. На самом деле теплофизические аспекты часто определяли режимы работы, работоспособность установок. Многие казусы на действующих установках происходили, скажем, просто от недостатка знаний по теплофизике, а наш теплофизический отдел (потом отделение) пополнял эти знания очень сильно. Работа в теплофизическом отделе и в натриевой лаборатории была достаточно увлекательной, и я тогда, в конце 50-х годов, не думал, что придется менять, и довольно сильно, свой курс.

В 1959 г. произошло очень важное событие: А. И. Лейпунский был назначен научным руководителем института. Еще ранее, в 1956 г., Д. И. Блохинцев был переведен в Дубну, и директором института стал А. К. Красин. В 1959 г. Красин был снят (или «освобожден», я не могу это точно сформулировать) с должности директора и стал заведующим отделом № 10, который занимался тепловыми реакторами. Это, можно сказать, был выпестованный им отдел, в нем работали М. Е. Минашин, В. Н. Шарапов, Ю. А. Сергеев и многие другие люди, некоторые из них работают и сейчас. Александр Ильич, как рассказывают старожилы, отказался занять место директора, и в начале 1960 г. директором был назначен Михаил Петрович Родионов.

С назначением научным руководителем института Александра Ильича все сразу изменилось. На первый план вышли работы, которыми, собственно, он руководил в должности начальника отдела. Однако надо отметить, что, несмотря на скромную должность, которую он занимал до этого назначения, реальное влияние Александра Ильича было очень сильным всегда.

В это время в отделе, которым руководил О. Д. Казачковский, подходила к концу эпопея предложения и обоснования создания реактора БН-250. В связи с этим в 1959 г. отдел О. Д. Казачковского получил добро на существенное расширение. В этом отделе была инженерная лаборатория № 10 по быстрым реакторам, которой руководил Митя Самуилович Пинхасик, или, как его все называли, Дмитрий Самойлович. После того как ртутный реактор БР-2 закончил свою жизнь, он был переделан на реактор БР-5, и Д. С. Пинхасик стал начальником этого здания и одновременно руководителем лаборатории. Вместе с О. Д. Казачковским он занимался пробиванием, поддержкой и всяческой агитацией за то, чтобы работы по быстрым реакторам перешли в русло настоящего проектирования.

Еще до того, как было принято решение о проектировании и сооружении реактора БН-250 на Каспии, в ЦНИИ-58 были выполнены конструкторские разработки реактора такой же мощности. Эти проекты были довольно сырые по современным понятиям и вообще очень слабые, но тем не менее они уже существовали. Это были не первые проекты, потому что еще раньше небольшие быстрые реакторы проектировало ОКБ «Гидропресс», так что некий опыт проектирования с участием ФЭИ, как научного руководителя, в институте уже был.

А в 1959 г. произошла интенсивная активизация этих работ, и отдел Казачковского, и лаборатория Пинхасика стали набирать людей из разных лабораторий. В числе других и я получил приглашение перейти в этот отдел и в эту лабораторию. Донес до меня это предложение Юрий Ервандович Багдасаров, который работал именно в этом коллективе. Видимо, они обсуждали там, кого приглашать, а он меня знал, знал, что у меня было большое желание заняться новой интересной работой, и я такое предложение получил. Мне было не очень удобно уходить от теплофизиков, тем более что я был аспирантом Субботина, уже наметилась тема работы, специфически теплофизическая (по механизму теплообмена в жидких металлах), я начал собирать аппаратуру, ездил за ней в командировки. Но желание перейти на реакторную тематику победило, я согласился на предложение и перешел в десятую лабораторию отдела О. Д. Казачковского.

Расчеты и разработка реакторов — дело для меня было новое, и сначала пришлось многому учиться. В этой лаборатории работал один удивительный человек — Сергей Борисович Шихов. Я и те, кто закончили или учились в МЭИ и в МИФИ, его знали: он преподавал и вел семинары по курсу теории реакторов. Постоянное место его жительства было в Москве, где он читал лекции по понедельникам, а остальную часть недели работал у нас. Он прекрасно знал теорию реакторов, хуже знал технику, хотя имел о ней представление. В ФЭИ он руководил группой расчетчиков. Вот в эту группу мы и попали.

Вместе со мной из конструкторского отдела перешел Вячеслав Иванович Матвеев, с атомной станции — Михаил Яковлевич Куликовский и Владимир Борисович Лыткин. В том коллективе уже работали Александр Иванович Новожилов, Николай Максимович Шаталин, Сергей Борисович Шихов и две за-

мечательные женщины, которые занимались разработкой констант для быстрых реакторов, Нина Оганесовна Базаянц и Лили Паруйровна Абагян. И вот мы, Куликовский, Матвеев, Николай Петрович Юргенев и я, начали осваивать науку расчета реакторов. Одновременно быстро включились и в работу по выпуску первых документов — физических записок (в частности, физических записок по БН-50). Весь 1959 г. у нас был этим занят.

А тем временем Казачковский и Пинхасик вели очень активную работу с проектной организацией, которая ныне называется ВНИПИЭТ, по обоснованию применимости реактора БН-250 для производства плутония, выработки электроэнергии. Потом к этому добавилась еще и пресная вода, потому что министр Славский решил в г. Шевченко, который тогда строился и где имелись открытые разработки урана и нефть, посадить еще один энергоисточник, чтобы обеспечить получение пресной воды, электроэнергии и наработку плутония. Возникла концепция такого реактора. Казачковский и Пинхасик провели вместе с проектной организацией очень большую работу для того, чтобы показать экономическую целесообразность и возможность такого решения. Их поддерживали в Министерстве.

В 1960 г. вышло решение о сооружении реактора БН-250 в г. Шевченко. С этого момента мы начали заниматься подготовкой проекта этого реактора. Было решено привлечь к работе очень сильную конструкторскую организацию — ОКБМ в Горьком, которым тогда руководил Игорь Иванович Африкантов. Проект БН-250, подготовленный ЦНИИ-58, был передан для изучения ОКБМ. Одновременно наш институт начал интенсивно обучать организацию главного конструктора. Все, что мы знали, что было накоплено в лабораториях института (в натриевой лаборатории, у химиков, материаловедов, физиков) — все это «тащилось» в ОКБМ, передавалось им. Проводилась учеба, и они все очень быстро схватывали, т. к. были хорошо подготовлены. В ОКБМ был создан специальный отдел под руководством Владимира Ивановича Ширяева, с которым мы начали совместно работать. Взаимодействие началось с проектирования. Взаимодействовали физики и инженеры лаборатории Пинхасика, непосредственно сами Казачковский, Пинхасик. Во главе всего этого дела стоял Александр Ильич. Так начался этот очень интересный период.

Министерство внимательно относилось к этой работе, строго контролировало сроки выполнения проекта, придирчиво относилось к получаемым результатам. У нас в 1961 г. появился стенд БФС, уже имелись результаты экспериментов (мы таким образом входили в проект уже с физическими экспериментами), появились ядерные константы, полученные под руководством И. И. Бондаренко. У нас было то, чего конструкторы совершенно не знали: уникальная натриевая технология. Все, что делалось по натриевой технологии у теплофизиков, все, что накапливалось на БР-5 — ушло в «копилку», и конструкторы все это впитывали и «переваривали» уже на проекте БН-250.

Это был такой большой скачок по мощности: с 5000 кВт тепловой мощности БР-5 до 1 000 000 кВт БН-250, что многие недоумевали и считали это

чересчур смелым решением. Однако поддержка Министерства и непосредственно Е. П. Славского сыграли большую роль и много сделали для того, чтобы этот проект двигался. А мысль работала дальше, на развитие ядерной энергетики возлагались большие надежды. Считалось, что ее развитие неизбежно приведет к недостатку урана, следовательно, недостаток урана нужно восполнять чем-то, и быстрые реакторы, которые могут воспроизводить плутоний, могут быть следующим этапом и должны развиваться. Эта линия поддерживалась и пропагандировалась у самого высшего руководства.

Мы помогали Александру Ильичу готовить доклад, как сначала он говорил, «для очень высокого начальства». Потом оказалось, что ему пришлось докладывать самому Н. С. Хрущеву, объяснять, что такое быстрый реактор и зачем он нужен, да еще с натрием и каким-то воспроизводством. Все это мы постарались показать на плакатах, где изобразили огромную гору урана, которая нужна в том случае, если будет работать тепловой реактор, и маленькую «кучечку», если будет работать быстрый реактор. Такого рода пропагандистская работа велась повсюду, в ней приходилось участвовать и всем нам, потому что велик был запрос на всякие разъяснения и пояснения. Приходилось ездить и нам, сотрудникам этих лабораторий, в Центральный комитет КПСС, в Совет Министров, на разные предприятия и разным людям рассказывать о быстрых реакторах. Надо сказать, что представителей научного руководства принимали везде с достаточным уважением, хотя приезжали люди весьма молодые: авторитет научного руководства и авторитет Лейпунского всегда помогали.

Вскоре, вслед за работой по БН-250, возникли и другие предложения института по быстрым реакторам. Например, в 1963 г., может быть даже чуть раньше, Александр Ильич на одной из конференций по жидким металлам высказал предложение, как можно форсировать реактор БН-250 для того, чтобы увеличить его электрическую мощность в два раза при небольшом (в полтора раза) увеличении тепловой мощности. Такая проработка была сделана. Она вдруг получила большой резонанс: этим заинтересовалось руководство. В результате выкристаллизовалась некая идея реактора БН-600, еще сырая, в ней было много решений, не очень оправданных с сегодняшних позиций, и от них впоследствии пришлось отказаться. Тем не менее идея возникла, и ею заинтересовались энергетики, уже не Министерство среднего машиностроения, а Министерство энергетики. Оно хотело видеть в этом реакторе энергетическую установку, не опреснение, не плутоний, а электроэнергию в чистом виде. Вот тогда начались работы по рассмотрению этого реактора, и ОКБМ взялось за его разработку.

Тут же, надо сказать, возникла и идея, что все-таки нам маловато реактора БР-5 для экспериментального обоснования. Тогда мы стали думать о новом экспериментальном реакторе. Постепенно возникла идея реактора БОР-60, или как мы его тогда называли, просто БОР — быстрый опытный реактор, или еще — Нильсбор, в честь Нильса Бора. Это потом уже димитровградцы добавили 60, и он стал БОР-60. Таким образом, уже шел проект БН-250 и появились идеи двух новых проектов.

В декабре 1963 г. Александру Ильичу исполнилось 60 лет. В институте было торжественное чествование Александра Ильича. Была сначала официальная часть в Доме культуры. Съехалась масса народу, и мы все воочию увидели, насколько уважаем этот человек. Я не могу сейчас перечислить и десятой части тех людей, которые там были. Это и его соратники по Ленинградскому физико-техническому институту, и те, с кем он работал на Украине, и, конечно, представители Курчатовского института, других институтов отрасли, которые были связаны с нами и Министерством. В общем, это был прекрасный пример глубочайшего к нему уважения. Как раз в то время опубликован был указ о присвоении ему звания Героя Социалистического Труда.

Потом был совершенно замечательный банкет в «Столбах», которым руководили Анатолий Петрович Александров и Александр Семенович Займовский — это специалисты не только по руководству институтами, но и застольями, они мастерски провели этот банкет, на котором был сплошной смех, веселье и всеобщее удовольствие.

Доклад о жизни Александра Ильича и его научном пути делал И. И. Бондаренко. Он в то время уже перенес первую фазу своей жестокой болезни. Но его подлечили, и в декабре, когда было чествование Александра Ильича, он был в неплохом состоянии. А после этого он снова заболел, и заболел так, что больше не вернулся в институт. В мае 1964 г. он умер. Это была колоссальная потеря для института. И. И. Бондаренко был необычайно одаренный и талантливый человек, и будь он жив, многое, конечно, в институте могло быть по-другому. Лейпунский, да и все мы, весь институт, очень переживали его трагическую кончину.

В 1963 г. О. Д. Казачковскому предложили перейти в Институт атомных реакторов в Мелекессе, и в 1964 г. Олег Дмитриевич туда уехал. Некоторое время была пауза: Александр Ильич даже со многими из нас советовался, кого поставить на место Казачковского. Он принял решение привлечь к руководству работами по быстрым реакторам Виктора Владимировича Орлова. Одновременно было принято решение создать сектор атомных станций, куда войдут и быстрые реакторы, и тепловые реакторы, в том числе тот отдел, которым до этого назначения руководил В. В. Орлов (после Красина). Виктор Владимирович не мгновенно переключился на эту работу. У него еще были дела по его старому отделу, он завершал докторскую диссертацию, поэтому фактически полностью приступил к своим обязанностям только в начале 1965 г. Таким образом, получился как бы некий переходный период, когда обращались, собственно, к нему только по необходимости, но мы жили нормально, и работа наша продолжалась.

В 1964 г. началось строительство реактора БН-350. Он пока еще назывался БН-250, а БН-350 начал называться с 1965 г., когда нам пришлось готовить сообщение для международной конференции в Америке. Международная конференция Ядерного общества по быстрым реакторам проходила в Детройте. В состав делегации входили Казачковский, Субботин, Ширяев (ОКБМ,

г. Горький) и я. Это была моя первая заграничная поездка, и я увидел, с каким интересом, с каким любопытством было встречено сообщение о нашем реакторе, которое сделал Казачковский.

Постройка БН-350 имела большой резонанс в научном мире. Нам пришлось об этом реакторе много рассказывать, а потом и показывать. После этой конференции работы по быстрым реакторам стали широко публиковаться.

Очень трудным был путь к современному облику реактора БН-600. Я уже отмечал, что сначала этот реактор имел очень жесткие параметры. Нас критиковали за необоснованные, как некоторые считали, прогнозы и надежды (например, по температуре оболочки, по температуре натрия). У нас началось в то время сотрудничество с французами, которые интенсивно занимались быстрыми реакторами. Мы познакомились с их разработками и увидели, что они ставят более скромные задачи и не заявляют о таких высоких параметрах, как мы. Стали разбираться сообща. Очень важную роль сыграла поездка во Францию В. В. Орлова и от Министерства А. И. Чурина и Н. М. Синева. Они обсуждали с французами их выбор, рассматривали с их точки зрения наш выбор, и, когда они вернулись, у нас началась эпопея по коренному пересмотру тех решений, которые мы закладывали в БН-600. Я хотел бы здесь отметить, что В. В. Орлов очень много внес в это дело: он был убежден, настойчив, всех нас заразил необходимостью поиска новых решений.

А конструктор тем временем уже далеко ушел в своем проекте. Надо было отодвигать сроки, менять проект. Был большой совет. Ездили вместе с Лейпунским к Африкантову, советовались с другими участниками работ и пришли к выводу, что проект нужно изменить. Такое решение было принято. Измененный проект БН-600 потом и был реализован. Этот проект мы показали, в том числе и иностранцам, уже в 1968 г.

Также интенсивно велась работа и по реактору БОР-60. При создании этого реактора мы сотрудничали с ОКБ «Гидропресс», а когда Казачковский перешел в Димитровград, большую роль в самом проектировании, а потом и в реализации проекта, конечно, играл НИИАР. Здесь надо сказать, что Олег Дмитриевич, работая в Димитровграде, создал там очень дружный, заинтересованный коллектив. Сначала НИИАР работал над созданием реактора БОР-60, но постепенно он расширял область своих интересов и, помимо исконной его области — радиационного материаловедения, стал заниматься натриевой технологией, процессами возгорания и тушения натрия, многими приборными вопросами, технологией топлива. В результате этот институт все больше и больше набирал силу и потом стал выдвигать некоторые свои предложения, отличающиеся от наших предложений. На этой почве у нас даже впоследствии возникали не столько конфликты, сколько соперничество, взаимная критика. Но надо признать, что люди там выросли.

В ту пору интенсивной работы по быстрым реакторам у нас было интересное событие по привлечению стран СЭВ к этим работам. Тогда была эйфория, казалось, что быстрые реакторы будут завоевывать себе место под

солнцем все шире и шире, и многие страны СЭВ, особенно Чехословакия и ГДР, в некоторых вопросах Венгрия, захотели тоже заниматься быстрыми реакторами. В 1967 г. у нас был организован симпозиум стран СЭВ по быстрым реакторам, где мы рассказывали о том, что делается у нас, о своих проектах, экспериментальных работах. Большой был симпозиум, народу приехало много, почти из всех стран СЭВ, и надо сказать, что кое у кого из них было что рассказать, особенно у чехословаков и немцев. Александр Ильич к этому относился очень бережно, считая, что росточки, которые возникли в этих странах, нужно лелеять, и он их всячески поддерживал. И, стоит отметить, специалисты из стран СЭВ к нему относились тоже очень тепло и с большим уважением.

В 1968 г. в Москве проходила большая международная конференция по энергетике, в том числе ядерной, — Мировая Энергетическая Конференция. ФЭИ представил на этой конференции доклады по опыту БН-350 и по БН-600. Конференция совпала с вторжением войск стран социалистического лагеря в Чехословакию. В кулуарах конференции эта акция имела шумный резонанс. Когда в конце 1968 г. мы встречались с коллегами в Чехословакии, то чувствовали, как велика была обида тогда в этой стране на наше государство, хотя специалисты, с которыми мы работали, всячески старались это смягчить.

Очень важные события у нас происходили в начале 60-х годов, когда Госкомитет по атомной энергии организовал работу по изучению перспектив развития ядерной энергетики. Там работала комиссия из специалистов разных институтов, руководил ею Борис Борисович Батуров. Комиссия проводила прогнозные исследования и пришла в то время к выводу, что ядерную энергетику нужно строить так, чтобы преобладающими в ней были быстрые реакторы. Такой очень решительный вывод они сделали. В то время при тех предпосылках, которые закладывались в эти расчеты, какие-то основания для него были. Однако многими учеными, работавшими в Министерстве и в институтах отрасли, воспринято это было болезненно. Концепция «всебыстрой» ядерной энергетики обсуждалась на Научно-техническом совете в Госкомитете, её, конечно, критиковали, но тем не менее после всего обсуждения было принято очень важное решение: реактор БН-600 строить. И Александр Ильич в конечном счете был удовлетворен тем, что пусть не всеобщее глобальное решение, но вот такое конкретное решение принято. В конце концов, это решение реализовалось, хотя и очень медленно.

К концу 60-х годов реактор БН-350 достиг довольно высокой стадии строительства. Как обычно, мы начали ездить туда, а их специалисты — к нам. Мы обучали персонал и готовились к пуску. Подготовка к пуску была возложена на комиссии, которые организовались там, а все рабочие моменты определялись в нашем институте, в ОКБМ и других смежных организациях. ФЭИ готовил программу физического пуска, физических исследований и испытаний по инженерной части (по парогенераторам, по насосам), одновременно продолжалась экспериментальная работа. Подготовка к пуску захлестнула институт. В это время у нас был такой цейтнот, что часто многое не успевали. Очень

интенсивный рост института в начале 60-х годов, конечно, способствовал тому, что специалисты выросли к этому времени и уже действительно на равных могли разговаривать и с эксплуатационниками, и с проектировщиками.

Вообще коллектив, который занимался быстрыми реакторами, постоянно подрастал. Первым толчком к этому было решение о строительстве БН-350. Тогда, в 1960 г., к нам пришли В. М. Поплавский, А. А. Ринейский, В. М. Ширин, В. В. Архангельский, Ю. А. Захарко, И. А. Кузнецов и другие, которые к моменту пуска стали уже большими специалистами. А потом, когда возник проект БН-600, пришло новое пополнение. В результате коллектив у нас был очень опытным и знающим.

1972 г. принес нам кончину Александра Ильича. Я в это время был в отпуске и о его смерти узнал из газеты «Известия». Испытал потрясение, охватила какая-то растерянность, непонятно было, как будет дальше развиваться наше дело. Скоро должен был состояться пуск БН-350, на подходе и пуск БН-600, а его вот не стало. Это событие для института было очень печальным. Я думаю, что кончине как-то способствовала и довольно нервная обстановка в последние годы его жизни.

В 1968 г. директором института вместо М. П. Родионова был назначен Вячеслав Алексеевич Кузнецов. Это было связано со всякими неприятностями в институте, которые тогда назывались «идеологическими неприятностями» или «недоработками». Тогда у нас расформировали теоретический отдел, обвинили руководство в том, что в ФЭИ проявлялось некое диссидентство, говорили о необходимости единоначалия в институте, видимо, в связи с тем, что наряду с директором был научный руководитель института — Александр Ильич. Тогда Лейпунского формально сделали не научным руководителем института, а первым заместителем директора по науке. Конечно, все эти неприятности при его больном сердце и нескольких перенесенных инфарктах на него повлияли и не могли не сказаться.

После смерти А. И. Лейпунского начался другой этап в жизни института. Конечно, была чрезвычайно важна и велика инерция его научного руководства, благоприятная инерция. И получилось так, что весь период с 1972 г. до середины 1980-х годов был периодом внедрения того, что разрабатывалось под его научным руководством, и формальным, и неформальным.

Коллектив, который уже без Александра Ильича должен был осуществлять научное руководство разработкой и внедрением быстрых реакторов в институте и вне его, оформился в составе Отделения, которым руководил В. В. Орлов. В 1969 г. были образованы четыре отдела в этом Отделении. Три из них занимались быстрыми реакторами.

Мне было поручено возглавить расчетно-физический отдел, в котором начальниками лабораторий стали Вячеслав Иванович Матвеев, Михаил Яковлевич Кулаковский, Марк Николаевич Николаев и Геннадий Яковлевич Румянцев. В. И. Матвеев долгое время работал начальником лаборатории, потом стал начальником этого отдела. М. Я. Кулаковский, к сожалению, проработал

недолго, он умер в 1978 г. Его сменили на посту начальник лаборатории Евгений Иванович Инютин, а затем Александр Георгиевич Цикунов, ныне начальник отдела № 4. М. Н. Николаев и Г. Я. Румянцев также не очень давно передали свои полномочия молодым преемникам. В каждой лаборатории отдела было хорошее ядро специалистов, которые обеспечивали разные стороны разработки быстрых реакторов, были прекрасные лаборанты-вычислители (в то время еще не было персональных компьютеров, и масса расчетов проводилась на центральных машинах института), проводившие все расчеты.

Отдел инженерных разработок быстрых реакторов было поручено возглавить Льву Алексеевичу Кочеткову, занимавшемуся до того тепловыми реакторами. Лев Алексеевич сменил фактически в области инженерных разработок М. С. Пинхасика, ушедшего из института в 1969 г. Выбор Кочеткова для этой работы я считаю исключительно удачным: это очень грамотный инженер, прекрасно разбирающийся во многих вопросах. Он быстро вник в дела по быстрым реакторам и своей ответственностью, работоспособностью и надежностью завоевал очень большой авторитет и в институте, и в смежных организациях. В том же стиле он работает до сих пор, хотя и на другом посту.

Отдел экспериментально-реакторной физики возглавил сначала Иван Георгиевич Морозов, а потом Юрий Алексеевич Казанский. Очень большое значение для улучшения работы на критических сборках в этом отделе имел приход той группы, которую возглавлял при переходе Ю. А. Казанский. Это были хорошие экспериментаторы, они внесли много нового в методику и анализ экспериментов, с их приходом на стендах БФС началась совершенно другая работа. Это было очень важно, когда мы готовили новые эксперименты. Отдел заработал очень эффективно, в тесном контакте с отделом инженерных разработок, отделом экспериментально-реакторной физики и нашим отделом.

Мы много внимания уделяли разработкам новых программ методов расчета. В этой работе много полезного сделал для наших разработок Московский инженерно-физический институт, мы тесно сотрудничали с одной из его кафедр, которую возглавляли сначала Лидия Николаевна Юрова, потом Вячеслав Васильевич Хромов. Мы также тесно сотрудничали с отделом математики, поскольку в то время наши успехи в сильной степени зависели от работы математического отдела, от того, сколько и как скоро мы сумеем «посчитать». Таким образом, наши математики тоже большой вклад внесли в наши работы. Как и другие расчетные отделы института, мы постоянно боролись со своими конкурентами за дополнительное расчетное время на машинах института.

Вообще весь институт в то время был теснейшим образом завязан на работы по быстрым реакторам, которые требовали координации. Этой координацией уже после смерти Александра Ильича занимался В. В. Орлов. Надо сказать, что он делал это вполне успешно и надежно. В работах по быстрым реакторам были задействованы и теплофизики, по всей натриевой технологии и теплообмену, и материаловеды, особенно те, которые занимались радиационным материаловедением, и химики, которые были связаны с натриевой технологией.

Вся эта деятельность института концентрировалась в 1972 г. на вопросах подготовки пуска реактора БН-350. Наш отдел вместе с отделами Ю. А. Казанского, Бориса Григорьевича Дубовского и инженерным отделом, привлеченными к работам по физическому пуску, готовил последние расчетные уточнения по паспортным данным для тепловыделяющих сборок, инструкции и программы физического эксперимента, аппаратуру. Подготавливались дежурные физики, которые вместе с эксплуатационным персоналом должны были обеспечивать физический пуск и исследования реактора. Это была очень напряженная работа. Она шла в тесном контакте с представителем главного конструктора и с эксплуатационными службами.

Осенью 1972 г. уже завершались те необходимые монтажные работы, которые должны быть выполнены к началу физического пуска. На этой стадии технологических обкаток предпусковых измерений работали сотрудники инженерных лабораторий института: теплофизики и металловеды. В начале ноября 1972 г. большая группа специалистов нашего института выехала в Шевченко, где мы приступили уже непосредственно к работам по набору критической массы этого реактора и к проведению измерений. В каждой смене работали наши дежурные физики, которые не только следили за ходом работ, они имели право контроля и даже право прекращения эксперимента — миссия достаточно ответственная.

Весь этот период был эмоционально насыщенным, мы все понимали, что происходит нечто очень важное — первый пуск первого большого быстрого реактора. Мы опережали наших коллег и конкурентов в Англии и Франции, их реакторы пускались несколько позже, и это давало нам чувство большой гордости за то, что мы вырвались вперед. Это было существенным дополнением к той трудной технической работе, которая происходила. Надо сказать, что отдел № 4, который готовил всю расчетную часть работы и участвовал в подготовке всех инструкций и программ, очень хорошо подготовился к этому пуску. Наши ведущие специалисты по этому реактору — В. И. Матвеев, Б. В. Колосков, Н. Е. Горбатов, Г. М. Пшакин, М. Я. Кулаковский, В. А. Сергеев, В. И. Савицкий и другие товарищи (я не могу всех назвать) — знали и понимали всё, что было нужно. Они включились в работу очень активно и дальше участвовали во всех экспериментах, в их анализе, в освоении всего научно-технического богатства, которое нам дал этот реактор.

Официально считается, что физический пуск реактора состоялся 29 ноября 1972 г. Но на самом деле мы вышли на критическую массу, достигли критического состояния 27 ноября. Однако в это время не было никаких комиссий, все произошло в рабочем порядке потихоньку, хотя мы хорошо отметили этот день, 27 ноября 1972 г., в ресторане гостиницы «Актау». Но со стороны начальника Главка, который этот реактор пестовал, руководил всей работой и кому подчинялся этот реактор, было дано указание переформировать активную зону и повторить выход на критическое состояние уже в такой конфигурации активной зоны, которая бы потом пошла и на энергопуск. Это указание, естественно,

было выполнено, и официальный пуск состоялся 29 ноября в присутствии комиссии. Событие это не прошло незамеченным, оно было отмечено и прессой, и, конечно, во всех организациях, которые участвовали в этой работе.

Физики-расчетчики были вполне удовлетворены достигнутыми результатами. Мы получили очень хорошие совпадения с расчетными данными, позже подтвердились в экспериментах и все основные характеристики этого реактора. В результате мы могли совершенно уверенно заявить, что физики никаких «неприятностей» для реактора и для его будущей работы не создали. Всем этим мы очень гордились.

После пуска физические эксперименты продолжались несколько месяцев. Все они были очень трудоемкими, особенно эксперименты, которые проводили на реакторе Анатолий Васильевич Звонарев со своими сотрудниками и Владимир Иванович Голубев из физического отдела. К концу апреля мы уже подготовили отчет по физическому пуску и измерениям и посвятили его памяти А. И. Лейпунского. Дальше началась подготовка к энергопуску, в котором наш отдел уже меньше участвовал. Здесь основная тяжесть легла на сотрудников отдела № 23 Л. А. Кочеткова.

Пуск реактора на мощность состоялся летом 1973 г. Комиссией и по физическому, и по энергетическому пуску руководил В. В. Орлов. Он хорошо разбирался в вопросах, связанных с пуском, имел большой авторитет и признание и у конструкторов, и у эксплуатационников, и у руководства.

Среди руководства Министерства я бы хотел отметить прежде всего начальника Главного управления Александра Дмитриевича Зверева, который возглавлял всю работу по сооружению и монтажу реактора. Он вникал в технические вопросы, всегда опираясь на ученых и специалистов, хорошо разбирался в людях, понимая, кому можно доверять, а к кому надо отнестись с большей осторожностью. Значение его деятельности в пуске реактора БН-350 нельзя переоценить. Его немного побаивались (все-таки бывший генерал МВД!), но вместе с тем испытывали к нему огромное уважение. Весь «штат» А. Д. Зверева — главный инженер Главка А. С. Леонтичук, начальник отдела Л. А. Алехин, его заместитель Г. В. Киселев, сотрудники отдела Р. П. Игнатьев, А. В. Устинов — очень уверенно и четко вел работу по созданию и пуску установок БН-350.

Энергетический пуск реактора БН-350 и работа на мощности уже в первый период принесли всем нам много огорчений: выходили из строя парогенераторы. В последующие годы, до тех пор пока положение не исправилось, большое внимание было уделено именно этой проблеме. Нам всем приходилось в то время защищать идею быстрых реакторов потому, что нападки были довольно основательными и часто резкими. Считалось, что проблема парогенераторов может стать непреодолимым препятствием. Вместе с тем работа по выявлению причин и по способам борьбы с течами в парогенераторах шла. Все мы тогда были в курсе дел, потому что любого могли спросить где-нибудь в других организациях нашего министерства или за границей: «Что у вас там

происходит?». Нужно было отвечать, а для того чтобы отвечать, необходимо знать истинные причины. Хотя разобрались в истинных причинах мы далеко не сразу.

Эпопея, связанная с выходом из строя парогенераторов, породила и некоторые предложения, которые не стали положительным примером для ликвидации технических трудностей. Наш министр Е. П. Славский увлекся идеей использования в быстрых реакторах диссоциирующих газов. Идея не очень новая, но она была подхвачена минским институтом, и особенно его директором В. Б. Нестеренко. Ефим Павлович поддался этому увлечению и решил, что надо обязательно рассмотреть вопрос об использовании диссоциирующего газа в БН-350. Это сразу отвергли, так как всем, и ему в том числе, было очевидно, что идея непродуктивна. Потом он вообще увлекся идеей реактора на диссоциирующем газе и силой своего авторитета, своей властью вынуждал руководителей многих институтов и КБ также вникать в эту проблему. Надо сказать, что мы довольно хорошо понимали непродуктивность этой идеи, но спорить со Славским было не так просто, и все закончилось только тогда, когда идея потерпела фиаско на опытных установках. Тогда это увлечение прекратилось, и все работы и попытки повернуть быстрые реакторы на такое направление тоже прекратились. Но это, конечно, стоило времени, денег и нервов.

Летом 1973 г. директором нашего института вместо В. А. Кузнецова был назначен О. Д. Казачковский, переведенный с поста директора Института атомных реакторов в Димитровграде. Таким образом, через девять лет Олег Дмитриевич вернулся в ФЭИ. Он пришел в трудное время, когда происходили неприятности с парогенераторами на реакторе БН-350. Ему пришлось сразу взять на себя ответственность за проводимые работы, за исследования, за выработку предложений по этому, совершенно практическому, вопросу. Он, конечно, был в курсе дел и занимался проблемой с пониманием. Но вместе с тем Олег Дмитриевич пришел и с некими радикальными идеями. Эти идеи возникли у коллектива НИИАР и касались разработки быстрых реакторов на несколько иных принципах и с иными техническими решениями, чем это делалось нами вместе с ОКБМ.

Надо сказать, что мы чувствовали несколько скептическое отношение Олега Дмитриевича и к разработкам реактора БН-800, которые у нас неторопливо, но все-таки продвигались и достигли к этому времени довольно высокой стадии проработанности. Мы стали заниматься реактором БН-800 еще при Александре Ильиче. Сначала была идея форсировать реактор БН-800 и нарабатывать на нем плутоний, но постепенно она превратилась в идею обычного энергетического реактора, преемника реактора БН-600, создаваемого на его базе, но более высокой мощности, с некими прогрессивными решениями. Эта идея в Министерстве поддерживалась, и разработка продвигалась.

Мы чувствовали, что Олег Дмитриевич относится к этому скептически, да он и сам об этом говорил. Олег Дмитриевич считал, что нужно заниматься сразу реактором значительно большей мощности, чем реактор БН-600, т. е. БН-1600,

а не промежуточным реактором БН-800. Сначала разногласия между Олегом Дмитриевичем и Виктором Владимировичем Орловым носили не очень резкий характер, однако постепенно превратились в более крупные разногласия и обоюдное непонимание. Отношения стали натянутыми и привели к конфликту этих двух руководителей. В 1976 г. Виктор Владимирович решил уйти из института и перейти в Курчатовский институт.

Вспоминаю об этом с большим сожалением. Мы как-то пытались повлиять на решение Виктора Владимировича, но он был непреклонен. Перед уходом он выступил на заседании НТС с большой речью, в которой излагал свои взгляды и противоречия, которые возникли у него с директором. Путь к примирению был отрезан.

Институт в это время занимался работами на БН-350: велась разработка новой активной зоны, проводились новые исследования, реактор уже довольно устойчиво стал работать. Исследованиями по линии радиационного материаловедения руководил Валерий Николаевич Быков. С реактора БН-350 поступали изделия, которые изучались в нашем институте. Много работали в это время наши «горячие» лаборатории. Проводились физические исследования, которые требовали совместной работы и физиков, и радиохимиков. Продолжали свои работы по натриевой технологии и парогенераторам теплофизики. В общем, это был период активного исследования результатов работы реактора БН-350.

Интерес к ним был очень большой. И к нам, и в Шевченко приезжали различные делегации, на многих конференциях уже докладывались первые итоги работы реактора за эти несколько лет. Мне довелось выступить на большой международной конференции в Зальцбурге в 1977 г., куда МАГАТЭ попросило представить доклад по БН-350 на так называемую вечернюю лекцию. Этот доклад должен был сделать О. Д. Казачковский, но он не смог приехать, и непосредственно на самой конференции руководство Министерства, которое там присутствовало, поручило мне подготовить его.

У меня были кое-какие заготовки к докладу, потому что такой вариант, как отсутствие Олега Дмитриевича, нами заранее просчитывался. Представители Министерства рассмотрели и одобрили оперативно подготовленный текст доклада, и я с ним выступил, показал красочные слайды, в том числе природы Шевченко и Каспийского моря, много слайдов по самому реактору. Лекция была выслушана с огромным интересом. Были даже аплодисменты, как в театре. После этого Генеральный директор МАГАТЭ Эклунд прислал письмо Казачковскому, в котором благодарил за то, что эта лекция состоялась и была вполне успешной.

В 1978 г., после того как реактор БН-350 стал устойчиво работать, группе участников разработки, пуска и эксплуатации установки была присуждена Государственная премия СССР. Выдвижение на премию делалось Научно-техническим советом Мангышлакского энергокомбината. Этот НТС предложил включить в состав претендентов Ю. Е. Багдасарова и меня. В ФЭИ эти предложения были поддержаны, и мы стали лауреатами Госпремии.

Без всякого кокетства я утверждаю, что этой премии были бы достойны многие сотрудники ФЭИ. Поэтому естественно, что возникла определенная неловкость: тебя отметили, а других нет. Но полной справедливости в таких вопросах, как вознаграждение за работу, видимо, не бывает никогда. Позже мне еще раз пришлось переживать такую неловкость, когда в 1982 г. была присуждена Ленинская премия за реактор БН-600.

Летом 1977 г. меня назначили заместителем директора института по научной работе. В круг моих обязанностей вошли вопросы координации научных исследований в нескольких отделениях института. На меня были выведены отделения ядерной физики и математики, мое родное отделение атомных станций, отделение теплофизики, отдел международных связей. Позднее к этому еще присоединилась работа по автоматизации научных исследований в институте. Диапазон моих обязанностей очень сильно расширился, возникло много новых вопросов, и мне пришлось несколько сократить свои собственные работы по быстрым реакторам, поскольку деятельность на посту заместителя директора требовала большой концентрации на решении научно-организационных вопросов. С этого времени мне уже пришлось работать совместно с другими членами дирекции: Владимиром Николаевичем Силаевым, Демьяном Михайловичем Овечкиным, Борисом Федоровичем Громовым, Игорем Петровичем Засориным, Виктором Борисовичем Ануфриенко, секретарем парткома Альфредом Васильевичем Камаевым.

По быстрым реакторам в это время приоритеты работ стали смещаться в сторону подготовки пуска реактора БН-600. Работа на площадке, где производился монтаж этого реактора, очень оживилась. Особенно это было связано с приходом к руководству Главатомэнерго Министерства энергетики СССР Владимира Петровича Невского. Он активно взялся за завершение сооружения реактора БН-600, и мы все увидели, что цель скоро может быть достигнута. Институт, конечно, шел на работы по подготовке к пуску БН-600 уже обогащенный большим опытом предыдущей деятельности, все в принципе было похоже на то, как велась подготовка к пуску БН-350. Одновременно были учтены и ошибки прошлого и сделаны новые предложения, которых было довольно много, и относились они к самым различным сторонам этой сложной и ответственной работы. Как и на БН-350, у нас были организованы пусковые группы. Подготовку к физическому пуску возглавлял отдел Ю. А. Казанского. По многим вопросам были задействованы теплофизики, технологи, инженерный отдел, руководимый Л. А. Кочетковым. Все было похоже на пуск БН-350, но уже на другом уровне, работы проводились очень быстро. Гораздо более коротким, чем на БН-350, был промежуток времени от физического до энергетического пуска. 26 февраля 1980 г. было достигнуто критическое состояние реактора, а 8 апреля 1980 г. мы увидели на приборах первый ток, который дали турбогенераторы, работающие от реактора БН-600.

Были всеобщая радость, ликование, был торжественный митинг по поводу пуска реактора, на котором с приветствием выступил работавший в то время

первым секретарем Свердловского обкома партии Б. Н. Ельцин. Он приветствовал всех участников пуска тепло и очень торжественно.

Реактор постепенно выводился на мощность. Ночью из гостиницы мы слышали, как на площадке раздаются как бы вздохи — это открывались по очереди предохранительные клапаны. Так нужно было по регламенту, а издали казалось, что просыпается что-то живое, могучее, огромное. Как всегда, в такие моменты на чисто технические аспекты пусковой работы накладывалось много эмоций, радости, которые после пусков постепенно переходили в будничную работу. Мы на реакторе БН-600 познакомились и стали дружны с замечательным персоналом. Персонал был воспитан на двух предыдущих блоках, многие готовились прямо здесь, на реакторе БН-600. В результате там вырос очень квалифицированный и работоспособный коллектив, который содержит этот реактор в отличном состоянии. Именно благодаря персоналу, как мне кажется, этот реактор постепенно стал рекордсменом по выработке электроэнергии и безаварийности.

Вскоре на реакторе стали, как это и положено, проявляться различные «детские болезни». Всем пришлось заниматься их ликвидацией. Связаны они были и с работой активной зоны, и с работой парогенераторов, но постепенно эти трудности и первые выявленные недостатки устранялись, новый реактор стал работать очень хорошо. А мы в институте начали получать массу новой информации. Эта информация была еще более существенна, чем та, что мы получали с БН-350, поскольку БН-600 был реактором с прогрессивными параметрами. На такие параметры проектировался и реактор БН-800.

С БН-600 поступало много облученных конструкционных и топливных материалов для исследования их поведения в условиях работы реактора. Снова были задействованы «горячие» лаборатории, которые провели большую цепь исследований. Обычные традиционные физические исследования на этом реакторе, которые обосновывали возможность его работы, были проведены очень интенсивно в лаборатории А. В. Звонарева. Через несколько лет после начала работы этот реактор был переведен на новую активную зону. Эта зона разрабатывалась в нашем институте в тесном контакте с ВНИИНМ и ОКБМ, разработкой руководили В. И. Матвеев и Ю. Е. Багдасаров. После того как реактор перешел на новую активную зону, он стал работать еще лучше, и в настоящее время дефекты активной зоны проявляются очень редко.

Сейчас реактор БН-600 — это гордость нашей атомной науки и техники. Нигде в мире больше нет такого реактора, и ни один реактор так хорошо не работает. Эта установка поддерживает возможности нашей дальнейшей работы по развитию направления быстрых реакторов. В тот период работа по освоению мощности реактора БН-600 имела очень высокий приоритет в институте. Руководство Министерства требовательно относилось к тому, чтобы институт активно выполнял функции научного руководителя, и сотрудники института эту задачу воспринимали очень серьезно, творчески подходили к решению всех возникающих вопросов. Отмечу, что комплексная работа требовала к себе и комплексного подхода. Регулярно проходили оперативные совещания, которые

проводил директор института, в них участвовали специалисты самых разных направлений. Все это было взаимосвязано, и мы прекрасно понимали, что дело чести института сделать все необходимое, чтобы реактор мог хорошо работать. За разработку БН-600 было присуждено две премии: Ленинская и Государственная.

Сегодня мы не имеем сильного влияния на то, что происходит на реакторе БН-600. Персонал действует самостоятельно, наша помощь требуется реже. ФЭИ стало труднее проводить исследовательские и опытные работы на реакторе, в частности из-за финансовых ограничений.

1983 г. принес нам потерю. Умер Лев Николаевич Усачев. Л. Н. Усачев был одним из основателей работ по быстрым реакторам в институте. В отделе Блохинцева ему была поручена разработка теории быстрых реакторов, и очень долгое время труды Усачева являлись настольной книгой для тех, кто начинал, а потом продолжал работы по расчетному обоснованию физики быстрых реакторов. Его творческая значимость и вклад в работу по быстрым реакторам весьма существенны. Обобщенная теория возмущений Усачева сегодня является важным инструментом для физиков-расчетчиков и широко используется и у нас в институте, и в других организациях. Эта работа получила признание и у зарубежных исследователей. У Льва Николаевича много других достижений, в частности им была разработана такая общая теория развития системы реакторов, в которой есть быстрые реакторы, и из этой общей теории вытекало строгое определение времени удвоения. Позднее Лев Николаевич в большей степени занимался ядерными данными, руководил соответствующим отделением экспериментаторов-оценщиков и расчетчиков, был членом Международного комитета по ядерным данным, вел активную работу в этой области. Очень жаль, что он рано ушел из жизни, что его нет с нами сейчас.

Хочу вспомнить еще об одной работе, которую мне пришлось инициировать в тот период, когда я был заместителем директора. Речь идет о нашем внедрении в кооперацию исследовательских реакторов. Институт атомной энергии много лет руководил исследованиями, проводившимися на реакторах, имеющихся в столицах союзных республик. Эти реакторы были разработаны под руководством Курчатовского института, и ИАЭ наблюдал и за работой самих реакторов, и за теми исследованиями, которые на них проводились, и осуществлял координацию проводимых на них работ. У нас в институте такого реактора не было, поэтому формально нас очень долго отторгали от этой кооперации, хотя работы наших исследовательских реакторов были ничуть не менее интересны, чем те, что проводились на республиканских реакторах.

Наше участие в совещаниях по исследовательским реакторам было очень непредставительным: мы туда представляли мало работ и мало участников. Но в 1984 г. нам удалось пробиться на Томское совещание по исследовательским реакторам, заявить там о себе и своих работах. В результате этого вся кооперация восприняла вполне благожелательно наше вхождение в нее. С этого времени мы стали полноправными участниками совещаний по исследователь-

ским реакторам. Из этих совещаний мы почерпнули для себя целый ряд полезных задач, которыми в дальнейшем наш институт стал заниматься.

Эта кооперация имела целью включить реакторы в наработку изотопов методами реакторного облучения. На всех реакторах в этой кооперации проводилась наработка изотопов. К 1984 г. у нас уже были сделаны первые шаги к тому, чтобы нарабатывать изотоп молибдена-99 на наших реакторах, в первую очередь на реакторе атомной станции. Эта работа заинтересовала всю кооперацию исследовательских реакторов, и ее руководитель, академик А. П. Александров, уже четко и официально предложил, чтобы мы включились в работу по производству изотопов. Итак, примерно к 1984 г. относится начало нашей активной работы по производству в институте изотопов на реакторах. Я не говорю при этом о циклотроне, который, собственно, и был создан для этой цели и занимался этой деятельностью уже давно.

Кроме того, в Томске мне удалось увидеть установку для облучения раковых больных нейтронами на ускорителе. Там было создано такое рабочее место, где находились больные, все было сделано достаточно просто, и сразу возникло предположение, что у нас, на реакторе БР-10, можно сделать примерно то же самое. Я рассказал после приезда из Томска об этом на дирекции. Владимир Николаевич Силаев и Виктор Васильевич Кузин очень активно эту идею восприняли, и на реакторе БР-10 был создан медицинский узел со всей необходимой подготовкой и безопасностью для проведения этих работ.

В результате мы получили возможность облучать больных из Института медицинской радиологии на реакторе БР-10. Это была новая методика для ИМР, он долгое время активно этим занимался. Она стала естественным продолжением работ, которые ИМР вел на реакторе по облучению клеток, микроорганизмов и даже мелких животных. Персонал ИМР и реактора БР-10 сдружился во время этой работы, которая выросла вполне естественно из предыдущего опыта взаимодействия и продолжалась много лет, вызывая большой интерес.

В дальнейшем мы уже активно и совершенно полновесно участвовали в совещаниях по исследовательским реакторам, и нам даже было поручено провести в 1988 г. совещание в Обнинске на базе нашего института. Совещание было очень представительным и прошло успешно, но, увы, оно было последним. После Чернобыльской аварии один за другим закрывались реакторы в столицах республик Советского Союза: органы надзора выявляли большие несоответствия нормам безопасности.

В 1984 г. исполнилось 30 лет со дня пуска Первой атомной станции. Тридцатилетие атомной энергетики отмечалось в Обнинске на базе нашего института. Готовились к нему основательно. Руководил всей подготовкой заместитель министра Андраник Мелконович Петросьянц, который много раз приезжал в Обнинск, сам за всем следил и хорошо знал всех нас, участников подготовки этого события. Юбилей прошел очень торжественно и празднично, с участием представителей стран-членов СЭВ. Доклады готовили ответствен-

ные люди, на торжество приехал и очень интересно выступил министр Ефим Павлович Славский.

Это событие прошло очень радостно для института. Все мы тогда были под впечатлением близкого расцвета ядерной энергетики: действовала энергетическая программа Советского Союза, планы развития атомной энергетики были грандиозные, называлось много новых площадок, имелось соответствующее постановление по быстрым реакторам. Мы были в ожидании подъема и празднование юбилея АЭС укрепляло уверенность в том, что ядерная энергетика дальше будет развиваться очень интенсивно. Все это было незадолго до Чернобыльской аварии, которая все резко изменила.

В 1985 г. я получил поручение от Министерства принять участие в работе Научно-консультативного комитета при генеральном директоре МАГАТЭ. Этот Комитет собирался раз в год в Вене. Собирал его генеральный директор (в то время Х. Бликс), и функции его заключались в том, чтобы консультировать генерального директора по основным направлениям работы Агентства. Научно-консультативный комитет рассматривал планы работ, структуру финансирования, определял приоритеты работ по разным направлениям. Состоял он примерно из двух десятков представителей разных стран. В нашей стране к МАГАТЭ относились с должным почтением, назначение туда делалось по представлению Министерства, затем кандидатура рассматривалась в ЦК КПСС.

Трижды мне пришлось побывать на заседаниях Научно-консультативного комитета. А вспоминаю я об этом потому, что столкнулся, готовясь к этим заседаниям, с такой позицией нашего Министерства, о которой сегодня мне хочется сказать. Позиция состояла в том, что представлялось излишне сильным увлечение МАГАТЭ вопросами безопасности атомных станций. Действительно, в Агентстве вопросам безопасности в начале 80-х годов, особенно после аварии на американском реакторе Три-Майл-Айленд, уделялось очень много внимания. В МАГАТЭ пришел очень активный американец Морис Розен, который влиял на генерального директора, доказывал ему необходимость расширения функций Агентства по безопасности, и это влияние не проходило даром. МАГАТЭ стало переключать больше средств на вопросы безопасности, больше людей вовлекало в отделы, занимавшиеся безопасностью. А представителям Советского Союза в МАГАТЭ, руководству нашего Министерства казалось, что эти преобразования в Агентстве излишни, что слишком много тратится денег на вопросы безопасности и много внимания к ним привлекается. Поэтому, направляясь в первый раз на совещание Консультативного комитета, я получил инструкцию «зажимать» — по возможности, конечно, это же все-таки консультативный орган, а не решающий, — вопросы безопасности, вносить соответствующие контрпредложения, стараться сместить акценты в область разработки новых реакторов, в область топливного цикла.

Увы, в 1986 г. мне пришлось ехать в МАГАТЭ уже после Чернобыльской аварии и, не скрою, было стыдно за позицию нашей державы в этом органе. Мы боролись против того, чтобы МАГАТЭ вопросам безопасности уделяло много

внимания, и не уделяли должного внимания вопросам безопасности у себя в Отечестве. Роковым образом это сказалось на судьбе всей ядерной энергетики в нашей стране. Конечно, какие-то объяснения по поводу аварии были найдены, но из всей деятельности в этом Научно-консультативном комитете я хотел бы вспомнить именно этот эпизод, потому что он был неким отражением наших подходов к безопасности, и эти подходы, я думаю, явились одной из причин Чернобыльской аварии.

И еще об одной стороне моей и нашей работы в институте в этот период — это касается наших отношений с Институтом атомной энергии имени Курчатова и конкретно с В. В. Орловым.

В то время, примерно к середине 80-х годов, у него уже активно работала созданная им группа молодежи, которая занималась разработками быстрых реакторов. Они даже вышли на главного конструктора, начали с ним работать. И эта группа, и Виктор Владимирович (а его поддерживал и директор института, президент Академии наук А. П. Александров) считали, что мы недостаточное внимание уделяем вопросам воспроизводства, что они видят лучшее решение. Такая критика имела, конечно, воздействие на начальство. В результате происходила «раскачка» нашего проекта БН-800 и наших предложений по реактору БН-1600. В общем, это был затяжной конфликт.

С позиции сегодняшнего дня, как и с позиции нашей в то время, представляется, что такой подход был необоснованным, это была ненужная, не очень конструктивная критика. Мы прекрасно понимали — первые быстрые реакторы могут быть и не очень хорошими бридерами, но они позволяют менять по мере их работы активные зоны. Мы такие возможности видели и прорабатывали, и не спешили добиваться каких-то рекордных показателей на первых образцах быстрых реакторов, по крайней мере на первых активных зонах этих реакторов. Однако давление на нас было очень сильным, и оно, как я думаю сегодня, повлияло на задержку работ по реактору БН-800.

А в апреле 1986 г. случилась страшная Чернобыльская трагедия. Наш институт не был причастен к разработке реактора РБМК и не имел прямого отношения ни к эксплуатации, ни к тем работам, которые проводились по исследованию этого реактора. У нас по заказу главного конструктора (НИКИЭТ) проводились в отделе Владимира Михайловича Селиванова только некоторые работы по обоснованию теплофизики. Но мы все сознавали, что эта авария может иметь очень большие последствия и для нас тоже.

Надо сказать, что руководство нашего института, в частности директор О. Д. Казачковский, главный инженер В. Н. Силаев, отвечавший за всю технику безопасности и за радиационную безопасность в институте, и, к чести будет сказано, секретарь горкома партии А. В. Камаев посчитали необходимым ввести в городе и институте жесткий контроль за тем, что несет нам сюда в Обнинск Чернобыльская авария. Это вызвало большое неудовольствие областного начальства, считавшего, что раздувается паника. Однако усилиями названных выше руководителей был организован контроль радиационной обстановки в

городе, контроль транспорта и людей, приезжающих в город. Все это было очень правильно, и к этому решению пришли потом не только у нас в городе, но и в других городах и на трассах, соединяющих Москву с Украиной.

После Чернобыльской аварии начались очень серьезные изменения в отношении к атомной энергетике и вопросам ее безопасности. Немедленно были направлены комиссии для анализа безопасности всех реакторов, проводилось изучение безопасности работающих установок в институте и тех установок, которые были обеспечены нашим научным руководством. Наши сотрудники в составе различных комиссий начали ездить, проверять, писать акты и тому подобное. Начались санкции. Был снят с работы заместитель министра Александр Григорьевич Мешков, потом осенью ушел Е. П. Славский, а весной 1987 г. в институте, и не только в институте, начались разговоры, что Казачковский уходит с поста директора института.

Руководство Министерства, а именно начальник управления кадров Юрий Сергеевич Семендяев, и секретарь горкома партии Альфред Васильевич Камаев предложили мне сменить Олега Дмитриевича на посту директора ФЭИ. Я это предложение воспринял без всякого восторга и не хотел, чтобы меня назначали на эту должность, но усилиями этих очень энергичных товарищей, за которыми стояла мощная в то время система, я был назначен. Отказаться было невозможно, потому что нажим был очень сильный. Делать это, надо сказать, в то время умели.

Первое, что меня вдохновило и обрадовало после назначения, — это то, что имеются очень важные решения о развитии работ по разным направлениям. Решения самого высокого уровня. И казалось, что это позволит институту продолжать многостороннюю деятельность по всем направлениям, по которым он работал до того.

В частности, хотел бы вспомнить, что в это время институт жил под впечатлением большого успеха космических энергетических установок: две установки ТОПАЗ в 1987 г. отлетали в космосе: одна полгода, другая — год. Это был большой успех разработки ядерных реакторов с термоэмиссионным преобразованием энергии. Этой работой, конечно, занимался весь институт, разные отделения. Руководство осуществлялось отделением В. Я. Пупко, и наиболее активными «штыками» в этой работе были такие сотрудники, как, например, А. В. Зродников, А. В. Визгалов, технологи отделения А. Н. Рыжкова, изготовившие активные зоны. Всех назвать в рамках коротких воспоминаний трудно. Все прошло очень успешно. Была выполнена целиком вся научная программа, связанная с запуском этих установок. Это — один из примеров деятельности института, открывающих большую перспективу.

Таким образом, я видел, что по всем направлениям есть очень серьезные решения. Так, собственно, я и начал работу, имея в виду, что все подкреплено решениями, надо только продолжать действовать. Однако — нет. Началась пробуксовка то там, то здесь, какие-то решения «заматывались», не выполнялись, что-то потихонечку спускалось на тормозах, и постепенно-постепенно

началось сползание с завоеванных позиций. Люди были еще полны энтузиазма, продолжали работу с конструкторами, проектировщиками, всеми смежниками, но настоящего выхода не получалось. Решения принимались, но не выполнялись. Много пришлось в то время ездить по разным высоким учреждениям. Очень часто мы получали заверения: да-да, вот-вот будет следующее решение, но оно так и не появлялось.

То, что натворил Чернобыль, воплощалось в совершенно конкретное дело — постепенное «размывание» ядерной энергетики во всех ее проявлениях. Вскоре после Чернобыля мы все столкнулись с очень жесткой позицией общественности по отношению к ядерной энергетике, неприятие стало, можно сказать, абсолютным. И ученые других направлений, и рядовые обыватели ополчились против ядерной энергетики. Надо отдать должное — у них были основания для этого: Чернобыль. Факт есть факт, ничего с этим поделать было нельзя, хотя повторяю, что разработки нашего института никакого отношения к Чернобылю не имели. Но для простых людей любой реактор — атомная станция, и безразлично, на каком типе реакторных установок она работает. Люди перестали воспринимать какие-либо доводы в пользу атомной энергетики.

Через пару лет после того, как я был назначен директором, мне самому пришлось столкнуться с этим активным и жестким неприятием общественностью атомной энергетики, когда по приглашению облисполкома приехал в Челябинск, чтобы рассказать о проекте атомной станции на Южном Урале. Речь шла о трех реакторах БН-800, которые предполагалось установить на Южно-Уральской атомной станции, вблизи производственного объединения «Маяк». Это все сейчас хорошо известно, но в то время говорилось лишь о том, что будет строиться атомная станция в Челябинской области. Общественность Челябинска мало знала о комбинате «Маяк». О нем тогда еще не рассказывалось. Поэтому мне пришлось отделить в своем повествовании атомную станцию от комбината «Маяк» и рассказывать только об атомной станции, о том, что она безопасна, что она совсем другая, нежели Чернобыльская, и не имеет отношения к комбинату. Но жители знали об аварии 1957 г. на «Маяке», что-то они, наверное, знали и о самом «Маяке» и были еще под впечатлением от Чернобыля. А тут рядом с ними, где уже была одна авария, задумали строить атомную станцию.

Я подготовил статью для областной газеты о проекте Южно-Уральской АЭС, и на ее основе предполагались выступления по телевидению и перед общественностью. Для выступления в зале какого-то клуба пригласили директора Белоярской АЭС О. М. Сорокина. Вместе с нами были представители ПО «Маяк», но они выступать не имели права.

Понятно, что весь накал страстей можно было почувствовать только в зале. Очень мало было вопросов или мнений по существу. Зато буря эмоций, крики и стенания, лозунги типа «Я не хочу быть мутантом» на груди малыша лет 8—10. Конечно, были и серьезные претензии к государству, к «Маяку» за загрязнение реки Теча и за аварию 1957 г. На этом событии выделились те энергичные

противники, которые на волне отрицания атомной энергетики потом выдвинулись в Думу и в другие высокие инстанции. Впечатление от этой встречи было для меня удручающим. Стало понятно, что эта «фобия» надолго.

Руководство области и дирекция ПО «Маяк» настойчиво вели разъяснительную работу. Примерно через год после описанного события решили провести научно-практическую конференцию по атомной энергетике в областном центре. Туда приехали представители разных НИИ, КБ и Академии наук (в том числе В. И. Субботин). Участвовали ученые и преподаватели челябинских вузов и, конечно же, представители общественности. Однако то, что мы слышали там от некоторых региональных ученых, мало отличалось от безоговорочного отрицания.

Сейчас я понимаю, что никак нельзя было ожидать какого-то положительного результата разъяснительной работы в Челябинске, когда люди там все больше и больше узнавали о «Маяке», об аварии 1957 г., о тех загрязнениях озер и рек, которым подверглась их область. В соседней Свердловской области выступления против атомной энергетики были гораздо менее страстными и менее продолжительными.

Потребность в открытых честных и конкретных разъяснениях заставила многих ученых и специалистов писать об атомной энергетике, выступать по радио и телевидению, в разных аудиториях. Но и попасть в СМИ с правдивыми разъяснениями было не так просто из-за блокады таких материалов. Материалы «против» — пожалуйста, а материалы «за» — нет.

В ФЭИ в то время очень активно и убедительно разъяснительной работой занимался физик-теоретик Николай Семенович Работнов. Его компетентные, яркие, очень убедительные заметки, статьи имели существенное значение в формировании уравновешенных суждений об атомной энергетике. Большая, замечательная статья была опубликована в журнале «Знамя». Проникнуть туда было непросто. Обращения Николая Семеновича к злободневным проблемам атомной энергетики были весьма плодотворными не только в популяризаторской деятельности. Яркие и содержательные работы выполнены им по разным аспектам топливного цикла, по перспективам энергетики, по проблемам радиозащиты.

Уроки ядерных аварий оказались жестокими и безмерно экономически дорогими. Настороженность общественности по отношению к развитию атомной энергетики остается высокой. Само развитие атомной энергетики идет очень вяло, совсем не в том темпе, какого требует грядущий дефицит энергии.

Во второй половине периода горбачевской перестройки бурно проявляло себя общественное мнение. На предприятиях создавались советы трудовых коллективов, была провозглашена выборность руководителей. Мне пришлось работать директором в условиях, когда в институте действовал Совет трудового коллектива. Существовала и партийная организация, хотя ее влияние ослабевало все больше и больше, и профсоюз. И вот возник новый орган — Совет трудового коллектива, СТК, который вникал как во все вопросы хозяйствен-

но-экономической деятельности института, так и в кадровые вопросы. В частности, мне пришлось получить решение СТК для того, чтобы ввести дополнительную должность заместителя директора института по автоматизации и конверсионным работам. Я предложил на эту должность В. Б. Ануфриенко. Это решение СТК поддержал.

СТК часто, как мне кажется, и заносило, он иногда стремился вмешиваться в чисто административные функции. Выбирали в Совет людей энергичных, много говорящих, часто с экстремистскими побуждениями. Но очень хорошо, что руководителем СТК в институте был Владимир Дмитриевич Таранин, он разумно и уравновешенно подходил к вопросам, которые выносились на рассмотрение СТК, и мне с ним удалось найти контакт. Мы друг друга знали давно, я испытывал к нему большое уважение за его активную производственную деятельность, видимо, и он ко мне относился достаточно хорошо. Я думаю, многие трудности в такой новой форме управления институтом были преодолены именно благодаря тому, что председателем СТК был В. Д. Таранин.

В научно-производственной деятельности нашего института в то время появились новые элементы. Во-первых, Министерство поставило задачу развивать некоторые новые направления, а именно микроэлектронику и приборостроение, и мы хотели найти свое место в этой работе. Мы стали у себя развивать новые технологии, необходимые для микроэлектроники, включались в координационные планы, и нас постепенно стали воспринимать в этих направлениях. Мы ожидали от развития этой деятельности в Министерстве каких-то новых возможностей и для института, но, забегаая вперед, скажу сразу, что после того, как страна стала насыщаться иностранной вычислительной техникой, вся эта деятельность в Министерстве «скисла», и сейчас о ней мало кто вспоминает.

С другой стороны, было понятно, что институту нельзя оставаться в пределах монокультуры жидкометаллического теплоносителя. Мы стали интересоваться руководящих работников Министерства, представителей конструкторских организаций и смежных институтов нашими работами, которые могли быть полезны для реакторов типа ВВЭР. Базой для этого у нас служили Теплофизическое и Технологическое отделения. Такие работы мы начали пропагандировать во все большем объеме. Действительно, возможности обеспечения экспериментальных работ для безопасности, для теплофизики и гидродинамики у нас были очень большие. Руководители Теплофизического отделения и энтузиасты, которые там были, стали очень активно внедряться в работу по ВВЭР, несмотря на недовольствие других организаций и лиц, которые традиционно занимались этим направлением. Эта деятельность также оказалась достаточно успешной, и к сегодняшнему дню ФЭИ имеет свое место в разработках по реакторам типа ВВЭР.

Тогда же мне даже пришлось выступать на НТС института и агитировать нашу научную общественность за то, чтобы мы в большей степени, чем ранее, занимались водяным теплоносителем для атомных станций.

Еще один аспект производственной деятельности был очень специфическим в то время. Решением правительства на министерства оборонного комплекса были возложены задачи, которые раньше решало министерство машиностроения для легкой и пищевой промышленности. В частности, нашему Министерству была поручена разработка оборудования для молочной промышленности. Все институты получили указания о необходимости заниматься такими работами, и указания эти были весьма строгими. Нам пришлось у себя развивать некоторые работы для молочного машиностроения. Сколько здесь было ухмылок, улыбок и негодования, сейчас и передать трудно, но вместе с тем нашлись у нас практичные люди, которые увидели возможность внедрения своих разработок и в машиностроение для молочной промышленности, даже появились энтузиасты, которые проявляли здесь немало инициативы. У нас были установлены контакты и с руководством вновь образованного в Министерстве Главного управления, и с предприятиями, занимавшимися ранее такими разработками для молочной промышленности.

Например, в Технологическом отделении была спроектирована и потом поставлена на один из молочных заводов творожная линия, в Теплофизическом отделении разработаны методы очистки оборудования от всяких осадков на стенках, разработаны и предложены различные фильтры и многое другое. В общем, энтузиасты нашлись, и результаты были, но эта работа со временем также сошла на нет, и обеспечить сколько-нибудь значительное финансирование по этим работам нам не удалось.

Из занятий, как у нас в институте говорили, молоком и микроэлектроникой возник целый ряд предложений наших сотрудников по использованию в различных отраслях промышленности разработок института, связанных с основной деятельностью. Уже примерно к 1991 г. мы имели достаточно солидный перечень предложений по участию института в конверсионной деятельности. Конверсия разработок института из основной деятельности в народное хозяйство стала постепенно такой заметной стороной деятельности института, что и в настоящее время многие специалисты института заняты работами именно такого рода.

Развивалась и работа по изотопной тематике. Усилиями В. Н. Силаева и В. В. Кузина у нас были разработаны хорошие предложения по конструкции так называемых генераторов технеция. Эта деятельность, организованная на хорошем уровне, принесла признание, и в результате институт постепенно стал важным поставщиком реакторных изотопов для медицины, а потом и для других отраслей народного хозяйства. В настоящее время он имеет соответствующий рынок, и изготовление реакторных изотопов стало одной из важных частей деятельности ФЭИ.

Не могу не сказать еще об одной области деятельности, которая никак не связана с прямыми научно-производственными делами института — об участии в сельскохозяйственном производстве. Все время институт занимался помощью сельскому хозяйству, но если на начальной стадии это были эпизодические

выезды на уборку картофеля или на сенокос, то в 80-е годы все превратилось в регулярную, жестко контролируемую деятельность. ФЭИ получил задание помогать целому району — Хвастовичскому. Туда, в самый дальний угол Калужской области, начались выезды сотрудников сроком на две недели. Люди надолго отрывались от работы, это вносило большую дезорганизацию в деятельность института. Между тем, спрос с руководителей за состояние так называемой шефской помощи был необычайно строгим. Я думаю, что это был один из способов держать руководителей в повиновении. И областному, и городскому комитетам партии это, конечно, удавалось в полной мере. А говорить о том, какие при этом экономические потери нес институт, не было принято. Можно было за две сотни километров возить людей, загружать транспорт, отрывать от работы, вносить полную сумятицу в основную научно-производственную деятельность. Это считалось допустимым и даже полезным, хотя все всегда понимали, что настоящий толк получить от этого невозможно. Но нам приходилось жить и работать именно в таких условиях.

Поддержку основной тематики института приходилось в то время искать не только в своем Министерстве, нужно было искать и новых заказчиков, нужно было давать новые предложения. Например, коллектив, который занимался разработкой реакторов со свинцово-висмутовым теплоносителем для подводных лодок, разрабатывал предложение по энергетическим установкам сравнительно небольшой мощности для атомной энергетики.

Коллектив быстрых реакторов в то время очень много внимания должен был уделять тому, чтобы защищать проект БН-800 перед самыми различными экспертами. Их было очень много. Это было, конечно, следствием повышенного внимания к безопасности реакторов. Комиссии самого разного уровня рассматривали проект. Нам нужно было отвечать на их замечания и делать необходимые изменения и исправления в проекте.

Много внимания нужно было уделять поиску заказчиков для выполнения работ, в которых они были заинтересованы. И тогда мы стали больше обращаться в Комитет по науке и технике (позже — Министерство науки) для того, чтобы получать поддержку разработок со стороны и других ведомств тоже.

В то время у нас развивалось новое направление работы института, направление, которое называется «лазеры с ядерной накачкой». Идея этого направления возникла в Отделении у В. Я. Пупко, именно он дал первые предложения по таким установкам. Он собрал хороший коллектив, очень заинтересованный в этой работе. Большую роль в этих работах сыграли Анатолий Васильевич Зродников, Петр Петрович Дьяченко и другие сотрудники.

Работа по обоснованию возможности создания таких установок была вполне успешной и имела поддержку у заинтересованных организаций, ее поддерживало и наше Министерство. Мы начали строить большой стенд для того, чтобы на нем проводить настоящие серьезные эксперименты. В период, когда возможности строительства в институте стали очень сильно ограничиваться, именно мне пришлось принять решение о концентрации наших строи-

тельных возможностей и средств на том, чтобы создать эту установку. В самое трудное время нам это удалось, и сейчас на ней проводятся исследования.

Я думаю, что это было очень правильное решение, потому что по другим объектам нашего промышленного строительства мы впоследствии просто не смогли бы найти возможность поддержания этих установок в работоспособном состоянии и получения заказов для них. Концентрация усилий на этой установке для лазеров с ядерной накачкой позволила получить в очень трудный период возможность развивать перспективное направление.

Как я уже сказал, в 1989—1990 годах было очень много экспертиз по реактору БН-800. Одной из них была экспертиза Академии наук. Группу экспертов возглавлял академик В. И. Субботин, который в то время уже был членом Президиума Академии. Довольно большая комиссия скрупулезно рассматривала проект. Нашим сотрудникам пришлось давать много различных пояснений. Эта экспертиза дала предложения по нескольким довольно радикальным изменениям проекта реактора. Мы чувствовали сами, что эти изменения нужны, они в духе времени, и поэтому пошли на то, чтобы эти изменения проработать, и вместе с главным конструктором нашли возможность внести их в проект.

Эта экспертиза навела меня на такую мысль: не пригласить ли В. И. Субботина стать научным руководителем института по совместительству с его работой в Академии. Я очень долго эту идею вынашивал, советовался с другими руководителями ФЭИ, советовался в Министерстве с министром, с начальником Главка, и, в конце концов, все они меня поддержали. У каждого были свои доводы, но мне казалось, что в трудный период жизни института помощь такого лица, как В. И. Субботин, может быть довольно значительной и полезной для нас. После того, как к этому решению пришел и я, и в разной степени мои коллеги, весной 1991 г. я обратился к Субботину с таким предложением.

После не очень долгих раздумий Валерий Иванович согласился. Он стал приезжать в институт из Москвы почти каждый день и внес большое оживление в научную жизнь института. Начал он с того, что стал собирать регулярно различные коллективы специалистов, разбираться с тем, чем они занимаются и чем можно было бы еще заняться. Стал приглашать в институт специалистов и ученых из Академии, из других министерств, имел контакты и вел разъяснительную работу с областным руководством, в частности с губернатором, с руководителем городской администрации. Он стимулировал подготовку в институте некоторых документов концептуального характера, на многих совещаниях представлял институт, «подавал» работы института.

Мне представляется весьма полезной его помощь в нашем выходе на Министерство науки. По праву академика Валерий Иванович имел возможность достаточно легко добиваться аудиенции у министров и их заместителей. Вместе с ним мы готовили документы, в которых просили Министерство науки поддержать работы института во многих направлениях, главным образом фундаментальных. Вместе с ним мы посетили министра Салтыкова, нескольких его заместителей, и в результате это привело к тому, что высшие чиновники

Миннауки уже достаточно хорошо знали о нашем институте и у них сформировалось мнение о том, что работы ФЭИ нужно поддержать. В конечном счете, все это способствовало тому, что институт стал получать от Миннауки очень существенную поддержку своей научной деятельности.

Валерий Иванович проработал в качестве научного руководителя института немногим более двух лет. Непросто сложились в последний год его работы отношения с Виктором Михайловичем Муроговым. В конце концов, В. И. Субботин ушел из института. Но я не жалею о решении пригласить его на эту должность. Это решение защитило нас от некоторых несправедливых нападков, способствовало оживлению в институте отдельных работ, и в итоге, я думаю, институт получил от этого определенный плюс.

В начале 1992 г. мы стали добиваться для института статуса Государственного научного центра. Пример этому нам подало решение Президента сделать ядерные центры в Арзамасе и в Челябинске федеральными ядерными центрами России. Мы познакомились с тем статусом, который придавался центрам этим решением, и решили, что нужно добиваться статуса ГНЦ для нашего института. Эта работа шла очень непросто, но имела поддержку со стороны нашего Министерства и со стороны местных властей. Большую помощь нам оказал бывший в то время губернатором Калужской области А. В. Дерягин, он поддержал наше начинание, зная, что мы находимся в довольно затруднительном финансово-экономическом положении. Министерство науки также соглашалось с тем, что такой статус нам следует придать.

Для получения статуса ГНЦ много пришлось потрудиться сначала мне, потом моему преемнику. Но то, что мы получили такой статус и в настоящее время живем в таком качестве — это очень важно.

В мае 1991 г. у меня произошли большие неприятности со зрением. На несколько месяцев я выбыл из строя, и перспективы были, прямо скажем, не очень завидные. За время моего отсутствия на работе произошло очень серьезное событие — ГКЧП. Потом — распад Советского Союза, финансовые трудности, которые возникли с решением правительства об отпуске цен...

В мае 1992 г. по рекомендации врачей я обратился к Министру с просьбой освободить меня от должности директора института. Я отлично понимал, что на этот пост должен прийти новый человек, более молодой, с крепким здоровьем и предложил после обсуждения с дирекцией и руководством Министерства кандидатуру В. М. Мурогова.

Виктор Михайлович себя хорошо проявил на посту ученого секретаря института. Помимо своей основной работы, он много внимания уделял разработке предложений, по которым можно получить финансирование. В частности, именно он через Миннауки получил поддержку работам по разработке методов реакторной утилизации плутония. Его кандидатура была воспринята одобрительно большинством в институте, и В. М. Мурогов на посту директора проработал вплоть до тех пор, пока его не пригласили в МАГАТЭ. Я же переключился на работы, уже не связанные с административными обязанностями.

Учителя, коллеги, товарищи, друзья

Далее я хочу отвлечься от хронологического описания событий и по-вспоминать об отдельных событиях и особенно о людях, с которыми был связан по жизни, по учебе, по работе. Ни в коей мере не собираюсь давать характеристик. Я пишу лишь о своих впечатлениях, о своих контактах с ними. Безусловно, у кого-то есть совсем другие впечатления или суждения и о лицах, и о малых и больших событиях.

Начать хотелось бы с воспоминаний о школе, которую мне довелось окончить в 1949 г. в г. Кемерово. Много лет и даже десятилетий все мы слышим, что школа наша не такая, как надо, что пора ее менять. Все время идут какие-то упражнения по «переделыванию» школы. А я просто не могу понять, чем же плоха была та школа, в которой довелось учиться мне и моим сверстникам. Я учился в провинциальном городе, который тогда мало был известен, в Кемерово. Вместе с тем у нас были прекрасные учителя по математике, физике, русскому языку и литературе, по многим другим предметам. Строго говоря, я мог бы отметить лишь один существенный недостаток той школы — это принципиально неправильное преподавание иностранного языка. Нас учили тонкостям грамматики, но совершенно не учили разговорному языку, который мог бы помочь в жизни. Тем не менее эти школьные годы запомнились как годы весьма интенсивного труда.

В школьные годы я познакомился с моей будущей женой, Анной Ивановной Литвиновой, с которой прожили мы сорок один год вплоть до ее кончины, вырастили двух сыновей, вместе радовались внукам.

Когда я поступил в первоклассный московский вуз — вначале это был МЭИ, а потом МИФИ, — я не чувствовал какой-либо провинциальной ограниченности своих знаний или существенных пробелов в главных науках, которым нас обучали в школе. Точно так же и многие мои сверстники, с кем мы начали учебу в вузе, были сильными студентами, прекрасно учились в институте и стали весьма уважаемыми специалистами своего дела.

Четверо из нашей студенческой группы попали в Обнинск. Это Владимир Иванович Орехов, наш староста, Дмитрий Владимирович Панкратов, Виталий Иванович Сидоров и я. А позже к нашей небольшой обнинской группе присоединился Станислав Петрович Казновский (он работал в Обнинске не очень долго, примерно, до 1976 г.).

У нас была очень дружная студенческая группа, и наша дружба сохранилась до сих пор. Увы, шестерых из шестнадцати уже не стало. Среди ушедших из жизни Владимир Иванович Орехов и Виталий Иванович Сидоров, работавшие в нашем институте.

Подготовка, которую давали нам школа и вуз, была весьма основательной, и не приходится сожалеть о том, что чему-то особо важному нас не доучили. Подготовка была особенно солидной на старших курсах МИФИ, когда нашими преподавателями были выдающиеся ученые, академики, доктора, профессора,

которые внесли существенный вклад в развитие атомной науки и техники. Нам читали лекции С. М. Фейнберг, М. А. Леонтович, Л. А. Арцимович, А. А. Самарский, И. И. Новиков, И. И. Гуревич и другие. У них были весьма блестящие ассистенты, которые потом тоже стали и профессорами, и академиками. Многие из этих ассистентов умели так разъяснить суть не очень понятных подчас лекций академиков, что все становилось предельно ясно. Одним словом, жаловаться на школу не приходится.

В институте мы знакомились и с нашими будущими руководителями. В частности, в МИФИ преподавал профессор А. И. Лейпунский, который брал дипломников в Обнинск. Он подбирал тех студентов, которые были ему хорошо известны, из них выросли потом замечательные специалисты. Аспиранты охотно ехали в Обнинск к Александру Ильичу, например, будущая заведующая кафедрой МИФИ Л. Н. Юрова и стажировалась, и занималась экспериментальными работами под руководством А. И. Лейпунского.

Физико-энергетический институт в тот период, когда я пришел на работу, интенсивно развивался, вкладывались большие деньги в новые разработки, в сооружение экспериментальной базы, и люди очень быстро росли на этой работе. В результате человек, проработавший год, а тем более два или три, очень сильно отличался от тех молодых специалистов, которые только пришли. Но и эти молодые специалисты, видя такой быстрый рост своих чуть более старших товарищей, тянулись за ними и тоже очень быстро росли.

Мне и моим сверстникам довелось встретиться со многими очень интересными людьми — примерами для подражания, и это позволяло быстро входить в курс дел. Среди них — 29-летние И. И. Бондаренко и Л. Н. Усачёв, ставшие уже маститыми учеными, известными не только в ФЭИ.

Непосредственно с Игорем Ильичем Бондаренко мне работать не довелось. Я знал его по выступлениям на семинарах и собраниях, по философским дискуссиям с Игорем Павловичем Стахановым, наконец, по его выдающейся роли в разработке системы ядерных констант. Он был назначен оппонентом по моей кандидатской диссертации, но, увы, из-за неизлечимой болезни не смог даже ознакомиться с ней.

Со Львом Николаевичем Усачёвым мне довелось сотрудничать более 20 лет, начиная примерно с 1960 г. Это был незаурядный человек с необычайно широким кругом интересов, с глубоким пониманием реакторной и ядерной физики, внесший существенный вклад в развитие физики в институте. Мы с ним много лет работали вместе над вопросами, связанными с быстрыми реакторами. Практические потребности нашего коллектива физиков-расчетчиков побудили Льва Николаевича разработать такие новые теории, как, например, теория развивающихся реакторных систем, обобщенная теория возмущений. Разработка обобщенной теории возмущений явилась важным достижением Л. Н. Усачёва и достаточно быстро получила международное признание специалистов.

Интересный и сложный человек, Л. Н. Усачёв не всегда мог выстроить простые отношения со многими людьми. Например, с В. М. Аграновичем,

В. В. Орловым, с Ю. Я. Стависским, М. Н. Николаевым. Последнюю коллизию мне пришлось наблюдать и пытаться влиять на то, чтобы отношения стали более нормальными. Здесь были и ревность, и недовольство друг другом. В конфликте Л. Н. Усачёва с В. В. Орловым нам вместе с Георгием Ильичём Тошинским даже пришлось быть судьями в их споре о приоритетах в разработке обобщенной теории возмущений. И в этом споре мы признали правоту Льва Николаевича.

Я знаю (и видел подтверждение этому), что в последний период жизни А. И. Лейпунского у него и Л. Н. Усачёва были отнюдь не теплые отношения. Подлинные причины этого мне неизвестны, и я до них не пытался докопаться. Мои отношения с Львом Николаевичем были взаимно равными и бесконфликтными.

Увлечения Усачёва были настолько интересны, что весь институт о них знал. Люди любили поговорить с ним о его увлечениях, а он в свою очередь с азартом о них рассказывал. Чего тут только не было: и тунгусский метеорит, и парапсихология, и электропунктура, и подводное плавание, и альпинизм (который ему дорого стоил, в результате драматических приключений в горах он стал инвалидом), и горные лыжи (которыми он занимался даже на протезах). Посмеиваясь над слабостями, все уважали его за глубокие знания и за тот вклад, который он вносил в институтские разработки. И мне очень жаль, что со многими интересными и талантливыми людьми он ссорился и конфликтовал.

Будучи весьма молодыми, в возрасте примерно 30 лет, стали ближайшими помощниками А. И. Лейпунского Б. Ф. Громов, В. А. Кузнецов, В. В. Орлов, В. Я. Пупко. В деловое общение с Лейпунским, очень важное для профессионального роста молодых людей, вовлекались вместе с ближайшими помощниками многие и многие ведущие сотрудники.

Поручения А. И. Лейпунского, его доверие к своим помощникам очень много значили для них, и люди разного возраста, получая его мягкие просьбы или пожелания, относились к ним всегда очень серьезно. На этом вырастало доверие Александра Ильича к своим помощникам и ко всем нам, когда мы действительно помогали ему, разбираясь в каких-либо вопросах по его заданию. Я тоже чувствовал такое доверие Александра Ильича и очень дорожил им. Однажды было очень горестно, когда я его снабдил не очень точными сведениями, которые получили мои помощники. Так трудно было мне откровенно все ему сказать, но я считал, что именно это должен сделать. Александр Ильич, конечно, все понял и все простил, мне кажется, что это даже помогло дальнейшим контактам с ним.

Мы видели, как Александр Ильич всегда опирается на мнение людей, выросших под его руководством. И, в свою очередь, мы друг с другом общались достаточно доверительно и ценили мнение своих коллег.

Хочу вспомнить здесь о том, что, конечно, Александру Ильичу очень не просто было в последние годы его работы. С М. П. Родионовым, тогда директором института, у него были конфликты на почве разделения полномочий.

Затем, когда его сделали первым заместителем директора, и он не стал называться научным руководителем, были конфликты и с директором института В. А. Кузнецовым. Я думаю, что к Александру Ильичу недостаточно бережно относились. Он всегда сдерживался, но иногда его «прорывало». Я был однажды свидетелем его очень резкого высказывания в адрес Кузнецова в совершенно неожиданной для меня форме. И, видно, его тяготило то, что происходило в институте, его угнетало то давление, которое на него оказывалось. Это были времена, когда «физики шутили», а партийным органам их шутки очень не нравились.

Конечно, вопиющей несправедливостью является то, что Александр Ильич не был избран в Академию. Будучи директором института, я был несколько раз на собраниях Отделения физико-технических проблем энергетики, и даже однажды сам выступал там как претендент на выдвижение в члены-корреспонденты АН. В результате я увидел, кто там докладывает, что докладывает и, в конце концов, кто проходит в академию. Достоин удивления то, что такой ученый, как А. И. Лейпунский, не прошел в АН СССР. На фоне того, что там бывает, на фоне тех людей, которые проходят в Академию, просто непонятно, как это все могло происходить, какие пружины двигали теми людьми, которые не голосовали за его избрание.

Заместителем Александра Ильича как научного руководителя по быстрым реакторам был О. Д. Казачковский. Руководство работами по быстрым реакторам (которые осуществляли Александр Ильич, О. Д. Казачковский, Д. С. Пинхасик) было очень дружным, как правило, обсуждения были коллективными, и мы на этих обсуждениях присутствовали. Интересно в то время было работать. В 1964 г. Олег Дмитриевич был переведен директором НИИАР.

Помню, как весной 1964 г. Александр Ильич задал мне вопрос, как я смотрю на то, чтобы вместо Олега Дмитриевича такую работу — непосредственное руководство коллективами по быстрым реакторам — возглавил В. В. Орлов. Я высказал Александру Ильичу некоторое беспокойство по поводу того, что из-за конфликтов, которые возникали между Орловым и Усачёвым, приход Орлова может отодвинуть от работ по быстрым реакторам Усачёва. Мне тогда казалось, что это будет потеря, потому что именно в то время мы очень много работали со Львом Николаевичем, у нас был хороший контакт, и было бы жалко, если он нарушится. Александр Ильич выслушал мои доводы, у него, видимо, созрело свое решение, и он реализовал именно его, назначив заведующим сектором, куда и входили подразделения работ по быстрым реакторам, Орлова.

О. Д. Казачковский стал ближайшим сподвижником Александра Ильича Лейпунского в разработке быстрых реакторов в конце сороковых годов. К тому времени, когда он перешел в НИИАР, у него был накоплен очень солидный багаж работ по быстрым реакторам, многие работы в институте непосредственно опекались им. Было много сделано в области ядерно-физических измерений. Был запущен реактор БР-1, и на нем велась работа, были запущены ре-

актор БР-2, а потом БР-5. Очень много внимания Олег Дмитриевич уделял исследованиям на реакторе БР-5, в частности исследованиям топлива. Олег Дмитриевич вместе с Д. С. Пинхасиком провели очень большую работу по экономическому обоснованию БН-350 в г. Шевченко. С 1960 г. началась работа по проектированию реактора БН-350 в том виде, в каком он был осуществлен позднее. В 1962—1963 гг. вынашивалась идея реактора большей мощности, чем БН-350. Возникла идея реактора БН-600, и эта разработка началась при Олеге Дмитриевиче. Он очень активно продвигал идею создания нового экспериментального реактора БОР-60 в НИИАРе. К тому времени, когда Олег Дмитриевич уходил от нас, у него был большой опыт международной деятельности и контактов с иностранными учеными, его уже хорошо знали за границей.

В институте он занимал пост заместителя директора, а когда перешел в НИИАР, то очень долго сохранял тесные контакты с нашим институтом, с Александром Ильичем, со всеми нами. Многих сотрудников ФЭИ он пригласил на работу в НИИАР, приглашал и меня. Я подумал — и решил остаться в ФЭИ, и Олег Дмитриевич не затаил никакого зла или недоброго чувства, он понимал, что есть разные причины и основания для принятия такого решения. Я должен вспомнить также, что в 1962 или в 1963 г. Олег Дмитриевич предложил мне пост начальника лаборатории по перспективным разработкам быстрых реакторов, и таким образом, до его ухода в НИИАР он был моим непосредственным руководителем.

В НИИАРе Олег Дмитриевич начал создавать новую лабораторию для разработок по быстрым реакторам, и постепенно там возникли примерно такие же структурные подразделения, которые были и в ФЭИ. Там были и ядерно-физические измерения, хотя в меньшем объеме, чем у нас, были расчетчики. Олег Дмитриевич пригласил туда специалистов, и постепенно там выросла очень хорошая расчетная лаборатория. Были экспериментаторы-реакторщики, и, самое главное, создавался реактор БОР-60, вокруг которого концентрировались многие работы по быстрым реакторам. Вот так постепенно в НИИАРе возникла очень хорошая база, особенно после пуска реактора БОР-60, для исследований по быстрым реакторам в разных областях. Это были и материаловедение, и технология натрия, и реакторная физика, и реакторная технология, и поведение топлива в реакторе. Уже в начале семидесятых годов в НИИАР возникли собственные разработки быстрых реакторов. Там закладывались несколько другие исходные предпосылки, другие конструктивные схемы, и в какой-то степени это было противопоставлением тому, что предлагалось ФЭИ и по реактору БН-800, и по реактору БН-1600. Предложения, которые вынашивались в НИИАРе Олегом Дмитриевичем, представлялись и руководству Министерства. Таким образом, возникла основа для конкуренции между нашими институтами.

Когда в 1973 г. Олег Дмитриевич был назначен директором ФЭИ, эти предложения выдвигались им для дальнейшей проработки. Для того чтобы не связывать эти разработки с людьми, у которых уже есть определенная настро-

енность, Олег Дмитриевич специально поручал эти работы параллельным подразделениям (в частности, подразделению Михаила Егоровича Минашина). Это вызывало чувство непонимания у многих из нас, в том числе и у меня. Отношения между В. В. Орловым, который не был согласен с этой технической линией, и Казачковским, и так не отличавшиеся симпатией, перерастали в конфликт.

Предложения, которые выдвигались Олегом Дмитриевичем и НИИАРом, не находили также понимания и в организации главного конструктора — в горьковском ОКБМ. Мы знали об этих настроениях. Все это, конечно, затрудняло работу, и мне даже кажется, что, поскольку предложения Казачковского доводились до руководства Министерства и получали там какой-то резонанс, они влияли на размывание позиции и затягивание решений по дальнейшему развитию разработок ФЭИ и ОКБМ.

Эволюция взглядов Олега Дмитриевича, конечно, происходила. Он постепенно проникся большим пониманием предложений по БН-800 и потом стал активно поддерживать развитие направления на базе этого реактора. Но тот конфликт, который возник после прихода Олега Дмитриевича между ним и Орловым, привел к тому, что в 1976 г. Виктор Владимирович покинул институт.

Когда Олег Дмитриевич возглавил ФЭИ, на него свалилось много трудных вопросов. Во-первых, была сложная ситуация на реакторе БН-350. Там выходили из строя парогенераторы, и по этому поводу на институт довольно интенсивно сыпались шишки. Были организованы работы по дополнительным экспериментальным обоснованиям парогенераторов, по поискам путей выхода из ситуаций, когда они ломались. Потом возникла проблема подготовки к пуску реактора БН-600. Эти работы Олег Дмитриевич поддерживал и руководил ими.

Олег Дмитриевич Казачковский, несмотря на большую загруженность повседневной, часто рутинной работой, оставался ученым. Он организовывал разнообразные семинары по обсуждению текущих вопросов, регулярно общался и с физиками, и с химиками, и с теплофизиками, и с материаловедом, выпускал с ними общие работы. Фактически своим стилем работы он способствовал тому, что в институте поддерживалась атмосфера научного обсуждения разных вопросов. Это было очень важно.

Были, конечно, серьезные трудности в различных организационных вопросах, особенно после 1973 г., когда допекала шефская помощь. Навязывание институту очень больших задач по помощи селу, очень часто бестолковых и дорогих, вносило своеобразный колорит в нашу жизнь. Для руководителей это была чрезвычайно сложная пора, когда институту сначала поручили работы в одном районе, потом дали другой подшефный район на краю Калужской области. Транспорт, поездки, строительство, огромные расходы — все эти проблемы, конечно, приходилось решать дирекции. Обком, горком партии давили, притесняли и требовали...

Длительное время Олег Дмитриевич старался поддерживать контакты с НИИАРом, с которым у него были связаны многие события и куда он вложил

очень много сил и своих знаний. Во-первых, был организован совместный Научно-технический совет, на котором обсуждались вопросы главным образом по быстрым реакторам. Во-вторых, было организовано соревнование между институтами с периодическим подведением итогов и обсуждением текущих дел с разных сторон. Это вносило определенную живость во взаимоотношения. Между институтами был хороший контакт: соревнование, хотя и с изрядной долей формализма, было полезной формой сотрудничества.

В период директорства Олега Дмитриевича было много серьезных событий в международной деятельности. Были разные парадные мероприятия, в частности в 1984 г. очень торжественно и с большим международным резонансом праздновалось 30-летие атомной станции. Были также и текущие важные дела, которые оказывали влияние на институт. Например, в течение нескольких лет развивалось советско-американское сотрудничество по быстрым реакторам с большим обменом информацией и очень интересным взаимодействием с различными лабораториями США. Олег Дмитриевич был руководителем этих работ с советской стороны.

Многие годы он руководил Координационным научно-техническим советом стран СЭВ по быстрым реакторам. Страны СЭВ проявляли интерес к этим работам, конкретные работы проводились в ГДР, Чехословакии. Кое-какие работы были и в других странах, интересные и полезные. И вот такой Координационный совет много лет обеспечивал согласованную работу. Сейчас это все, к сожалению, кануло в вечность.

Все годы моей совместной работы с Олегом Дмитриевичем я чувствовал его поддержку, внимание. Он был моим руководителем по теме кандидатской диссертации, он был председателем Ученого совета, на котором я защищал докторскую диссертацию. Он выдвинул мою кандидатуру на соискание Ленинской премии, а ранее поддержал выдвижение коллективом БН-350 на Государственную премию. Я, конечно, признателен ему за все, и всегда буду это помнить.

Выдержка и мудрость Казачковского проявились и в драматический период аварии на Чернобыльской АЭС. В той ситуации Олег Дмитриевич нашел очень правильную линию поведения и вместе с секретарем горкома КПСС А. В. Камаевым настоял на том, чтобы в городе и в институте был ужесточен контроль над ситуацией, проводился необходимый анализ радиационной обстановки и в городе, и в подшефном Хвостовичском районе. Он очень хорошо осознавал тяжесть ситуации, и все мероприятия, которые были необходимы для анализа сложившейся обстановки или возможной реакции на эту обстановку, он поддерживал. Это были очень трудные месяцы жизни института.

Как известно, Чернобыль очень сильно повлиял на все, в том числе на отношение ЦК КПСС и Правительства к руководству нашего Министерства. Были сняты со своих постов первый заместитель министра А. Г. Мешков, начальник Главка Е. В. Куликов, а в конце 1986 г. Ефим Павлович Славский перестал быть Министром. Олег Дмитриевич ушел со своего поста в 1987 г.

После ухода с поста директора он не стал больше заниматься никакими вопросами ядерной энергетики в институте и вопросами разработки быстрых реакторов. Через несколько лет после своего ухода он написал книгу по быстрым реакторам, в которой рассказал кое-что из истории и изложил свои взгляды на различные проблемы разработки будущих быстрых реакторов. Он остался работать в журнале «Атомная энергия» и много лет был главным редактором этого журнала, пригласил из нашего института в этот журнал П. Л. Кириллова и меня. Он и сейчас остается в этом журнале на посту заместителя главного редактора, часто проводит заседания редколлегии и, по-моему, ему эта работа нравится. Он и сейчас крепок духом, интеллигентен, тактичен, продолжает заниматься вопросами физики твердого тела и пишет воспоминания.

Десять лет (1977—1987) я проработал заместителем Олега Дмитриевича по научной работе. Потом, когда сам стал директором, мне казалось, что очень важно попытаться сохранить в институте атмосферу научных обсуждений, чтобы за административными и организационными вопросами у людей не пропало желание общаться и обсуждать научно-технические проблемы.

Когда в 1991 г. с согласия дирекции института и руководства Министерства я пригласил на должность научного руководителя академика В. И. Субботина, в частности, думал о том, что это оживит научную жизнь института. Так и получилось: когда Валерий Иванович пришел, он занялся организацией обсуждений всех основных вопросов деятельности с привлечением широкого круга сотрудников института. Но это закончилось через два года. В настоящее время, мне кажется, нам очень не хватает аналогичных научно-технических обсуждений с участием ученых, специалистов и руководства института.

Вскоре после назначения директором института мне нужно было решить вопрос о том, кто займет пост заместителя директора по научной работе в области атомной энергетики. Самым подготовленным из имеющихся в институте специалистов для этой должности был Л. А. Кочетков. Он и был на примете для назначения на этот пост. Но вместе с тем, мне хотелось попытаться вновь вернуть в институт В. В. Орлова. Я сделал такую попытку, провел предварительное обсуждение с Министром, которым в это время был Лев Дмитриевич Рябев, поговорил с самим В. В. Орловым. Он был согласен вернуться в институт. При повторном разговоре Л. Д. Рябев сказал мне, что это хорошо, но есть некие обстоятельства, которые затрудняют решение этого вопроса. Когда я все-таки Льва Дмитриевича спросил «в упор», что же мне делать, он предложил назначить Л. А. Кочеткова. И Лев Алексеевич был назначен.

Мне пришлось сказать Виктору Владимировичу, что Лев Дмитриевич велел назначить Л. А. Кочеткова. Вопрос на время закрылся, но потом снова стал подниматься: спрашивал Виктор Владимирович, приходили такого же рода вопросы и от Министра... Но мне уже неудобно было отодвигать Л. А. Кочеткова, он начал работать, вошел в курс дел. Для меня такое решение было неприемлемо. К тому же фактически против того, чтобы В. В. Орлов переходил в институт, выступило руководство кадровой службы Министерства, и, если не

прямыми, то очень ясными косвенными намеками и даже указаниями мне было велено Орлова в институт не приглашать. Пришлось пережить неловкие моменты, сказать Виктору Владимировичу, что я не могу в этой ситуации изменить принятое решение. Неловко, конечно, мне было перед Орловым, но было бы еще более неловко перед Кочетковым.

Виктор Владимирович, таким образом, в институт не перешел и остался до сих пор нашим конкурентом. Сейчас он очень активно ведет работу по продвижению реакторов на свинцовом теплоносителе. Мне и многим сотрудникам нашего института кажется, что это направление не может получить настоящего технического развития.

В 1987—1992 гг., когда мне пришлось быть директором, было три заместителя директора по научной работе. Б. Ф. Громов возглавлял направление по разработке транспортных установок, Л. А. Кочетков вел дела по атомной энергетике, А. Н. Рыжков руководил технологическим направлением. Часть работ по космической энергетике выходила не на заместителей директора, а непосредственно на меня, и я в связи с этим много общался с В. Я. Пупко, прекрасным ученым, очень талантливым человеком.

Борис Федорович вел свою работу уверенно и самостоятельно, и нам приходилось просто иногда нормироваться, выходя с согласованной позицией на внешние организации, на руководство Министерства. Лев Алексеевич очень многое взял на себя, его хорошо знали и в институте, и в смежных организациях, он уже имел большой авторитет и в том, что касается быстрой реакторной энергетике, был очень надежной опорой в составе дирекции. Анатолий Никитович вел технологические работы по всем направлениям, по которым в институте велись разработки.

Первым заместителем директора и главным инженером после ухода Д. М. Овечкина и при О. Д. Казачковском, и при мне был Владимир Николаевич Силаев. Это очень деятельный, инициативный человек, он очень много сделал в институте для развития капитального строительства, экспериментальной базы, социальной сферы, часто брался за трудные и даже иногда совершенно несвойственные ему вопросы. Тем не менее он мог их решать, и решал успешно. Так, например, после одного из концертов я рассказал Владимиру Николаевичу, какой паршивый рояль в нашем Доме культуры, и спросил, не смог бы он как-то поспособствовать, чтобы ДК обзавелся более приличным инструментом. И он это сделал: через министерство культуры нашел какие-то каналы. В результате ДК приобрел приличный рояль.

Владимиру Николаевичу подчинялась вся инженерная сфера нашего института, и он очень многое поручал своим заместителям — заместителям главного инженера. Один из его заместителей, а именно Виктор Васильевич Кузин, стал прекрасным руководителем. Конечно, у него самого были свои хорошие задатки, кроме того, он прошел силаевскую школу. В результате через довольно короткое время он овладел всеми вопросами деятельности нашего института по руководству инженерными службами. А когда В. Н. Силаев ушел

на освобожденную работу депутата Верховного Совета РСФСР, Виктор Васильевич стал полноправным первым заместителем директора — главным инженером института.

В круг обязанностей В. В. Кузина входили разнообразные и сложные вопросы: финансовые дела, эксплуатация и развитие экспериментальной базы, техника безопасности, строительство и многое другое. Будучи четким, исполнительным человеком, В. В. Кузин такого же стиля требовал и от других. Но его требовательность и уважали, и понимали. Авторитет В. В. Кузина был очень высок среди рабочих, среди научных работников и в нашем институте, и в других организациях, и в Министерстве. Когда В. В. Кузину исполнилось 60 лет, его искренне и радостно поздравляли и приветствовали все, кто работал с ним. Но, увы, вскоре после этого, в августе 2002 г., сотни людей пришли проститься с В. В. Кузиным. Смерть его была неожиданной и стала тяжелой утратой для института.

В состав дирекции входил заместитель директора по режиму Юрий Парфеньевич Мазеркин. Это был человек с очень большим жизненным опытом, много работавший с людьми, знавший хорошо человеческую натуру. Юрий Парфеньевич находил свою линию поведения, очень много помогал и мне, и другим членам дирекции.

Григорий Иванович Козлов — главный бухгалтер института — входил в состав многих дирекций. Его огромный опыт, знание своего дела и интуиция предопределили отсутствие финансовых «проколов» во время нашей совместной работы. Конечно, для него в большей степени, чем для других членов дирекции, очень трудное время настало в период финансового «обвала». Выдержал он это трудное время достойно, но и возраст, и новые условия работы побудили его в ноябре 1992 г. уйти с этой хлопотной и ответственной должности. Григория Ивановича уважали и любили не только его коллеги по бухгалтерии, но и все, кому с ним приходилось соприкасаться по работе.

Капитальным строительством занимался Александр Тихонович Ненахов, а потом — Юрий Анатольевич Калинин. Общими вопросами занимался Анатолий Васильевич Лукьянов. Эти заместители выходили на главного инженера.

Ученым секретарем института и членом дирекции долгое время был Виктор Борисович Ануфриенко. Он пришел на эту работу из экспериментальной физики, уже хорошо знал работу ученого секретаря, активно работал, занимался анализом работ института, возглавлял различные комиссии. Он был нужным членом дирекции, хорошо понимал не только ту область науки, которой раньше занимался, но и всю научную деятельность института. Когда институту пришлось подключаться к различной конверсионной деятельности, в частности к микроэлектронике, нужно было, чтобы кто-то эту работу возглавил. Я предложил на эту должность Виктора Борисовича и согласовал его кандидатуру с руководством Министерства и Советом трудового коллектива. Он стал заместителем директора института по новым направлениям, а ученым секретарем был назначен В. М. Мурогов.

С В. М. Муроговым я раньше много сотрудничал, он занимался перспективными исследованиями. Я видел в нем способность организовать новые работы, настойчивость, умение ладить с людьми и с коллективами. Став ученым секретарем, он много работал по новым связям, в частности, установил хорошие контакты с представителями Министерства науки. Таким образом была подготовлена почва к тому, чтобы Миннауки начало финансировать некоторые наши темы. Даже такая работа, как утилизация оружейного плутония, была в институте инициирована благодаря его деятельности. Он нашел такие каналы воздействия, о которых мы не подозревали раньше. Его деятельность была вполне успешной и поэтому, когда после моего ухода с поста директора встал вопрос о том, кого назначить, то я предложил, и очень многие поддержали, его кандидатуру на пост директора института. Он проработал на этом посту около четырех лет, пока его по велению Министерства не забрали в заместители Генерального директора МАГАТЭ.

Хотел бы отметить еще одного человека, который много сделал для института, — это И. Н. Просецкий. Иван Николаевич возвратился в институт после работы в городском совете и в городском комитете партии. Он работал помощником директора института и заместителем начальника организационного отдела. Через него проходила масса документов, он распределял их, готовил вопросы для дирекции, для научно-технического совета. Многие вопросы и на Совет трудового коллектива готовились с его помощью. Это был деятельный, повседневный помощник по всем вопросам. К сожалению, в июле 1992 г. Иван Николаевич скоропостижно скончался. Думаю, что он много полезного мог бы еще сделать для института.

И, конечно, не могу не вспомнить Клавдию Григорьевну Савину, с которой работал и я, и все мои предшественники, и те, что были после меня. Бессменный секретарь директора, она стала уже символом нашего института. Всех знает, со всеми умеет разговаривать: и с Министерством, и с самыми высокими начальниками, и с простым народом. Думаю, что каждый директор благодарен ей и имеет основания сказать, что Клавдия Григорьевна выручала, оберегала, иной раз спасала от неприятностей. Я лично ей очень благодарен за те годы совместной работы, которые выпали на нашу долю.

В состав дирекции до 1991 г. всегда входил секретарь парткома института. Много лет секретарем был А. В. Камаев. Альфред Васильевич оказал большое влияние на жизнь института и стал затем секретарем горкома КПСС. Мне много приходилось с ним общаться, и то, что навсегда сохранится в моей памяти — это его глубокая порядочность, честность, понимание сути людей и событий. Увы, это его понимание часто расходилось с установками более высокого партийного руководства. Приходилось «проводить линию», как, впрочем, и всем руководителям. Уйдя с партийной работы, Альфред Васильевич нашел себя в очень полезной сфере — информационной деятельности в нашем институте, где трудился с большим интересом, абсолютно добросовестно и ответственно. Мне хочется отметить главное: Альфред Васильевич выдержал испытание властью.

Последним секретарем парткома института был Анатолий Петрович Иванов. Мне, как директору, пришлось работать именно с ним. Он чем-то походил в своем стиле работы на А. В. Камаева. В его стиле не было формализма, он вникал в суть дела, старался быть понятым людьми, честно выполняя свою нелегкую миссию в трудное время.

Все тогда находились в плену системы КПСС. Система была очень жесткая, и разочарование в ней в последние годы ее существования было очень большим. У меня лично это разочарование окрепло в 1988 г. после 19-й партийной конференции, на которой я присутствовал в качестве делегата. Тогда на многое раскрылись глаза, особенно при контактах с руководством областной организации КПСС. Когда я был директором, мне приходилось бывать и на пленумах обкома, и на пленумах горкома. Было видно, как все формализовано, как много наносного, ненужного в КПСС и как на самом деле плохо она управляет и руководит всем нашим государством. После 1991 г. я уже не возобновлял свое членство в Коммунистической партии, хотя до того был ее активным членом.

Но справедливости ради надо заметить, что с исчезновением из нашей жизни «руководящей и направляющей роли партии» исчез тот контроль за стилем работы и действиями руководителей, который был вовсе не лишним. Сейчас некому осадить хамоватого или самодовольного руководителя, а другого, быть может, просто подправить. Прямой начальник может и не хотеть «трогать» своего подчиненного, со стороны тоже не просто вмешаться, да и не принято это. Когда-нибудь демократические механизмы заставят и у нас находить меры воздействия на стиль работы руководителей, их умение заботиться не только о выполнении обязанностей, но и об атмосфере в коллективе, о настроениях подчиненных. Пока же: старых «механизмов» не стало, а новые не сформировались.

За долгие годы мне пришлось работать со многими сотрудниками института и смежных организаций. Наиболее значимыми были работы, связанные с разработкой проектов реакторов БОР-60, БН-350, БН-600, БН-800, с пуском установок и анализом результатов работ на них. Многие сотрудники нашего института были моими коллегами по общей работе, по выпуску научно-технической документации, отчетов, докладов и т. п.

Много лет мы работали вместе с Вячеславом Ивановичем Матвеевым, Владимиром Алексеевичем Черным, Борисом Владимировичем Колосковым, Николаем Максимовичем Шаталиным, Михаилом Яковлевичем Кулаковским, который, к сожалению, рано умер, в 1978 г. Владимир Иванович Савицкий занимался защитой быстрых реакторов, Виктор Александрович Сергеев прекрасно знал эксплуатацию и много внес личного труда в изучение радиационной обстановки на всех пускаемых реакторах. Олег Дмитриевич Бакуменко, Анатолий Петрович Иванов, Геннадий Максимович Пшакин, Николай Егорович Горбатов — всех назвать, конечно, очень трудно, но всем им я благодарен за ту общую работу, которую мы делали.

Мы работали в тесном контакте с инженерным отделом, который возглавлял Л. А. Кочетков, о котором я уже много рассказывал. Юрий Ервандович Багдасаров, Иван Васильевич Миловидов, Аркадий Валентинович Карпов, Анатолий Антонович Ринейский, Владимир Михайлович Поплавский, Игорь Алексеевич Кузнецов, Владимир Михайлович Ширин и многие другие были участниками наших разработок как физики-расчетчики. Все сообща обеспечивали необходимую работу по разработке быстрых реакторов.

Общие вопросы физики быстрых реакторов изучались и в лаборатории, которой мне довелось руководить, и в отделе № 4. Нельзя не вспомнить Николая Викторовича Красноярова, которого О. Д. Казачковский перевел в лабораторию Д. С. Пинхасика в 1960 г. из коллектива реактора БР-1. Н. В. Краснояров внес большой вклад в изучение динамики реактора БР-5, а затем в изучение разных вопросов физики быстрых реакторов. Он хорошо понимал физику реакторов, умел быстро оценивать влияние физических эффектов, с ним было интересно и полезно вести обсуждение. После 1965 г. он руководил лабораторией, выделенной из состава лаборатории Д. С. Пинхасика, пока его не пригласил в НИИАР уехавший туда О. Д. Казачковский. После этого расчетно-физические работы по быстрым реакторам были объединены в одной лаборатории.

Не могу не отметить двух выдающихся женщин, которые работали в нашем институте — это Нина Оганесовна Базазянц и Лили Паруйровна Абагян, занимавшиеся уникальной разработкой системы констант, которая у нас называется БНАБ. Эта система начала разрабатываться под руководством И. И. Бондаренко, потом этой работой руководил Марк Николаевич Николаев.

В отделе № 4 теоретической лабораторией руководил Геннадий Яковлевич Румянцев, уникальный специалист-теоретик, очень хороший ученый, скромный человек. Организационными вопросами в отделе и потом в секторе занимались такие люди, как Анатолий Николаевич Кондрашин и Юрий Александрович Уралец, которые много сделали для обеспечения организационной работы в институте, помогали нашим научным работникам в разных вопросах повседневной жизни.

Хотел бы вспомнить об одном эпизоде, за который мне до сих пор неудобно перед теми людьми, с которыми работал. После того, как я ушел с должности начальника отдела № 4, нужно было назначать туда руководителя. В силу разных складывающихся обстоятельств мне показалось, что для этой работы может подойти Эдвин Александрович Стумбур. Мое предложение не встретило одобрения со стороны многих сотрудников отдела, в том числе руководителей лаборатории В. И. Матвеева и М. Я. Кулаковского. Но я все-таки настоял на своем, и Э. А. Стумбур был назначен начальником отдела № 4. К сожалению, Эдвин Александрович, человек очень эрудированный, обладавший энциклопедическими знаниями, неудачно руководил отделом. Довольно скоро это поняли и я, и Л. А. Кочетков, ставший непосредственным начальником Э. А. Стумбура. В результате пришлось, к сожалению, «покаяться», освободить

Э. А. Стумбура от должности, и заведующим отделом стал Вячеслав Иванович Матвеев, который дальше успешно выполнял эту работу. Думаю, дело в том, что Эдвин Александрович — человек, который привык работать много и единолично, и, хотя работа — вся его жизнь, с руководством коллективом он не совладал.

Очень тесное сотрудничество у нас было с отделом экспериментальной реакторной физики, которым руководил сначала И. Г. Морозов, а после его ухода в Министерство — Ю. А. Казанский. В этом отделе проводились экспериментальные работы по моделированию реакторов БН-350, БН-600, БОР-60, БН-800 и другие работы по физике быстрых реакторов. Вспоминаю с большим удовольствием свою работу с Федором Ильичём Украинцевым, Валерием Петровичем Зиновьевым, которые первоначально руководили работой БФС, а затем с Юрием Алексеевичем Казанским, Виктором Алексеевичем Дулиным, Станиславом Петровичем Беловым и многими другими. Этот отдел выполнял очень большую работу по пуску реакторов, сначала БН-350, потом БН-600. Лучшие, самые яркие годы сотрудничества с людьми этого отдела, мне кажется, были при пуске реактора БН-350, когда мы с Юрием Алексеевичем вместе с дежурными физиками и большой командой из нашего института занимались подготовкой пуска и проведением экспериментов на этом реакторе. Позже была работа на БН-600, но я лично в ней уже принимал меньше участия, а Юрий Алексеевич руководил его физическим пуском.

В. М. Муругов в конце своей директорской деятельности организовал новое подразделение — отдел перспективных разработок и технико-экономических исследований, отдел № 40. Перевел туда нескольких сотрудников из отдела № 4 и других подразделений. Во главе отдела поставили Владимира Семеновича Каграманяна, к нему перевели Александра Николаевича Чебескова, Владимира Ивановича Усанова (все трое были моими аспирантами, подготовили и защитили кандидатские диссертации), Александра Григорьевича Калашникова, Виктора Михайловича Декусара и др. С этим отделом до ухода на пенсию я и занимался различными перспективными разработками. Работа состояла в изучении новых топливных циклов, изучении вопросов утилизации плутония и др.

В этом отделе работал и Владимир Борисович Лыткин, замечательный, доброжелательный человек, скромный, вежливый, очень уважаемый всеми, кто имел с ним дело. Он начал свою трудовую биографию в Челябинске-40, потом переехал в Обнинск, работал на Первой АЭС, в 1959 г. перешел в отдел О. Д. Казачковского и далее, до самой кончины в ноябре 2001 г., занимался технико-экономическими исследованиями по атомной энергетике. Была у него удивительная способность легко усваивать иностранные языки, английский он знал особенно хорошо.

В течение всего времени нашей работы по быстрым реакторам мы очень тесно сотрудничали со многими организациями, их невозможно назвать все, и невозможно назвать всех участников работ — коллег из других организаций, с

кем вместе работали. Назову лишь нескольких. Очень хорошие воспоминания оставило сотрудничество с ОКБМ, которым в начале нашей совместной работы руководил Игорь Иванович Африкантов, а затем Федор Михайлович Митенков. Мы работали непосредственно с конструкторами: Владимиром Ивановичем Ширяевым, Владимиром Васильевичем Пахомовым, Виталием Витальевичем Курилкиным, с расчетчиками: Александром Ивановичем Кирюшиным, Германом Борисовичем Усыниным, Борисом Александровичем Васильевым.

Нашими коллегами были также специалисты из ВНИИНМ. Самое тесное сотрудничество у нас было с Игорем Стефановичем Головинным, Татьяной Сергеевной Меньшиковой, Юрием Константиновичем Бибилашвили, потом, несколько позднее, к руководству работами в институте пришел Федор Григорьевич Решетников.

Комплексное проектирование вели ВНИПИЭТ и отделение Атомэнергопроекта в Санкт-Петербурге.

Среди наших партнеров была кафедра № 5 МИФИ. Заведующей кафедрой долгое время была Лидия Николаевна Юрова, затем ее сменил Вячеслав Васильевич Хромов. Мы тесно работали вместе с ними и с сотрудниками кафедры: Анатолием Николаевичем Шмелевым, Игорем Сергеевичем Слесаревым, Анатолием Михайловичем Кузьминым. Это сотрудничество оставило добрую память. К сожалению, сейчас оно увяло и стало не таким продуктивным, как было раньше.

Разработка быстрых реакторов была предметом довольно интенсивного международного сотрудничества. В период активной работы мы контактировали со многими специалистами из Англии, Франции, Германии, США и из других стран. Эти контакты в период оживленных работ по быстрым реакторам приносили нам большую пользу, мы ценили их и дорожили ими.

Вопросы международного сотрудничества в ФЭИ входили в сферу моих служебных обязанностей, особенно в период 1977—1987 гг., когда я был заместителем директора по научной работе. Вся конкретная работа в этом направлении велась через группу, потом отдел международного сотрудничества. Это всегда был очень организованный коллектив. При жестких регламентах подготовок выездов сотрудников за границу и приема в институте иностранных специалистов иначе быть не могло.

За долгие годы в этом отделе работали многие сотрудники, о которых можно было бы сказать добрые слова. Всех достойных трудно перечислить — их много, но удержаться от того, чтобы не назвать двоих, не могу. Александр Николаевич Брюсов, помощник директора, и Феликс Михайлович Второв, офицер безопасности, к сожалению, ушедший из жизни. Это люди, которые прекрасно организовывали всю работу, существо вопроса всегда ставили выше формальностей, помогая получить максимальную пользу от сотрудничества. С большой благодарностью вспоминаю общую работу с этими достойными людьми.

Мы придавали большое значение работе наших сотрудников в международных организациях, и многие наши специалисты прошли через многолетнюю

работу в МАГАТЭ и стажировки в различных странах. Поработавшие в МАГАТЭ, возвращаясь в институт, свободно ориентировались в общих вопросах развития энергетики, и быстрых реакторов в частности. Учеными секретарями международной рабочей группы по быстрым реакторам в МАГАТЭ в разное время были наши сотрудники Евгений Иванович Инютин, Эдуард Александрович Ходарев, Виктор Михайлович Архипов, Анатолий Антонович Ринейский. Эти люди активно работали, через них мы получали много полезной информации, участвовали благодаря их помощи в самых различных совещаниях. Все это расширяло кругозор специалистов и помогало им лучше работать здесь, дома. Конечно, заграничные командировки не ограничивались только технической стороной дела. Разве может иметь малое значение то, что мы могли увидеть Нью-Йорк и Сан-Франциско, великую китайскую стену и каменный сад в древнеяпонской столице Киото, побывать в Лувре или в Тауэре?

Пунктиром о разном, или немного о том, как мы жили в Обнинске в те далекие годы

ДК ФЭИ

В 1955 г., ранней весной, когда я приехал на работу в Обнинск, Дом культуры ФЭИ был единственным центром досуга жителей, местом проведения больших собраний и партийной, и комсомольской, и профсоюзной организаций и, конечно, местом крупных научных мероприятий, если позволял режим секретности, весьма строгий в то время.

Молодой коллектив института тянулся к ДК. Там пели, танцевали, уже был оркестр народных инструментов, которым руководил А. А. Пожарский.

Во многих воспоминаниях старожилы упоминаются дуэты из оперетт, которые задорно и с полной самоотдачей исполняли А. Ушакова и Б. Шеметенко. Часто выступали на вечерах такие популярные вокалисты как Т. С. Беланова, И. П. Тютерев. Были и ансамбли, например, Ю. А. Сергеев, Ю. И. и В. И. Ореховы, О. В. Комиссаров. Почтенный В. Н. Глазанов удивлял слушателей чтением стихов.

Коллектив драматического кружка постепенно вырос до народного театра весьма высокого уровня, что, конечно, явилось плодом большого труда В. П. Бесковой.

А вокалисты брались уже и за высокую классику. Позже (где-то в 60-е годы) они выступали то ли со сценами из оперы «Евгений Онегин», то ли всю оперу поставили. Делали они эти сцены с очень большим старанием, усердно выучив все партии оперы. Но вот моя мама, приехавшая в те дни к нам в гости и прекрасно знавшая эту оперу по книге «Музыкальная история», по пластинкам и по радио, сказала, что она уже давно так не смеялась.

Всем очень нравились выступления юных балерин, таким кружком руководила А. Г. Глазова.

Долгое время выступал и имел большой успех диксиленд, в котором играли И. И. Тавровский, В. В. Яровицин — всех не помню, но помню еще фамилию Гонюх, он играл на тромбоне, а потом был организатором разных джазовых вечеров.

Первого директора ДК я знал мало, но И. Р. Сичкарёву знали очень многие. Ее сменил В. К. Велижев, уже много лет и до сей поры возглавляющий ДК ФЭИ. Он пережил многие непростые этапы жизни ДК и очень заботится о том, чтобы сохранить значение этого старейшего в городе очага культурной жизни и его многочисленные творческие коллективы.

Сейчас в городе много мест для досуга и художественного воспитания. Но в давние времена таких мест было мало, и ДК ФЭИ обеспечивал отнюдь не только жизнь художественной самодеятельности. Был, например, замечательный период, когда в Обнинск приезжал симфонический оркестр Московской филармонии во главе с Вероникой Дударовой, художественным руково-

директором и дирижером этого оркестра, известным и признанным музыкантом. С оркестром приезжали известные солисты, пианисты и скрипачи.

Давал в ДК ФЭИ концерт М. Ростропович. Он приехал со сложной программой без всяких скидок на провинцию. Он уже тогда был опальным и довольно скоро уехал из страны.

Как-то приезжал оркестр Л. О. Утесова. Он сам еще был жив, но оркестр приехал без него.

Был, например, концерт известной в то время эстрадной певицы Тамары Миансаровой («Солнечный круг, небо вокруг — это рисунок мальчишки...»). Она приехала с какой-то новой аппаратурой, усиливающей звук до непереносимой громкости. Это больше подошло бы для стадиона. Уходили с концерта «обалдевшими» от этой «звуковой обработки».

Довелось мне с женой побывать на концерте Вадима Козина. Он выступал в ДК осенью 1956 г. после того, как ему, сосланному в Магадан, разрешили оттуда выезжать. Он был очень популярен до войны, были пластинки с его записями. Известно, что власти его не жаловали, песен о Сталине он не пел, а потому угодил в ссылку и исчез из радиопередач.

Пел он в Обнинске отлично, голос еще был, артистизм он не растерял. Эффектно выходил на сцену, в одном отделении в черном костюме, в другом — в белом пиджаке. Зал был полон, его имя тогда было многим присутствующим хорошо известно. Пел он очень знакомые песни и романсы, но были среди старого и вещи, как он говорил, «на стихи магаданских поэтов». В. Козин так и не вернулся на постоянное жительство в центр, он умер в Магадане. Так я получил уникальную возможность послушать этого певца, талант которого только сейчас, в новое время, стали ценить по-настоящему.

В ДК ФЭИ начал свою жизнь Обнинский Дом ученых. Среди его организаторов были Ю. А. Казанский, А. И. Абрамов из ФЭИ и, конечно, представители других институтов города. Устраивались встречи с интересными людьми, привозили фильмы, которые не шли в прокате. Фильмы сопровождались лекциями о режиссерах и актерах. Очень интересными могли бы быть воспоминания тех людей, которые организовали ДУ и сделали его очень популярным и любимым среди научных работников.

В ДК ФЭИ побывали многие знаменитые люди. Осенью 1956 г., когда еще очень свежи в памяти были впечатления от 20-го съезда КПСС, горком ВЛКСМ, которым тогда руководил А. П. Резников, пригласил для выступления Григория Ивановича Петровского, старого большевика, члена Государственной думы (это в его честь г. Екатеринослав был переименован в г. Днепропетровск). Какое же это было антисталинское выступление! Все, кто был там, слушали его, затаив дыхание. Он так много знал о репрессиях, рассказывал о своих пострадавших товарищах. Не просто все это было переварить. Позже приезжал сын И. Э. Якира. Его выступление переполнило чашу терпения обнинских партийцев старшего поколения. Горком КПСС стал «прижимать» такого рода мероприятия, и они сошли на нет.

Выступал в ДК ФЭИ, будучи уже не у дел, прославленный маршал Г. К. Жуков. ДК был переполнен. Люди были и в зале, и в фойе, и на улице. Вне зала слушали Г. К. Жукова через динамики. Он рассказывал о многом, но больше всего о наступлении наших войск под Москвой в декабре 1941 г. Это было связано с тем, что отмечали 25-летие этого наступления. Все его выступление сопровождалось овациями. Очень уважал его народ, и, конечно, особенно бывшие фронтовики.

Протва

Будучи студентами старших курсов, мы знали, что на Объекте «В» есть чудо-речка, которая очень украшает жизнь проживающих там. Вскоре и мне удалось убедиться в этом.

В погожие летние дни буквально все население нашего «селения» выбиралось на берег Протвы и «кучковалось» там своими кружками и компаниями. Помню, например, такую: Марчуки — Ляшенки — Давыдовы, и множество других. Многие ходили далеко вверх по реке на «Глазановский пляж», кто-то поближе — на «Коровий».

Летом 1955 г. плотина еще не поднимала Протву — она была мельче и уже, но и чище.

Потом появилась плотина, и Протва сразу стала «судоходной». Возникло массовое увлечение лодками с подвесными моторами. Очень активно бороздили водные пространства Протвы И. Т. Табулевич, Д. М. Овечкин, В. Н. Глазанов, В. И. Субботин и многие-многие сотрудники ФЭИ. На берегу возникли кабины для хранения моторов, на воде — огороженное пространство для лодок. Для рыбаков стали доступны берега — места рыбалки, ранее редко посещавшиеся.

С моторными лодками появились на Протве и водные лыжи. Их многие молодые люди неплохо освоили. Помню, что красиво катался на водных лыжах Алеша Казанский — сын Ю. А. и Л. А. Казанских. Но, конечно, были и другие асы этого красивого вида спорта. Но уж как мала была для этого наша речка!

Нельзя сказать, что несущиеся по воде с ревом моторов лодки вызывали благорасположение тех, кто купался или был на берегу. Город рос, на Протве бывало все больше народу, и настало время, когда моторные лодки были запрещены. Но что было, то было.

Байдарок тоже появилось немало. А наиболее демократическим видом отдыха на воде стало плавание на весельных лодках (напрокат). Так что в летние дни Протва была очень ценным местом отдыха. В то время сады-огороды занимали очень малую часть наших жителей.

Многие ходили на речку вдоль ручья по оврагу (этот ручей, оказывается, имеет название «речка Репинка»), и дорожка эта была очень неухоженной, пока комсомольская молодежь под руководством Валентина Романова не взялась за приведение ее в порядок. Это было сделано быстро и хорошо. А потом еще с таким же энтузиазмом проводились воскресники на берегах Протвы: убирали и

готовили пляжи, убирали корни, лишние кусты. Иосиф Титович Табулевич проявлял всегда большую заботу о благоустройстве этого любимого места отдыха.

Мы часто в то время бывали вместе двумя-тремя семьями с детьми на речке. Наиболее часто с Ореховыми — Юрием Ивановичем и Еленой Сергеевной. С семьей Ф. А. Козлова на двух байдарках ходили вверх по Протве, не очень далеко, с ночевкой в комарином царстве. В березовой роще на берегу Протвы всей лабораторией устраивали пикники и отмечали разные события.

В 1957 или в 1958 году в ФЭИ проникло увлечение, которое потом стало называться подводным плаванием. Пока в продаже не было масок и дыхательных трубок, мы делали их сами, конечно, в лаборатории. С помощью этого снаряжения пытались вытаскивать из подводных недр рыб и раков. У кого-то это получалось. У меня — нет. Да и вода в Протве все-таки мутновата (в оправдание...). Позже все «причиндалы» для подводного плавания появились и в магазинах. Это увлечение перешло и на время отпусков на Черном море. Как и во многих других случаях, ярким энтузиастом подводного плавания стал Л. Н. Усачёв, который при нырянии даже повредил себе барабанную перепонку.

Наверное, из сказанного понятно, что Протва в памяти старожилов Обнинска окутана ореолом некой романтики, и воспоминания о середине и конце 50-х годов обязательно приводят нас на берега Протвы.

Лыжи

В ФЭИ и в других организациях Обнинска было довольно много лыжников-спортсменов. Но речь идет не о них, а об очень большом увлечении лыжами любителей зимних прогулок. Красивейшие окрестности Обнинска мало кого оставляли равнодушными в зимние выходные дни.

Покататься с горок и взрослые, и дети ходили на Кончаловку. Там не было бетонной дороги, а проселочная грунтовая дорожка, проходившая через туннель, занесенная снегом, не мешала скатываться с любого склона. Отчаянные любители острых ощущений скатывались с высоченной железнодорожной насыпи, и иногда успешно. Это удавалось проделывать Игорю Васильевичу Истомину, что я видел своими глазами. А вообще, горки находились на разные вкусы. Там и обнинские горнолыжники пытались кататься, но для них Кончаловские склоны были слишком короткими, и им удалось с помощью дирекции создать горнолыжный спуск на Протве. Л. Н. Усачёв был неумолимым «толкачом» в создании этой горки.

Для любителей спокойных прогулок прекрасным местом был Кончаловский лес. А тех, кого манили более протяженные маршруты, вполне устраивал круг через Росляковку. Это потом появились садовые участки по широким просекам для ЛЭП, это потом любимую трассу испортила стройка нового цеха завода «Сигнал» в районе ФХИ. До того, помехи на трассе возникали только после сильных ветров от поваленных деревьев и веток. Но сами же любители

этой лыжни приводили ее в порядок. После одного из таких буранов по лыжне рано утром прошли Б. С. Новиковский, А. П. Трифонов и Л. А. Кочетков с пилой и топорами и все расчистили.

Вблизи Росляковки были тихие и густые перелески. Они интересовали охотников. Там однажды я встретил группу охотников. Помню, что среди них был Петр Адамович Величенков с трофеем — рыжей лисицей.

Лыжня на Росляковку имела много ответвлений, всегда можно было увеличить (или укоротить) свой путь в зависимости от сил и настроения. Такой заядлый любитель лыж, как Виталий Васильевич Зотов, по-видимому, не оставял ни одной лыжни нехоженой. Он за один мой проход по кругу появлялся то навстречу, то поперек лыжни, то обгонял.

Многие, в том числе и я, ходили по большому кругу с детьми, когда им было от 8 до 12 лет. На затяжных прогулках был термос, бутерброды и длинная веревка, за которую уставший отрок мог держаться как за вожжи, а папа служил тягловой силой.

Притягательными для любителей лыж были и остались леса и поляна вдоль Протвы и леса на правом ее берегу в сторону дороги Малоярославец — Боровск.

На берегу зимней Протвы устраивались старт и финиш любимейших в ФЭИ соревнований на приз И. И. Бондаренко. Вот уж воистину массовые и радостные соревнования. Обычно они проводились в два выходных дня — субботу и воскресенье. В свой коллектив можно было приводить членов семьи, дистанции — доступные, с градацией по возрасту. Самое, пожалуй, приятное, что у этих соревнований совсем не было формального духа и любой представитель каждого отдела ФЭИ мог внести свой вклад в успех.

Зимой очень ценилась возможность побыть 12 дней в домах отдыха «Ершово» или «Колонтаево». Либо еще в Обнинске, либо там, на месте, сколачивались мужские компании. А подмосковные леса представляли любые возможности и «скороходам», и «тихоходам», и любителям горок. Кто только не перебивал из наших сотрудников в этих местах — всех не перечислить.

Многое из названного или очень сильно изменилось, или потеряно. Конечно, жители Обнинска ходят и сейчас на лыжные прогулки, кто-то и лыжным спортом занимается, но старых центров притяжения как-то не стало. Может быть, только горнолыжная трасса, но это — для более «ограниченного контингента».

Ока

Любимое и популярное место летнего отдыха очень многих сотрудников ФЭИ и их семей на живописном берегу Оки возникло по инициативе Иосифа Титовича Табулевича, он же организовал его строительство и развитие. Признательность и благодарность И. Т. Табулевичу за это деяние институт должен бы отметить как-то достаточно выразительно, например, памятной доской на территории лагеря.

У этого места есть, конечно, официальное название, но в обиходе все его зовут просто «Ока».

Замечательным было его начало. Рабочей силой стали комсомольцы института. Они под руководством понимающих людей из ОКСа и администрации ФЭИ строили первые домики на 4 спальных места по типу вагонного купе. Домики были разбросаны по пологому склону среди сосен. Над оврагом, где по вечерам пылал костер, перекинули мостик — «шаткая любовь». Там, где овраг расширился и выходил к берегу реки, построили танцевальную площадку, а потом с помощью настоящих строителей — на берегу большой дом с общественной кухней и отапливаемыми помещениями.

Постепенно появлялись более удобные домики: и «финские» с печками, и двухэтажные дома на большие семьи. Но во все периоды жизни лагеря он был в летнее время полон людьми всех возрастов.

Простой быт, отсутствие городского комфорта — все это компенсировалось чистейшим воздухом, пахнущим сосной, замечательной рекой, где можно и на лодке поплавать, и искупаться, и рыбу половить. Все ходят в лес, кто по грибы, кто по ягоды.

В городе попить чай — тривиальное дело, а на Оке — это может быть ритуалом. В. А. Романов со своим семейством возили на Оку самовар и топили его шишками. Мы вечерами пили чай, заваренный душицей, зверобоем и листом смородины.

По сбору грибов были большие специалисты, например А. Ф. Золотов.

Фанатичными рыбаками с отличными результатами проявляли себя молодые в то время А. Пучков и А. Уралец. А в первые годы Д. М. Овечкин просто не вылезал с рыбалки. Он обычно ловил с лодки.

Было и другое повальное увлечение — плетение корзин. Специалистов оказалось много — П. П. Дьяченко, А. Ф. Золотов, Э. Е. Петров, а последователей — не счесть. Плели по разным системам: кто — от донышка, кто — от обруча. Одна из таких корзинок у меня живет уже 25 лет.

Посещение Дома-музея Поленова всегда было особенным днем в жизни на Оке. Вся обстановка этого дома, дорога к нему через деревню Бёхово, мимо могилы В. В. Поленова и его жены — все это настраивало на какое-то особенное восприятие картин в стенах этого дома.

В Тарусе часто посещали могилу К. Г. Паустовского на городском кладбище. Похороны К. Г. Паустовского мы слышали из нашего лагеря, но заранее об этом не знали, т. к. несколько дней до похорон газет не читали и радио не слушали. Услышали отзвук траурной музыки из Тарусы, и только после этого узнали, что не стало замечательного писателя.

За многие годы существования нашей базы отдыха мы были свидетелями печальной судьбы красивой реки и ее берегов. Неподалеку от базы, и выше, и ниже по течению разрабатывали карьеры по выделке щебня. Рано утром после воя сирен раздавались взрывы, потом там загружали щебнем баржи и их волокли по реке буксирные катера.

Вид карьеров был совершенно безобразным на фоне тихой красоты окских окрестностей. Кажется, сейчас разработки в этих карьерах прекращены.

Но ближайшие окрестности нашей базы были в отдалении от уродств карьеров. И чудные ранние утра с туманами над рекой, когда мы с внучкой, рано просыпавшиеся, бродили по берегу, будили в душе радость ожидания нового дня.

Все мои внуки побывали в этом замечательном уголке, и он просто не мог не оставить в их душах свой след.

Сады-огороды

Летом 1955 г. в лаборатории, где я тогда работал, активно начало обсуждаться сообщение о выделении земли за оврагом, где были постройки подсобного хозяйства, а за ними — большое поле этого хозяйства. Потом состоялось решение, и желающим начали выделять по 10 соток земли с правом застройки. Многие сотрудники, уже по несколько лет работавшие в нашем институте, с энтузиазмом вступили в ряды садоводов-огородников. Молодежь на первых порах не горела желанием растить сады (мы с Аней в том числе), да и давали эти участки людям постарше, на кого надеялись, что будут растить сады, а не сорняки.

Первые достижения новых любителей-агров (а среди них нашлись истинные энтузиасты: В. М. Смирнов, Г. И. Козлов, С. П. Гудков и многие другие) возбудили желание у массы людей занять свой участок. Первое общество «Мирный» стало расширяться, но удовлетворить всех желающих оказалось невозможным. И тогда в 1959 г. появились сразу три новых общества: «Мишково», «Протва» и «Надежда».

Мы с Аней в 1956 г. просто сажали картошку на поле, где сейчас находится кинотеатр «Мир». Потом нас пригласил использовать часть своего 10-соточного участка на «Мирном» начальник моей жены Виктор Михайлович Логинов (славный и добрый человек). У него мы сажали немного картошки и кое-какие овощи в 1957—1959 гг. А летом 1959 г. образовалось новое общество «Протва» для работников стройки, городских организаций, и Аня получила там участок площадью в 5 соток.

Много лукавства было при создании и дальнейшей жизни всех садоводств и огородов. В печати говорилось, что это должны быть коллективные товарищества, где все выполняют свою долю общего труда. Разумеется, никто из вступающих в общество не собирался работать «в колхозе». И идея коллективного садоводства-огородничества нигде реально не прижилась. Но помехи самостоятельности садоводов придумывали разные. Например, навязывалось требование — никаких заборов между участками. Но люди просто городили свои заборы и все. Или: все домики должны быть однотипными и одинакового размера. Даже планировку посадки деревьев всем предполагали одинаковую.

Опасаясь исключения из общества, поначалу все так и строили свои «скворечники» и деревья сажали по схеме. А когда года через 3-4 один из са-

доводов взял, да и перестроил свой домик, да еще сделал второй этаж, он был многократно обсужден, заклеен как «куркуль». Могли и наказать по партийной линии.

Не так просто было построить даже маленький домик. Новые стройматериалы купить было негде, выписать — тоже почти невозможно. Выписывали то, что шло на слом, разные отходы. И, конечно, под видом отходов те, кто был «вхож», могли выписать и что-то другое. Зная все эти уловки, милиция (ОБХСС) навещала «стройплощадки» садоводов, требовала документы на материалы. Так что все тщательно хранили такие бумажки.

Желающих обзавестись участками становилось все больше, а вот получить землю под них долго было очень трудно, хотя все видели, сколько земли рядом с Обнинском пустует. Часто, если и решался вопрос о выделении земли, это были трудные для освоения участки — то заброшенные, то с огромными пнями на вырубках леса. Но почти все осваивались.

Интересно, что на работе, среди сотрудников было сначала довольно много тех, кто с иронией, а то и снисходительно относился к садоводам-огородникам. Однако скоро из этих скептиков получались заядлые и неутомимые садоводы, цветоводы и огородники.

Для многих это стало неотъемлемой частью жизни, местом отдыха и отключения от основной работы. Но и подспорьем это тоже стало немалым. Свежие овощи, ягоды, яблоки — все это в непростые годы жизни было существенным подспорьем многим семьям.

Было еще два периода, когда на такие участки обратили внимание партийные органы.

Во время очередных трудностей с продуктами горком КПСС настоятельно рекомендовал сажать побольше картошки и призывал руководителей показать пример. Осенью даже некие итоги на пленуме Горкома подводили по собранному урожаю.

Был в годы «застоя» новый наскок на руководителей, имеющих участки, дачи и т. п. Инициатива пошла из Ульяновской области, где в то время первым секретарем КПСС был Колбин. Он обрушился на «хозяйственное обрастание» коммунистов-руководителей. Это «обрастание» им-де мешает полноценно заниматься своими основными делами. Наши коллеги из НИИАРа в г. Димитровграде испытали на себе эти инициативы, некоторых даже заставили отказаться от своих «хозяйств».

Помню, что и в партийной печати Колбин активно развивал свои инициативы. У нас в Обнинске, слава богу, эти инициативы практического развития не получили. Обошлось.

Невыдуманная заграница

Однажды, после уже состоявшихся нескольких поездок за рубеж, я читал небольшой сборник стихов в свое время известного советского поэта Ярослава Смелякова и в этом сборнике наткнулся на одно стихотворение, поразившее меня точностью совпадения с моими ощущениями. Не помню названия, но текст я запомнил и не забываю.

Я остался и нежным, и резким,
Тем, каким меня знали всегда,
Но вернулся из дальней поездки
Не таким, как уехал туда.

В каждом чуть изменившемся жесте
Я нечаянно, невольно сберег
Продолжение тех путешествий,
Повороты и локти дорог.

Из дорожных моих впечатлений
Ничего не осталось вдали,
И на лоб полуясные тени
Для других незаметно легли.

Двери в собственный дом открывая,
Надевая в передней пальто,
Непрерывно в себе ощущаю
Путешествие давнее то.

Мне кажется, что поэт очень точно «ухватил» и мой настрой, и у меня тоже очень мало «осталось» вдали. Хотя после первой поездки прошло уже более 40 лет, помнятся многие детали. Их не хочется отрывать от деловой части, поэтому стремлюсь рассказать обо всем наиболее интересном, и о деловых, и о неделовых впечатлениях.

Конечно, надо признать, что с зарубежными поездками мне повезло. С 1965 до 1999 г. я почти каждый год выезжал куда-либо в командировки, иногда не по одному разу. Видимо, не «проштрафился» и не попадал под запреты для выезда. Бывало и так, что мне приходилось «спасать» некоторые мероприятия, где участие от страны было необходимым, но выезд кого-то, более нужного и более сведущего, по каким-либо причинам не разрешали. Это ни в коем случае не означает, что у меня были какие-то особые возможности. В такие ситуации попадали очень многие люди, в том числе и из нашего института. Просто система командировок за границу была такой многофакторной, такой зависимой от множества формальных причин, от разных мнений, что часто до последнего дня человек не знал точно, поедет он или нет, но быть готовым надо. Упрощение системы возникло где-то в конце 80-х годов.

Пять визитов в Штаты

С поездки в США в апреле 1965 г. начались мои заграничные командировки и закончились они тоже Штатами в феврале 1999 г. Всего командировок в Штаты у меня было пять.

С начала 1965 г. готовилась поездка в США делегации Госкомитета по использованию атомной энергии (ГКАЭ) на совещание Ядерного общества США по технологии быстрых реакторов. Совещание намечалось на 26—28 апреля в Детройте. В то время вблизи этого города был почти построен опытный быстрый реактор «Энрико Ферми». Примечательно, что «хозяином» этого реактора была фирма «Детройт Эдисон», а не государственная национальная лаборатория. Соответственно, фирма инициировала и поддерживала проведение совещания.

На это совещание ФЭИ с участием коллег-смежников подготовил первую публикацию по реактору БН-350. С этой публикации реактор и стал так называться. До этого в проектной документации он назывался либо БН-250, либо СЖ-500.

Возглавить делегацию было поручено О. Д. Казачковскому, работавшему в то время уже не в Обнинске, а в Мелекессе, в Институте атомных реакторов. С ним направили В. И. Субботина, руководившего тогда теплофизическим сектором ФЭИ, В. И. Ширяева — руководителя конструкторских разработок по реактору в Горьковском ОКБМ, и меня, в то время начальника расчетно-физической лаборатории по быстрым реакторам в ФЭИ.

К назначенному времени встретились в старом Шереметьевском аэропорту. На руках у руководителя официальное удостоверение о том, что мы — делегация. Для делегации — упрощенный механизм выезда, без досмотра советской таможни и на выезде, и при въезде.

В чемоданах, конечно, сувениры, из которых главный — водка (по паре бутылок на каждого). На входе в ТУ-104, летящий до Парижа, встречают невообразимо вежливые и элегантные стюардессы, и вообще...

Садимся в Париже в Бурже, откуда нас в автобусе «Эр Франс» перевозят в Орли, и оттуда летим до Нью-Йорка на Боинге-707. В Нью-Йорке ждем рейс до Детройта. Уже поздний вечер, людей в зале немного, негромко и ненавязчиво звучит хорошая спокойная и мелодичная музыка, совсем не такая разнузданная и резкая, какую можно было ожидать, исходя из того, что нам говорили об Америке.

Уже глубокой ночью прилетаем в Детройт. Нам советуют заночевать в ближайшем мотеле («Holiday-Inn»). Чернокожий водитель везет нас в микроавтобусе в мотель. В салоне пахнет спиртным. В. И. Субботин поглядывает на меня и кивает, приняхиваясь, в сторону водителя: «Похоже, неплохо поддал!». Увы, этот аромат исходил из другого места. Когда я открыл свой чемодан, то обнаружил в нем разбившуюся бутылку водки, размокшую пачку печенья в красной бумажной упаковке и отпечатки красной краски на всех моих белых

рубашках... Так появилась необходимость в срочных непредвиденных расходах (к тому же так нежелательных!).

Решая через день эту проблему, я следовал совету Л. Н. Усачёва покупать за рубежом нейлоновые рубашки (таких у нас тогда не было): «Их вечером постирал, а к утру она на плечиках сухая и не нуждается в разглаживании».

Утром О. Д. Казачковский позвонил одному из менеджеров разработок «Энрико Ферми», и скоро целая компания взрослых и детей приехала в мотель за нами. Они утащили всех нас с собой завтракать, радовались и улыбались, о чем-то спрашивали. По-русски никто не знал ни слова. По-английски объяснялся Казачковский, я же робел, чуть-чуть и кое-как кое с кем немного лепетал. Нас отвезли в отель, где и проходило со следующего дня совещание.

В гостинице через некоторое время неожиданно для нас появился Борис Алексеевич Семёнов как представитель МАГАТЭ на совещании. В МАГАТЭ он попал из ФЭИ, а я с ним учился в МИФИ на одном курсе. Все дни в Детройте он был с нами, и с его превосходным английским он абсолютно устранил проблемы общения нашей команды с хозяевами.

В тот же вечер уже впятером мы были в гостях дома у мистера Дженса. Мы попали в большой дом, стоящий на прекрасном стриженном газоне с отдельно разбросанными деревьями. Нас провели по всему дому. Уже в других поездках я замечал, что американцы с удовольствием показывают свои дома. И там есть на что посмотреть.

Мы, конечно, были интересны хозяевам, их местным друзьям, которые тоже пришли посмотреть на неведомых доселе русских. Очень интересовались всем не только взрослые, но и дочери Дженса — девочки 12–13 лет. Одна из них, собравшись с духом, даже спросила: «А среди вас есть коммунисты?». И когда услышала, что есть, ее изумление было неподдельным: «Не может быть!». Видимо воображение рисовало нас, русских, парнокопытными и рогато-хвостатыми. Но вечер этот был отличным отдыхом от трудной дороги и какого-то напряженного ожидания неизвестно чего.

Потом вся семья Дженса приехала в аэропорт проводить нас, и каждый из нас получил трогательные маленькие подарки для членов семьи. Они запомнили, у кого сколько и какие дети.

В последующие дни после заседаний нас приглашали и в другие дома, в другие семьи. Опять показывали свои достижения, кто — в архитектурных решениях, кто — в стрижке газонов, кто — в изысканности стола и напитков. Кстати, именно тогда я познакомился с навсегда полюбившимся, а до тех пор неведомым напитком — джином с тоником и льдом. Мы ведь не знали его. А наша водочка ими принималась с восторгом.

Утром первого дня совещания поехали на регистрацию, где нас встретил известный по публикациям и по визиту в ФЭИ в составе американской группы специалист Аргонской лаборатории Амороси. Он оживленно здоровается и радостно обращается к В. И. Ширяеву: «О, Вы из Горького!».

Мы (уже не помню, кто) начинаем объяснять, что Владимир Иванович работает в Москве, в ГКАЭ. Так нас и его инструктировали, и именно так он говорил о месте своей работы накануне в гостях, да и при первой встрече с Дженсами.

Идем получать свои бирки и материалы совещания, а ему бирку не дают. Опять спрашивают, где Вы работаете. Ответ — в ГКАЭ, в Москве. Написали ему от руки какую-то цветную бирку, совсем не такую, как у всех. Стал Владимир Иванович «меченым». Его это страшно угнетало, и он все время мучительно думал и обсуждал с нами, откуда они узнали и почему его спрашивают. Для него командировка, первая, как и у меня, была омрачена этой историей, хотя, думаю, что американцы поняли по ходу технических обсуждений, что Владимир Иванович если и чиновник, то одновременно и хороший инженер.

Только после возвращения домой мы узнали, в чем дело. В представлении оргкомитету совещания, посланном в США, Ширяев значился сотрудником Политехнического института в Горьком. (ОКБМ упоминать было нельзя и тогда, и еще много лет спустя.) А отправку делегации в США и последний инструктаж проводил другой сотрудник ГКАЭ, не изволивший поднять предыдущие бумаги. Он уже назвал Ширяева работником ГКАЭ. Так что заврались и создали никому ненужный напряг, стоивший впечатлительному Владимиру Ивановичу больших переживаний. Он давно ушел из жизни, а был замечательным человеком и прекрасным конструктором. Именно он руководил конструкторской разработкой реакторов БН-350 и БН-600.

Наш доклад по БН-350 был представлен О. Д. Казачковским на английском языке. Интерес и к БН-350, и к нашей группе был большой и неподдельный.

Были у нас отдельные беседы с физиками из Аргонской лаборатории. Конечно, мы посетили площадку реактора «Энрико Ферми», всё посмотрели «в натуре». Мы хорошо знали конструкцию этого реактора по публикациям, поэтому разглядывали и рассматривали с пониманием.

Все, кто занимался в нашей стране быстрыми реакторами, с нетерпением ждали пуска и результатов работы этого реактора. Однако судьба его оказалась незавидной. После недолгой эксплуатации из-за неудачной конструкции в зоне подвода теплоносителя к активной зоне произошло перекрытие проходных сечений и подплавление топливных элементов. Руководители проекта, в том числе Дженс, объехали разные страны, где велись работы по быстрым реакторам, советуясь как исправить реактор. Были они и у нас. А. И. Лейпунский принял их, собрав у себя и всех наших ведущих специалистов. Советы от нас американцы получили, но в США все-таки решили закрыть реактор и соорудить на этой площадке обычную электростанцию. Это произошло уже в конце 60-х годов.

В. И. Субботин еще дома получил приглашение своих коллег-теплофизиков посетить две лаборатории в Нью-Йорке. После совещания в Детройте мы перелетели в Нью-Йорк. Нас встретил профессор Колумбийского университета Чарльз Бонилла — известный теплофизик, один из тех, кто приглашал В. И. Субботина.

Сразу при встрече в аэропорту, когда зашел разговор о гостинице, мне, как «финансисту» группы, пришлось объяснить, что гостиница нам нужна весьма недорогая — надо было компенсировать перерасход в Детройте. Бонилла сначала повез нас домой, познакомил со своей женой — радушной женщиной. Бориса Семёнова с нами, увы, уже не было, а Казачковский частенько «переводил огонь» на меня, так что я пыхтел и потел, пытаюсь понимать и объяснять.

Из дома Бонилла по телефону нашел нам дешевую гостиницу. Позже мы узнали, что эта гостиница практически находится в Гарлеме, и селиться там не следовало. Но за четыре дня, которые мы там провели, ЧП не было.

На следующий день профессор Бонилла пригласил всех нас в свою лабораторию, где показывал стенды для изучения процессов теплообмена с водой. После этого осмотра пригласил обедать в университетскую профессорскую столовую (может быть, правильнее назвать ее рестораном). Туда же пришла и его супруга. Помню, что пиком этого обеда была печеная картошка в мундире. Только запечена она была в фольге и подавалась в мельхиоровых вазочках, как мороженое. Далее было священнодействие: развернуть фольгу, надломить картошку и выбирать содержимое, подкладывая в картошку кусочек масла.

Свободное время мы использовали в наших походах по Манхэттену. Посетили центральный парк со множеством белок и небольшим зоопарком. По специальным дорожкам элегантные джентльмены верхом на лошадях совершали свои прогулки. Смотрели красочную вечернюю рекламу на Таймс-сквер. От своей гостиницы пешком дошли до Уолл-стрит, осмотрев по дороге здания и двор Рокфеллеровского центра. Конечно, не смогли удержаться, чтобы не подняться на «Эмпайр стэйтс билдинг» и полюбоваться оттуда огромным городом. Ну и магазин «Мэйси» не обошли. Всех своих сотрудников и всех домашних снабдил шариковыми ручками и жевательной резинкой, да и других сувениров было изрядно.

Первого мая В. И. Субботина пригласил в свою лабораторию известный специалист по теплообмену Двайер, с ними никто из нас не поехал. Мы втроем пошли гулять по городу и на знаменитой Пятой авеню наткнулись на какое-то большое шествие. Улица была перекрыта для движения, и по ней шли красочные группы, оркестры, украшенные автоплатформы, на которых выступали цирковые артисты. Группы гимнастов по ходу движения делали красивые упражнения.

Оказалось, что это проходит «демонстрация лояльности». Потом пошли другие группы: поляки, сербы, литовцы, эстонцы, латыши, белорусы, украинцы, венгры — все эти группы самыми разными способами показывали несогласие с принадлежностью к коммунистическому лагерю. Формы протеста были очень разнообразны — всё не опишешь, кое-что снято на фото. Порядок на этом шествии был идеальный. В конце всей очень длинной колонны шли три уборочные машины, и после них улица уже была совершенно свободной от всякого мусора и вымытой.

Валерий Иванович Субботин жалел, что не видел такой демонстрации.

Конечно, как положено советским гражданам за границей, мы посетили советскую миссию при ООН, там нам подтвердили наши расходы, вежливо поинтересовались, полезна ли была наша поездка и пожелали благополучного возвращения. Оно и было благополучным. Не могу забыть зрелища восхода солнца, когда мы над океаном летели на восток. Облаков под нами не было, смутно виднелись безграничные водные просторы, по сторонам они где-то сливались с небом, а впереди быстро менялись розовые, потом желто-красные отражения от воды, а за ними всходило солнце. Смотрел, не отрываясь от этой красоты.

Впечатления от этой первой поездки долго не оставляли меня, первые ночи просыпался и не сразу понимал, где нахожусь. Вся поездка заняла девять дней, а казалось, что много-много больше.

Второй раз я попал в США через 12 лет, осенью 1977 г.

Уже за несколько лет до этого началось сотрудничество ГКИАЭ и ДОЕ* США в области исследований и разработок по быстрым реакторам. Проводились двухсторонние семинары, обмен опытом и т. п. по разным направлениям работ. Периодически собирались совещания группы экспертов для согласования планов сотрудничества на 2–3 года. Именно такая встреча экспертов была назначена на осень 1977 г. в Сиэтле (штат Вашингтон). Я был в составе этой группы, возглавляемой О. Д. Казачковским, тогда уже директором ФЭИ.

Из ФЭИ в ней был также Владимир Борисович Лыткин, наш «полиглот», он мастерски готовил протоколы и другие необходимые документы по этому сотрудничеству, поскольку и язык хорошо знал, и в сути дела разбирался.

Отправляясь в Сиэтл, мы еще не сознавали, что этому сотрудничеству скоро придет конец. Это случилось потому, что с января 1977 г. вступил в должность президент Картер, администрация которого и он сам провозгласили отказ от переработки ядерного топлива и от быстрых реакторов. Так что эта встреча экспертов проходила, скорее всего, по инерции. Для укрепления режима нераспространения уже в октябре 1977 г. по инициативе США была объявлена международная программа оценок ядерного топливного цикла (МОЯТЦ) с пересмотром всех направлений развития ядерной энергетики. Об этом я еще кратко расскажу в другом разделе.

В нашей группе, кроме трех названных персон, были Игорь Стефанович Головин из ВНИИНМ, Владимир Михайлович Грязев из НИИАР, Борис Иванович Лукасевич из ОКБ «Гидропресс», Евгений Васильевич Кусмарцев из ОКБМ. Все мы прекрасно знали друг друга, многие годы вместе работали. Нет сегодня в живых В. М. Грязева и В. Б. Лыткина — замечательных моих товарищей.

Работать в такой компании было легко и просто.

По предыдущим мероприятиям со специалистами США мы знали почти всех членов американской группы экспертов. Выделялся из них Джон Эвик.

* ГКИАЭ — Государственный Комитет по использованию атомной энергии; ДОЕ — Министерство энергетики.

Он — давний «быстровик», много сделал в этой сфере деятельности, редактировал серьезную книгу по быстрым реакторам. Много раз бывал в нашей стране, но часто язвил по поводу наших порядков, немногословно (по-русски), но выразительно.

Запомнился один из организаторов этой встречи, руководитель работ по быстрым реакторам в Северо-Западной лаборатории. Приветливый, очень демократичный в общении человек, он очень внимательно относился к нам.

В американской группе было два переводчика. Запомнился один из них — Лавров. Большого роста, массивный уса́тый дядька, решительный и энергичный. Он работал с космонавтами по программе «Союз — Аполлон». Именно Лавров сообщил нам на совещании об инициативе США по организации программы МОЯТЦ.

Рассказывать о деловой части совещания особенно нечего. Каждая сторона сообщала о своих предложениях, предложения обсуждались, утрясались и рождались совместные предложения. По программе нам оставался переезд в Вашингтон и обсуждение итогов с ответственными лицами из ДОО. Но до этого были суббота и воскресенье, а затем еще посещение реактора FFTF в Северо-Западной национальной лаборатории.

В самом Сиэтле мы побывали в университетском городке да на яхте у Лаврова, причаленной к огромному пирсу в бухте Сиэтла, где он жил со своей подругой. Оказалось, что там благоустроенная квартира, подключенная ко всем сетям: электричеству, газу, воде, канализации. И таких зимних квартир там было полно. Необычно. Устроили нам экскурсию по окрестностям. Выходили на песчаный берег Тихого океана. Повезли на завод по разведению лососей. Огромное водное зеркало, разгороженное на отдельные карты с рыбой разного возраста. Потом завезли в прекрасные лесные массивы, где растут огромного размера необъятной толщины секвойи. Привезли в лесной дом, где живет то ли егеря, то ли лесник — простой американец, немногословный и приветливый.

В Сиэтле нам показали завод «Боинг» и цех, где собирают Боинг-747. Недалеко от этого цеха видели на территории завода такой же самолет с необычной надстройкой на фюзеляже. Поняли, что это и есть «АВАКС» — самолет с системой дальнего радиолокационного обнаружения.

Перебираться в Ричлэнд, вблизи которого находится реактор FFTF, надо было самолетом местной авиалинии. Но наш хозяин Сквайр пригласил Казачковского, Грязева и меня переехать туда на его машине. Кажется, мы проехали миль 200—250 по очень живописной дороге, через горный перевал. Встретились со всей группой в гостинице.

Реактор FFTF был нам хорошо знаком по докладам и статьям о нем. Но все-таки, посмотрев то, что нам показали, можно было только поражаться богатству возможностей его использования для испытаний топлива и материалов, а затем исследований в прекрасно оснащенных лабораториях. Увы, «по Картеру» этот реактор вскоре был остановлен, и работы по быстрым реакторам прекращены и там.

Для развлечения — экскурсия в т. н. музей окаменелых деревьев. Это — ископаемый лес, деревья которого за тысячи лет пропитались известняком, сохранив всю структуру и рисунок дерева на срезе. Из этого окаменевшего дерева делают красивые сувениры с разными цветовыми вариантами.

Музей этот находится на берегу могучей полноводной реки Колумбия. Водой этой реки протоком охлаждались первые промышленные реакторы Хэнфорда для производства оружейного плутония.

Далее — Вашингтон. Беседа с начальством в ДОЭ, не оставившая каких-либо воспоминаний. Конечно, посещение посольства. Ну и самостоятельная (правда, всем «табуном», в соответствии с инструкцией) прогулка по городу.

Неожиданно наткнулись на улицу с названием «Water gate». Это название стоило президенту Никсону поста президента. А в другом месте — афиша о выступлении симфонического оркестра под управлением Ростроповича. А ведь, казалось, не очень давно он приезжал в Обнинск и выступал в ДК ФЭИ со сложной программой произведений для виолончели, был очень серьезен, даже мрачен. Его у нас встречали очень хорошо, но, видимо, отъезд его уже был тогда предпрешен.

Из Вашингтона мы улетели прямым рейсом ИЛ-62 в Москву.

С тех пор двухстороннее сотрудничество по быстрым реакторам с США довольно быстро сошло на нет.

Третья поездка в Штаты состоялась у меня опять же через 12 лет после предыдущей — интервал повторился.

На этот раз командировка была организована Ядерным обществом СССР. По приглашению Ядерного общества США мы участвовали в очередной конференции этого общества в Сан-Франциско. Нашу группу из представителей разных институтов возглавил Федор Михайлович Митенков — начальник и генеральный конструктор ОКБМ. Теперь уже всё называлось своими именами: и ОКБМ, и его сотрудники.

ANS (Ядерное общество США) обеспечило нашей группе замечательный прием и пребывание в этом исключительно красивом городе. За месяц или полтора до конференции в Сан-Франциско было землетрясение, принесшее немало разрушений. Были опасения, что конференция и наша поездка сорвутся. Однако всё состоялось. Нас возили по тем местам, где были разрушения — вспученный и треснувший асфальт, поврежденные небольшие дома. Но вся основная часть города, все высотные дома не имели никаких следов бедствия.

Собственно конференция была вполне заурядной. Американцами ценился сам факт участия советской делегации, да еще в тот период, когда весь мир знал слова «перестройка» и «гласность», когда имя М. С. Горбачёва не сходило со страниц газет и звучало всюду. Незнакомые люди в гостинице, в лифте, увидев наши бирки участников, почти всегда реагировали: «О...», или на ломаном языке: «Перестройка». Во время конференции представители разных фирм устраивали встречи с нашей группой.

Одну из таких вечерних встреч организовала группа из проектной фирмы, имевшей много отделений в разных местах. Нас повели в рыбный ресторан, дорога в который шла через рыбный рынок (огромная площадь с прилавками и навесами, и невообразимое количество рыбы самой разной, крабов, раков, ракушек, запах моря и рыбы). В ресторане каждый себе выбирает блюдо. Мой сосед — бывший американский моряк, работавший в то время в Техасе, — выбирает себе огромного рака в панцире и с клешнями. Ему приносят и надевают большой клеенчатый фартук, дают нарукавники, потом мощные ножницы, как для жести. Он самостоятельно расправляется с этим чудовищем.

А Федору Михайловичу и поесть-то не дают. Спрашивают об атомных ледоколах, об атомной энергетике. Он со свойственной ему обстоятельностью отвечает...

Организаторы конференции устроили нам визит в отделение «Дженерал Электрик» в Сан-Хосе. Тогда там еще велись разработки модульного быстрого реактора, еще были надежды, что реализация может состояться. Показали нам также экспериментальные работы по реактору с кипящей водой. Всё, конечно, было интересно, но после возвращения в свой отель мы узнали, что весь персонал оргкомитета конференции уехал из Сан-Франциско в свою штаб-квартиру и туда же увез наши билеты на рейс Нью-Йорк — Москва. Сопровождающий заверил, что билеты нам доставят в Брукхэйвенскую лабораторию, куда намечался наш однодневный визит.

Мы перелетели в Нью-Йорк. Провели там воскресенье при холодной и ветреной погоде и в плохом настроении из-за казуса с билетами. На следующий день нас привезли в Брукхэйвенскую лабораторию. Туда и должна была экспресс-почта доставить наши билеты. Хозяева установили контроль на всех въездах, а нас повели на свои установки — ускоритель, реактор с массой уникальных устройств для фундаментальных исследований по физике, полупроводникам, биологии.

Почти на пределе времени билеты наконец были доставлены, и мы успели в аэропорт.

Очень долгим и изнурительным был обратный перелет на ИЛ-86. Две посадки: одна на острове Ньюфаундленд, а другая — на много часов в Ирландии. Подробнее об этой поездке я писал в воспоминаниях о Ф. М. Митенкове.

В ноябре 1992 г. исполнилось 50 лет со дня осуществления первой цепной реакции деления под руководством Энрико Ферми. Американское Ядерное общество готовило по этому поводу торжественную конференцию в Чикаго. Я получил предложение от нашего Ядерного общества поехать туда и сделать доклад на секции по быстрым реакторам. Доклад подготовил, вовремя послал, и он был опубликован в обычном сборнике трудов конференций ANS.

Трех участников этой конференции от России — Н. Н. Пономарева-Степного, В. В. Орлова и меня — за три дня до конференции пригласил к себе домой Октав Дю-Темпл. Он много лет был секретарем ANS, организовывал множество конференций и встреч. Я с ним познакомился в 1988 г., когда, как директор

ФЭИ, принимал большую делегацию ANS в нашем институте. В 1989 г. на конференции в Сан-Франциско он очень доброжелательно и много помогал нам, организовывал наши визиты, был всегда любезен и предупредителен.

Из России в Чикаго отправились еще довольно много россиян, так как к конференции примыкали и другие мероприятия. Одно из них — российско-американский семинар по реакторам с тяжелыми жидкометаллическими теплоносителями. В этом мероприятии участвовал от ФЭИ Борис Федорович Громов.

Наш отлет из Шереметьево задержали часа на полтора-два, которые мы провели в самолете. Причина была непривычной для нас: забастовали грузчики багажа. Так что и в Чикаго встречающие долго ожидали нас и изрядно удивились, узнав о причине задержки.

Нас троих Дю-Темпл забрал в свой просторный микроавтобус и повез в свой дом на север от Чикаго. Из автомобиля позвонил по радиотелефону домой сыну, чтобы тот готовил ужин. Тогда подобная связь у нас была очень редкой.

Мы приехали в огромный дом с двумя этажами вверх и одним вниз. Весьма взрослый сын хозяина жил отдельно, где-то недалеко, жена была в отъезде, на отдыхе во Флориде.

Орлов и Пономарев-Степной спали на верхнем этаже в своих комнатах, а я выбрал кабинет Дю-Темпла в полуподвале, где была его библиотека, огромная коллекция минералов — в соответствии со специальностью хозяина. Рядом с этим кабинетом было всё, что нужно, и из него был выход к системе обогрева.

Перед домом — гараж на три машины, над ним — еще один кабинет хозяина. В большом и чистом ангаре — всякая сельскохозяйственная техника. Оказалось, что у Дю-Темпла есть свой бизнес. Вместе с сыном они выращивают рождественские сосны на продажу. Естественно, что питомник сосен тоже был нам показан. На участке большие лужайки. На одной из них утром мы увидели перелетных гусей, ночевавших по пути из Канады на юг. Часть участка занята кукурузой. Кукуруза в это время (середина ноября) еще не была убрана, но уже подошла к этой стадии, листья, сухие и коричневые, шуршали на ветру.

Радужный хозяин устроил нам два полных дня замечательного отдыха. Экскурсия по окрестным «поместьям», похожим на усадьбу Дю-Темпла, выезд к берегу озера Мичиган, безграничному и бескрайнему. Мне было как-то легко объясняться с Октавом по-английски — он говорил с нами простыми и четкими фразами.

На следующий день — совершенно замечательная экскурсия в Милуоки. Это километров сто на север от его дома, вдоль озера Мичиган. Город как город, а достопримечательностью является замечательный «зеленый музей». На территории этого комплекса расположены три огромных стеклянных купола, под каждым из которых создана одна климатическая зона со своими растениями и птицами. Среди растений петляют дорожки, проходя по которым видишь диковую растительность: под одним куполом — тропическую, под другим — мексиканскую пустынную, под третьим — демонстрируют разные зоны, периодически меняя их. Во время нашего пребывания там была зона, близкая к

Западной Европе. В каждую зону попадали через специальный шлюз. В некотором отдалении от куполов — теплицы и оранжереи, в которых выращивают растения для смешанных экспозиций. Вот такое чудо устроено на севере США. В холодный осенний день мы гуляли между тропических лесков и пришлых цветов, а потом между огромных кактусов с длинными колючками.

К началу конференции Дю-Темпл привез нас в Чикаго, поселил Пономарева-Степного и меня в гостиницу, где жили очень многие участники конференции. Орлов присоединился к своей группе, и они жили в гостинице Аргонской лаборатории.

Главными событиями конференции были пленарные заседания и очень интересные вечерние торжественные обеды и банкеты, очень необычные по составу гостей или местам проведения.

Каждый день начинался пленарными заседаниями, на которых выступали и бывшие, и действующие очень известные ученые (например, Сиборг), и руководители работ по атомной энергии из разных стран. Многие из них бывали в нашей стране. Другие были известны по публикациям или их удавалось встретить вне нашей страны. Многие вспоминали об исторических событиях прошлого, связанных с исследованиями или развитием ядерной энергетики. Трудно даже назвать кого-то из очень известных в ядерной отрасли специалистов и руководителей, кто не побывал и не выступил на этой конференции. На одном из заседаний с воспоминаниями выступала дочь Ирэн и Фредерика Жолио-Кюри.

На секциях пришлось выступать и Пономареву-Степному, и мне.

Дю-Темпл заботился о том, чтобы мы оба имели возможность посещать и различные вечерние мероприятия, снабжал билетами.

На самом торжественном банкете присутствовали знаменитые участники американского атомного проекта. Организаторы подготовили и раздали небольшой сборник биографий ведущих ученых, связанных с этой эпопеей, среди которых Г. Бете, Э. Вейнберг, Е. Вигнер, Э. Теллер, Г. Сиборг, а также несколько ученых, работавших по атомным программам европейских стран.

В конце конференции ветераны Манхэттенского проекта выступили с обращением о значении атомной энергетики и путях обеспечения ее безопасности. Его текст (в переводе с английского А. В. Камаева) с ксерокопией подписей авторов дается ниже.

ПИОНЕРЫ ЯДЕРНОЙ ЭРЫ: ВЗГЛЯД В БУДУЩЕЕ

По случаю пятидесятилетней годовщины развития ядерной энергетики многие из нас, кто лелеял ее первые ростки и расцвет, собрались, чтобы оглянуться в прошлое и посмотреть в будущее, поразмышлять над ее ролью. В то время как мы вряд ли будем живы через следующие полвека, чтобы проверить наши размышления, многие из вас будут и, возможно, сделают надлежащие поправки в середине пути.

Перед ядерной эрой источником всей поддерживающей жизнь энергии было солнечное излучение. Человечеству потребовалось много тысячелетий, чтобы

научиться использовать солнечную энергию, запасенную в угле, нефти, газе и биомассе, в качестве дополнения к прямому теплу солнечных лучей.

В нынешнем столетии мы нашли фотоэлектрическую ячейку, преобразующую солнечный свет в электричество. Биомасса является потенциальным источником топлива для транспорта. В мифическом храме энергетических богов солнце будет править в течение длительного времени и заслуживает нашего бесконечного обожания.

Однако теперь в храме появилось место для меньшего бога, ядерной энергии, вызванной из секретных архивов природы ядерными пионерами, которых мы здесь представляем. Она является единственным в истории дополнением к первичным энергетическим ресурсам человечества, и мы убеждены, что она будет давать все больший вклад в мировые источники энергии. Она появилась на мировой сцене исключительно своевременно, когда стало ясно, что ископаемые топливные ресурсы, особенно нефть и газ, могут быть ограничены, и когда осознаются глобальные экологические последствия их использования. Мы имеем редкое в жизни удовольствие быть главными участниками самого фундаментального вклада в будущее человечества.

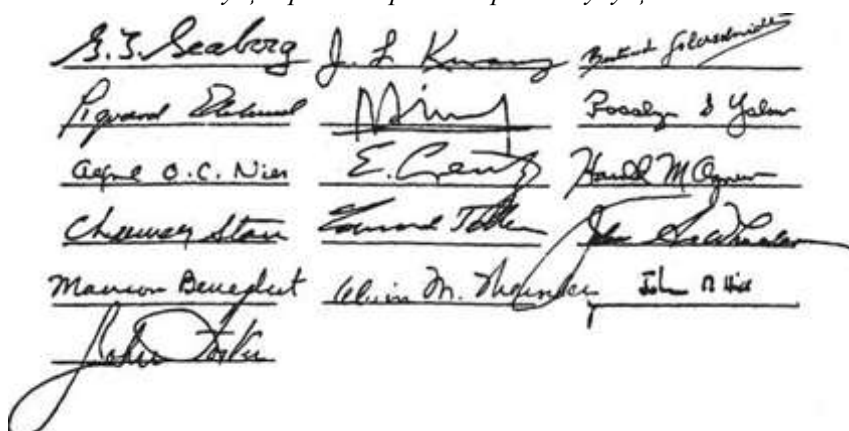
За прошедшие 50 лет много было вложено в развитие ядерной энергетики. Первая половина этого периода обеспечила пробную демонстрацию нескольких реакторных концепций, вторая половина дала использование первых немногих коммерческих версий реакторов. Как бывает со всеми новыми технологиями, требуется много циклов улучшений, новых концепций систем и большой опыт эксплуатации, чтобы исчерпать все ее потенциальные возможности. Многим из нас доставляет большое удовлетворение видеть, что ядерное электричество обеспечивает такую большую долю потребностей индустриальных стран на столь ранней стадии его развития.

Значительным вкладом в прогресс человечества является медицинское и исследовательское использование радиоактивных изотопов, ставших изобильно доступными как побочный продукт этих ядерных процессов. Оно далеко превосходит первоначальное видение ядерных пионеров. Ежедневные порции радиоизотопов, произведенных в ядерных реакторах, используются в тысячах больниц и клиник во всем мире, в широком диапазоне медицинских специальностей, от педиатрии до лечения сердечно-сосудистых заболеваний и сумасшествия. Очень широко распространяется их терапевтическое использование для облучения злокачественных образований. Применение их во всех областях научных исследований повсеместно стало обычным инструментом ученых. И, как все новые технологические разработки, этот опыт вскрыл проблемы, решение которых даст вклад в долгосрочное развитие ядерной энергии.

Мы еще раз должны отметить, что история использования ископаемого топлива изобилует трудностями, которые потребовали столетий для их преодоления. Даже сегодня ископаемые топливные ресурсы представляют опасность, которая требует общественного управления и внимания. Концентриро-

ванные формы энергии всегда будут иметь внутренне присущую возможность стать опасными, и их приемлемое использование требует тщательного проектирования, строительства и эксплуатации. Мы не должны удивляться, что ядерная энергетика приносит новую категорию проблем, возникающую из возможности аварий с последующими выбросами радиоактивности. Для безопасности реакторов очень важно обеспечить непрерывное снятие остаточного тепла после остановки реактора, что является специальной технической задачей. Другая проблема, которая очень беспокоит публику, — это радиоактивность отработавшего топлива и конец топливного цикла. К счастью, научные основы удержания радиоактивности хорошо поняты, и у нас нет сомнений, что технические приложения будут успешными.

Хотя рост мировой ядерной промышленности в настоящее время замедлился из-за состояния мировой экономики и общественного мнения, ядерная энергетика будет рассматриваться как менее загрязняющий и более желательный выбор по сравнению с ископаемыми топливными ресурсами. Мы глубоко уверены в предсказании глобальной ведущей роли ядерной энергии в будущем.



На вечернем приеме в естественно-историческом Музее Филда в Чикаго можно было осматривать все залы, все экспозиции, а главное — свободно общаться с участниками, найти интересных собеседников и одновременно вкусно выпить и закусить. Играл прекрасный камерный оркестр. Всё сделано было красиво, с большим вкусом.

До отъезда на конференцию заблаговременно я связался по электронной почте со своим знакомым из Аргонской лаборатории, чтобы мне разрешили посетить ее. На конференции этот знакомый назначил мне встречу с водителем, который должен был отвезти меня в АНЛ. Вечером того же дня из АНЛ меня должны были доставить в аэропорт, откуда я должен был улететь домой.

Я ждал водителя у выхода из гостиницы, которым все пользовались, а он, как мне позже объяснили, долго-долго ждал у другого. С помощью любезной сотрудницы отеля дозвонились до моего знакомого в АНЛ. Он прислал за мной своего сотрудника, но время было потеряно, и в АНЛ состоялась лишь краткая

беседа с тем самым моим знакомым, да небольшой обед с ним на пару. (До сих пор не могу избавиться от сомнений, было ли это случайностью или меня просто не могли или не хотели принимать.)

Ну, а в общем, по участию в такой знаковой конференции и впечатлениям, это была, конечно, уникальная поездка.

В первой декаде февраля 1999 г. состоялась моя пятая и последняя поездка в США, на этот раз в штат Нью-Мексико, в знаменитый Лос-Аламос. Мы отправились туда вдвоем: Василий Ермолаевич Маршалкин из ВНИИЭФ, что в г. Сарове (ранее Арзамас-16), Александр Юрьевич Бахрушин, радиохимик из ВНИИНМ им. Бочвара, и я, в то время советник дирекции ФЭИ.

Для этой поездки мы имели грант МНТЦ (Международный научно-технологический центр), чтобы обсудить с сотрудниками Лос-Аламосской национальной лаборатории возможность их участия и поддержки в МНТЦ со стороны США совместного исследования ториевого топливного цикла. Мы должны были объяснить наше предложение, а специалисты ЛАНЛ должны были высказаться по поводу целесообразности финансирования работ через МНТЦ. Но окончательное решение по поводу финансирования принимают в МНТЦ официальные представители США, Европейского Союза, Японии и Кореи. Так что поддержка — это еще не решение, а только необходимое условие для его принятия. За месяц до этой поездки была получена поддержка от Трансуранового института в Карлсруэ (Германия).

Связи с сотрудниками ЛАНЛ были только у Маршалкина, а Бахрушин и я там никого не знали заранее. Одновременно с нами, но по каким-то другим делам, в ЛАНЛ находился академик Ю. А. Трутнев, один из руководителей ВНИИЭФ и шеф Маршалкина. Он очень хотел получить заказ и деньги на работы по тории и как мог старался способствовать этому.

Летели вдвоем до Нью-Йорка, там ждали рейс в Альбукерк. Встретиться с папой приехала дочь Маршалкина, оказывается, она вместе с мужем работает в США тренером по теннису.

Долго летим до Альбукерка и только глубокой ночью попадаем в гостиницу недалеко от аэропорта, но далеко от города.

Дальнейший наш план таков: поскольку добираться мы должны самостоятельно, арендуем машину и своим ходом едем в Лос-Аламос. В. Е. Маршалкин полон решимости быть водителем, а А. Ю. Бахрушин — штурманом. Я предпочел роль пассажира. Английский в нашей группе вполне прилично знает Бахрушин, он и обеспечивает наши контакты.

Клерки гостиницы без труда вызывают машину из проката. Но возникает препятствие — нужна кредитная карточка, а ее нет ни у кого. Тогда хозяин проката звонит по телефону в другие пункты, находит такой, где можно взять машину без карточки, по паспорту, отвозит нас туда, и там нам выдают корейскую машину Kia.

Выехав на шоссе, никак не можем влезть во второй ряд — не хватает смелости и шустрости, а из первого ряда, чуть проехав, должны сворачивать.

Вновь вылезает на шоссе — та же история. Но на этот раз наши мучения замечает полицейская машина. Из своего первого ряда мы съезжаем вправо, она едет за нами. Мы останавливаемся. Вежливое объяснение, и, поняв наши трудности, полицейские просят ехать за ними, выводят нас на нужную полосу и приветливо мигают вслед фарами. Дальше всё пошло спокойнее. План у нас был, дорога вся разрисована, указатели и знаки подсказывают, что ждет нас впереди. Например, направо будет поворот на Лас-Вегас. Но именно там нам надо повернуть налево и ехать на Санта-Фе.

Санта-Фе — небольшой городок, но столицу штата мы проехали, не въезжая в город. Схема, которую нам прислали из Лос-Аламоса, ни разу нас не подвела. Вскоре мы уже ехали по горной дороге, столь же хорошей и спокойной для водителей, как и на равнине. По той же схеме нашли гостиницу с добродушной приветливой хозяйкой. Гостиница с комнатами, выходящими в галерею, расположена в тихом зеленом районе с просторно стоящими отдельными домами, какие у нас принято называть коттеджами.

Утром мы приехали по указанному нам адресу, где встретились с партнерами по совещанию. Познакомились и начали наши обсуждения. Специалисты этого очень серьезного ядерного центра обсуждали наши предложения заинтересованно и имели свои. К середине третьего дня мы уже смогли составить протокол с общими предложениями для проекта МНТЦ.

Но позже, уже в середине года, стало понятно, что представители США этот проект поддерживать не будут. Конкуренция проектов в МНТЦ очень высока, и проекты с далекими и неочевидными результатами американцы не поддерживали. Лично я, правда, в этом не сомневался, т. к. попытки ФЭИ получить подобный заказ не имели успеха. Но ВНИИЭФ, и особенно Ю. А. Трутнев и В. Е. Маршалкин всё еще надеялись добиться финансирования от МНТЦ. Не получилось.

Но от этого поездка наша, с точки зрения накопления впечатлений, не стала менее интересной. У нас было свободное время до дня отъезда, и наш осмелевший водитель повез нас в горы. Но когда вокруг нас уже лежал сплошной снег, повернули назад.

Решили побывать в Санта-Фе — столице штата. Оказалось, что смотреть особенно нечего. В одном месте множество индейцев торговали разными сувенирами с местным колоритом (индейский «специалитет» — изделие с бирюзой индейцев). Индейцев в этом штате довольно много, как и мексиканцев.

Достопримечательностью окрестностей Лос-Аламоса является каньон реки Рио-Гранде. Очень живописное ущелье с древними пещерными поселениями, следы которых все осматривают. Но главное — это красота самого каньона. И, конечно, хорошие дорожки, красивые обзорные площадки. Здесь, внизу, в отличие от гор, никакого снега, а когда выглядывает солнце, вообще весна.

Обратный путь в Альбукерк наш водитель одолел очень уверенно. Вот только на запутанной развязке никак не могли попасть на дорогу, ведущую к

гостинице. Появилась полицейская машина с женщиной за рулем, мы начали спрашивать, а она сказала: «За мной!» и проводила нас до гостиницы.

Свою «КИА» мы благополучно сдали, претензий к нам не было.

Возвращались домой долго и утомительно. Уже в полете стало ясно, что после промежуточной посадки в Цинциннати мы опаздываем в Нью-Йорк к рейсу на Москву. Нам посоветовали лететь в Европу прямо из Цинциннати и пристроили на рейс в Швейцарию, а оттуда мы улетели в Москву. Везде долгие и утомительные ожидания. Но, отдохнув, понимаешь, какая же познавательная, интересная своей необычностью получилась поездка.

Австрия, Вена, МАГАТЭ

Попытался я сейчас, в январе 2006 года, сосчитать, сколько же раз был в Вене, — получилось около 25. В этом замечательном городе я чувствовал себя спокойно, уютно и всегда с удовольствием ходил по одним и тем же улицам и паркам. За многие посещения привык к Вене, но первое помнится особенно ярко.

Был декабрь 1966 г. Меня направили на совещание МАГАТЭ по использованию тория в ядерной энергетике. Тогда и Агентство было в центре Вены, и поселили меня в гостинице торгпредства СССР, в 10 минутах ходьбы. Совещание было на уровне экспертов, человек 20—30. Но тогда даже узкие совещания проводились с синхронным переводом, поэтому трудностей с языком на совещании не было. А в кулуарах очень помогали соотечественники, работавшие в Агентстве.

Занятно, что и первый (в 1966 г.) и последний раз (в 1998 г.) я был в МАГАТЭ на совещаниях по ториевому топливному циклу — пока еще далеко не главной проблеме ядерной энергетике. А вот в промежутке между этими «вехами» были более злободневные мероприятия.

Я попал в Вену, когда город жил подготовкой к Рождеству. Уже главные улицы расцвечены огнями, витрины сверкают новогодними поздравлениями и подарками, в скверах — елки и т. п. Везде — ожидание большого праздника. Не видел я такого раньше.

Второй раз я отправился в Австрию почти через 12 лет. В мае 1977 г. была организована грандиозная конференция по мирному использованию атомной энергии в Зальцбурге. Подобные конференции до того проводились в Женеве. Конференция длилась две недели, повестка дня была очень разнообразной. Особое внимание уделялось безопасности, так как уже была авария на американской АЭС.

В Зальцбург поехала очень большая делегация из СССР. Во главе — А. М. Петросьянц, с ним несколько начальников главков. В делегации были и руководители, и ученые из всех основных институтов отрасли.

Мне, помимо заранее предусмотренного доклада, пришлось выступать с «вечерней лекцией» (были такие в программе) о реакторе БН-350, в то время уже работающем в Шевченко. Лекцию мне пришлось читать вместо О. Д. Качковского, который в Зальцбург не поехал. Текст мне пришлось подготовить

прямо там, слайды были. Начальство благословило, я выступил. Лекция получилась. Аплодировали, поздравляли и свои, и иностранцы. После конференции Генеральный директор МАГАТЭ Зигвард Эклунд прислал Казачковскому письмо, в котором похвалил мою лекцию. Её опубликовали в трудах конференции.

Была возможность после заседаний, а иногда и вместо них, побродить по этому необычному городу, посетить старинный замок на горе. В выходной день всей советской делегации была устроена поездка на автобусе в бывший концлагерь Маутхаузен. Поразило то, как много посетителей там было: десятки автобусов из всех соседних и не очень соседних стран. В разных местах бывшего лагеря памятные стелы и другие памятники с именами погибших. Около этих памятников собирались для поминания соотечественники.

На территории — бараки, каменоломня, где работали заключенные, фрагменты ограждения и т. п. Есть памятник генералу Карбышеву. На обратном пути в автобусе долго царил молчание.

После конференции у меня было еще одно задание в Вене: принять участие в совещании Комитета по физике реакторов, где собирались представители стран «семерки» и МАГАТЭ. До этого наших представителей туда не пускали. После этого представитель СССР стал присутствовать на таких совещаниях. Сначала им был Ю. А. Казанский, а после — И. П. Матвеевко.

Представителем МАГАТЭ на совещании был Э. А. Ходарев. Здесь я познакомился с ним и с его семьей: Валентиной Ивановной, сыном Костей. Могли я тогда думать, что Эдуард Александрович уйдет из жизни в 47 лет, что и я потом останусь один, и что мы с Валентиной Ивановной в 1996 г. свяжем наши жизни...

С конца 1977 г. до весны 1980 г. мне пришлось участвовать в программе международной оценки ядерного топливного цикла (МОЯТЦ, я о ней упоминал) и бывать в Вене два-три раза в год. Эта программа была затеяна администрацией Картера и принята как политическое решение конференции стран-участниц в 1977 г. МАГАТЭ предоставляло свои помещения, услуги секретариата и было участником программы, но не руководителем или организатором. Координирующим органом был избранный на учредительной конференции Технический координационный комитет (ТКК) и его председателем — американский юрист в атомной отрасли профессор Чейз. В этот комитет входили назначенные Правительствами 24 члена ТКК, из них формировалось 8 троек — сопредседателей рабочих групп. От СССР входил в ТКК Иван Георгиевич Морозов, он выступал как заместитель председателя ГКАЭ, а фактически был начальником Управления международных связей Министерства. Он же (от СССР), итальянец Сольетти и бельгиец Амелинкс были сопредседателями группы по быстрым реакторам. Меня И. Г. Морозов привлек для работы в группе и для участия вместе с ним в работе ТКК. Очень активно в работе участвовали В. Б. Лыткин, Е. И. Инютин, представители Франции, ФРГ, Италии, Бельгии и др.

Каждая группа готовила свой обстоятельный доклад по статусу проблемы и перспективам, принимая во внимание все аспекты, особенно экономику, экологию, безопасность и нераспространение ядерного оружия. В совокупности рабочие группы должны были «перетряхнуть» все аспекты ядерной энергетики, выявить её опасности, а фактически американцы хотели получить международное согласие и поддержку в том, чтобы не перерабатывать топливо, не использовать плутоний, не развивать быстрые реакторы. Сами Штаты много лет так и поступали и до сих пор полностью не вернулись ни к переработке топлива, ни к быстрым реакторам и даже с 1978 г. не вводили новых АЭС. Но полной победы США не добились, т. к. их требования противоречили национальным потребностям Франции, Японии, СССР, Индии, частично Англии. Само же по себе всё это исследование было весьма полезным. Оно завершилось солидными докладами групп и итоговыми докладами ТКК, принятыми на заключительной конференции, проходившей в Вене во дворце Хофбург.

В процессе нашего участия в МОЯТЦ у меня сложились очень хорошие отношения с Иваном Георгиевичем Морозовым, он доверял мне, вел себя просто, был доступен и приветлив. Эти качества раскрывались в нем не всем и не сразу. А вот люди, которые работали в его лаборатории в ФЭИ, очень уважают его, до сих пор встречаются с ним.

Вспоминаю я сейчас о таком эпизоде из времен МОЯТЦ. Некоторые заседания ТКК бывали очень нудными и многословными, особенно когда брал слово филиппинец. Соседом Морозова за круглым столом был аргентинец. Он был большой любитель шахмат и носил их с собой. И как-то во время нудного выступления он предлагает Морозову сыграть. Они расставили фигуры на сидении стула, председателю они не были видны, и «отдались греху». Иван Георгиевич играл хорошо, аргентинцу это понравилось, и шахматные сражения между ними повторялись, как только появлялся многословный оратор. С аргентинцем Д. Бенинсоном — шахматистом и важным человеком в КАЭ Аргентины — я потом встречался, и, когда напоминал ему эти эпизоды, он довольно хохотал.

В тех случаях, когда обсуждались политические аспекты, связанные с проблемой нераспространения, всегда подключались МИДовцы или дипломаты, работавшие в Вене. Из МИДа часто приходилось ездить в Вену Сергею Кисляку, который сейчас занимает там важный пост. Тогда он был совсем молодым, но пытливым.

Во время частых поездок в Вену находилось время встретиться с теми земляками, которые там жили и работали. Безграничное гостеприимство проявляли Ходаревы. Но там были ещё Тимухины, Левшины, Шмелёвы и множество новых знакомых. То встреча дома, то общий поход в кино, то какая-то поездка в окрестности Вены, то «поход» на шопинг и т. п. Никогда без радужной помощи друзей и земляков не побывать бы в Венском лесу, в пригородных замках, на ближних горах, в городке Мариацель с необыкновенными соборами. Спасибо им всем за это.

В 1985 г. меня назначили представителем страны в Научно-консультативном комитете (НKK) при Генеральном директоре МАГАТЭ, и в течение трех лет один раз в год мне нужно было ездить в Вену на заседания этого Комитета. НKK существовал давно как совещательный орган при Гендиректоре для рассмотрения программ МАГАТЭ до их утверждения на Совете управляющих.

Моим предшественником в НKK был начальник Главка ускорителей и термоядерных исследований А. А. Васильев, а его предшественником — И. Д. Морохов.

Назначение меня членом НKK было многоступенчатым, обязательным было согласие ЦК КПСС, отдела, который курировал Министерство. Непосредственные инструкции давали в Управлении международных связей.

В Вене члена НKK воспринимали очень серьезно. Всегда принимал представитель страны при международных организациях. Тогда им был Олег Николаевич Хлестов. Обязательно накануне заседания НKK собирались советские сотрудники Агентства, и я, «представитель Центра», рассказывал им о полученных инструкциях, о событиях в стране. Они сообщали о событиях в Агентстве.

На заседаниях Гендиректор Х. Бликс проводил «по кругу» обсуждение поставленных им вопросов.

В 1985 г. надо было возражать против раздувания бюджета Агентства по безопасности АЭС. А в 1986 г., после Чернобыльской катастрофы, пришлось эти возражения оставить.

В мае 1986 г. мне вне всяких планов пришлось поехать в МАГАТЭ на совещание экспертов по безопасности в связи с Чернобыльской аварией. Это задание было, пожалуй, самой трудной моей миссией за границей.

Естественно, что МАГАТЭ и вся мировая общественность были чрезвычайно встревожены аварией на реакторе. О ней давалось мало информации, хотя было известно, что большие территории загрязнены — грязь и активность достигли и европейских стран. МАГАТЭ требовало технического разбора этой аварии. Существовал международный комитет советников по ядерной безопасности, и этот комитет решил, что необходимо призвать советского представителя и обсудить, что произошло и какие будут последствия.

В Министерстве не сочли возможным посылать туда тех людей, которые непосредственно связаны с аварией. (Думаю, в связи с тем, чтобы эти люди, знавшие много об аварии, не сказали лишнего; существовали даже специальные указания, ограничивающие информацию.)

В качестве «жертвы» выбрали меня, я на аварии не был, знал ее только по описаниям в прессе и по выступлению М. С. Горбачева незадолго до моего отъезда. Объяснение, которое дал Горбачев, было очень странным: «Мощности реактора внезапно возросли», — вот и вся информация, с которой мне пришлось ехать.

Я собрал все опубликованные материалы, какие были доступны, конечно, без литературной обработки, технические материалы, согласовал свою пози-

цию с руководством Министерства и поехал в Вену с намерением рассказать, по крайней мере, о конструкции этого реактора, не зная в деталях о том, что же там произошло. Разбора аварии в то время еще не было.

Когда я приехал на совещание, оказалось, что его участники подготовлены к нему не хуже меня. Отношение было очень сочувственное, коллеги хорошо понимали, в насколько сложном положении я нахожусь.

Эта неловкая миссия тем не менее принесла пользу. Во-первых, мне задали вопросы участники этого совещания, а во-вторых, со мной встретился генеральный директор МАГАТЭ Ханс Бликс, который рассказал, что хотело бы Агентство.

С этого совещания я привез четкий запрос МАГАТЭ об аварии и вопросы специалистов. Информация о совещании была передана мной и в свое Министерство, и в Госатомэнергонадзор. Заместителем председателя ГАН был В. А. Сидоренко, он внимательно к этой информации отнесся. Началась подготовка к большому международному совещанию, которое прошло в Вене в августе. К нему был проведен разбор аварии, подготовлены ответы на вопросы. Руководителем советской делегации был В. А. Легасов. Но я на этом совещании уже не был.

В 1987 г. заседание НКК было в начале ноября. На прием по случаю 70-летия Советской власти в Представительстве О. Н. Хлестов пригласил и меня. Очень приятное было мероприятие, масса народу, разносолы и русский «специалитет» — маленькие пирожки, которые по традиции жены совсотрудников в огромном количестве пекли к приему.

А накануне Пленум ЦК КПСС свергал мятежника Ельцина с поста секретаря Московского горкома.

Сотрудники Представительства итоги работы НКК считали важными, всегда просили помочь точно сформулировать результаты, дискуссионные вопросы. Направляли в Москву отчеты о заседаниях. Мне, честно говоря, вся эта деятельность казалась формальной показухой, не имеющей отношения к реальной деятельности по атомной энергии. Не зря заседание НКК 1987 г. стало последним.

Мне пришлось участвовать в такой «эпопее» МАГАТЭ, как подготовка Конвенции по ядерной безопасности, где более важным было участие дипломатов, нежели технарей. Участвовать в совещаниях по этому делу оказалось не только трудным, но и просто неприятным. Меня уговорили в 1992 г. включиться в эту работу. Тогда уже прошло первое заседание группы, мне пришлось подключаться со второго, далее я участвовал ещё в двух.

После этого я написал начальству служебную записку, которую привожу здесь. Она отражает суть работы. Но в ней весьма мягко выглядит мое недовольство тем, как организовано наше участие. МИД и надзорный орган (Госатомнадзор) уклонялись. Чиновник из Министерства практически мне не помогал, хотя должен был делать это по долгу службы.

Начальнику КМС

М. Н. Рыжову

Начальнику 16 ГНТУ

Н. И. Ермакову

от Гл. научного сотрудника ФЭИ

М. Ф. Троянова

*По вопросу участия представителей Минатома
в разработке Международной конвенции
по ядерной безопасности*

Служебная записка

Разработка Международной конвенции по ядерной безопасности ведется экспертами из примерно 50 стран с наблюдателями от международных организаций и отдельных государств. Работу секретариата обеспечивает МАГАТЭ.

Прошло четыре заседания рабочей группы экспертов по выработке основного содержания конвенции, её структуры и статей.

Конвенция формирует общие принципы и обязательства государств-участников по юридическим и надзорно-регулирующим аспектам, по управлению безопасностью, по общетехническому подходу, определяет механизм контроля за выполнением обязательств.

Сфера охвата конвенции — атомные станции с последующим расширением на весь топливный цикл, возможно в виде другой конвенции — этот вопрос еще дебатировался.

Несомненно, что многие страны видят в конвенции инструмент воздействия на принятие решений по АЭС, не отвечающим современным требованиям безопасности.

Столкновение мнений происходит по таким вопросам, как:

- формулирование целей конвенции;*
- оценка существующего положения («старые» АЭС);*
- статус регулярных совещаний по проверке действия конвенций и процесс обсуждения;*
- представление отчетов государств-участников;*
- взаимоотношения с МАГАТЭ;*
- финансовое обеспечение и др.*

Экспертные группы большинства стран представлены на заседаниях комплексными бригадами из специалистов МИДов, надзорных органов, атомных ведомств, работают «с одного голоса» руководителя, как правило, свободно владеющего английским языком, и активно участвуют в обсуждении конвенции.

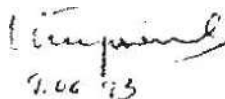
С Российской же стороны МИД и юристы-международники участия в разработке и обсуждении конвенции не принимают совсем, надзорный орган через О. М. Ковалевича участвовал только в подготовке замечаний между октябрьским (1992 г.) и январским (1993 г.) совещаниями, в работе группы не участвовал.

Лично моё участие в трех заседаниях, начавшееся довольно случайно, неэффективно из-за недостаточного знания английского языка и непричастности к организационным, правовым, финансовым и т. п. вопросам, занимающим основное время обсуждения.

Считаю, что сложившееся отношение к разработке важного международного документа должно быть пересмотрено.

В связи с предстоящими заключительными этапами работы группы экспертов и затем официальными обсуждениями должна быть, по моему мнению, назначена ответственная делегация с официальным руководителем, владеющим в достаточной мере английским языком.

Меня прошу освободить от представительства на этих совещаниях. Имеющуюся у меня основную информацию и свою оценку конвенции, в дополнение к изложенному в отчетах, готов сообщить будущей делегации.



М. Троянов

Мой помощник был просто растяпа. В одну из поездок он оформил билет не на моё имя. Билет он, не проверив, привез в Шереметьево, куда я приехал прямо из Обнинска. Только перед регистрацией он увидел этот ляп. Но денег на билет у нас не было. И вот, услышав наш разговор с кассиром, незнакомый человек одолжил необходимую сумму, поверив моему «шефу» и получив визитную карточку. Так что ситуацию спас посторонний человек. Думаю, что не окажись рядом этот благодетель, были бы большие неприятности, но обошлось малыми.

Чаша терпения переполнилась на последнем для меня заседании в мае 1993 г. Заседание шло к концу. Обсуждались дальнейшие действия и сроки, всё это надо было внимательно слушать и воспринимать. Вдруг «шеф» мне тихонько говорит, что он с друзьями договорился идти в баню и ему надо уходить. Мало того, что не помогает, так ещё и сбегает. Тогда я и решил, что пора посылать всех с этой деятельностью подальше. Больше я этой «конвенцией» не занимался. Начальство отнеслось к моему уходу без раздражения и для заключительной стадии использовало работников своего аппарата.

Это, конечно, был не отдельный случай. Это — пример типично «совкового» пренебрежительного, даже безответственного неуважительного отношения к партнерам по международному сотрудничеству.

О нескольких посещениях Вены по делам в МАГАТЭ расскажу совсем коротко. Дважды пришлось работать в комитетах по подготовке конференций. Один раз была чисто организационная работа, и состояла она более всего в том, чтобы «выколотить» из отечественных докладчиков сначала аннотации докладов, а потом — сами доклады. В другом оргкомитете работа была более интересной. Эта группа сама готовила «забойный» доклад для секции. Два или три

сотрудника Агентства готовили начальные тексты и данные, а вся группа дополняла, изменяла, пока не получился обстоятельный доклад по вариантам стратегии мирового развития ядерной энергетики.

В сентябре 1996 г. меня пригласили выступить на технической сессии Генеральной конференции МАГАТЭ. Там я делал доклад, подготовленный вместе с В. С. Каграманяном, по утилизации плутония в быстрых реакторах. На этот раз я был вместе с В. И. Ходаревой, ставшей в том же году моей женой. Появилась возможность ездить с жёнами. Недавно об этом и помыслить нельзя было.

В 1996—1998 гг. в Агентстве проводились совещания по ториевому топливному циклу. Я рассказывал, что с этой проблематикой был связан мой первый приезд в Агентство в 1966 г. (Последняя моя командировка в МАГАТЭ оказалась тоже привязанной к ториевому топливному циклу.) ФЭИ и лично я, когда это зависело от меня, не бросали проработки по ториевому топливному циклу, вели расчеты, проводили физические и технологические эксперименты, понимая, однако, что овладение ториевым циклом дело сложное и далёкое.

В результате, для совещаний экспертов мы имели достаточно материалов. Последний раз я на таком совещании был в Вене в 1998 г. Пожалуй, остановлюсь на этом, хотя были и другие посещения Вены. Упомяну, правда, о некоторых интересных недельных впечатлениях.

Случайно в гостинице я увидел уведомление о выставке картин в одном из банков. Оказалось, проводится уникальная выставка картин М. Шагала, Кандинского, Малевича. Как ни странно, многое понравилось, но Шагал — особенно.

«Для образования» вместе с Н. С. Работновым ходили в Венский музей современного искусства. Здесь было много необычного. Меня поразили своей исключительной, тщательной и высококачественной работой наборные, из кусочков дерева разных оттенков, картины типа мозаик.

Большое впечатление я получил однажды в тёплый осенний день от Венского зоопарка. Всё там сделано с большой любовью к животным и с большим вниманием к посетителям. Кажется, что лучше сделать просто нельзя. И какое удовольствие видеть всюду восторженных детей!

В конце повествования о Вене хочется сказать, что, бывая там, всегда испытывал радушие, доброжелательную помощь и гостеприимство обнинцев, работавших в МАГАТЭ, и их семей: Ходаревых, Левшиных, Архиповых, Мухаметшиных, Пшакиных, Ринейских, Бычковых, Каграманянов, Брюсовых.

Надо также напомнить, что два заместителя Гендиректора МАГАТЭ были работниками ФЭИ: Борис Алексеевич Семенов (даже два срока с перерывом между ними) и Виктор Михайлович Мурогов, мой коллега в течение многих лет, сменивший меня на посту директора ФЭИ и направленный в Агентство с этого поста.

Каждый Новый год, первого января после полудня, я смотрю и слушаю прямую трансляцию праздничных концертов из Венского дома музыки. Венский оркестр играет Штрауса, показывают воды Вены и других мест Австрии,

прекрасные города прекрасной страны, оставившие истинно неизгладимый след в душе.

В разных Германиях

В конце октября 1967 г. проходил симпозиум МАГАТЭ по физике быстрых реакторов, но местом его проведения был Центр ядерных исследований в Карлсруэ. Наш Госкомитет направил туда двоих: меня от ФЭИ и Николая Викторовича Красноярова от НИИАР, где он уже года два поработал после перевода из ФЭИ.

Ехать надо было в страну, которая тогда считалась чуть ли не враждебной. Мы оба были сильно «перегружены» наставлениями и инструкциями о возможных опасностях и провокациях и действительно собирались туда с чувством напряженности.

Самолеты наши туда не летали, и нас отправили поездом до Кёльна, из которого местным поездом надо было добираться в Карлсруэ. Сложноватый маршрут тоже вызывал беспокойство.

Собрали свои чемоданы с банками консервированной колбасы, водкой и т. п. и тронулись в путь. У нас получилось пять пересечений границ с проверкой документов с обеих сторон, т. е. 10 проверок (СССР — Польша, Польша — ГДР, ГДР — Западный Берлин, Западный Берлин — ГДР, ГДР — ФРГ). Так что спать нам не давали.

Из вагона на перрон в Кёльне мы вышли чумноватые. Вдруг к нам подходит дядя и заговаривает по-русски, что он нас встречает, называет фамилии и сообщает, что сейчас он отвезет нас в Посольство СССР в Бонне, а оттуда мы с ним поедem в Карлсруэ. Каждый из нас двоих был ошарашен, ведь о возможности такой встречи нас никто не предупредил. В голове мелькает: «Вот оно, не ловушка ли? Но, возможно, что всё так и есть, т. е. о нас позаботились». Советоваться друг с другом возможности нет. И мы следуем за нашим встречающим. Он себя назвал, но, к сожалению, я забыл, как его звали, поэтому условно обозначу его инициалами В. И.

Сели в машину, и он повез нас в Бонн, в Посольство СССР. Там мы некоторое время отдохнули, перекусили, главное, успокоились и через 1,5—2 часа сели к В. И. в машину и по замечательному автобану помчались в Карлсруэ уже совсем в другом настроении, тем более что В. И. сообщил, что он почти до последнего дня будет на симпозиуме, а жить будет в одной гостинице с нами.

В гостинице нас оформлял хромающий немолодой немец, который поведал, что был ранен на Восточном фронте. Мы с Краснояровым дружно, в соответствии с инструкциями, потребовали, чтобы нас поместили в один номер. Немец ухмыльнулся, но так и сделал. Когда мы вошли в свой номер, то увидели, что спать нам придется на одной, правда широкой, кровати. Но одеяла все-таки были у каждого. Менять ничего не стали, так и прожили в этой комнате.

Приезд русских в Карлсруэ, видимо, был для немцев неким событием. Сужу так потому, что нас пригласил к себе домой директор Центра доктор Шнурр. Когда мы познакомились, он сообщил, что является изобретателем фауст-патрона, бывшего на вооружении Вермахта. Разговоры с Шнурром были, что называется, «светскими», но он и дальше был особенно внимателен к нам. Об этом я еще скажу. Точно не помню, но, кажется, В. И. у него не был.

Симпозиум был очень интересный и полезный. Пожалуй, впервые так разносторонне были представлены работы по физике быстрых реакторов в разных странах, особенно во Франции, Англии, Германии. Там сложились молодые сильные группы теоретиков, расчётчиков, экспериментаторов, развивались экспериментальные базы, появлялись новые методы экспериментов. Материалы симпозиума долго не сходили со столов моих товарищей в ФЭИ. Многих участников мы знали по их посещениям ФЭИ и НИИАР. Из МАГАТЭ приехали некоторые знакомые, в том числе русские. Очень доброжелательны к нам были французы и англичане. Как-то вечером позвали в один из самых просторных номеров, все расселись вдоль стен на полу и, передавая по кругу бутылку, с удовольствием отпивали прямо «из горла» нашу «Столичную».

Как водится, были не только научные обсуждения. Городские власти вместе с Центром устроили большой прием. Там я первый раз увидел, до чего же быстро сметается со столов «халявная» закуска и как хорошо могут выпить специалисты по физике быстрых реакторов. Правда, набрав опыта, убедился, что и другие специалисты насчет того и другого «не промах».

Заключительный банкет руководство Центра сделало в загородной таверне за большими деревянными столами. Всех участников туда везли автобусами, но Красноярова и меня взял с собой на машине доктор Шнурр. Мы выехали пораньше, и он завез нас в Баден-Баден. Мы походили по парку, заглянули в неработающее казино: там нас провели по залам. В прекрасном парке протекает речушка, с мостика видна плавающая в ней форель. Потом присоединились ко всем участникам. Но Шнурр так и держал нас около себя. Оберегал, что ли? Мне пришлось выискивать в памяти все запасы немецкого, использовали и английский. Но объясняться нам на этом весьма неформальном мероприятии было несложно.

Утром последнего в Карлсруэ дня мы попрощались с нашим хромающим немцем, видимо считавшим этих двух русских «голубыми», и отправились на вокзал. В. И. уехал за несколько дней до того. Мы купили билеты и в удобном купе уютного вагона без соседей доехали до Кёльна, где должны были сесть в вагон «Париж — Москва». В запасе у нас было ещё несколько часов, которые мы употребили на осмотр великолепного знаменитого Кёльнского собора и красивой пешеходной улицы. Покупки были сделаны в Карлсруэ, денег уже практически не было, поэтому мы просто ходили и смотрели.

Пришел наш поезд, садимся в свой вагон, где почти одни русские, и напряжение всех этих дней, жившее в нас даже при В. И., уходит, и уже пять границ не мешают. Спим и вспоминаем. Вспоминаем и спим.

Это была моя третья поездка за рубеж.

В ГДР мне пришлось побывать всего один раз в феврале 1978 г. ФЭИ уже много лет сотрудничал весьма активно с Центральным институтом ядерных исследований в Россендорфе под Дрезденом, с университетом в Дрездене и еще с некоторыми учреждениями. Поводом для моей поездки явился юбилей ЦИЯИ (20 лет). С этим институтом наш ГКАЭ имел разнообразные связи. ЦИЯИ был постоянным участником программы сотрудничества стран-членов СЭВ по быстрым реакторам.

Со стороны ГДР в организацию и проведение этого сотрудничества большой вклад сделал Клаус Фукс — тот самый Фукс, который участвовал в создании атомной бомбы в США и Англии и который добровольно, по своим убеждениям, передавал секреты этих работ в Советский Союз. Мне довелось участвовать во встрече с ним в ФЭИ, когда он однажды приезжал к нам, но я и не знал тогда, что это за необычная личность.

Праздновать юбилей и поздравлять ЦИЯИ поехали трое: В. В. Гончаров из ИАЭ им. Курчатова, Л. И. Лазарев из Радиевого института в Ленинграде и я. Адреса, сувениры, приветствия — всё это было по полной программе тех времен, когда ни перестройкой, ни объединением Германии и не пахло. Со стороны ЦИЯИ — огромная благодарность и признательность.

С торжествами совместили осмотр лабораторий и ненаучные развлечения. Одним из первых для меня было приглашение моих знакомых по сотрудничеству в огромную Дрезденскую пивную, расположенную в подвале под ратушей в Дрездене. Самым впечатляющим было зрелище того, как немолодые фрау-одуванчики весь вечер попивают одну кружечку пива, а когда звучит музыка, с удовольствием танцуют под марши.

Нам устроили небольшой автомобильный тур по окрестностям с посещением городка Мейсен, где изготавливали знаменитый фарфор. Возили нас в этом путешествии на Москвиче-2140 — видно, лучшей машины в ЦИЯИ не нашлось. Но бегал этот автомобиль по весьма пересеченной местности довольно шустро. Да и посетив автомагазин недалеко от гостиницы, я смог купить кое-какие детали для своего автомобиля, почти такого же. Дома это был дефицит.

Самостоятельно вместе с Л. И. Лазаревым мы побывали в двух музеях Дрездена. Конечно, в первую очередь в Дрезденской галерее. Ещё один музей — это Grüne Gewölbe, где очень интересно представлены коллекции драгоценных камней (алмазов, рубинов, изумрудов и др.) Охоть и ахать здесь не буду, скажу только, что впечатления от обоих музеев были замечательные.

В день отлета из Восточного Берлина нам показали Берлинскую стену, прокатили по городу да ещё свозили в Естественно-исторический музей. Так что поездка была приятно-ознакомительной и необременительной. Было это в 1978 г.

А в январе 1999 г. я снова был в Карлсруэ, но уже в объединенной Германии.

Ю. А. Трутнев, В. Е. Маршалкин (оба из ВНИИЭФ), А. Ю. Бахрушин (ВНИИНМ) и я побывали в Трансурановом институте, чтобы получить под-

держку проекта МНТЦ по исследованиям ториевого топливного цикла. С той же целью через три недели мы ездили в Лос-Аламос, о чем я писал выше.

Побеседовали с толковыми людьми, посмотрели две лаборатории, получили ту поддержку, о которой думали, пообедали с хозяевами, посетили пивную, устроили себе хороший ужин в номере у Ю. А. Трутнева и т. п. Но ничего сверх того не было — слишком уж кратким был наш визит.

Вот и все мое знакомство с Германией. Но немцев, работающих в атомной энергетике, в частности в области быстрых реакторов, я знал многих. В ФРГ была прекрасная команда физиков и инженеров в этой области, отличная экспериментальная база. Они построили быстрый реактор-прототип. Всё это постепенно было утеряно, реактор заморожен, всё — в угоду антиядерной политике. Был пущен на ветер серьёзный технический потенциал. Их дело, конечно, но жаль пустого разбазаривания интеллекта.

Бон жур, Франция

Франция начала работы по быстрым реакторам позже СССР, Англии, США, но развивала это направление очень энергично и рационально. С самого начала своих разработок французское руководство стало активно сотрудничать с нашим, и довольно скоро эпизодические контакты переросли в планомерное сотрудничество, поддерживаемое на государственном уровне. Специалисты разного профиля проводили семинары, делились результатами исследований, начались совместные экспериментальные работы и т. д.

Сотрудничество по быстрым реакторам проходило на фоне стремительного развития французской атомной энергетики, достигшей уровня 75—80% в общем производстве электроэнергии.

Были и другие области сотрудничества, например по физике высоких энергий.

Сотрудничество с Францией включало в себя много направлений, например, физика быстрых реакторов, совместные экспериментальные работы на французском критическом стенде «Мазурка» и нашем БФС. По каждому из направлений сотрудничества получены существенные результаты — в обмене информацией, документацией, в проведении совместных работ. Наши сотрудники ездили в длительные командировки во Францию, проводили вместе с французами совместные работы. Ю. А. Казанский, В. А. Дулин, И. П. Матвеев и другие сотрудники экспериментального физического отдела внесли большой вклад в создание рабочей атмосферы и научились по-настоящему успешно проводить совместные работы. Очень хорошая работа проводилась в натриевой лаборатории. Ф. А. Козлов, Ю. И. Загоруйко и их сотрудники занимались вопросами поведения примесей в натрии, технологией натрия, очисткой натрия. Сотрудничество по разработке и испытаниям отдельных видов оборудования проводилось с нашей стороны совместно с конструкторскими организациями. Вместе с французами обсуждались и анализировались очень

важные проблемы конструкции, работоспособности, контроля течи парогенераторов.

Обмен опытом эксплуатации позволял и нам, и эксплуатационникам реакторов БН-350, БН-600, БОР-60 взамен информации о работе наших реакторов получать очень полезную и важную информацию о работе французских реакторов. Мы с нетерпением ожидали полномасштабной работы реактора «Супер Феникс», который, конечно, принес бы много полезного опыта, но этому реактору не повезло.

Российские специалисты много раз бывали там и знали о его частых остановах по разным второстепенным причинам. В конце концов реактор был остановлен.

Во время нашего активного сотрудничества мы, конечно, не ожидали, что такое событие произойдет, и ожидали бурного расширения работ по быстрым реакторам, особенно когда Англия, Франция, Германия и другие страны начали совместно разрабатывать проект европейского реактора. Мы предлагали французам сотрудничать в области разработки перспективного реактора на базе европейского и на базе наших проработок реакторов БН-800, БН-1600. Эта задача уже была поставлена и начала изучаться, возникали предложения о формах и возможных путях этого сотрудничества, но отказ сначала Великобритании, потом Германии от работ по быстрым реакторам подорвал развитие проекта по европейскому реактору. Эти работы были приостановлены. Сотрудничество, развития которого мы ожидали, не состоялось.

Франция сегодня осталась единственной страной, с которой сотрудничество по быстрым реакторам все-таки проводится, есть координационные планы, рабочие группы для изучения самых разных вопросов, включая безопасность реакторов, топливо и конструкционные материалы. Одним словом, работа по сотрудничеству в области быстрых реакторов с Францией у нас была развернута довольно хорошо, ее важность и результативность признавалась руководством Министерства.

В сентябре 1973 г. очередную программу сотрудничества должен был подписать со стороны СССР И. Г. Морозов. Он выбрал меня в качестве своего эксперта, третьим был переводчик Виктор Николаевич Мартынов.

Помимо обычной, не очень сложной и заранее подготовленной «утрашки» планов, мы должны были сделать радикальное предложение: провести обмен технической документацией по проектам быстрых реакторов БН-350 и БН-600 с нашей стороны и «Феникс» и «Супер-Феникс» — с французской. Это предложение заранее французам не посылалось, и мы должны были впервые его там огласить. В нашей стране оно, естественно, было принято где-то на очень высоком уровне.

Я до этой поездки во Франции не был, хотя знал очень многих специалистов и руководителей работ. В связи с тем, что приезжал Морозов, была подготовлена очень интересная программа разных посещений, в том числе на уже работавший реактор «Феникс» и строящийся «Супер-Феникс».

Обсуждения программы начались под Парижем в Сакле — Центре проектирования быстрых реакторов. Потом они продолжались в Лионе, Кадараше, Маркуле (там находится реактор «Феникс») и завершились в Комиссариате по атомной энергии в Париже. Везде к соответствующим вопросам привлекались специалисты этих Центров. Но наше самое главное предложение вызывало смущение. Было понятно, что специалисты, с которыми мы имели дело, включая координаторов работ, не могли сами решить такой вопрос. Надо было как-то дать понять, что у нас это правительственное решение. После обсуждения с И. Г. Морозовым ситуации, мы договорились с ним, что я утром во время прогулки около гостиницы в Кадараше заведу разговор с переводчиком французской группы экспертов Левандовским.

Левандовский много лет работал переводчиком с французской стороны, сопровождал группы, часто приезжал в СССР, в том числе в ФЭИ. Русский язык знал прекрасно. Думаю, что он был не только переводчиком.

На нашей прогулке я объяснил ему, что предложению по обмену документацией у нас придается очень большое значение, у нас считают это переходом на новый уровень сотрудничества и т. п. Думаю, что он всё понял.

Не прямо в этот раз, но очень скоро раскрутилась работа по реализации этого обмена. Надо сказать, что это было трудоемким и длительным процессом. Эксперты обсуждали состав документов, потом материалы готовили в соответствующем исполнении, оформляли для пересылки. Соблюдались условия обмена без передачи третьим странам.

Нам показали лаборатории и стенды в Кадараше. Там мы даже посетили производственный участок для изготовления уран-плутониевого оксидного топлива, где мало кто бывал.

Реактор «Феникс» поразил своей ухоженностью и каким-то лоском, какой-то разноцветностью. У нас на БН-350 всё было более «серым». Правда, главное было не хуже — результаты. С одним из моих знакомых мы с большим взаимным интересом обсудили стадии физического пуска БН-350 и «Феникса».

Нас, конечно, развлекали. Покатали по Марселю перед тем, как оттуда ехать в Кадараш, организовали экскурсию в Версаль.

С Морозовым стремились встретиться представители или даже руководители фирм. Один из них, назовем его Н., т. к. я не помню его имени, пригласил Морозова и нас заодно в вальсе «Казино де Пари». Он был со своей женой. Потолкавшись в пробках на улицах, на своей машине он привез нас на красивый спектакль с весьма обнаженными красавицами. И хотя для нас этот спектакль был необычным, он выглядел вполне пристойно. Чувство меры подводило лишь в тех частях представления, где претензии на юмор состояли в том, что на сцене появлялись в тех же «нарядах» немолодые женщины с соответствующими фигурами. Они должны были смешить зал своим видом. Это было неприятно. А после спектакля — ресторан с устрицами. Я их пробовал первый раз и после предупреждения Ивана Георгиевича: «Не жуй, глотай сразу!» — глотал. Понравилось.

Потом, в другой вечер, фирмач М.* тоже пригласил всех в ресторан в присутствии нашего работника торгпредства. Этот работник торгпредства хорошо покатал нас по Парижу, показал «Мулен Руж», Монмартр. А когда встретились в ресторане с М., велел мне и Мартынову заказать всё, что угодно. «Хотите клубники? Фирма ведь всё оплатит». Сказали: «Хотим», — и ели клубнику в последние дни сентября. Тогда мы ещё у себя не представляли, что это возможно.

В октябре 1984 г. мне поручили возглавить группу специалистов из разных наших организаций для участия в советско-французском семинаре по опыту эксплуатации быстрых реакторов. Это был плановый семинар, такие уже были до того и продолжались много лет спустя.

Нас было восемь. Основная часть работы — доклады с обеих сторон, их обсуждение плюс посещение некоторых стендов — проходила в Кадараше. Материалов для обсуждения тогда было много и у нас, и у них. Такие семинары — всегда очень насыщенные. К тому времени уже перестали врать, хотя о некоторых происшествиях на БН-350 так и не рассказали даже после окончательной остановки реактора. О выходах из строя модулей парогенераторов БН-600 некоторое время врал, потом запутались и начали рассказывать всё честно.

На семинаре 1984 г. всё рассказывалось честно и добросовестно.

Побывала наша группа и на «Фениксе», и на «Супер-Фениксе». Но не помню, были ли они на мощности в то время или нет. В памяти о нескольких посещениях этих реакторов перепутались их состояния, т. к. они то работали, то ремонтировались.

Не перепуталась «гуманитарная» программа. В Провансе нам устроили замечательную экскурсию на древний римский акведук — водовод длиной 200 м, пересекающий на высоте 48 м широкую долину между холмами. Впечатляющее сооружение давних времен: на высоченных каменных опорах мост для переброски воды.

В Авиньоне, по пути из Парижа в Кадараш, осматривали старый папский дворец, старинные улочки и недостроенный мост через реку, если вспомнить Александра Грина, «ведущий в никуда».

В Париже была вообще прекрасная программа, которую нам устроил Комиссариат по атомной энергии. Нам выделили автобус и прекрасного гида — женщину из эмигрантов, отлично знающую Париж, но главное, понимающую толк в искусстве. Она нам дала возможность побывать в двух замечательных музеях: в Музее Родена и в Музее французских импрессионистов. Все знаменитые скульптуры Родена, которые я знал по иллюстрациям, были здесь, их можно было обойти, разглядеть с разных сторон. А картины другого музея много добавляли к тому, что я видел в Эрмитаже и в Пушкинском музее. Хотя,

* Как и в случае с Н., имени М. я не помню.

скорее, наши экспозиции импрессионистов дополняли парижские, просто свои я видел раньше.

Нас свозили на кладбище Пер-ла-Шез, видели много знаменитых могил, в том числе могилу Шалапина. Тогда его прах ещё не перезахоронили. И пешком много походили самостоятельно, начав, конечно, с Нотр-Дам.

Как руководитель делегации по обязанности я позвонил в наше посольство. Оттуда в гостиницу приехал молодой человек, попросил рассказать, чем мы занимались. А мне сказал, что во Франции ожидают перемен во властных структурах СССР и считают, что преемником К. У. Черненко станет М. С. Горбачев, его даже зовут во Франции «дофином». Это были последние дни октября. Французы не ошиблись. Через пять месяцев началась эпоха Горбачева.

В феврале 1990 г. по планам Ядерного общества СССР состоялась поездка делегации ЯО в гости к французскому ЯО. В это время уже была более простой процедура выезда за границу. Перед этим, в ноябре 1989 г., делегация ЯО ездила в США (я писал об этом).

Руководителем делегации был Н. Н. Пономарёв-Степной — в тот период президент ЯО, а входили в делегацию А. Ю. Гагаринский и В. Г. Асмолов из Курчатовского института, Е. О. Адамов — директор НИКИЭТ, Л. А. Большов (ИБРАЭ РАН), А. С. Поляков (ВНИИНМ).

В день прилета, после устройства в гостинице, нас принимали в ЯО и КАЭ Франции, обсуждали состояние дел по атомной энергетике (уже под «прессом» Чернобыля), ознакомили с программой пребывания и с предстоящим досугом в выходные дни, которые мы должны были провести в Париже.

Со вторника начался наш хорошо спланированный тур. Перемещаясь в сторону Марселя, мы посетили Радиологический центр вблизи Парижа, завод компании Framatom по изготовлению оборудования АЭС, потом большие теплогидравлические стенды недалеко от цехов завода.

Далее, опять скоростным поездом, мы приехали в Лион и утром отправились посещать две АЭС, расположенные не очень далеко друг от друга. АЭС Бюже с водо-водяными реакторами поразила своим прекрасным центром для работы с населением и экскурсантами. На остановленном для перегрузки топлива блоке мы наблюдали за процессом, который продолжался при нас.

Второй АЭС была Крейс-Мальвилль с реактором «Супер-Феникс». Там шли ремонтные работы, и реактор был остановлен. Но осмотр был очень интересным. Хозяева оптимистично смотрели и на будущее своей АЭС, и на программу быстрых реакторов, связанную и с их реакторами, и с сооружением Европейского быстрого реактора. Но скоро, увы, всё застряло. После этих АЭС продолжился наш путь на юг. Прибыли в Авиньон, где мне уже приходилось бывать. Походили, погуляли, посмотрели, а к ночи приехали в гостиницу (бывший замок) Кадараша. В этой гостинице я уже бывал более 15 лет назад с И. Г. Морозовым. Нас хорошо разместили, Н. Н. Пономарёва-Степного поселили в номере, где когда-то останавливался генерал де Голль.

С утра следующего дня началось посещение лабораторий Кадараша: стенды по изучению аварий, парогенераторные стенды, теплогидравлические и физические установки, лаборатория термоядерных исследований. После полного рабочего дня осмотров и обсуждений нас отвезли в Марсельский аэропорт, а к ночи мы возвратились в Париж, в тот же самый отель.

На следующий день вся деловая часть была занята обсуждениями виденного, протоколами и планами, и всё это происходило в Комиссариате. Вечером нас повезли в варьете «Фоли-Бержер». Это было очень похоже на то, что мы видели с Морозовым в другом варьете. Наши хозяева, как там принято, после представления пригласили в ресторан.

Утром следующего дня нас повезли в Версаль. Я там был уже во второй раз, но, чтобы как следует всё осмотреть, нужны многие дни. Бросалось в глаза, как много среди посетителей японцев. И это везде, где музеи, выставки.

Уставшие, мы вернулись в отель, но скоро надо было идти на приём фирмы «Кожема» в ресторане «Клозери де Лиль». Когда вошли, услышали звуки рояля, потом увидели импозантного седого с прямыми белыми усами пианиста, он играл красивые мелодии. Узнав, что пришли русские, заиграл наши русские и цыганские мелодии, играл очень хорошо, и весь вечер.

Вместе с хозяевами мы сидели за большим столом, отгороженным от зала аквариумами с раками, крабами, рыбой. «Выбирайте, Вам какого?» Выбирали кто что хотел. Пономарёв-Степной и я выбрали устриц, и нам подали по огромному блюду с устрицами на льду. «Рыболовы» и «краболовы» из нашей делегации сначала сочувствовали нам, но, увидев, как эти устрицы со свистом у нас летят, стали завидовать.

Это застолье было очень непринужденным и весёлым. А седой старик за роялем играл и играл... У него всё звучало хорошо, но лучше всего знакомые французские мелодии...

Утром следующего, воскресного, дня пришел микроавтобус, и мы отправились в гости на дачу к Терезе де Мезанкур — одной из активных деятелей ядерных обществ Франции, Европы и США (она состояла во всех этих обществах). Заодно она поручила нашему водителю по дороге завезти нас на русское кладбище Сен-Женевьев де Буа. Мы разошлись по этому кладбищу, каждый нашёл какую-нибудь, и даже не одну, известную могилу, мы показывали друг другу, где и кто захоронен. Нашли могилы Бунина, Тарковского, Галича, многих русских генералов, священников. Поклонились праху русских людей, закончивших жизнь далеко от родных мест.

Дом Терезы в деревеньке оказался большим для дачи, двухэтажный, каменный. В малюсеньком дворе что-то вроде хорошего сарая с бильярдом. Но земли или лужаек нет. «На природу» надо идти в окрестности, хотя и леса там тоже нет. Редкие деревья, поля. Но видно, что это любимое место хозяйки. Во время другой поездки в Париж, через год с небольшим, она пригласила несколько человек, в том числе меня, в свою парижскую квартиру, совсем крохотную, а загородный дом всё-таки побольше, и воздух там почище. Тереза

пригласила и некоторых своих знакомых из «Электрисите де Франс», работавших временно в Китае и приехавших оттуда во Францию. Так что разговоры шли и о Китае, и о нашей стране. Конечно, был домашний обед.

Но и этим не закончился день. Вернулись в отель, чтобы встретиться с некоторыми старыми знакомыми, которые хотели увидеться. Нас «разобрали». Меня и Полякова пригласил на ужин Залесский. Он был в числе первых участников работ по быстрым реакторам во Франции, но в это время ушел в бизнес. Его жена — американская журналистка в сфере науки и атомной энергетики. Пригласили нас поужинать в ресторан на Эйфелевой башне. Это был, конечно, шик. Вели беседу на смеси английского и русского, т. к. и Залесский, и его жена немного говорили и понимали по-русски, а мне пришлось отдуваться и за Полякова. Ему очень хотелось говорить, а мне очень не хотелось переводить его замысловатые речи. (Потом, при встрече со мной, он часто вспоминал этот необычный ужин. Это был хороший человек, лет 5–6 назад он умер.)

Отъезд из Парижа был с приключениями. В аэропорту забастовали грузчики багажа: на стойках груды чемоданов, регистрация остановилась, рейсы откладываются.

С билетами бизнес-класса мы ушли в комнату ожидания, где можно что-то выпить и закусить. Оказывается, что выпить можно не только пепси. Есть джин с тоником, есть виски с содой. Мы, конечно, пользуемся, скрадываем утомительное ожидание. А регистрации всё нет. Мы ещё и ещё раз подходим к стойкам. Нам любезно наливают. Но уже скоро одна из девушек за стойкой тихонько объяснила Гагаринскому, что мы почти всё выпили, а Аэрофлот-то им плохо оплачивает такие расходы. Гагаринский передает это нам, и дальше ожидание становится более нудным.

В конце концов, на наш рейс багаж стали грузить мужчины «из конторы» аэропорта, и затянувшаяся эпопея отлета завершилась. Сильно опоздали, но долетели.

Через три месяца после этой поездки в Москву приехала группа от ЯО Франции с предложением организовать силами двух ядерных обществ международную конференцию по безопасности АЭС в связи с 5-летием Чернобыльской аварии. Предлагалось провести конференцию в Париже. Конференцию начали готовить и назначили на 15–17 апреля 1991 г.

От СССР поехала большая делегация самых разных специалистов. Был в составе делегации и я, хотя от ФЭИ мы специально ничего к этой конференции не готовили.

Тематика конференции выходила за рамки Чернобыльской аварии, она называлась: «Ядерные аварии и будущее ядерной энергетики. Уроки, вытекающие из Чернобыля». Но, конечно, основное внимание было уделено именно аварии, состоянию разрушенного реактора, урокам именно этой аварии. Анализ аварии, последствий и уроков отразился в 23 докладах, среди которых были доклады ведущих специалистов по безопасности США, Франции, Германии.

Многие из докладчиков участвовали в международных расследованиях аварии, вели собственный анализ, располагали информацией и имели очень хорошие иллюстрированные материалы. У меня сохранились цветные, очень наглядные и содержащие реальный масштаб карты загрязнений территории, сделанные французами. Отечественная карта тоже есть, но она уступает французской.

К великому сожалению, это была конференция, где гордости за отечество испытать не довелось. Скорее, чувство большой вины за то, что было допущено создание таких реакторов без должного обеспечения безопасности, за лихость и авантюризм при эксплуатации и т. п. Но разбираться в аварии придется ещё и ещё. В этом смысле мероприятие было, безусловно, полезным.

В день приезда было свободное время — конференция начиналась на следующий день. Я решил, что надо посмотреть Лувр, там я ещё не был. Дошел пешком до музея, встал в очередь, которая шла в «пирамиду», через которую посетители спускались в большой зал под площадью, купил билет и несколько часов провёл в обществе шедевров.

Через много лет после этого единственного посещения Лувра я не помню, где и что находится. Осталось только какое-то ощущение причастности, удовлетворение от того, что потолкался в толпах людей перед знаменитыми шедеврами, например перед Джокондой. Там нужны десятки посещений, чтобы как следует увидеть всё.

После конференции был небольшой технический тур для российских специалистов. Нас разбили на две или три группы, и я попал в группу реакторщиков. Нам показали завод по обогащению урана в Пьерлате. Завод принадлежит компании «Евродиф» и использует для обогащения урана метод газовой диффузии. Рассказали нам о заводе в самых общих словах, а потом нарядили в спецодежду, выдали противогазы и завели в огромное здание с очень длинными коридорами. По этим коридорам сотрудники завода ездят на велосипедах с противогазами на боку. За стенами коридора находятся огромные трубопроводы, ячейки разделения и т. п. Недалеко от завода видны градирни АЭС, которая обеспечивает электроэнергией завод. Основное впечатление — грандиозность, но оценить увиденное в полной мере мы не могли, т. к. специалистов в этой области среди нас не было.

Вечером мы уже были в Гренобле, где на следующий день посетили очень известный исследовательский Центр с хорошим исследовательским реактором, прекрасной «горячей» лабораторией и множеством лабораторий по физике, теплогидравлике, материаловедению. Этот Центр ведёт большое международное сотрудничество, и более всего по фундаментальной науке. ФЭИ с этим Центром общих работ не имел и сейчас не имеет.

Снова в Париж, и на этот раз только туда, я попал в январе 1994 г. Надо было участвовать в обсуждении следующей стадии совместных работ и сотрудничества. От Министерства была большая делегация, т. к. должны были рассматриваться планы по многим направлениям. Моё участие касалось только

быстрых реакторов, работа укладывалась в два дня, и один день до рейса в Москву у меня был свободен.

В день приезда, вечером, хозяева устроили нам прогулку по Сене на теплоходе с прозрачным салоном. Виды замечательные. Все интересные объекты подсвечены, хорошо видны и выглядят очень эффектно. Таких красивых мест — великое множество, а сама экскурсия продолжалась часа три. Все сидят за столами, беседуют, слушают объяснения экскурсовода по радио, едят и пьют вино или пиво, смотрят по сторонам и вверх. Очень интересно и красиво.

В свой свободный день я пешком прогулялся на Монмартр, а вечером самостоятельно побывал на Эйфелевой башне, вплоть до последней смотровой площадки, разумеется, на лифте. Вид вечернего Парижа сверху очень хорош. Видно, что на электричестве для освещения не экономят. Но сколько же японцев было среди посетителей! По-моему, неяпонцем в тот вечер на башне был я один.

Меня очень устраивала краткость этой отлучки из дома, потому что в это время моя жена, Анна Ивановна, была в больнице. Срок её пребывания там подходил к концу, и она настояла, чтобы я не отказывался от поездки, тем более на четыре дня. Я, конечно, беспокоился, а приехав, застал её уже дома. Улучшение её здоровья было кратковременным, и в конце этого года она ушла из жизни.

В сентябре 1995 г. меня включили в делегацию на большую, повторяющуюся через два года, конференцию GLOBAL. На этих конференциях обсуждаются стратегии развития, проблемы топливных циклов ядерной энергетики, экологии, нераспространения, экономики. Проходила эта конференция в Версале, там же жили почти все участники.

Докладов на этих конференциях очень много, они распределены по секциям, а наиболее существенные докладываются на пленарных заседаниях. ФЭИ представил достаточно много докладов, всем участникам от института пришлось поработать.

Свободного времени на этой конференции было мало. Но всё-таки для всех участников конференции организаторы устроили концерт в помещении театра. Это был концерт старинной музыки в стиле барокко. Музыканты были в одежде XVIII века, в париках, играли на старинных инструментах. Композиторов выбрали тоже старинных. Всё это было очень необычно, но среди выбранных ими сочинений было много занудных. Конечно, музыканты имели цель показать стиль того времени, а не увлечь публику. Но послушать и посмотреть всё это было интересно.

Пропуская некоторые заседания, ходили хотя бы недолго погулять по парку Версальского дворца. Он огромен и очень красив. Любой его уголок ухожен до предела и красив. Можно не ходить, а объехать на автопоезде.

Конференция GLOBAL-95 была моим последним мероприятием во Франции. Мне удалось многое увидеть в этой стране. Прежде всего, у нашего института было очень интересное и полезное сотрудничество с французскими

специалистами. Очень во многом их достижения достойны самой высокой оценки. И мы были интересны для французских специалистов. Доверие и взаимоуважение сопровождали наши деловые контакты.

То, что довелось увидеть во Франции сверх науки и техники, очень украсило сотрудничество и оставило добрые воспоминания об этой стране.

Нетуманный Альбион

Три раза мне пришлось побывать в Англии: в конце июня, в марте и в конце мая. В первый и третий раз погода была летней, солнечной, тёплой. Второй раз — похуже (всё-таки март), но далеко не все дни были пасмурными, а тумана вообще не было. Для меня Альбион был нетуманным. Так что, как принято у англичан, поговорим для начала о погоде.

В первую поездку в Англию меня послал Александр Ильич Лейпунский (АИЛ). На конец июня 1969 г. англичане готовили конференцию по физике быстрых реакторов, а сразу вслед за ней — совещание экспертов по результатам измерений и проверки важной физической характеристики плутония — зависимости сечения радиационного поглощения нейтронов от энергии. Выявились новые тенденции, снижающие возможности расширенного воспроизводства. Эти тенденции надо было проверить, обсудить и уточнить в случае подтверждения физические расчеты быстрых реакторов. Я не был рад выбору меня в качестве «посла» на эти мероприятия. Ехать надо было одному, сильно смущал английский язык, предстояло усиленно готовиться. Но АИЛ велел готовиться и отправляться.

Прилетел в Лондон один, сам искал отель подешевле, потом искал место конференции. Там встретил стажера из МИФИ и сотрудника торгпредства в Лондоне, который по долгу службы пришел на конференцию.

Конференция большого следа в моей памяти не оставила, так как незадолго до неё была конференция в Карлсруэ и немало двухсторонних встреч. Но доклад мой был представлен и в труды попал.

Самым важным было предстоящее совещание по ядерным характеристикам плутония. Оно проводилось не в Лондоне, а в Винфризе, а жить надо было в Борнмуте — это на юге от Лондона.

Между двумя мероприятиями — суббота и воскресенье, которые я посвятил Лондону. Побывал в Тауэре, всё там осмотрел, даже ворона видел на зелёной лужайке.

Был в Музее восковых фигур. До чего же легко узнаваемы многие персонажи этого музея, как естественно они выглядят! Забавный видел казус. Женщина подходит к полицейскому, который стоит на лестничной площадке, что-то спрашивает у него, а потом всплескивает руками и сама смеётся. Оказывается, и полицейский из воска.

Бродил по лужайкам Гайд-парка, по упругой стриженной траве. Исходил пешком всю центральную часть, все знаменитые строения. Побывал в картин-

ной галерее на Трафальгарской площади, да и покупки успел сделать. Но к вечеру был уже без ног, без рук.

Вечером в воскресенье с вокзала Ватерлоо поездом уехал до нужной станции.

В гостинице встречаю В. А. Коньшина, бывшего сотрудника ФЭИ, а теперь работающего в МАГАТЭ в секции ядерных данных. Он приехал на это же совещание, значит, мне будет полегче.

Два дня по утрам нас отвозили в Центр, где шли обсуждения. В результате я привез с этого совещания важные новые данные. Нам в ФЭИ, как и другим разработчикам быстрых реакторов, пришлось вносить коррективы в свои ядерные данные, используемые в расчетах. АИЛ не зря беспокоился.

Все участники совещания приняли на себя обязательство провести в каждом Центре расчет одного и того же реактора, который был подробно описан. Мы в ФЭИ тщательно сделали эту работу, направили свои результаты, а потом получили из Англии совокупность расчетов всех центров со всей необходимой обработкой. Это была очень полезная работа, мы её делали с незабываемой Л. П. Абагян, погибшей в 2005 г.

После совещания я провел ещё один день в Лондоне, посетил посольство СССР, получил там подтверждение своих перерасходов, ещё погулял, сходил в собор Святого Павла. Даже пива выпить заходил в паб. В общем, освоился бы, да фунтов уже не было.

И обратный путь в аэропорт Хитроу проделал на городском автобусе, а там — наш друг Аэрофлот, и часа через 3–4 — Москва.

В марте 1974 г. англичане собрали в Лондоне конференцию по быстрым реакторам. В это время три быстрых энергетических реактора-прототипа находились в начальной стадии эксплуатации, причём наиболее продвинутым был этап начала работы БН-350. Два других реактора — это PFR в Англии и Phenix во Франции. Везде были и свои успехи, и свои проблемы. Их обсуждение должно было стать предметом конференции. Кроме того, было много информации по эксплуатации опытных реакторов. Так, в СССР уже более четырех лет прошло после пуска реактора БОР-60 в Димитровграде. По быстрым реакторам шли активные работы в США, ФРГ, Японии, Италии.

Получилась полнокровная интересная конференция. От нас была достаточно большая делегация с докладами по БН-350, БОР-60, по отдельным вопросам. Изюминкой этой конференции был визит всех участников на английский быстрый реактор PFR.

Этот реактор был построен на самой северной оконечности страны, в Шотландии. Там же находился первый опытный быстрый реактор Англии, именуемый DFR.

Всех участников конференции чартерным рейсом самолёта доставили в аэропорт Вик на севере Шотландии и оттуда повезли автобусами к месту назначения.

Как же интересно нам было увидеть «родственника» нашего БН-350! Как в песне: «Всё похоже на Россию, только это не Россия...». Но, что уже точно и, увы, не в пользу России отмечалось, это уровень приборного оснащения и эстетики. Но, по-крупному, время показало, что на БН-350 наши специалисты смогли справиться с трудностями первого этапа, и реактор отработал более 20 лет. «Англичане» проработали много меньше. После осмотра всей нашей «ораве» устроили на станции отличный обед с оптимистичными тостами и весельем за столом.

Тот же путь обратно. Из окна автобуса немножко посмотрели на Шотландию. Видно, что вся природа суровее, да и холоднее, чем в Лондоне. Вдоль шоссе всё время видим сложенные из камней изгороди. Они образуют прямоугольники, в которых пасутся овцы.

Был еще один технический тур, организованный оргкомитетом. Участники могли слетать на юг Франции и посетить реактор Phenix. Для нас, с нашими визовыми и денежными ограничениями, это было недоступно, да и были другие возможности побывать там. Лично я был там в сентябре 1973 года.

Традиционный банкет для участников конференции хозяева устроили в историческом месте — в банкетном доме Уайт-Холла, в единственном уцелевшем здании резиденции монархов с 1530 г.

Перед входом в зал, расположенный на втором этаже, стоял «глашатай» в старинном одеянии. Он брал пригласительный билет и громко выкрикивал: «Мистер такой-то», при этом перевирал фамилии немыслимым образом, после этого представления — рукопожатия с организаторами приема. Ну а сам банкет был без специфики.

В один из дней после вечернего заседания я пошел в гостиницу пешком вместе с Евгением Ивановичем Инютиным, который тогда работал в МАГАТЭ и приехал на конференцию оттуда. Мы давно были знакомы по Обнинску. В гостинице мне вместе с ключом дали записку, где знакомый француз писал, что всю советскую делегацию французы забрали в ресторан, куда и я должен приехать. Пришлось возвращаться почти туда же, откуда только что пришел. Разыскал и присоединился к веселому обществу. В то время отношения специалистов Франции и СССР были очень хорошими, доброжелательными и наиболее доверительными по деловой части.

Когда я попал в Англию в следующий раз, спустя 15 лет в мае 1989 г., обстановка по работам над быстрыми реакторами стала совсем другой. Многие страны прекратили эти работы (ФРГ, Италия, США), а Англия вела работы по выводу из эксплуатации реактора PFR.

Почему-то Королевское общество Англии (это аналог нашей Академии наук) решило пригласить представителей разных стран выступить с докладами либо о своих взглядах на отдельные проблемы разработки быстрых реакторов, либо по опыту, имеющемуся в стране. Могу только предполагать, что, возможно, таким образом через Королевское общество атомщики Англии

хотели получить поддержку в развитии быстрых реакторов. Но так ли это, не ручаюсь.

Я получил персональное приглашение выступить там с докладом о статусе быстрых реакторов в СССР. Позже выяснилось, что меня в качестве докладчика рекомендовал англичанам Б. А. Семенов, работавший в то время заместителем Генерального директора МАГАТЭ. Конечно, мне в то время подготовка такого доклада была обузой, т. к. обязанности директора ФЭИ не очень располагали к такому совсем не первостепенному делу. Но отказываться не следовало. Подготовить доклад, перевести его на английский и представить мне помог Александр Николаевич Тузов, который и поехал со мной. Он зачитал доклад по-английски, переводил вопросы и мои ответы. Без него на этом собрании было бы очень туго.

Характер этого собрания был специфичным: доклады — только заказные, заранее определены участники дискуссий по каждому техническому разделу. Но это сопровождалось и свободной дискуссией присутствующих, среди них — много представителей других наук. Поэтому были и наивные вопросы, но так и предполагалось по замыслу этой конференции.

Многие доклады были очень содержательными и насыщенными конкретным материалом. Королевское общество хорошо издало сборник всех докладов с вопросами и ответами авторов по их содержанию.

После конференции мы не могли сразу улететь из Лондона, т. к. рейс Аэрофлота в Москву был только через три дня. Как же хорошо мы с А. Н. Тузовым погуляли по Лондону! Была прекрасная погода, и мы с утра до ночи ходили пешком и по старинной части, по Чайна-тауну, по Сити и вдоль Темзы. Конечно, исходили главные парки, включая Гайд-парк.

Было очень заметно, что через 20 лет после моего первого приезда стало гораздо больше людей восточного типа, и среди них очень много совсем не бедных. В парках гуляют почтенные семейства со смуглыми черноглазыми ребятишками. Усредненный цвет кожи жителей Лондона основательно изменился. Но неизменными остались «бобби» — лондонские полицейские — здоровенные, внушительные парни, которые мгновенно реагировали на небольшие эксцессы в Гайд-парке, и на наших глазах порядок восстанавливался.

И те же красные двухэтажные автобусы идут по Оксфорд-стрит рядом с тротуарами, но почему-то нет от них российского черного и вонючего выхлопного дыма. Это все замечают.

Ну а если попытаться назвать то самое яркое, что сразу вспоминается — это Вестминстер, Парламент и парки с упругой травкой, которую стригут уже лет 150–200.

У друзей, ставших бывшими

Страны-члены СЭВ много лет сотрудничали с СССР в области атомной энергетики. Одним из направлений этого сотрудничества были быстрые реакторы. Научно-технический потенциал таких стран, как ГДР, ЧССР, действительно позволял им внести существенный вклад в реальное дело. Так и получилось. Достаточно привести два примера.

В ГДР была спроектирована, изготовлена и смонтирована в Димитровграде автоматизированная линия по изготовлению тепловыделяющих элементов на основе плутония для реактора БОР-60. Это дало основу для развития в НИИАР целого направления работ. Работа была выполнена на средства ГДР.

Чехословакия, имевшая хороших специалистов, а также экспериментальную и производственную базу, разработала, изготовила и поставила парогенераторы: для реактора БОР-60 — опытные, а для БН-350 — штатные для двух петель (из шести) для замены вышедших из строя.

Это были самые крупные работы партнёров по СЭВ.

Наиболее организованное партнёрство началось после проведенного в 1967 г. симпозиума стран-членов СЭВ по быстрым реакторам. Этот симпозиум в Обнинске проходил под руководством А. И. Лейпунского, исключительно внимательно относившегося к любым возможностям иметь партнёров в этих странах. В свою очередь, специалисты этих стран относились к нему с огромным уважением.

Сотрудничество было и двухсторонним, и многосторонним, координируемым специальным Координационным научно-техническим советом. Много лет, до распада СЭВ, этот Совет возглавлял О. Д. Казачковский*.

О ГДР я писал выше. Здесь же начну с Чехословакии.

Специалисты ЧССР к концу 1960-х годов имели амбициозные планы развития своей атомной энергетики, включающей быстрые реакторы. И одним из этапов этого плана они видели создание в ЧССР опытного быстрого реактора типа БОР-60. В ЧССР велись работы по теплогидравлике, были натриевые стенды, велись физические расчетные и экспериментальные исследования, были свои конструкторы, своя производственная база.

В первой половине 1968 г. дело шло к подготовке технического задания на разработку опытного быстрого реактора ZRR. А в это время там уже началась «пражская весна». И вот 21 августа в ЧССР входят войска. В наших умах — смятение. Зачем? Неужели всё так опасно для нашей страны, что братьев-славян надо устрашать танками? Тяжело было.

С нашим сотрудничеством, естественно, ясности нет. Однако к ноябрю становится ясно, чехи приглашают приезжать и обсуждать задание на реактор. У них в стране уже правит Г. Гусак и якобы всё успокаивается.

* О. Д. Казачковский сменил на этом посту А. И. Лейпунского, первого председателя Координационного научно-технического совета стран СЭВ по быстрым реакторам.

Поехала поездом делегация из пяти человек, все из ФЭИ: М. С. Пинхасик, А. В. Карпов, М. Я. Кулаковский, В. И. Матвеев и я. В Праге прежде всего пришли в посольство СССР, где много чего нам, естественно, рассказали, и мы поняли, что обстановка в стране очень непростая.

Нас взяли под постоянную опеку два хорошо уже нам знакомых чеха Тлучгорж и Дубшек, везде ездили с нами и оберегали от неприятных контактов. Но разве можно уберечь от надписей на заборах огромными буквами: «Русские, до Москвы 2000 км!» и т. п. Или в магазине продавщица, к которой обращаешься по-русски, также по-русски отвечает: «Извините, я не разговариваю по-русски». Наши старые знакомые, добрые, славные люди, с горечью рассказывали о том, что творилось на улицах в первые дни вторжения: как шли танки, как стреляли, как погибали люди.

Недоброжелательные акции, надписи мы встречали и при посещении стендов и опытных установок. Как-то мы обедали, и я сидел рядом с чехом И. Чермаком, известным мне уже несколько лет и бывавшим у меня дома в Обнинске. На тумбочке в зале ресторана стояла большая ваза с флажками разных стран. Я заметил про себя, что там нет флага СССР, но ничего не сказал. Чермак же перехватил мой взгляд и грустно сказал: «Да, Михаил, ваш флаг теперь непопулярен».

Но работу свою, всю деловую часть, мы выполнили, и люди, с которыми пришлось работать по подготовке задания и в Праге, и в Пльзене, и в Брно, нормально и добросовестно сотрудничали с нами.

Из Праги нас свозили на экскурсию в Карловы Вары. Посмотрели знаменитый курорт и убедились, что там было много отдыхающих из СССР. Ну а в Праге, конечно же, «отметились» в знаменитой пивной Швейка «У Калиха».

Честно говоря, покидали ЧССР с облегчением. Работа по реактору ZRR продолжалась ещё года два-три. Потом стратегия развития атомной энергетики изменилась. ЧССР стала строить у себя советские реакторы ВВЭР, а быстрыми реакторами стали заниматься выборочно, оставив самую значительную работу по парогенераторам.

С началом этого нового этапа совпала моя вторая поездка в ЧССР в составе большой делегации ГКАЭ в марте 1970 г. Возглавил эту делегацию Ф. Е. Логиновский, а в составе были представители Госплана, институтов отрасли и КБ.

Чехословацкая Комиссия по атомной энергии решила хорошо «прокатить» делегацию по своим предприятиям и показать, что жизнь в стране налаживается. Действительно, обстановка уже была иной. Прежней враждебности заметно не было. Заборы покрасили, но сквозь новую краску ещё проглядывали надписи, напоминающие, сколько километров до Москвы.

И всё-таки положение для нас стало лучше. Нам был устроен большой объезд страны на автобусе. Мы посетили институт под Прагой, заводы в Пльзене, Брно, Чешских Будеевицах, Оломоуце, остановленную АЭС в Словакии и город Братиславу, нас возили в Карловы Вары, водили в варьете и рестораны. Нам подробно показали Пражский кремль и старую Прагу. Перед

отъездом всю делегацию принимал в лучшем ресторане председатель КАЭ Нойман. В общем, всё делалось для того, чтобы начался новый этап дружбы и сотрудничества по использованию атомной энергии.

Лично у меня в этой делегации обязанностей было немного. По реактору ZRR работы угасали, и скоро они совсем прекратились, что, в конечном счёте, разумно.

Часто вспоминаю участника этой миссии Сергея Александровича Скворцова — первого руководителя разработки реакторов ВВЭР в Курчатовском институте. У него в лаборатории начали свой путь в атомной энергетике В. А. Сидоренко, Г. Л. Лунин, А. Н. Новиков и многие другие. Я много общался с ними в той поездке и храню память об этом замечательном человеке, истинно русском интеллигенте.

В марте 1968 г. в Польский институт ядерной физики* под Варшавой пригласили троих работников ФЭИ: В. И. Голубева, А. П. Зиновьева и меня. Мы должны были познакомиться с возможностями участия института в работах по быстрым реакторам и наметить предложения для сотрудничества.

Нас хорошо принимали, знакомили с сотрудниками, с экспериментальными работами. В институте работала сильная группа математиков и расчётчиков реакторов, были отдельные интересные работы по ядерной физике, по приборам. Поляки участвовали, конечно, в работе Координационного совета, но значимых для быстрых реакторов работ от Польши что-то не припомню.

А из нескольких дней в Варшаве помню наш осмотр старого города, восстановленного из руин, помню жуткий памятник войны — Варшавское гетто, памятник Шопену в парке. В центре Варшавы нашей страной был построен Дворец науки и культуры — высотный дом. В нём проходили оперные спектакли, и на один из них нас свозили. Это была «Богема» Пуччини, почему-то поляки называли её «Циганерия». Впечатление сейчас совершенно стёрлось из памяти.

Жизнь тогда в Польше была дорогая и трудная. Люди оттуда старались уехать, и среди наших знакомых были такие, кто покинул страну либо надолго, либо навсегда.

В декабре 1988 г. был приказ ехать в Румынию. Румыния потихоньку участвовала в работе КНТС по быстрым реакторам, проводя расчётные работы, там даже проводился один семинар по методам и программам расчёта. Но вдруг эта страна решила заняться быстрыми реакторами более серьёзно.

В Москву приехала жена Чаушеску, Елена, которая была председателем Комитета по науке и технике. Она встретила с Г. И. Марчуком, который тогда занимал аналогичный пост в СССР, они подписали протокол, согласно кото-

* Институт ядерных исследований (ИЯИ) создан в 1955 г. в Варшаве. В 1960 г. из ИЯИ выделился Институт ядерной физики в Кракове. (Прим. сост.)

рому должно было раскручиваться сотрудничество в нескольких областях разработок. Мне, как директору ФЭИ, было дано поручение срочно готовить предложения и ехать с несколькими специалистами в Румынию согласовывать их для последующего утверждения на уровне министерств. Подготовили. Отправились. Вся группа — сотрудники ФЭИ.

Тягостное впечатление произвела на нас вся обстановка в этой стране. Вспомнились времена культа Сталина. По телевидению — непрерывные восхваления вождя Чаушеску и его жены, хотя телевидение работает только вечером, всего часа 3–4. На улицах — те же портреты и лозунги наших старых времён. Но видеть их можно только днём. Вечером на улицах темно, тротуары освещаются светом из окон. В магазинах — полумрак, купить нечего, продуктов почти нет. Молоко только утром продают на улице.

В вестибюле института в г. Питеште портреты вождя. Сотрудники о своей жизни предпочитают не говорить. Но специалисты есть, и их немало, многие учились в Германии, в США. И экспериментальная база есть. В общем, выработать предложения нам удалось, и программа сотрудничества наметилась. Начались контакты.

Ровно через год в Румынию поехала группа специалистов по новому плану сотрудничества, в том числе Владимир Троянов, мой сын. Именно в дни их пребывания там произошла та самая революция, которая смела чету Чаушеску и весь его режим.

Наши ребята еле унесли оттуда ноги, хорошо, что румынские коллеги помогли добраться до советского посольства. А уж посольство помогло уехать из Бухареста. Сотрудничество закончилось.

В Индии слонов не видели

Сейчас, в начале 2006 г., об Индии, как, впрочем, и о Китае, говорят как о странах, стремительно развивающих свою экономику, всё более завоёвывающих мир. Количество населения Индии оценивают огромной цифрой — 1,3 млрд человек. Когда я попал в Индию в апреле — начале мая 1969 г., на улицах висели плакаты: «Индия имеет 500 миллионов проблем, потому что она имеет 500 миллионов населения». Это цитировалось высказывание президента Индии. Подразумевалась необходимость ограничить рождаемость.

Понятно, что я видел другую страну, но, тем не менее, другого столь же необычного путешествия по чужой стране у меня не было.

Незадолго до 1969 г. между Индией и СССР было подписано соглашение о сотрудничестве по мирному использованию атомной энергии. С этой целью в Индии побывала делегация под руководством И. Д. Морохова — первого заместителя председателя ГКАЭ. В этом соглашении были предусмотрены ознакомительные поездки групп специалистов от обеих сторон, именно ознакомительные визиты, чтобы лучше понять направление дальнейшего сотрудничества. В одну из таких групп я и попал, да к тому же ещё и руководителем. Из Курчатовского

института в ней был Ю. В. Марков, занимавшийся реакторами ВВЭР, из НИИАР — Б. Г. Лященко, занимался в этом институте экспериментами по физике твердого тела на реакторных пучках, из НИКИЭТа — главный инженер института Г. Е. Маслов, но именовался он сотрудником ГКАЭ (тогда НИКИЭТ не «засвечивался»). Так что наша группа имела направленность на технику и физику реакторов. Прямо вслед за нами, всего двумя днями позже, в Индию направилась большая делегация по ускорителям и производству изотопов.

Наша поездка планировалась на две недели, начиная с 19 апреля — это время сухого, жаркого сезона. Прилетев утром в Дели, мы ещё не ощутили, что такое этот сезон в Индии, да к тому же в Дели климат более континентальный. Но вечером того же дня, уже в Бомбее, вкусили липкую и влажную жару, спасали от которой только кондиционеры.

День в Дели мы провели с очень любезной сотрудницей Посольства. Она дала нам много полезных советов: что пить, что есть, какой купить чай, как общаться с попрошайками и т. п. Она же кое-что показала нам в городе. Конечно, привела к знаменитому древнему железному столбу, который «на счастье» надо пытаться охватить руками, прижавшись к столбу спиной, т. е. руками назад. Только у меня получилось. Показали нам и старинные постройки, храмы, место праздничных парадов — Красный форт. Ездили по улицам с каким-то беспорядочным движением, да к тому же коровы попадались прямо на улицах, но хотя бы не на главных. Среди автомобилей люди везли тележки, ехали велорикши. Так что «хлебнули Востока» прямо в первый день.

Вечером мы перелетели в Бомбей, где встретились с нашим «гидом» и сопровождающим на все дни симпатичным молодым индийцем по имени Субраманьян. Он сразу сказал: «Зовите меня Субра». Он недавно возвратился в Индию из Ленинграда, где учился в университетской аспирантуре по физике твердого тела. Вполне прилично владел русским языком. Было ему лет 25–26. Его родители — школьные учителя, а сам он работал в Атомном центре в Тромбее вблизи Бомбея.

Нас поселили в прекрасном отеле, кондиционеры работали отлично, и, чуть отдохнув, мы все вместе, но уже без Субры — он ушёл, пошли на прогулку, а заодно купить бананы. Купили огромную гроздь, и самый здоровый — Г. Е. Маслов — тащил её за стебель.

В гостинице мы помыли бананы с мылом, обмакнули в раствор марганцовки, положили на большущее блюдо и приступили к ужину. Бананов съели по две штуки, а гора на блюде не убавилась. Больше есть не можем... На следующий день в этом же отеле появилась другая делегация из Союза, и мы торжественно вручили им всю эту гору бананов.

Следующий, воскресный, день мы осваивали окружающую местность. Убедились, что Бомбей — вполне европейский город, вдоль моря идет красивая набережная, рядом с отелями — «Ворота Индии» — арка и ступени, спускающиеся к морю: через эти ворота английские войска оставляли Индию. И вокруг экзотика, о которой столько рассказано. Люди в легчайших одеждах или

почти без оных. Около гостиницы на травке — «зоопарк»: укротитель кобр тихонько свистит на своей дудочке. Или человек с маленькой обезьянкой. Кто-то просит: «Бакшиш!». Помним, что милостыню не давать.

Утром пораньше около домов — циновки людей, которые здесь спали ночью и ещё не убрали свои подстилки. Рано утром ходить надо осторожно, чтобы не наступить на «мину», оставленную посреди асфальтового тротуара. Уйма бедных и грязных людей рядом с богатыми красивыми домами. Но и хорошо одетых, импозантных мужчин и женщин в красивых сари полно, и европейского вида людей много. Это было одно из главных впечатлений: контрасты, контрасты везде и всюду.

В первый рабочий день нас пригласили в Комиссию по атомной энергии для обсуждения программы визита. Основные точки посещения мы знали ещё в Москве, но здесь мы попросили за счет небольшого уплотнения включить в программу посещение Агры и Тадж-Махала. И нам пошли навстречу, запланировав визит туда в последние дни. Для посещения Центра в Тромбее нам предоставили катер, так что мы попали в этот Центр с моря.

О реакторе и установках не говорю. Отмечу только замечательный ландшафт и прекрасную архитектуру лабораторных корпусов и зданий. Постройкой Центра руководил большой учёный Индии Хоми Бабб. Ему дали возможность построить там, где он хотел, и по его вкусу, а вкус у него был. Центр носит его имя.

Два раза из Бомбея мы выезжали поездом на площадки АЭС. Одна, в Тарапуре, сравнительно недалеко от Бомбея, тогда была действующей. Её построили американцы, и реактор там был американский.

Другая площадка была в штате Раджастан, вблизи города Кота, туда поездом ехали ночь. Там строилась первая АЭС с реакторами канадского типа и с помощью Канады.

В обоих местах были подробные осмотры, но на второй АЭС был фантастический приём. Мы там оставались ночевать, а вечером под южным звёздным небом был устроен ужин с песнями с обеих сторон. В этом месте Индии посуше, море далеко и было совсем не жарко. Хозяева были в полном восторге, когда мы пели наши студенческие песни. Требовали «на бис» песню, где слова: «Выпьем за гулявших, за ничего не знавших, за сессию сдававших наобум, бум-бум...» Это «бум-бум» и веселило больше всего.

В г. Коте нас завезли на рынок, где ремесленники делали свои чеканные изделия прямо на глазах и тут же продавали.

Очень интересно было ехать поездом, видеть из окна Индию деревенскую и провинциальную. На вокзалах кого только не увидишь: там и йоги, и сикхи в своих тюрбанах, грязные мальчишки, выпрашивающие что-нибудь. Народу на вокзалах очень много. Нас скорее уводили в зал первого класса. Там почище, людей поменьше, кондиционеры работают, водички могут принести.

Между двумя поездками на АЭС в Бомбее мы посещали Институт фундаментальных исследований и были приглашены на ланч к председателю Атомной

комиссии Индии, которая находилась в Бомбее, а не в столице. Это приглашение, конечно, подчёркивало большое уважение к советской делегации.

Председателем Комиссии тогда был Сарабхай. Ланч проходил в нашей гостинице, и он приехал сюда. Я сидел с ним рядом. Он задавал вопросы о Союзе, об атомной энергетике у нас, спрашивал об отношениях СССР и Китая. С Китаем у Индии тогда были столкновения на границе. Вёл себя Сарабхай просто. Был такой эпизод. Подали очень вкусное мороженое с плодами манго. Я его похвалил и получил вопрос, нравится ли мне манго. Конечно, нравится. Беседа шла дальше своим чередом.

И вот в день нашего окончательного отъезда из Бомбея, каждому из нас утром принесли по аккуратной деревянной коробочке с двумя плодами манго. В записке от Сарабхая говорилось, что к нашему возвращению в Москву эти плоды как раз созреют. Так и было. Мы только опасались, что санитарный кордон в Шереметьево может почувствовать благородный запах манго от наших чемоданов. Ведь фрукты нельзя было ввозить. Но пронесло. Вот так Председатель КАЭ Индии!

Далее был Мадрас и строящаяся там новая АЭС, уже чисто индийская, по типу канадской, но по своему проекту, со своим оборудованием. Там же строился, а сейчас играет важную роль в Индии научный центр имени Индиры Ганди, где работают над быстрыми реакторами и действует опытный быстрый реактор. Мы ночевали вблизи стройки АЭС. Утром пошли купаться в океане. Каким-то неласковым он нам показался: большая волна и очень солёная вода. Но важно было «отметиться».

Показывали нам местные достопримечательности: старые храмы, большой индийский базар. Субра с нами, забот у него много. Нас расспрашивают, мы задаём бесконечные вопросы. Ему всё время надо переводить, да ещё и организационные вопросы решать.

Из Мадраса летим в Калькутту. Там предусмотрено посещение Физического института САХА. Этот институт занимается фундаментальной физикой, нам можно было бы его и не показывать, но наше дело — смотреть. Зато в этом городе мы стали свидетелями встречи нашего Субры с его невестой — учительницей английского языка. Они раньше не виделись. Вопрос об их женитьбе решили родители, те и другие. Это соответствовало традициям, которых придерживаются даже образованные люди. На один вечер Субра «отпросился» у нас. Невеста приходила в гостиницу, и в холле Субра нам её представил. Всё как на открытках: красивое сари, на лбу родинка (или пятнышко).

В институте нас встречали как важных персон, благодарили за честь, которой мы их удостоили своим посещением, и т. п. и т. д. Делали нам доклады, мы благодарили...

По городу повозили, он огромен и более «индийский» по сравнению с Бомбеем. Особенность Калькутты — священная река Ганг. В реке стоят по колено в воде сотни людей, они стремятся избавиться от болезней. Поклонение Гангу — священной реке — это многовековая традиция народа. Конечно, опять

древние и современные храмы, среди них храм Джаинов — какой-то религиозной ветви. Джаины не должны вредить ничему живому. Они даже носят повязку, закрывающую рот и нос марлевой сеткой, чтобы случайно не вдохнуть муху или комара.

Из Калькутты летим опять в Бомбей. Там, в Тромбейском центре, подведение итогов, что-то нам ещё показывают. Деловая часть подходит к концу, но экскурсионная ещё не окончена. Нас на катере везут на остров слоновых пещер. Этот остров находится в море, напротив Бомбея и недалеко от него. Там осматривают древние большие пещеры, гуляют среди тропической растительности, общаются с абсолютно наглыми обезьянами, которые, если зазеваться, могут прямо из рук выхватить банан и удрать.

Здесь Субра решил угостить нас тростниковым соком. Сок выдавливают, пропуская стебли сахарного тростника между двух валиков. Ручку валиков крутит продавец. Тростник лежит прямо здесь же на подстилке. Стаканы моются в бачке с водой, а над бачком летают полчища мух. Зрелище, прямо скажем, неаппетитное. Субра нас просит посидеть в сторонке, пока он принесет нам сок. В сторонке мы немедленно глотаем по две таблетки энтеросептола, успевая сделать это, пока наш любезный Чичероне подойдёт к нам со своим «пойлом». Но ведь нельзя было обидеть его. Обошлось и это.

Перед самым отъездом из Бомбея Г. Е. Маслов реализовал свою мечту. Он очень хотел купить большую раковину, но нигде желаемая не попадалась. Он сделал последнюю попытку, вышел к торговцам на набережную и увидел её. Торгуясь «на пальцах», он сбил цену с 20 рупий до 5 и получил вожеленный сувенир.

Из Бомбея улетаем в Дели. Субра с нами. Для него сопровождение нашей группы — большой подарок. Вряд ли он увидел бы всё это без нас. Вот теперь он и в Агре побывает, посмотрит с нами Тадж-Махал.

Утром на легковой машине с шофёром-сикхом в традиционном синем тюрбане мы выехали. Путь длиной более 200 км интересный, но утомительный. Очень жарко печёт солнце. Незадолго до Агры у нас предусмотрен осмотр старинной крепости Фатехпур. Часа два мы ходили по её стенам, заходили в башни, в одной из них через бойницу издали видим Тадж-Махал. Скоро приезжаем в отель, где пробудем сутки, чтобы увидеть Тадж-Махал и днём, и ночью. Отдохнув чуть-чуть, отправляемся на дневной осмотр. Описывать эту сказку в камне, эту грустную красоту очень трудно. К самому мавзолею ведут красивейшие подходы мимо бассейнов с водой. На входе снимается обувь. Люди ходят почти не разговаривая, в тишине, рассматривая дивные каменные орнаменты на окнах, цветные узоры на гробнице.

Тадж-Махал потрясающе выглядит ночью при свете луны. Нам повезло. Ночь была ясной, луна светила в положении «вверх рогами». Завораживающее зрелище этого чуда не забывается.

В Дели мы переночевали. Расстались с Суброй, пожелав ему счастья в предстоящей семейной жизни, и улетели в Москву без приключений. Сказочное

«хождение за три моря» завершилось, но я и не думал тогда, что через два года мне опять придётся побывать в Индии, в Бомбее, и вновь встретиться с Суброй.

В первой половине июля 1971 г. планировалось очередное заседание Международного комитета по ядерным данным МАГАТЭ. Местом проведения был выбран индийский Центр в Тромбее, туда пригласила этот Комитет индийская КАЭ. От СССР в заседании должен был участвовать сотрудник ФЭИ А. И. Абрамов, но по неизвестным мне причинам его не стали направлять. Пропускать заседание наш ГКАЭ считал нежелательным и в поисках кандидатуры, да ещё в условиях дефицита времени, с помощью директора ФЭИ В. А. Кузнецова мне предложили, и весьма настоятельно, отправиться на это заседание. В помощь мне из Вены направили хорошего переводчика. Я его раньше не знал, познакомились только на месте, больше встречаться не приходилось, и я забыл, как его звали. Но помогал он очень хорошо.

Пришлось основательно готовиться к поездке. Многие детали мне известны не были, пришлось разбираться. По всей повестке дня с помощью очень въедливого работника ГКАЭ были разработаны инструкции и определены позиции. Но тайным моим желанием было, чтобы сорвалась эта поездка, тем более что сын должен был сдавать вступительные экзамены в МГУ. Но она не сорвалась, и я в одиночку полетел в Дели.

При пересадке на Бомбей я впервые попал на строгий досмотр багажа и проверку на оружие под одеждой. В Бомбейском аэропорту ждал сюрприз — бастовал общественный транспорт и такси. Спас один из пассажиров-попутчиков. Его ждала машина, и он довёз до советского культурного центра, а уже оттуда меня доставили до заказанной гостиницы.

Трудно понять, почему понадобилось собирать Комитет в Индии в такое время. Был сезон дождей. Каждый день с редкими перерывами лили проливные дожди. Многие индийцы, по-моему, просто наслаждались тёплым дождём. На голых ногах — пластиковые босоножки, вся одежда — хлопковые шорты и легкая рубашка. Дождь прошёл — она подсыхает. Бродячие коровы смиренно, опустив голову, понуро стоят под дождём, кажется, что даже блаженно дремлют. И бесконечные зонтики.

Каждое утро автобусом нас привозили из гостиницы в Центр. Среди участников заседания оказались старые знакомые, появились и новые. Обстановка оказалась не столь сложной, как это виделось дома, тем не менее для себя я решил больше ни в коем случае не попадать на эти мероприятия. После возвращения этим пришлось заняться. С помощью начальства к работе в Комитете был привлечён Л. Н. Усачёв. Он проработал там много лет, до конца жизни. Его сменил Б. Д. Кузьминов, и это были именно те люди, которые и могли там работать при гармоничном сочетании с их основной работой.

Буквально в первый перерыв в зале появляется Субра, узнавший, что из Союза приехал я. Тут же пригласил навестить его дома, где он жил вместе с женой, которую как невесту я видел в Калькутте, и с маленьким сыном. Свободных вечеров было мало, и в тот же вечер, не откладывая, по указанному

адресу в Бомбее я нашёл его жилище. Очень скромная однокомнатная квартира, минимальная обстановка. В кровати — крохотный чернявенький младенец и счастливая мамаша. Под потолком крутится большой вентилятор. Кондиционера нет. Кондиционер — это признак более высокого достатка. Поговорили, выпили чаю, повспоминали наши путешествия, попрощались уже навсегда. Больше мы не встречались.

В один из вечеров — обычный приём. В другой — небольшой концерт, вернее выступление известной в Индии танцовщицы. Всё было в индийских традициях: музыкальные инструменты, музыка, красивые и специфические движения. Перед началом концерта объявили о том, что в зале находятся участники совещания МАГАТЭ. Нам похлопали, а мы получили возможность обзавестись автографами танцовщицы.

Накануне отъезда пошёл по магазинам, пытался купить джинсы сыновьям. Штанов полно, но все короткие. И вот в одном из магазинов, где та же картина, мне говорят: «Но мы можем сделать». Говорю, что я завтра в одиннадцать уезжаю. Мне отвечают, что к десяти всё сделают, если дать задаток. Решил рискнуть и дать. В десять утра я уже выносил из магазина двое джинсов. Тогда это выглядело для меня как фантастика. Привёз хоть и не американские, но всё же джинсы. Так что жаркий сезон в Индии у меня дополнился представлением и о сезоне дождей.

И до, и после этих поездок мне много раз приходилось встречаться с индийскими специалистами по атомной энергетике. Как правило, они имеют очень хорошее образование, часто дополненное западным. В Индии ведётся своя программа развития атомной энергетики, выполняются оригинальные исследования и разработки высокого уровня. Атомная энергетика Индии развивается уже давно на собственной базе, хотя и опытом других стран там не пренебрегают и используют его. В этой стране есть и бедность, и самые передовые технологии.

Повезло, что мне удалось хоть что-то увидеть в этой очень интересной стране.

Япония впечатляет

Эта страна поражает впервые прибывшего из России прежде всего какой-то необычной чистотой, вежливостью людей, вниманием к людям, заботливостью об их удобствах.

Улицы чистые, проходы, ведущие с улицы к зданию во дворе, по утрам моют, да ещё и с мылом.

Водители такси в белых рубашках и белых перчатках, сиденья в салоне закрыты белыми чистыми чехлами.

Платформы на вокзалах и в метро размечены номерами вагонов, и поезда останавливаются именно там, где обозначено.

Два солидных немолодых японца прощаются после встречи и много раз кланяются друг другу.

Девушка, которая принесла кофе участникам совещания, никогда не выйдет из комнаты, повернувшись спиной, хотя никто не смотрит на неё. Она выйдет, глядя на присутствующих и поклонившись.

Утром в густой толпе людей, идущих на работу, много таких, у кого рот и нос прикрыты марлевой повязкой, значит, они нездоровы и не хотят ни на кого кашлянуть или чихнуть.

Около гостиницы, у входа под козырьком — стойка с зонтиками, чтобы житель этой гостиницы мог воспользоваться зонтиком, если он не ожидал, что пойдёт дождь. Когда он вернётся, то поставит зонт на место.

Около магазинов — специальные стоянки для велосипедов, и далеко не все имеют какие-то замки.

Плохо видящие люди могут идти легко, нащупывая палочкой в меру выпуклые ограничители дорожек.

Края ступенек в помещениях и переходах всегда окрашены яркой краской, чтобы никто не оступился мимо ступеньки. Впрочем, на подобных впечатлениях пока остановимся.

В марте 1982 г. я попал в Японию по плану сотрудничества на небольшой двухсторонний семинар по обмену опытом эксплуатации опытных быстрых реакторов и исследований на них.

Нас было шестеро: из ФЭИ — М. П. Никулин с реактора БР-10 и я, из НИИАР — Асеев и Кондратьев, из ВНИИНМ — Головнин. Шестым был руководитель нашей группы Смирнов, первый начальник БОР-60, а затем заместитель начальника Главка.

Проводили семинар в одной из гостиниц Токио, недалеко от той гостиницы, где мы жили, на заседания ходили пешком. Обсуждения были интересными, ведь специалисты, занимающиеся одинаковым делом, всегда имеют предмет обсуждения. Но лично для меня в этом совещании была неожиданность. Оказалось, что из нас шестерых я имею «высший» уровень английского. Оказалось также, что японская переводчица на русский переводит с большим трудом. Вот и пришлось мне переводить доклады с английского на русский. Помогало то, что доклады японцев были написаны по-английски. Так что пришлось работать на пару с профессиональной переводчицей, помогая друг другу.

В первый же вечер после недолгого, но эффективного ознакомления с ближайшими магазинами мы, все шестеро, купили по кассетному магнитофону, получив за «оптовую» покупку заметную скидку. Нам предложили не тащить магнитофоны, сказав, что доставят каждому в гостиницу. Поверили, и точно — получили их на следующий день.

В другой вечер нас пригласили в настоящую японскую таверну. Посадили в небольшой уголок за низкий-низкий столик. Сидеть надо было на подушке, сложив под собой ноги. Это у нас не получалось. Мы долго пытались как-то найти удобное положение, но не могли. В конце концов, вытягивали ноги под столом, носки торчали с другой стороны.

Начав с саке, мы скоро, к удовольствию хозяев стола, перешли на «Столичную» под разнообразную японскую закуску. Но вершиной вечера стала знаменитая рыба фугу. Эта рыба ядовита, её готовят только те повара, которые имеют специальную лицензию. Считается, что эта рыба фантастически вкусна. Об этом же писал в заметках о Японии В. Овчинников. К нам вышел посмотреть на русских и тот повар, который готовил эту рыбу. И вот, увы, «не дошёл» до нас фантастический вкус. Мы лишь благодарно говорили о такой драгоценной возможности попробовать это национальное чудо кулинарии.

После семинара нас повезли на опытный быстрый реактор в исследовательский Центр Мито. После размещения в гостинице — ужин с руководителями Центра. Опять такой же столик. Но сидим как бы в креслах с одним подлокотником, и это уже гораздо лучше. Но (о, ужас) около каждого из нас усаживается гейша. Все они не очень молодые, красиво одеты. Подставляют нам вазочки-тарелочки, подливают саке и всё время говорят-говорят на японском. Обстановка за столом довольно свободная, но для нас уж очень необычно застолье с гейшами, да еще спины и ноги не выдерживают пытки долго находиться в такой позе. Под общий смех ноги высовываются на противоположной стороне стола. Кое-как досидели.

Вспоминается, какая замечательная деревянная посуда была там. Очень красивая, покрыта лаком: мисочки, чашечки, тарелочки.

Позже я узнал, что гейши много лет учатся своей профессии развлекать гостей, отвлекая их от грустных настроений и т. п. Они занимаются этим как психотерапевты. Никаких телесных «утешений». Профессия эта раньше была очень престижной, многие гейши выходили замуж за богатых и влиятельных людей. Сейчас гейш всё меньше. Старая профессия отмирает.

Из Мито на одну ночь мы вернулись в Токио, в тот же отель. А утром испытали, находясь в своих комнатах, небольшое землетрясение. Впечатление было такое, как будто где-то рядом проходит тяжёлый поезд. Похоже, что кроме нас никто не обратил внимания на это событие, хотя подтверждение о небольшом толчке мы получили.

Однажды, перебирая программы японского телевидения, я наткнулся на русские слова, а на экране возникло знакомое лицо диктора Владимира Ухина. Он вёл разные передачи на Московском ТВ, в том числе детские. Оказывается, этот обаятельный человек в паре с ведущей японского ТВ вёл в Токио уроки русского языка. Там был спрос на такие уроки.

Состояние и перспективы атомной энергетики Японии регулярно обсуждает организация, именуемая Атомный промышленный форум. На большие и представительные собрания этого форума всегда приглашаются делегации многих стран.

В апреле 1989 г. на такое заседание от нашего Министерства отправилась делегация под руководством заместителя министра Э. Н. Поздышева. Я попал в эту делегацию. Помимо участия в работе форума, делегации представлялась

возможность и кое-что посмотреть, и кое-где побывать. Делегация ехала за счёт принимающей стороны (за исключением билетов).

Забота и внимание к нашей делегации почувствовались сразу в аэропорту Токио. Группу встретил маленький немолодой японец по фамилии Ито — наш сопровождающий на все время пребывания в Японии. Потом он рассказывал, что был в СССР в плену, где и обучился русскому языку. Как переводчика, его постоянно привлекают к работе с русскими.

Ито привёз нас на станцию, откуда скоростным поездом повёз на место проведения форума — Киото, древнюю столицу Японии.

После размещения в хорошем отеле на ожидавшем нас автобусе мы поехали на осмотр достопримечательностей. Их в этом городе — несметное количество. Названия старинных, многовековой давности храмов запомнить невозможно. Красота и своеобразие этой старины сопровождаются идеальным порядком и чистотой. Посетители ходят по храмам очень тихо, благоговейно.

Самое большое впечатление оставил храмовый комплекс, в котором находится всемирно известный «каменный сад», созданный в XVI веке. Это место раздумий и размышлений о жизни, о Боге.

В огороженном прямоугольнике на белом гравии расположены 15 камней разного размера. Кто-то писал, что всегда один камень не виден, закрывается другими. С какой бы точки, находясь около прямоугольника, вы не смотрели, какой-то один из камней прячется. Хотя мы и не очень торопились с осмотром, но проверить это не могли. Большинство посетителей и этого, и других мест — японцы. Видимо, Киото — это Мекка для них. В древней столице им надо побывать, поклониться старине.

Заседания форума начались на следующий день, проходили они в прекрасном современном конгресс-комплексе, и участников там было очень много. Обсуждаемые вопросы: статус атомной энергетики, программы развития (или сворачивания), безопасность, экология, общественное мнение. Специально приглашались противники атомной энергетики, в результате высказывались совершенно полярные мнения о будущем. С докладом выступал Поздышев, а Нефёдов его переводил.

Вся неофициальная часть форума — банкеты, приёмы, обеды — были очень богатыми и многолюдными. На одном из фуршетов, где особенно много было экзотики, кто-то из знакомых предложил мне отведать улиток. Я отважился и не пожалел, они оказались очень вкусными, однако убедить своих коллег хотя бы попробовать их я не смог.

Японцы любят свою историю, свои легенды. К техническим сооружениям, например к АЭС, они привязывают либо легенды, либо дают название из легенд. Они стремятся привнести в технику какое-то гуманитарное начало, свою древнюю культуру. Мне показалось, что именно поэтому на торжественные технические церемонии они приглашают артистов, художников. Вот и в Киото на большой обед был приглашён знаменитый японский художник, который специально и обстоятельно рассказывал о какой-то своей новой работе, хорошо

известной в Японии, но неизвестной нам. Его торжественно встречали, внимательно слушали и долго аплодировали.

После форума начался технический тур. Сначала нам показали Центр по безопасности АЭС. Там стажируются персонал станций. Учат культуре безопасности, разбирают случившиеся аварии и т. п. Очень много наглядных пособий. Этот Центр расположен по дороге к западному побережью острова Хонсю, а на самом побережье, отгороженном от суши горной грядой, находятся площадки нескольких АЭС. На одной из них, АЭС «Ои», мы побывали. Эта АЭС тогда строилась. В разной готовности были два блока. Опять же, поражаться приходилось тому, как всё аккуратно и чисто, даже там, где идут бетонные работы. Грузовик, который привёз бетон, не выедет за пределы площадки, пока у него не обмоют колёса. На площадке нет никаких гор мусора, никаких завалов. Рабочие — в чистых комбинезонах. И очень живописное место. Смотреть АЭС в стадии строительства было интересно — всё видно, всюду можно подойти.

Далее наш путь лежал на юг. Мы опять едем скоростным поездом. Очень комфортные условия, удобные сиденья, широкие окна. В поезде обедаем, всё приносят. За окном мелькают крохотные участки полей, домики, посёлки. Проезжаем, как можно понять, металлургический завод. Он расположен ниже насыпи железной дороги и хорошо виден. И снова поражают чистота и порядок на его площадке. К вечеру мы приехали в г. Окаяма. Здесь у нас только ночлег в гостинице в центре города. Осматривать город некогда. Вечером устали, а утром — отъезд. Дальнейший путь пригородным поездом, потом автобусом в Центр, где проводятся исследования по сейсмическим воздействиям на оборудование АЭС. Это очень важная работа для Японии. Все АЭС, и вообще все серьёзные сооружения, там строятся с учётом сильных землетрясений.

Специальный Центр (Тодоцу) имеет уникальное оборудование — специальные столы, на которые устанавливают насосы, парогенераторы, другие агрегаты, а затем эти столы вместе с тем, что на них, трясут, как это и бывает при землетрясении. Потом — обследование результатов испытаний. В мире, кажется, всего два подобных центра. Там всем нам было очень интересно, уникальность Центра, технические возможности и оснащение оставили большое впечатление.

Итак, Форум, потом Центр по безопасности, АЭС «Ои», Тодоцу — наша техническая программа закончилась. Снова в замечательном поезде из Окаямы мчимся в Токио. Там планируются встречи с разными начальниками в разных министерствах. Эти мероприятия касаются Поздышева и Нефёдова, хотя нас, остальных членов делегации, Поздышев везде берёт с собой. Ито тоже везде бывает, но ночевать ездит домой куда-то под Токио и каждое утро приезжает за нами в отель. Когда визиты закончились, он ещё провёл экскурсию по Токио. Опять несколько храмов, объезд вокруг Императорского дворца.

Однажды он привёз нас пообедать в интересный ресторанчик на главной улице Токио — Гинзе. У входа, как обычно, сняли обувь, входим в небольшой

уютный зал, где нас провожают к низкому столику. К столику с противоположной стороны примыкает стойка, а за ней — повар. Но вот сидеть за этим столиком, скрючивая ноги, не надо. Сидим на подушечках, а для ног сделано углубление в полу, да ещё и подогрев на дне. Совсем другое дело по сравнению с тем, как мы маялись в прошлую поездку. Столик и стойка сделаны дугой, за ними около своих котлов повар, который быстро варит и жарит креветок, кусочки рыбы, мяса, овощей. Вытаскивает их из кипящего масла или воды, кладёт перед каждым, мы макаем их в соевый соус, запиваем пивом... Даже слюнки текут, когда вспоминаю этот «смак».

Перед отъездом Ито завёл нас в магазин электроники, принадлежащий его знакомому. Наверное, он водит туда всех русских. Отличные видеомэгниетофоны купили мы в этом магазине, да ещё с инструкциями на русском языке. Конечно, покупки нам доставили в отель и разложили по номерам.

Ито позаботился о том, чтобы память о поездке у нас сохранилась. Он везде фотографировал нас, и уже дома каждый по почте получил много фотографий. Просматривая их, вспоминаешь гораздо больше деталей, интересных мелочей. Но ведь всего не опишешь.

Я часто вспоминаю этого маленького японца. Совершенно безукоризненное, четкое выполнение всех своих обязанностей, деликатность абсолютно без заискивания перед начальством. Это выглядело контрастом к хамоватому поведению некоторых моих сограждан. Примеры опустим...

В 1997 г. настала очередь Японии проводить конференцию GLOBAL, предыдущая была во Франции, в Версале, я рассказывал о ней. Местом проведения стал город Иокогама, где в огромном современном отеле «Тихоокеанская Иокогама» 5–10 октября и состоялась эта конференция. На конференции GLOBAL ездит много русских из разных институтов, ездят чиновники из Министерства. Важно достать деньги для поездки.

А. Н. Чебесков, А. П. Иванов и я от ФЭИ ездили за счёт средств проектов МНТЦ. Чебесков и Иванов подготовили доклады для устного представления, я участвовал в одном из докладов вместе с Чебесковым.

Прямо из Токийского аэропорта автобусом по шикарным японским дорогам мы приехали в портовый город, очень красивый в той его части, которая выходит на бухту. Из отеля к месту конференции мы проходили самой красивой частью города. При желании и для ускорения часть пути можно было перемещаться движущимся тротуаром. Он такой же, как эскалатор метро, но его основная часть не наклонная, а горизонтальная.

Около берега пришвартован большой старинный парусный корабль. Вечером весь его силуэт и мачты освещены лампочками, и он очень эффектно выглядит.

Набережная по берегу бухты уходит очень далеко. Там причалы для судов. Там же и парковая зона с развлечениями, барами и т. п. У одного из причалов на вечной стоянке большой корабль — ресторан на воде. Он называется «Хика-

ва-мару». На его палубе вечером 6 октября состоялся банкет для участников конференции. Это было интересно. На «Хикава-мару» нас доставили большим катером от причала, расположенного рядом с местом конференции. У трапа приветствуют гостей хозяева судна в морской форме. На верхней палубе — столы с закусками, по периметру — столы с напитками, за ними — «разливающие». Есть типично японская кухня, есть западная. По радио от хозяев конференции и хозяев корабля звучат приветствия, но они уже не перекрывают всеобщий гам и шум. Всё, как на обычном банкете, только в необычных условиях. Но была изюминка, совершенно особая, японская. Нам показали выступление ансамбля барабанщиков (несколько барабанов, на которых играют три девушки и один парень). Потрясающая техника и согласованность, красивые движения красивых девушек, какая-то особая жизнерадостность на палубе. Замечательное национальное искусство.

На конференции было много полезного. Чувствовалось, что атомная энергетика начинает «оживать» после застоя, связанного с авариями. Помимо докладов и их обсуждения конференция сопровождалась большой выставкой с разделами и экспонатами комиссий и фирм США, Европы и, более всего, Японии. Там всегда было много народа.

Иногда вместо неинтересных заседаний ходили по городу. Так узнали, что недалеко от причалов есть Чайна-таун. Попали там на какой-то праздник, когда большая толпа людей в масках таскает какую-то куклу-дракона с криками, пестардами. Разыгрывается какое-то представление, потом толпа перемещается и снова останавливается. Нам показалось, что возбуждения там слишком много и лучше вглубь чужого веселья не забираться.

А вот другое впечатление, совершенно противоположное.

В многоэтажном магазине типа «Пассаж» на одном из этажей стоит большой концертный рояль, за ним — пианист в строгом костюме. Играет он европейскую лёгкую музыку, часто даже классику. Никакого рока, никакого джаза и японской музыки нет. Только красивая мелодичная музыка. Это уже из другой цивилизации. Точно такую картину я видел совсем в другом месте, в Сан-Франциско. Там также в огромном магазине был рояль и звучала классика. Так что схожие картины я увидел по обе стороны Тихого океана. Забавно!

Две недели в Китае

В начале 1990-х годов в Китае началась целеустремленная подготовка к созданию опытного китайского быстрого реактора типа БОР-60. В Китай начали ездить специалисты ФЭИ, ОКБМ, проектной организации с лекциями по различным направлениям, начались стажировки китайских специалистов в ФЭИ.

В октябре 1996 г. и мне довелось поехать с лекциями в Институт атомной энергии, находящийся недалеко от столицы, подобно Обнинску. Меня пригласили приехать вместе с женой, Валентиной Ивановной.

Примерно два месяца я готовил лекции и иллюстрации, направил программу лекций в Китай, они всё безоговорочно приняли. Всё проживание оплачивала китайская сторона, даже за лекции что-то платили, мы должны были только выкупить билеты, да и то на льготных условиях.

29 октября мы полетели в Пекин. Тем же рейсом возвращалась в Китай группа сотрудников института, в который мы направлялись. Они возвращались с каких-то переговоров, касающихся работ России по проектированию китайского быстрого реактора (CEFR). Среди них были и те, кто слушал потом мои лекции. Так что отправились из Москвы вместе с хозяевами.

Шустрые женщины из международного отдела института всех нас взяли в микроавтобус и повезли по отличным дорогам, пересекая часть Пекина. Сразу поразили эти дороги и совершенно европейский вид зданий, мимо которых мы ехали. Только рекламы и вывески — почти одни иероглифы.

В институтской гостинице — просторный номер, на столе фрукты, бутылки с пивом и кока-колой, большой термос с кипятком, пакетики зелёного чая. Телевизор с множеством программ. Фрукты, напитки, чай всегда были на столе. Вот только отопительный сезон ещё не наступил, горячая вода подавалась ограниченно, и всё время в гостинице было довольно прохладно. Осень давала о себе знать.

Через некоторое время к нам пришёл один из руководителей института, очень симпатичный и уважаемый человек Чен Шу Пин, которого я знал по его приездам в Обнинск. От него исходила инициатива пригласить меня. С ним мы обсудили весь регламент нашего пребывания там.

Лекции планировались по понедельникам, средам и пятницам, примерно по 6 часов в день. Остальные дни выделялись на экскурсии и осмотры. Таким образом, следующий день для нас был не рабочим, а экскурсионным.

Вместе с Чен Шу Пином мы поужинали в гостиничной столовой, где дальше всё время питались, если не были в отъезде. Нас двоих кормили в огромной комнате, и там мы знакомились с китайскими блюдами, часто необычными, например жареными бананами.

В первый день нас, конечно, ведут на площадь Тянь-Ан-Мынь, и мы встаём в очередь в мавзолей Мао. Понимаем, что так надо. Очередь огромная, но движется быстро, и поближе к входу все покупают красные гвоздики и кладут в зале, где ещё саркофага нет, он — в следующем зале. Потом пересекаем вдоль эту огромную площадь и идём осматривать «Запретный город» — цепь дворцов, где жили императоры. Хотя и осень, посетителей очень много.

Сопровождающая из международного отдела приносит нам маленькие магнитофоны с наушниками. На кассете записано описание маршрута по всему комплексу. Так что наша дама может почти ничего не объяснять. Она часто работает с русскими, есть ещё несколько человек с такими же обязанностями. Чтобы не затруднять китайскими именами, все взяли себе русские псевдонимы: среди переводчиков были «Наташи», «Гали», «Яши». С нами в этот день была «Алла», и наше первое приобщение к Пекину произошло с ее помощью. С ней

мы не только посмотрели «Запретный город», но походили по улицам, зашли в большой магазин, пообедали в закусочной «Кентуккский цыплёнок».

Сразу бросилось в глаза, как же много везде людей: заполненные тротуары, масса велосипедистов. Эта многолюдность впечатляла везде, где бы мы ни бывали.

На следующий день начались мои лекции. Меня переводили на китайский. Среди слушавших определились люди с разной подготовкой, что можно было понять по вопросам. Были специалисты с хорошей подготовкой. Учитывая разный уровень, я старался дать им представление о проблемах и решениях, о нашем выборе в разработках, рассказать об истории развития работ. И признаюсь, эта доброжелательная аудитория была мне интересна. Все мои лекции проходили в присутствии Валентины Ивановны. Посреди каждой, утренней и вечерней, «сессии» был перерыв, нам отводили комнату, где можно было попить чаю, посидеть в кресле. На обеденный перерыв нас возили в столовую при гостинице. Вечером опять привозили в гостиницу. Там же был ужин.

В свободное время мы иногда ходили по городку, хоть в какой-то мере хотели увидеть незнакомую нам жизнь. Странно было видеть, что на окнах нет занавесок, на улицах не бегали собаки, и людей, прогуливающих собак, не видели... Жилые дома двух-трёхэтажные. У домов во многих местах стояли на земле прислоненные к стенке кочаны китайской капусты вытянутой формы — заготовки к зиме. Здесь тоже множество велосипедов. Когда сотрудники института уезжают с работы, автомобилям приходится лавировать в велосипедной гуще.

«Культурная программа» нашего визита была замечательной. Одна из поездок — в буддийский монастырь с большим храмом. Внутри храма находится огромная статуя Будды высотой в несколько этажей. С балкончиков каждого этажа монахи шестами надевают и снимают длинные полотнища ткани. В одном из залов в присутствии посетителей монахи, сидя по кругу, предавались молитвам и медитации.

Замечательный парк со множеством дворцов, с храмами, беседками, озером был резиденцией Императрицы. Туда мы поехали в сопровождении «Наташи», но её имя мы выучили — Го Сю Ань. Высокая, красивая, очень приветливая девушка выделялась среди своих коллег эрудицией, не была такой «зажатой», как её коллеги. Го Сю Ань была не замужем. Рано обзаводиться семьёй в Китае не рекомендовалось, в частности тем, кто находится на госслужбе. Её отец имеет специфическую для Китая специальность — каллиграф, красиво пишет надписи, лозунги иероглифами. Она потом приезжала с группами специалистов в Обнинск, мы приглашали её домой. И в Китае, и в Обнинске она много рассказывала нам о китайской жизни, о своих родителях.

Эта девушка нас и знакомила с резиденцией Императрицы. Был очень хороший солнечный день, везде было много людей, а в укромных уголках парка китайские пенсионеры занимались гимнастикой «У-шу».

На Великую китайскую стену мы ездили в сопровождении скромного, стеснительного мальчика по имени Те Ве (псевдоним остался неизвестен). Гидом он был неважным, видно стеснялся. Но на этом «объекте» особые пояснения не нужны. Впечатление это сооружение производит неизгладимое, достаточно пойти в одну, потом в другую сторону, посмотреть с высоких мест вдаль. Если хочется, можно посмотреть вдаль со спины верблюда, который спокойно стоит рядом с хозяином, собирающим плату хоть за «посидеть», хоть за фото на фоне «скотинки».

Туда и обратно мы ехали по хорошей дороге, но рядом была уже готовая, но ещё не открытая шикарная автострада — свидетельство того уровня, который уже тогда, 10 лет назад, был в Китае.

Показали нам природное чудо — огромные пещеры в горном районе примерно в полутора часах езды от нашего городка. Это даже не одна, а несколько соединяющихся пещер. Они напоминают пещеры в Новом Афоне. Сделано очень эффектное освещение, мостики через подземный ручей, красиво проложенные тропы, по которым группа за группой идут экскурсанты.

Прямо-таки музейным было посещение некоторых торговых мест. Прежде всего впечатлил шёлковый рынок. До входа в него на площади толчётся много народа. К каждому «белокожему» не раз кто-нибудь подойдёт и тихонько скажет: «Си Ди». Это нелегальная продажа компакт-дисков. Говорят, что как их ни гоняют, эта толпа торговцев неистребима.

Ряды шёлкового рынка очень красивы. Халаты, ткани, покрывала, платки всех цветов и в необозримом количестве блестят, колышутся ветерком. И то там, то здесь русская речь. Братья-россияне прибыли за дешёвым шёлком. В лавках часто встречаются надписи по-русски. Кто-то и разговаривает.

В большом универмаге, уже не на рынке, а на центральной улице — огромный отдел, где продают меха. Русских уговаривают и зазывают с разных сторон. Валентина Ивановна на какую-то вещь нарочно говорит: «Это собака?». В ответ возмущенно: «Нет, собака! Инота!» — то есть, не собака, а енот. На другом этаже — жемчужный рынок с невообразимым количеством украшений из жемчуга. И это чепуха, что китайские товары отличаются низким качеством. Это к нам через «челноков» идёт всякое барахло. Там — масса прекрасных товаров.

«Музейным» явлением для нас было знакомство с китайской кухней. Почти везде — поворотный круг на столе, куда выставляется много разных блюд. Поворачивай и бери. Овощи, рис — это всегда. Хотя Пекин и не у моря, всякие морские «твари» на столе бывают. Часто перед посетителем на столе ставят подставку с котелком, под ним спиртовка, в котелке кипит вода или масло. Туда совсем ненадолго опускаются тонкие ломтики мяса, рыбы или овощей, они очень быстро становятся готовыми. Почти везде можно орудовать по выбору палочками или вилкой. Но после пещеры мы обедали там, где были только палочки. Управились и таким инструментом.

Наш опекун Чен Шу Пин ещё при первой встрече сказал, что хочет обязательно угостить нас уткой по-пекински. Он своё обязательство выполнил дважды. Особенно эффектно это было устроено во второй раз. Чен Шу Пин привёл нас в знаменитый ресторан, который назывался, кажется, «Уточка». Но приглашение исходило от его друга, бизнесмена, которому почему-то очень хотелось посидеть за уточкой с русскими. Ресторан этот оказался знаменитым своими посетителями. Там бывали и президенты, и премьер-министры, космонавты и артисты. Подтверждение — фотографии на лестницах, в вестибюле, в залах.

Когда после «разминки» дело дошло до главного, пекинской утки, в зал вкатили тележку с уткой, вышел повар в белом колпаке и большим ножом начал быстрыми взмахами срезать тонкие ломтики утиного мяса, эти ломтики подавались на вращающийся круг. На кругу уже стояли блины. Ломтик утки заворачивался в блин, смазывался соевым соусом, и оказалось, что это очень вкусно. К тому же пекинская утка — это целый гастрономический ритуал.

Директор института и его заместители устроили нам замечательный ужин в том городе, где находится институт и где мы провели две недели, наполненные впечатлениями. Вот только название города не запомнил...

Прошло с тех пор более девяти лет. Реактор CEFR готовится к пуску. Китай продвигается и в этом направлении.

На земле обетованной

Весной 1998 г. пришло письмо из Израиля. Писал господин Гальперин, с которым мы были в Вене на совещании по перспективам развития ториевого топливного цикла атомной энергетики будущего. Он (бывший гражданин СССР) извещал меня о том, что эта проблема будет обсуждаться одной из секций международной конференции в Израиле, что он будет организовывать эту секцию и предлагал выступить там с докладом о работах по этому направлению.

Предложение было очень соблазнительным не столько тематически, сколько возможностью побывать в такой интересной стране. Оказалось, что на эту конференцию и на доклад можно получить грант МНТЦ. Этот грант обеспечивал проезд, гостиницу и суточные, приёмы по международным нормам, а не российским. Вступительный взнос согласился оплатить ФЭИ. В результате, с приемлемым добавлением, можно было планировать поездку вместе с Валентиной Ивановной.

И всё получилось, да к тому же мы были не одни: из нашего института поехали П. П. Дьяченко с супругой, Б. Н. Кононов с супругой и внуком, Г. И. Тошинский и В. М. Декусар. Для участников конференции предусматривались экскурсии с частичной оплатой. О них речь впереди.

Почти всей группой обнинцев мы отправились в Тель-Авив в пятницу, где-то 23–24 июня. В субботу рейса не было, а на воскресенье планировалась экскурсия.

Из аэропорта мы довольно долго добирались до курортного пригорода Тель-Авива — Герцлии, где проходила конференция, потом оформлялись в гостиницу. На улице очень жарко, но в помещениях, в транспорте комфортно — всюду кондиционеры. А с балкона номера открывался прекрасный вид на морской берег, на пляжи, которые тут же, рядом с гостиницей. И впереди у нас ещё два свободных дня до начала конференции. В воскресенье — плановая экскурсия к Мёртвому морю, а в субботу — внеплановая в Назарет. Оказалось, что в Назарете живёт бывшая ученица Людмилы Александровны Дьяченко, преподававшей раньше в музыкальной школе. Наташа продолжала музыкальное образование в Москве, где познакомилась с израильским арабом, учившимся в Москве на юридическом, вышла за него замуж, уехала с ним в Израиль, жила там уже несколько лет, родила двух детей, работала по своей профессии. Её мать осталась в Обнинске.

Из гостиницы Л. А. Дьяченко позвонила и получила приглашение приехать к ним всей компанией из семерых (двое Дьяченко, двое нас и трое Кононовых). Мы наняли микроавтобус и поехали в наше первое путешествие по Земле Обетованной. Нас очень тепло и радушно встретили в этой семье. В ней царил любовь, доброта, очень нежное отношение к детям.

Хозяева нас провели по всем знаменитым памятным священным местам. Всего было так много, а на улице так жарко, что многое сейчас подзабылось. Более всего запомнился храм Богородицы с балконом, с которого мы смотрели на нижнюю, главную часть храма. Помню ещё православную церковь со святым источником, в котором мы омывали руки.

Гостеприимные хозяева отпустили нас только вечером. Мы с ними обедали, разговаривали. Оказалось, что Наташа вносит главный заработок в семью. Её профессия пользуется спросом. А муж ещё не получил лицензию для полного вступления в должность (что-то вроде юриста при фирме). Он должен был подтвердить знание законов Израиля. Обучаясь в нашей стране, он изучал базовые дисциплины, а здесь требуется ещё и законодательство страны. А в общем, судя по их рассказам по крайней мере, в то время они уже вжились в местные условия. Любопытно, конечно, было бы узнать, как сложилась дальше жизнь этой семьи.

После Назарета, уже вечером, мы впервые окунулись в Средиземное море: тёплое, ласковое, а дальше — каждый день всё свободное время проводили на море.

Сразу же мы почувствовали, как много в Израиле выходцев из России или из СССР. На пляже где-то рядом часто располагалась семья или группа говорящих по-русски. На улице то там, то здесь слышишь русскую речь. В сервисе (в гостинице, в транспорте) все говорят по-английски.

В гостинице, где мы жили, имеется свой бассейн с чистой морской водой. Он расположен на открытом воздухе, на заднем дворе. Всё там в идеальной чистоте, благоустроено и красиво. Хочешь в море — можешь мимо бассейна по тропе спуститься к морю.

В номере можно приятно посидеть в кресле на балконе, особенно вечером, под звёздным небом. Завтрак в гостинице — это шведский стол с горами фруктов, маслин, оливок, со всем, что только можно вообразить. Мы часто вспоминаем нашу жизнь в этой гостинице на берегу моря.

В воскресенье записавшихся на экскурсию везут на развалины дворца царя Ирода и на Мёртвое море. Заранее предупредили, чтобы ходили с бутылочкой воды и почаще пили — уж очень жарко, а на развалинах, на высоком холме, кондиционеров нет. К началу осмотра на изрядную высоту идёт фуникулёр, работающий без остановки. Людей приезжает очень много. Много диковинного и интересного в этих каменных постройках. Трудно поверить, что этому всему 2000 лет.

Потом — Мёртвое море. Ходить босиком по камням невозможно, всё раскалено. Вода такая плотная, что лежать на ней можно не двигаясь. Солёная ужасно и мутноватая из-за ила на дне. И вода, и ил — целебные. Самый молодой из нашей обнинской кампании, внук Кононова, тут же весь намазывается илом и фотографируется. Выйдя из воды, надо обязательно ополоснуться, иначе весь покрываешься высохшей солью.

Это «дикий пляж», но по побережью сплошь идут лечебницы, санатории, магазины с препаратами из воды и ила и, конечно же, сувенирами. Очень много в этих краях иностранцев, приезжающих лечиться. Знаю, что несколько раз там бывал в санатории наш обнинец — А. Ф. Цыб. Приглашали его туда израильские врачи-коллеги.

Вечером участники конференции встретились на традиционном приёме. Многие приехали с жёнами, состоялись знакомства, хотя знакомых иностранцев на конференции было немного.

Эти регулярные конференции рассматривают различные перспективные, иногда далёкие, возможные применения атомной энергии, проблемные вопросы будущего развития атомной энергетики. Как правило, доклады содержат не столько детали, сколько общий взгляд на проблему, перспективы, трудности, достижения. Часто приглашают с заказными докладами известных учёных, Нобелевских лауреатов. Всё так было и на этот раз. Всегда есть пленарные заседания и секционные — тематические.

Свой доклад я делал на секции. Подготовился основательно, имел множество слайдов, просматривая которые, можно было бы и без докладчика понять содержание доклада. Но я выступил, потом отвечал на вопросы. Рад был, что меня поняли и неплохо приняли. Наши приходили слушать меня, я ходил слушать их доклады.

Жёнам во время конференции устраивали отдельную программу. Один день они знакомились с кибуцем — израильским «колхозом», другой — с ювелирной фабрикой. Устраивали для них специально поездку в город Хайфа. У них там от группы отстала одна американка, что до позднего вечера волновало весь народ. Потом она приехала с какой-то оказией.

В один из вечеров всех участников и гостей повезли на ужин в огромный рыбный ресторан в Тель-Авиве, в припортовом районе, так сказать, повезли «в народ». Народу там, правда, кроме нас не было, но всё было просто: большие деревянные столы, простая обстановка и своеобразные блюда. У меня — какая-то огромная рыба, справиться с которой до конца не удалось. Ну а поскольку наши уже немного освоились, было шумно и весело.

После окончания конференции — экскурсия в Иерусалим. Поехали в нескольких автобусах, в каждом — свой англоговорящий гид. Всё хорошо и подробно рассказывает. Первое впечатление — это вид на старый город со смотровой площадки на холме до въезда в город. Одноцветные, тесно расположенные, невысокие постройки под слепящим солнцем и редкие полоски зелёных деревьев между ними. И ощущение какой-то нереальности, потому что не видно ни людей, ни машин — далеко своя жизнь.

Недалеко находится православный храм. Все российские экскурсанты идут туда. Там — приветливые старушки, говорящие по-русски. Там мы получаем тонкие свечи, которые будут нужны позже, в Храме Господнем.

Назову те места, с которыми связаны наиболее яркие впечатления.

Стена плача. После входа в большой огороженный двор женщины идут в правую часть, мужчины — в левую. Мужчинам дают маленькие колпачки из белой бумаги. Около самой стены много людей, вставляющих в щели между камнями записки с просьбами к Богу. Через вход в стене я прошёл в какие-то помещения, где ортодоксальные евреи в своих чёрных одеждах, не обращая никакого внимания на посторонних, занимаются своими делами. Кто-то истово молится, кто-то молча стоит, погруженный в свои мысли, кто-то читает книгу (талмуд).

Потом площадь с домом Прокуратора, а от него ступени, идущие на Голгофу. По всем этим ступеням прошли и мы. На всех остановках — указатели и надписи.

Храм Гроба Господня переполнен людьми, там мы обжигаем на огне пучок наших свечей. Это — их освящение. Освящённые в Храме свечи — особая реликвия. Хотя везде столь людно, много толчеи, гид торопит — всё равно чувство причастности к Великому в этом Храме и в других местах Иерусалима наполняет более всего, несмотря на мешающие чужие разговоры или толкотню.

И вот уже отправляемся в обратный путь. Очень дотошная процедура проверки пассажиров в аэропорту Тель-Авива. Женщина в форме задаёт множество вопросов. Где именно были, с кем встречались, что делали в Израиле, что везёте, не поручали ли кому-либо свой багаж? Просит меня даже показать доклад, который я делал. Некоторые вопросы задаёт неоднократно. Убедившись, что мы не террористы, пропускает. Такого «допроса» я больше нигде в своих поездках не встречал.

Дальше всё проходило по обычному алгоритму. Вечером — Москва, еле успеваем к последней электричке, ещё два часа — и мы дома, обреченные теперь на воспоминания.

Проза поездок

Удастся ли поехать? Такой вопрос мог очень долго оставаться без ответа для подавляющего большинства моих товарищей по работе, сотрудников других институтов часто вплоть до последнего дня. Так было до конца 1980-х — начала 1990-х годов. Я знал немногих, кто не хотел бы заглянуть «за бугор». Эти люди — скорее исключение. Для тех же, кто хотел и мог с пользой для дела побывать в заграникомандировке, надо было пройти много разных этапов на пути «туда».

Основанием для заграникомандировки являлся отраслевой план международного научно-технического сотрудничества. В нём были отражены мероприятия, предусмотренные договорами, соглашениями, протоколами, планами международных организаций, например МАГАТЭ. Туда могли попасть и инициативные предложения от институтов, скажем, участие в какой-то конференции. Чтобы такое предложение попало в план, надо было его хорошо обосновать и иметь сильную поддержку. Хорошо, когда директор института переговоров с начальством, это даже необходимо.

После «утрайки» план приходит в институт. В пунктах плана говорится: куда, на какой срок и когда планируется выезд и сколько человек от института туда надо предложить. Лаборатории отдела дают предложения, а некий институтский «ареопаг» их рассматривает, делает отбор для дальнейшего хода.

В страны СЭВ командировать попроще, новому человеку надо для начала съездить в Болгарию или Польшу. В капстраны разбирательство более придирчивое. После этого пошла круговерть. Характеристика, справка из отдела кадров, рассмотрение на городской комиссии. В какой-то период были ужесточены требования к состоянию здоровья командируемых за границу. Пригодность по здоровью должны были подтвердить не только терапевт, невропатолог, хирург и психиатр, а главное, венеролог соответствующим осмотром. По медицинским требованиям того периода и людей с хромотой не выпускали, даже если хромали они с детства.

Из города документы шли на решение комиссии обкома КПСС. Только когда всё это пройдено, документы попадут в Министерство. Бывали разные нюансы в этой цепочке в разное время, но всегда это было очень громоздко, долго. Ясно, что по дороге бывали отказы, причины которых никогда людям не объяснялись. Из списка мог запросто вылететь тот единственный специалист, который более других и был бы нужен для этой поездки. Одни «отказники» переносили такие случаи спокойно, другие — обижались, спрашивали: «Почему?», — а ответить им было нечего.

В Министерстве — свои ступени, оформление паспорта. Долгое время все мы ездили по служебным синим паспортам, потом всех, с кем мне приходилось ездить, перевели на красные.

Если всё шло без отказов, то накануне отправления отъезжающие собирались в Министерстве получать документы, деньги, слушать инструкции. Тех, кто ехал в первый раз, приглашали на беседу в ЦК КПСС. К концу дня приво-

зили паспорта с визами. Было время, когда обязательной была не только виза той страны, куда ехали, но и так называемая выездная виза. И на этой стадии тоже мог случиться «отлуп». Бывало даже и так, что человек возвращался из аэропорта домой. Когда отменили выездные визы, всё равно из-за нашей бюрократии запросы на визы подавались с опозданием, отсюда задержки до последнего момента в иностранных посольствах.

Повторяю, я рассказываю о самом жёстком этапе. Сейчас всё можно сделать намного спокойнее. Но продолжим о том времени.

Немало хлопот доставляло оформление докладов, которые надо было иметь с собой. На вывоз нужно было иметь разрешение Главлита, т. е. цензуры. Здесь тоже часто всё решалось в последний день, особенно в том случае, когда авторы не проявили усердия и пунктуальности. Но часто и занятый делами специалист не готовил загодя доклад, потому что не был уверен, понадобится ли ему доклад, поедет ли он.

Деньги на командировку выдавали в бухгалтерии Управления международных связей. Если ехала группа, то в ней выделялся казначей. Трудно было укладываться в нормы по гостинице. Перерасход надо было подтвердить в советском посольстве.

В советские времена, как и сейчас, бывали приглашения, например в МАГАТЭ, на совещания с оплатой принимающей стороной. В этих случаях нормы были много выше наших. Но расходовать полученные деньги можно было только по нашим нормативам. Сейчас уже не «грабят».

Практиковалась форма безвалютного обмена. Это выглядело так. Нас отправляют за счёт нашей страны, а там нас селят и кормят за счёт хозяев. Они же дают «на карманные расходы». Так же принимают партнёров и у нас. Деньги на командировки, конечно, были небольшими, но если экономить, то можно было купить что-то интересное, чего у нас не было. Возможности были не очень большие, но всё же были.

Прежде всего — не тратить суточные на еду или минимизировать эти траты. Поэтому с собой брали какие-то консервы, сыр, колбасу, чай и, главное, кипятильник. Кипятильник — это особая забота. В разных странах — разные стандарты на розетки. Поэтому с собой берётся наша розетка с короткими проводами с зачищенными концами, которые можно вставить в любую розетку. Беда только со Штатами — там 127 Вольт. Некоторые наши «вояжеры» имели кипятильники на 127 Вольт, но при отсутствии такого, есть возможность попить чай, если в группе не один кипятильник. Делали так. В один стакан погружается два кипятильника, а стакан обкладывается махровыми салфетками или полотенцами, которых в американских гостиницах всегда в избытке.

В Вене с помощью кипятильника в большой кружке можно сварить очень вкусные франкфуртские сосиски, купленные в магазине. Кипящей водой можно залить вермишель быстрого приготовления, взятую с собой. Конечно, различные приёмы, фуршеты, банкеты разнообразят меню командированного.

Особое дело — завтрак в гостинице. Как правило, завтрак входит в стоимость проживания, в счёте за гостиницу его стоимость указывается отдельной строкой. Но в таком случае по приезде домой по требованию бухгалтерии эту сумму надо сдать. На конференции в Зальцбурге с большой советской делегацией был бухгалтер, и все суточные были сокращены на стоимость завтраков в гостинице. Выход простой: попросите в гостинице счёт без разбивки по статьям — и бухгалтеру крыть будет нечем. Таким образом, большая часть суточных могла быть использована для полезных приобретений.

Наших советских граждан, да ещё не часто покидающих на короткое время свою Родину, ошеломяли витрины и прилавки. Ведь дефицит был у нас постоянно. Заранее узнавали, что лучше купить в такой-то стране. В Японии — электроника, в Чехословакии — обувь, в ГДР — очки-«хамелеоны». В МАГАТЭ — беспрошленный магазин для своих сотрудников, можно попросить знакомых купить там джин, виски, шоколад. Совсем давно в магазине при домах советских сотрудников продавались за валюту по очень низким ценам армянские и грузинские очень хорошие коньяки, и не только. Также в магазинах при советских посольствах можно было сделать хорошие покупки гораздо дешевле, чем в городе. К тому же там по-русски говорят, всё понимают, знают, почему к ним приходят соотечественники. Одним словом, эта «шопинговая» компонента всегда и у командированных всех рангов присутствовала. Всем и всегда хотелось чем-то порадовать родных и друзей. Ведь было время таких «диловинных» подарков, как шариковая ручка или пачка жевательной резинки. Сейчас это кажется дикостью, но это было.

Перебирая в памяти свои путешествия, извлекая из папок и конвертов фотографии, какие-то записи, программы и т. п., я как будто снова побывал в тех самых местах, о которых писал. Поэт, которого я цитировал в самом начале, прав: полученные впечатления не остаются там, далеко. Они живут, периодически «встряхиваются» и ощущаются вновь. Я считаю, что мне повезло: удалось довольно много увидеть за границей, познакомиться с интересными людьми, соприкоснуться с другой жизнью, которая во многом отличалась от нашей.

Послесловие

То, что изложено выше, я записал по памяти, дневников я не вёл. Оттого и разная степень подробностей. Что-то запомнилось лучше, что-то — хуже. Решил рассказать так, как помню.

Оглядываясь на прошлое, что и является целью воспоминаний, я сознаю, как удачно для меня совпали годы активной работы и нормального здоровья и годы реализации проектов энергетических быстрых реакторов с натриевым теплоносителем. Важнейшим результатом творческой деятельности и нашего института, и наших коллег стало создание реактора БН-600 и его успешная эксплуатация с 1980 г.

Полученный уникальный опыт создал надежный базис для развития атомной энергетики будущего. На мой взгляд, выдвигавшиеся в последние годы альтернативы (в частности, быстрые реакторы с тяжелыми теплоносителями) такой перспективы не имеют.

Большой удачей своей жизни считаю то, что мне пришлось сотрудничать с очень многими интересными, творческими людьми, прекрасными специалистами, настоящими профессионалами. Такие коллеги были и в ФЭИ, и в каждой организации, с которой мы сотрудничали. Особо надо отметить персонал реакторов БОР-60, БН-350, БН-600. Я с большой благодарностью вспоминаю всех, с кем пришлось сотрудничать в нашем общем, очень разнообразном деле.

Не лучшие времена переживает сейчас и атомная энергетика, и быстрые реакторы, и родной институт. Правда, похоже, что худшее время уже позади. В сознание «сильных мира сего» проникает понимание неизбежности долгосрочного развития атомной энергетики и ее полного топливного цикла. Хочется надеяться, что это осознание выйдет за пределы сроков полномочий различных ветвей власти.

Хочется также надеяться, что уже скоро новым поколениям физиков, инженеров, технологов, конструкторов придется пристально обратиться к опыту многих лет работы своих предшественников для создания атомной энергетики будущего с реакторами на БН.

Часть 2

ИЗБРАННЫЕ ТРУДЫ, ДОКУМЕНТЫ

Тезисы сообщения

**В. В. Орлова, М. Ф. Троянова, Г. М. Пшакина
на Межведомственном техническом совете
о перспективах развития быстрых реакторов в СССР**

12 октября 1972 г.

Реакторы-размножители на быстрых нейтронах позволяют решить проблему энергетических ресурсов ядерной энергетики, т. е. развить АЭ до крупных масштабов, не выходя за рамки известных ресурсов относительно дешевого урана, и в дальнейшем обеспечить работу АЭС и рост мощностей АЭ за счет расширенного воспроизводства ядерного горючего.

Своевременное и широкое внедрение быстрых реакторов в атомную энергетику нашей страны позволит сократить расходы природного урана в ближайшие 20–30 лет в 2–3 раза по сравнению с атомной энергетикой, развивающейся только на основе тепловых реакторов с водяным охлаждением.

Чтобы выполнить эти задачи, быстрые реакторы должны обеспечить достаточно высокий темп воспроизводства горючего. Поскольку мощности нашей энергетики удваиваются примерно за 10 лет, а атомная энергетика в начальный период должна развиваться быстрее, «времена удвоения» быстрых реакторов должны составлять $T_2 \sim 6\text{--}8$ лет.

В нашей стране, как и в других странах, получают развитие быстрые реакторы с охлаждением жидким натрием и с керамическим топливом. Все строящиеся в мире быстрые реакторы принадлежат к этому типу.

Быстрые натриевые реакторы, как показывают исследования, смогут обеспечить требуемый темп воспроизводства горючего, хотя первые экземпляры их (БН-350, БН-600) с учетом сегодняшних возможностей предприятий внешнего топливного цикла (транспорт, химическая переработка, изготовление топливных элементов) будут иметь несколько меньшее воспроизводство ($T_2 \sim 11$ лет).

Разрабатываемые уже сейчас технические усовершенствования, касающиеся как самих реакторов, так и внешнего топливного цикла, о которых речь будет идти ниже, позволят достичь требуемых времен удвоения.

Экономичность производства электроэнергии на АЭС с быстрыми реакторами определяется прежде всего экономией в затратах на топливо за счет его воспроизводства. Что касается капитальных затрат на сооружение таких АЭС,

то оценки, исходящие из СФР по БН-600, показывают, что для АЭС большой мощности они оказываются с учетом серийности изготовления оборудования близкими к таковым для тепловых реакторов.

Опыт эксплуатации БР-5, БОР-60, зарубежных реакторов, также анализ мыслимых аварийных ситуаций показывают, что безопасная эксплуатация быстрых реакторов обеспечивается столь же надежно, как и для тепловых реакторов обычными в реакторной технике средствами.

Внедрение быстрых реакторов в атомную энергетику основывается на опыте почти 25-летней работы над ними в нашей стране: 13 лет проработал реактор БР-5, 3 года реактор БОР-60. В настоящее время пускается реактор БН-350, сооружается реактор БН-600.

Дальнейшее сооружение быстрых реакторов целесообразно осуществлять на основе опыта эксплуатации БН-350 и на оборудовании, разработанном и освоенном промышленностью для БН-350 и БН-600, с использованием существующей производственной базы и сложившейся кооперации.

Проработки ФЭИ и ОКБМ показали, что реактор БН-600 может быть усовершенствован с сохранением основного оборудования и с доведением тепловой мощности до ~ 2000 МВт, а электрической — до 750 МВт.

Первый такой реактор может быть построен примерно к 1978–[19]79 году. Вслед за этим могут быть построены еще несколько блоков этого же типа. Например, на станции с шестью серийными блоками по 750 МВт достигаются достаточно низкие капиталовложения (по проработкам ЛОТЭП ~200 руб./кВт) и конкурентоспособная себестоимость электроэнергии (0,4 – 0,5 коп./кВт·ч в зависимости от используемого топлива).

В 1977–[19]78 годах можно было бы начать сооружение головного образца реактора БН-1500. В настоящее время ведется проектирование такого реактора. Этот реактор может явиться основным типом быстрого реактора для сооружения в период 1980–1990 гг. с тем, чтобы до 1990 г. ввести примерно 16 таких реакторов и достичь полной мощности АЭС с быстрыми реакторами в 1980 г. ~2,5 млн кВт, в 1985 ~11 млн кВт, а в 1990 г. ~32 млн кВт.

В результате примерную программу ввода быстрых реакторов можно представить следующим образом:

1972 г.	БН-350
1976 г.	БН-600
1978 г.	БН-750
1980 г.	БН-750
1981 г.	БН-750 + БН-1500
1982 г.	БН-750
1983 г.	БН-750 + БН-1500
1984 г.	БН-750 + БН-1500
1985 г.	БН-750 + БН-1500
1986 г.	2 БН-1500
1987 г.	2 БН-1500

1988 г. 3 БН-1500
1989 г. 3 БН-1500
1990 г. 4 БН-1500

При этом сооружение АЭС с БН-750 может быть обеспечено существующей машиностроительной базой, тогда как БН-1500 потребует привлечение новых мощностей.

Осуществление широкой программы развития быстрых энергетических реакторов требует решения целого ряда технических и организационных задач, связанных с повышением надежности и экономичности оборудования, обеспечением топливного цикла, разработкой и внедрением новых решений, повышающих безопасность реакторов и улучшающих технико-экономические показатели.

1. Разработка основного оборудования

Проведенные проработки реакторов БН-750 и БН-1500 показывают, что наиболее целесообразно использовать параметры пара в диапазоне 130–160 ат и 470–510 °С. Температура натрия на выходе из реактора не превысит 550 °С, скорее всего, даже будет меньше. Такие параметры позволяют получить приемлемые условия работы материалов и оборудования и в то же время использовать без существенных изменений турбины, выпускаемые или разрабатываемые промышленностью. Так, для реактора БН-750 имеется возможность использовать турбину К-800-240.

Основное оборудование реактора БН-750 может быть изготовлено на базе оборудования БН-600 с рядом усовершенствований как по конструкции, так и по материалам.

Необходимо освоение и внедрение в конструкцию перегревателей парогенераторов новых материалов: стабилизированных сталей типа 48ТН2 или инколлоя.

Остро стоит вопрос о создании экспериментальной базы для представительного испытания секций парогенераторов.

Необходимо решить вопрос о скорейшем создании и введении в строй этой базы.

Важной задачей является обеспечение реакторов надежной и совершенной системой контроля, включающей в себя как приборы теплотехнического кон-

БН-600 и БН-750 имеют 3 контура охлаждения. БН-1500 будет иметь 3 или 4 контура, в зависимости от выбора типа и числа турбогенераторов. При этом потребуются насосы производительностью 20–25 тыс. м³/ч, предварительные проработки которых выполнены ОКБМ.

Опыт сооружения и эксплуатации БН-350 и БН-600 позволит выбрать тип конструкции БН-1500: петлевой (как БН-350) или же интегральный (как БН-600). В последнем случае, судя по предэскизным проработкам, потребуется бак реактора диаметром 16–18 м (в БН-600 — 13 м).

троля для натриевого теплоносителя, так и средства диагностики и обнаружения аварийных режимов, состояний пакетов активной зоны и основного оборудования. В этом отношении мы пока отстаем от уровня зарубежных проектов.

2. Топливо и топливные элементы

Необходимо усовершенствовать изготовление твэл и пакетов на базе современных технологических процессов и оборудования. Обеспечить производство таблеток из двуокиси урана повышенного качества.

Необходимо усовершенствовать технологию изготовления особотонкостенных трубок для оболочек твэл с целью улучшения работоспособности твэл и увеличения загрузки топлива в твэл для улучшения физических характеристик.

Необходимо расширить работы по разработке перспективных видов топлива и твэл, обеспечивающих лучшие физические характеристики быстрых реакторов (монокарбиды и др.).

Важной задачей является создание промышленной базы для изготовления твэл из плутониевого топлива. Необходимо, чтобы уже в 1976 году можно было начать изготовление плутониевой загрузки для БН-350 с тем, чтобы к 1980 году получить опыт для широкого использования плутония в быстрых реакторах.

Улучшение физических характеристик может быть также достигнуто за счет применения негерметичных твэл, которые сейчас проходят испытания в реакторе БОР.

Создание экономичных твэл с глубоким выгоранием (~10 % и выше) требует усовершенствования конструкционных материалов с точки зрения стойкости к радиационным нарушениям, в том числе к набуханию.

3. Химическая переработка твэл

Экономические показатели быстрых реакторов существенно зависят от времени внешнего топливного цикла и стоимости переработки.

Необходимо решить вопросы транспортировки, разделки и переработки топлива быстрых реакторов с малым временем выдержки, усовершенствовать оборудование, используемое в цикле переработки топлива.

Задачей всех этих работ является доведение полного времени внешнего цикла сначала до одного года, затем до полугода, включая выдержку.

4. Натриевый теплоноситель

Для быстрых реакторов необходим натрий высокой чистоты.

Современная технология изготовления натрия на Чирчикском комбинате не обеспечивает необходимую чистоту натрия из-за применения в процессе производства парафина, дающего большое загрязнение по углероду (~70 ppm).

Натрий Березниковского содового завода в настоящее время имеет еще большее содержание углерода и высокое содержание кальция.

ГНИИХП МХП предполагает внедрить на этом заводе новую технологию, которая должна будет обеспечить получение натрия, удовлетворяющего разработанным ФЭИ и ГНИИХП техническим условиям.

Необходимо, однако, параллельно с разработкой этой технологии усовершенствовать технологию на Чирчикском комбинате для обеспечения своевременной поставки натрия для реактора БН-600.

Работы по усовершенствованию конструкции, оборудования, топлива быстрых реакторов и по внешнему топливному циклу, о которых речь шла выше, должны быть выполнены в течение текущего десятилетия. Одновременно мы получим опыт работы крупных промышленных АЭС этого типа. На этой основе в 80-х годах может быть осуществлено широкое внедрение быстрых реакторов с натриевым охлаждением в атомную энергетику нашей страны.

Вместе с тем должны быть продолжены ведущиеся сейчас проработки и исследования по быстрым реакторам других типов, в первую очередь — с газовым охлаждением (He, N₂O₄, CO₂).

Стадия, в которой находятся эти работы, не позволила пока выявить главное направление и определить их перспективу в атомной энергетике. При положительном решении проблем этих реакторов потребуется 15—20 лет для отработки их технологии и для промышленного внедрения.

Архив АО «ГНЦ РФ – ФЭИ». Ф. 1, оп. 72-1с, д. 28. Подлинник.

Доклад Л. А. Кочеткова, В. Б. Лыткина, М. Ф. Троянова «Разработка быстрых реакторов-размножителей в СССР»¹⁾

1979 г.

1. Ядерная энергетика имеет важное значение для народного хозяйства Советского Союза. Несмотря на то, что страна хорошо обеспечена обычными энергетическими ресурсами, недостаток их ощущается уже в настоящее время в европейской части СССР, где потребляется большая часть производимой энергии, в то же время основная масса энергетических ресурсов (около 90% топлива и 80% гидроресурсов) приходится на азиатскую часть страны. Строительство АЭС, в первую очередь в европейской части СССР, позволит решить эту проблему наиболее экономичным путем. АЭС выгодно отличаются от обычных тепловых станций тем, что они могут строиться в любом нужном месте без привязки к топливной базе, и, кроме того, они являются, в принципе, более «чистыми» с экологической точки зрения.

Ядерная энергетика по мере своего развития будет играть все возрастающую роль в покрытии потребностей страны в энергии, в первую очередь — электрической. Ведутся исследования возможностей применения ядерной энергии и для производства неэлектрических форм энергии, что значительно расширит ее вклад в общий энергетический баланс.

2. Развитие ядерной энергетики в широких масштабах требует соответствующего расширения ее сырьевой базы. При использовании в ядерной энергетике тепловых реакторов существующих типов (т. е. ЛВР) необходимо будет на каждые 100 ГВт вводимой электрической мощности (а точнее, даже еще не вводимой, а только запланированной) иметь надежные запасы природного урана в размерах 400 000 – 500 000 тонн.

Это могло бы стать серьезным ограничивающим фактором на пути развития ядерной энергетики, если принять во внимание сравнительно небольшие мировые запасы относительно богатых урановых руд, которые на сегодня известны.

Введение в ядерную энергетику реакторов-размножителей на быстрых нейтронах и их совместное использование с тепловыми реакторами позволяет устранить эти ограничения.

Благодаря воспроизводящим свойствам быстрых реакторов появляется возможность не только сократить расход природного урана (который при их отсутствии будет ежегодно интенсивно возрастать), но и с определенного момента времени перевести всю ядерную энергетику на самоподпитку делящимся материалом. Это означает, что при определенных условиях развитая система ядерной энергетики сможет развиваться дальше практически без потребления природного урана, что открывает перед ядерной энергетикой широкие возможности в удовлетворении спроса на энергию.

Размеры эффекта экономии урана, даваемого быстрыми реакторами-размножителями, и скорость его проявления зависят от ряда факторов, из которых наиболее важные:

- физические характеристики реактора;
- длительность внешнего топливного цикла;
- темп ввода быстрых реакторов в систему, определяемый в начальный период размерами внешнего источника плутония и возможностями промышленности;
- дата начала массового ввода быстрых реакторов;
- требуемый темп роста мощности ядерной энергетики.

Принимая во внимание то, что быстрые реакторы начнут вводиться в энергетическую систему, состоящую из одних тепловых реакторов, в систему, которая к этому времени достигла уже значительной мощности, а также учитывая определенную инерционность всей ядерно-энергетической системы, не следует ожидать существенного эффекта экономии урана раньше, чем через 20–25 лет после начала промышленного ввода реакторов-размножителей на быстрых нейтронах. Поэтому чем раньше будет осуществлено промышленное освоение этих реакторов, тем больше окажется экономия урана, тем меньше потребуется его для того, чтобы вывести систему ядерной энергетики на самообеспечение делящимся материалом.

Советская программа работ по быстрым реакторам имеет в виду это важное обстоятельство.

3. Необходимость своевременного начала разработок быстрых реакторов и их последующего совершенствования связана с еще одним соображением: для отработки серийных, надежных и в то же время достаточно экономичных АЭС с быстрыми реакторами, а также для решения сопутствующих проблем по топливному циклу требуется значительное время, поскольку практически невозможно воспользоваться традиционными разработками в области тепловых реакторов.

Это объясняется необходимостью овладения рядом принципиально новых технологий, важнейшими среди которых являются:

- технология жидкометаллического теплоносителя;
- технология изготовления и переработки ядерного топлива, содержащего плутоний;
- технология создания уникального оборудования с очень высокими требованиями по качеству изготовления (парогенератор, корпус реактора, оборудование по перегрузке топлива, насосы);
- технология создания активной зоны, работающей в условиях необычно высоких нейтронных потоков, удельного тепловыделения, температур и выгорания топлива.

В связи со сложностью проблем, которые предстоит разрешить, существует вполне понятный риск нескорого достижения желаемого результата; невозможно также гарантировать конкурентность первых АЭС с быстрыми ре-

акторами. Однако, в условиях отсутствия альтернативы значительного расширения топливной базы ядерной энергетики, сложность решаемых задач должна быть дополнительным стимулом скорейшей разработки и реализации комплексной программы освоения быстрых реакторов. Основные этапы освоения быстрых реакторов в СССР условно можно характеризовать следующим образом:

- период научных поисков и обоснования основных технологических решений — 1948–1958 гг.;

- период создания крупных экспериментальных стендов и установок с целью получения и проверки основных физических данных и предпосылок, получения технологических знаний и опыта работы с жидкометаллическим теплоносителем, для выбора и обоснования конструкционных и топливных материалов — 1958–1969 гг.;

- период разработки и создания крупных демонстрационных установок, создания базы для отработки образцов промышленного оборудования — 1969–1980 гг.;

- период разработки и создания усовершенствованных образцов быстрых реакторов для серийного их внедрения, решения проблем топливного цикла.

Важными вехами на этом пути продолжительностью уже в 30 лет были:

- сооружение экспериментальной быстрой сборки БР-1 и первое подтверждение идеи воспроизводства — Обнинск, 1955 г.;

- сооружение реактора БР-5 и получение первого опыта эксплуатации активной зоны на основе двуокиси плутония и опыта работы с радиоактивным жидкометаллическим теплоносителем — Обнинск, 1958 г.;

- сооружение экспериментального физического комплекса для моделирования активных зон энергетических быстрых реакторов и изучения их физических характеристик:

БФС-1-микротрон — Обнинск, 1961 г.,

БФС-2 — Обнинск, 1971 г.;

- сооружение реактора БОР-60, позволившего интенсифицировать работы по реакторному материаловедению, провести испытания модельных тепловыделяющих и поглощающих сборок, а также различного типа парогенераторов — Димитровград, 1969 г.;

- сооружение первого промышленного быстрого реактора с петлевой компоновкой оборудования тепловой мощностью 1000 МВт, получение промышленного опыта разработки, изготовления и эксплуатации крупного оборудования и активной зоны — Шевченко, 1973 г.;

- сооружение более мощного промышленного реактора БН-600 с интегральной компоновкой оборудования тепловой мощностью 1470 МВт — пос. Заречный, 1979 г.

Все эти разработки потребовали соответствующих усилий в области ядерной физики и нейтронно-физических расчетов, получении необходимых данных по теплофизике, гидравлике, химии и материаловедению контуров с

жидкометаллическими теплоносителями, разработки приборов контроля и специфических устройств безопасности.

4. Конкретные технические решения, принятые советскими специалистами по прототипным реакторам БН-350 и БН-600, имеют много общего с зарубежными решениями. Отличительной чертой этих реакторов является конструкция активной зоны, которая при переходе на смешанное окисное топливо обеспечивает повышенные (на 0,15–0,2) значения коэффициента воспроизводства. Это достигнуто за счет большей доли топлива (45% против 35% в зарубежных реакторах), применения более толстых торцевых и боковых экранов, применения топливных компенсаторов выгорания (БН-350).

Другой особенностью первых промышленных реакторов в СССР является использование уранового окисного топлива. Это решение существенно облегчило технологию изготовления тепловыделяющих элементов и сборок, позволив сосредоточиться в большей мере на вопросах отработки оборудования, на вопросах натриевой технологии и контроля технологических параметров.

Третьей особенностью программы начального этапа создания быстрых реакторов является сооружение как петлевого (БН-350), так и бакового (интегрального — БН-600) вариантов. Нам представляется, что сооружение и эксплуатация реакторов с двумя принципиально отличными компоновками оборудования позволит лучше оценить недостатки и преимущества той или другой схемы. На основе только проектных проработок интегральная компоновка представляется предпочтительней с точки зрения обеспечения вопросов безопасности.

Реакторы БН-350 и БН-600 отличаются не только компоновкой оборудования. В последнем из них усилены энергетические акценты: повышена тепловая мощность в ~1,5 раза, увеличено время между перегрузками в ~3 раза, повышена температура натрия на выходе из реактора с 500 °С до 550 °С и параметры пара.

Некоторые характеристики быстрых реакторов СССР

Параметр	БР-5	БОР-60	БН-350	БН-600	БН-1600
Тепловая мощность, МВт	5	60	1000	1470	4200
Электрическая мощность, МВт	–	12	150 (плюс 5000 т. воды/ч)	600	1600
Диаметр активной зоны, см	28	41	150	204,8	335
Высота активной зоны, см	28	40	106	75	100
Максимальная плотность тепловыделения, кВт/л		1200	780	840	710
Коэффициент воспроизводства (полный, расчетный)	–	–	1,4	1,3	1,35–1,4
Максимальная глубина выгорания топлива, %	6,7	10	5	10	10

Температура натрия в первом контуре, °С на входе на выходе	500	360-450 500-600	300 500	377 550	350 550
Параметры пара: давление, атм температура, °С	– –	100 520	50 435	130 500	140 490
КПД (брутто), %	–	–			
Принцип компоновки	петлевая	петлевая	петлевая	интегральная	интегральная
Число петель	2	2	6	3	4
Год пуска	1958	1969	1973	1979 (план)	

5. Реактор БН-350 эксплуатируется с 1973 г., а реактор БН-600 находится в стадии пуско-наладочных работ. Каковы итоги сооружения этих установок?

Разработан комплекс оборудования с достаточно высокими технологическими требованиями, в том числе не имеющего аналога в прошлом: оборудование перегрузки топлива, натриевые насосы, теплообменники и парогенераторы натрий-вода, холодные ловушки и др. Разработана технология сварки корпуса на месте из отдельных транспортируемых по железной дороге элементов. Оборудование прошло проверку на стендах и опытной установке БН-350. Наиболее значительные дефекты были выявлены в парогенераторах БН-350, они были связаны с нарушениями технологии изготовления и сварки концевых элементов труб Фильда на заводе в период их изготовления. Пришлось испарители пяти парогенераторов (из шести) капитально отремонтировать на месте с полной заменой трубного пучка. Один же из парогенераторов безаварийно работает в течение ~50000 часов.

Остальное оборудование БН-350 работало вполне удовлетворительно, о чем свидетельствуют цифры высокой степени готовности установки: коэффициент использования календарного времени в течение двух лет составлял 0,88.

В процессе разработки проектов БН-350 и БН-600 и опытной эксплуатации БН-350 была разработана и внедрена система мер обеспечения безопасности установок с быстрыми реакторами:

- разработаны нормативные документы;
- разработаны способы контроля утечек натриевого теплоносителя, возникновения пожаров, а также эффективные меры локализации и тушения пожаров;
- разработана эшелонированная с необходимым резервированием система аварийной защиты реактора с обеспечением необходимой степени независимости отдельных ее элементов;
- разработаны средства контроля за состоянием активной зоны;
- в практику создания быстрых реакторов внедрена обязательная отработка элементов аварийной защиты на экспериментальных стендах и тщательная их проверка и наладка в предпусковой период.

Опыт эксплуатации быстрых реакторов, в том числе и БН-350, показал полную их безопасность. Так облучаемость персонала БН-350 не выходит за установленные нормы, выбросы радиоактивных веществ в трубу также значительно (примерно в 100–200 раз) ниже установленных норм. Реактор БН-350 продемонстрировал хорошую управляемость и достаточный консерватизм по отношению к внешним возмущениям.

6. Реактор БН-600 явился дальнейшим развитием проекта БН-350. Технологическая схема установки претерпела ряд изменений, направленных на повышение безопасности и надежности работы АЭС, некоторые из них были сделаны уже на основе опыта пуско-наладочных работ и эксплуатации реактора БН-350. В первом контуре применена интегральная схема компоновки оборудования.

Учитывая особую ответственность парогенераторов за работоспособность установки в целом, для БН-600 была принята модульная конструкция, существенно повышены требования по качеству этих изделий и контроль как за отдельными операциями, так и изделиями в целом. Значительные изменения претерпела в проекте БН-600 и система защиты парогенераторов от возможной течи воды в натрий: повышены быстродействие и чувствительность контрольных систем, повышены скорости выполнения защитных операций специальной арматуры. Сейчас на этом реакторе заканчиваются строительно-монтажные работы. Монтаж реактора и первого контура завершен: установлена внутрикорпусная защита, имитаторы ТВС, промежуточные теплообменники, поворотная пробка и центральная колонна, элеваторы загрузки и выгрузки, механизмы перегрузки и СУЗ. Проведены виброиспытания корпуса реактора в сборе. Заканчивается изготовление активной зоны. Завершены монтажные работы на всем транспортно-технологическом тракте. Ведется монтаж парогенераторов и их защитных систем. Закончен монтаж первого турбогенератора с турбиной К-200-130-3, ведется монтаж второй и третьей турбин. Идет комплексное опробование всех систем реактора и подготовка к физическому пуску. Опыт сооружения и эксплуатации реакторов БН-350 и БН-600 позволит оценить достоинства и недостатки двух различных конструкций и явится серьезной научно-технической базой для проектирования серийных быстрых энергетических реакторов большой мощности. Первым реактором такого типа явится реактор типа БН-1600, проектные проработки которого ведутся в настоящее время в Советском Союзе.

Этот реактор проектируется сейчас в интегральном варианте, аналогичном по конструкции реактору БН-600. Увеличение единичной мощности установки позволяет несколько снизить удельные капитальные вложения, что весьма существенно для реакторов на быстрых нейтронах. В то же время при выборе величины мощности приходится считаться с тем фактом, что относительный эффект снижения капитальных вложений падает с ростом абсолютных значений мощности; кроме того, увеличение единичной мощности повышает требования к надежности работы энергоблока и увеличивает размер необходимого резерва.

Принимая во внимание указанные выше соображения и ориентируясь на имеющиеся в СССР разработки турбоагрегатов мощностью 800 МВт, была выбрана единичная электрическая мощность реактора 1600 МВт(э) из расчета двух турбин по 800 МВт(э).

Увеличение размера реактора и выбор умеренной энергонапряженности активной зоны позволили несколько улучшить воспроизводящие качества реактора по сравнению с реактором БН-600, в основном за счет увеличения внутреннего коэффициента воспроизводства.

В этом реакторе в начальный период предполагается использование окисного топлива, которое у нас сейчас хорошо отработано и успешно прошло массовую проверку в рабочих условиях реакторов БР-5, БОР-60 и БН-350, а также за рубежом.

При выборе термодинамических параметров установки исходили из соображений ее надежности и экономичности. Поэтому были приняты относительно умеренные параметры пара 490 °С и 140 атм, при которых сохраняются преимущества высокого КПД и хорошая надежность реактора. Параметры этого реактора определены на основе имеющегося опыта и наших сегодняшних представлений. Вполне вероятно, что в дальнейшем в проект могут быть внесены те или иные изменения, обусловленные появлением новой информации, которая будет поступать с работающих реакторов БОР-60, БН-350 и БН-600.

7. Дальнейшие пути усовершенствования быстрых энергетических реакторов предполагают улучшение характеристик воспроизводства благодаря применению гетерогенной конфигурации активной зоны, применению новых перспективных видов ядерного топлива, таких как карбидное, нитридное и металлическое. Последний вид топлива мог бы быть использован для «низкотемпературного» варианта быстрого реактора с высоким коэффициентом воспроизводства, если такой тип реактора в дальнейшем потребуются. Все перечисленные виды топлива в настоящее время испытываются в действующих реакторах. Для создания надежных перспективных видов топлива важно иметь хорошие оболочечные материалы, слабо распухающие при больших интегральных нейтронных потоках и сохраняющие в допустимых пределах свои прочностные свойства. Разработка таких материалов ведется сейчас в рамках программы работ по быстрым реакторам; ведутся исследования радиационной пористости и ползучести конструкционных материалов при высоких интегральных потоках быстрых нейтронов (более 10^{23} н/см²).

Большое значение для реализации хороших характеристик воспроизводства имеет сокращение времени внешнего топливного цикла, основной вклад в которое вносит выдержка топлива перед переработкой. Поэтому программа работ по быстрым реакторам предусматривает разработку методов регенерации топлива, в том числе с укороченной выдержкой, которая позволила бы сделать время внешнего цикла не более одного года. Исследуются как водные, так и безводные методы. В качестве основного варианта рассматривается экстракционная водная технология.

В Советском Союзе, так же как и в других странах, разрабатывающих быстрые реакторы, безусловный приоритет имеют быстрые реакторы с натриевым теплоносителем. В то же время ведутся исследования и проработки быстрых реакторов с газовыми теплоносителями, такими как гелий или N_2O_4 , но степень проработки их пока еще намного ниже, чем натриевых. Основное назначение этих исследований — обеспечение резервного решения.

Программа разработки быстрых энергетических реакторов-размножителей в СССР охватывает широкий круг научных и инженерных вопросов и направлена на скорейшее создание, промышленное освоение и внедрение в ядерную энергетику реакторов этого типа.

Архив АО «ГНЦ РФ – ФЭИ». Ф. 1, оп. 1-НТ, д. 5197. Подлинник.

Примечание

¹⁾ Историю и цель написания доклада выяснить не удалось.

Отчет М. Ф. Троянова и М. П. Никулина об участии в японо-советском семинаре и состоянии работ в Японии по быстрым реакторам

1982 г.

Делегация советских специалистов в соответствии с соглашением между правительствами СССР и Японии по сотрудничеству в области науки и техники приняла участие в работе японо-советского семинара «Методы испытаний оборудования, конструкционных материалов и топлива в реакторах «Джойо»¹⁾, БОР-60, БОР-10», который проходил в Токио с 15 по 19 февраля 1982 г. в корпорации PNC (Power Nuclear Corporation), а также осмотрела инженерный центр в О-арай²⁾.

В состав советской делегации входили:

Смирнов А. М. — зам. главного инженера 16 ГУ, руководитель делегации;
Троянов М. Ф. — зам. директора ФЭИ;
Никулин М. П. — главный инженер БР-10, ФЭИ;
Головнин И. С. — начальник отдела ВНИИНМ;
Асеев Н. А. — начальник отдела НИИАР;
Кондратьев В. И. — начальник лаборатории НИИАР.

С японской стороны в семинаре принимали участие:

И. Матсуно — руководитель исследовательского отдела быстрого реактора «О-арай»-центра PNC, руководитель делегации;
Х. Танияма — главный инженер отдела исследовательского быстрого реактора центра «О-арай», PNC;
И. Ишида — главный инженер управления проектирования быстрых реакторов PNC;
С. Мороока — заместитель руководителя международного отдела PNC;
М. Накано — зам. руководителя исследовательского отдела центра «О-арай»;
К. Миягучи — зам. руководителя отдела центра «О-арай», PNC;
С. Тамура — зам. руководителя технологического отдела «О-арай», PNC;
Т. Иное — зам. руководителя исследовательского отдела центра «О-арай», PNC;
К. Кодaira — зам. руководителя технологического отдела центра «О-арай», PNC;
С. Миягава — инженер отдела радиационных исследований центра «О-арай», PNC;
М. Тамура — инженер исследовательского отдела центра «О-арай», PNC.

В работе семинара принимали участие 7 сотрудников центра «О-арай», 4 представителя фирмы «Хитачи», 4 представителя фирмы JAPC (Japan Atomic Power Company), 2 представителя компании FBR Engineering, представитель компании KHI (Kawasaki Heavy Industries), а также руководитель отдела быстрых реакторов компании FEPC (Federation of Eclectic Power Co).

С советской стороны на семинаре было сделано 7 сообщений:

1. Состояние программы быстрых реакторов в СССР (Смирнов, Троянов).
 2. Двадцатилетний опыт работы и исследований, проводимых на реакторе БР-10 (Никулин).
 3. Методы механических испытаний материалов в ядерном реакторе БР-10 (Никулин).
 4. Акустический метод определения деформации оболочек твэл (Головинин).
 5. Методы контроля топлива и конструкционных материалов после облучения (Асеев).
 6. Тепловые и гидравлические характеристики топливных сборок БОР-60 (Асеев).
 7. Изучение характеристик парогенераторов реактора БОР-60 (Кондратьев).
- С японской стороны было сделано 8 сообщений.
1. Обзор программы быстрых реакторов в Японии (Матсуно).
 2. Опыт эксплуатации и существующие активности «Джойо» (Накано).
 3. Программы исследования материалов «Джойо» (Кодаира).
 4. Опыт эксплуатации системы обнаружения повреждения твэл «Джойо» (Тамура С.).
 5. Исследование облученных сборок «Джойо» (Миягава).
 6. Тепловые и гидравлические испытания топливных сборок «Джойо» (Миягучи).
 7. Вибрационные испытания систем трубопроводов «Джойо» (Иное).
 8. Результаты исследований интенсивности течи корпуса контейнмента реактора «Джойо» (Тамура М.)

При посещении инженерного центра быстрых реакторов «О-арай» советские специалисты были ознакомлены с экспериментальным быстрым реактором «Джойо» (реактор был остановлен на перегрузку), с лабораториями по испытанию конструкций и узлов реактора «Джойо» и «Монжю», горячими материаловедческими лабораториями.

Тексты указанных выше докладов получены и приведены.

Обзор программы быстрых реакторов в Японии сделан в докладе руководителя исследовательского отдела быстрого реактора «О-арай»-центра Матсуно. Проект развития быстрых реакторов-бридеров в Японии подвинулся за последние 12 месяцев и будет продолжен в следующем финансовом году, с апреля 1981 г. до марта 1982 г. Бюджет на разработку и постройку прототипа быстрого реактора-бридера «Монжю» составляет примерно 20 и 27 млрд иен соответственно, включая зарплату персоналу.

Что касается экспериментального быстрого реактора «Джойо», то увеличение его мощности с 50 до 75 МВт произведено в июле 1979 г. и в декабре 1981 г. завершено 6 циклов работы на мощности 75 МВт.

Строительство реактора «Монжю» практически санкционировано, ПНС делает предварительные разработки жидкометаллического быстрого реакто-

ра-бридера петлевого типа мощностью 1000 МВт(э). Изучается вопрос выбора параметров и проекта. В будущем все усилия будут объединены по мере разработки большого демонстрационного реактора.

Прототип быстрого реактора-бридера «Монжю»

Для постройки «Монжю» выбрана площадка на полуострове Цуруга приблизительно в 400 км от Токио. Координацией изготовления оборудования реактора занимается специально учрежденная Компания по технологии быстрых реакторов и бридеров, связь с компанией PNC осуществляется через специальный отдел в Японской компании по атомной энергии.

При проектировании установки было уделено особое внимание достижению безопасности эксплуатации установки. «Монжю» — энергетический реактор петлевого типа мощностью 300 МВт(э) с горючим в виде смеси окиси плутония и урана. Температура теплоносителя на входе 400 °С, на выходе — 530 °С. Ожидаемый коэффициент воспроизводства 1,2 при выгорании 80000 МВт дн/т. Оборудование 1 контура заключено в защитную оболочку, компоновка трубопровода исключает снижение уровня в системе ниже безопасного. Основные насосы имеют вспомогательные двигатели с питанием от независимого источника, однако естественная циркуляция обеспечивает снятие остаточного тепловыделения без принудительной циркуляции. Реакторный бак семи метров в диаметре закреплен в верхней части, высотой 17,3 м, имеет сферическое дно. Бак находится в защитном корпусе. Внутренняя часть конструкции бака закреплена в нижней части бака, а [ктивная] з[она] находится в центре. А[ктивная] з[она] состоит из 169 сборок в гексагональной решетке и 61-й сборки зоны воспроизводства. Длина сборок 4200 мм, включая отражатели, кампания около 6 месяцев.

Реактор оборудован 19 стержнями СУЗ (13 регулирующих и аварийных и 6 компенсирующих). Предусмотрено 2 термопары и датчик расхода для каждой сборки а[ктивной] з[оны] и 2 термопары для некоторых сборок зоны воспроизводства.

ТВЭЛ заполнен таблетками из смеси окиси плутония и урана, сверху и снизу граничащими с таблетками из окиси урана аксиальной зоны воспроизводства. Область над верхней зоной воспроизводства является газосборником. Длина твэла составляет около 2800 мм при внешнем диаметре стержня 6,5 мм и толщине оболочки 0,47 мм. Диаметр таблеток горючего 5,4 мм при плотности 85% от теоретической.

Максимальная линейная мощность таблеток горючего равна 466 Вт/см, максимальная температура горючего 2600 °С при условии 116% мощности, включая фактор перегрева.

Загрузка зоны по Pu и U составляют $5,9 \cdot 10^3$ кг. Расход теплоносителя через реактор $15,36 \cdot 10^6$ кг/час. На а[ктивную] з[ону], радиальную зону воспроизводства и байпас приходится соответственно 79,7%, 10,3%, 10% расхода.

Реакторные системы. Натрий первого контура входит в корпус реактора снизу через три патрубка диаметром около 600 мм, расположенных под углом

120 °С и покидает его через три патрубка диаметром около 800 мм, расположенных под углом 120° в верхней части контура; там же имеется выходной патрубок для системы перелива.

Верхняя часть реактора — крышка — имеет толщину 3200 мм, состоит из пробок стационарной и вращающейся, пробка поворачивается вместе с размещенной на ней перегрузочной машиной.

Внутренние конструкции реактора делятся на верхние и нижние. Верхняя представляет собой цилиндрическую пробку с внешним диаметром 1800 мм в нижней части высотой около 13400 мм, нижний конец не доходит до головок сборок на 50 мм. Эта пробка включает в себя приводы контрольных стержней, термопары и расходомеры каждой сборки.

Нижняя конструкция состоит из корзинки а[ктивной] з[оны], опорной плиты, хранилища сборок, 316 сборок нейтронной защиты из нержавеющей стали.

Уровень натрия в корпусе реактора при нормальном режиме около 6 метров над головками сборок и на 500 мм ниже нижней поверхности крышки реактора. Уровень поддерживается с помощью системы перелива.

Система перегрузки топлива. Отработанные сборки можно извлечь из реактора после двухнедельной выдержки после остановки. Перегрузочная машина переносит выдержанные в натрии сборки в хранилище вне реактора, затем перегруженные сборки очищаются, осматриваются, консервируются и хранятся в бассейне для отработанного горючего в здании, после чего направляются на регенерацию. Поврежденные сборки передаются на диагностику.

Система охлаждения реактора. Основная система охлаждения состоит из трех петель. Насос основного контура центробежный со свободной поверхностью натрия, в холодной части, имеет обратный клапан на напоре. Разница отметок установки активной зоны, промежуточных теплообменников, воздушных холодильников и парогенератора обеспечивает снятие остаточного тепловыделения после остановки реактора.

Три вспомогательные независимые системы охлаждения обеспечивают возможность съема тепла при остановке насоса или разрыва трубопровода. Сброс тепла через промежуточный контур осуществлялся с помощью воздушного теплообменника в атмосферу.

Система защитного газа. Система защитного газа 1 контура замкнутая, снабжена устройствами для удаления газообразных осколков деления. Эффективность очистки газа 99,99%.

Рассматривая компоновку 1 контура реактора, следует подчеркнуть следующие мероприятия, направленные на повышение безопасности работы установки:

- защитные кожуха на трубопроводах 1 контура, расположены ниже безопасного уровня для исключения сифонного эффекта,
- давление газа в корпусе реактора составляет 3500 мм вод. столба для предотвращения возникновения вакуума в любой точке системы,

– относительное расположение а[ктивной] з[оны], промежуточных т[епло]о[бменников], воздушных холодильников и парогенератора обеспечивают естественную циркуляцию в первом контуре и промежуточных петлях,

– давление в т[епло]о[бменниках] II контура всегда выше, чем в первом контуре,

– при любом аварийном случае снижения уровня натрия гидростатический подшипник насоса находится в натрии.

Система парогенератора состоит из испарителя и перегревателя в каждой петле, которые имеют спиральную навивку труб.

Для контроля уровня натрия на испарителе используется система контроля перетечки. Имеется система обнаружения реакции $\text{Na-H}_2\text{O}$ по росту давления и по водородному датчику (никелевая мембрана). Система по давлению срабатывает при разрыве 4-х трубок.

Некоторые сведения по системе управления и защиты реактора, КИП реактора. СУЗ реактора состоит из трех независимых каналов и имеет две независимые системы аварийной защиты.

Система обнаружения повреждения горючего основана на разных принципах. Одна обнаруживает величину повреждения, другая — местонахождение сборки. Для первой используется метод запаздывающих нейтронов и контроль защитного газа, для другой — метод меченых атомов. Расходы натрия по первому и второму контуру могут меняться скоростью 10%/мин. Установка имеет систему, уменьшающую мощность реактора со скоростью 5%/мин при ненормальных явлениях неизвестной причины до выяснения причин явления. В случае не выяснения причин на уровне 30% происходит остановка реактора.

Система контроля мощности реактора использует выходную температуру в качестве основного сигнала, а нейтронный поток как дополнительный. Выходная температура программируется как функция уровня мощности.

Основные данные по опыту сооружения и эксплуатации реактора «Джойо»

Этапы создания реактора:

1970–1974 гг. — строительство,

1975–1976 гг. — технологические исследования,

1976–1977 гг. — достижение критичности и исследование на малых мощностях,

1977–1978 гг. — исследование на мощности 50 МВт, 1978–1981 гг. — исследование на мощности 75 МВт,

1981–1982 гг. — перегрузка активной зоны и переход в ноябре 1982 г. на мощность 100 МВт с активной зоной МК-II.

На мощности 50 МВт было проведено снятие характеристик реактора: измерен мощностной коэффициент выгорания, характеристики охлаждающих систем, аварийные режимы: остановка насоса и работа системы аварийного расхолаживания.

После завершения исследований на мощности 50 МВт в 1979 г. на этой же зоне было начато исследование реактора на мощности 75 МВт. Разрешение на проведение работ на мощности 75 МВт было задержано Комитетом ядерной безопасности в связи с дополнительной инспекцией реактора после аварии на АЭС США в 1978 г. Результаты исследований на мощности 75 МВт совпадали с расчетными величинами. Аномалией, однако, было появление неожиданно большого отрицательного мощностного коэффициента реактивности (в 2 раза больше расчетной величины) во время первоначального подъема мощности свыше 50 МВт. Причиной этого явления можно считать изгиб топливных сборок.

В настоящее время реактор эксплуатируется на максимальной мощности 75 МВт. К концу 1981 года максимальное выгорание достигло 40200 МВт·дней/т. Время работы — 1300 часов, выработано тепловой энергии 673 300/(МВт·час).

Проверена радиационная обстановка в боксах 1 контура при слитом натрия. На ноябрь 1980 г. уровень излучений составлял от 3,2 до 6,5 мР·час. На трубопроводах I контура появились отложения продуктов коррозии (Co^{60} и Mn^{54}).

По результатам исследований были получены следующие выводы:

- переходный процесс при отключении основного насоса более плавный, чем расчетный,
- вследствие медленного закрытия воздушной заслонки на воздушном теплообменнике имеет место переохлаждение натрия II контура,
- естественная циркуляция во II контуре составляет 5% номинального расхода.

Дальнейшая программа эксплуатации «Джойо» предусматривает замену в 1982 г. активной зоны МК-I на МК-II с более тонкими твэлами. Работы по переходу на зону МК-II начаты в январе 1982 г., планируемый выход на мощность — ноябрь 1982 г. Максимальное выгорание новой зоны — 50000 МВт/дн/тонну, максимальная линейная мощность — 400 Вт/см, максимальный нейтронный поток — $5,1 \cdot 10^{15}$ н/см²сек.

Число срабатываний аварийной защиты реактора за период 1977—1981 гг. составило 17 (из них по вине персонала — 5).

Для детектирования повреждения твэла реактора «Джойо» предусмотрено две системы оперативного контроля: контроль активности осколков деления в защитном газе (CGM) и контроль по запаздывающим нейтронам в теплоносителе (DNM).

Скорость счета системы CGM (фон) на мощности 75 МВт составляет 120 имп/сек, источником которого является Ne^{23} , Ar^{41} , Ne^{24} . Скорость счета по запаздывающим нейтронам составляет 2300 имп/сек, (фоновый счет объясняется главным образом проскоком нейтронов из зоны).

Система CGM представляет собой контур отбора защитного газа из реактора, ловушки паров натрия, трубопроводов диаметром один дюйм и электроосадителя, в котором β -активные дочерние продукты деления осаждаются на отрицательно заряженной проволоке с последующим обмером.

Электроосадитель состоит из β -сцинтилляционного счетчика, проволоки и коллиматора. Передвижение проволоки для измерения осуществляется электродвигателем. Длина проволоки составляет 100 интервалов одного измерения. Предусмотрена линия чистого аргона для продувки системы с целью очистки от продуктов деления.

Для системы DNM в горячую ветвь трубопроводов I контура встроены нейтронные счетчики BF_3 и B^{10} , окруженные свинцовой защитой с полиэтиленовым экраном. С целью повышения чувствительности счетчики находятся в графитовых блоках.

Для того, чтобы обеспечить широкий диапазон измерений, использовано два счетчика BF_3 , сигналы которых складываются для увеличения скорости счета с целью увеличения чувствительности, а счетчик B_{10} используется для перекрытия другой части диапазона на случай выхода большого количества продуктов деления в натрий.

Программа для проведения послереакторных исследований тепловыделяющих сборок активной зоны и зоны воспроизводства была подготовлена с момента начала эксплуатации реактора «Джойо» (с 12.1976 по 10.1979 г. мощность 50 МВт, с 10.1979 по IV кв. 1981 г. мощность 75 МВт).

В соответствии с программой предусматривалось облучение и послереакторные исследования 12 штатных ТВС и 9 ТВС, для которых был предварительно проведен детальный выходной контроль и подготовлены подробные паспортные данные.

После каждого цикла работы реактора (работа на мощности 45 дней, 15 дней остановка) 2-3 ТВС выгружались и после расхолаживания передавались на послереакторные исследования. Выгорание в сборках изменялось от минимального (за 1 цикл облучения), равного 3500 МВт сут/т до максимального разрешенного (40000 МВт сут/т).

Кроме ТВС активной зоны, в программу были включены и 7 сборок зоны воспроизводства, послереакторные исследования которых также проводились при ступенчатом увеличении выгорания (от 70 МВт сут/т до 900 МВт сут/т). По такой же схеме запланированы и испытания 20 ТВС в реакторе с зоной МК-II.

Диаметр твэла $6,3 \times 0,35$ мм, длина — 1910, высота активной части — 600 мм, высота верхнего и нижнего торцевых экранов из обедненной UO_2 — 400 мм, объем газосборника, расположенного в верхней части твэла, $8,5 \text{ см}^3$. Материал шестигранника оболочка твэла — ст. 316 в холодно-деформированном состоянии.

В зоне воспроизводства размещено 188 девятнадцатитвэльных сборок. По габаритным размерам сборки зоны воспроизводства совпадают со сборками активной зоны. Диаметр твэлов $15 \times 0,6$ мм, шаг решетки — 16,42 мм, диаметр дистанционирующей проволоки — 1,3 мм, шаг навивки — 314 мм.

На конец 1981 г. полный цикл послереакторных исследований проведен для 14 из 21 сборки. Пропускная способность камер горячей лаборатории — 10–12 сборок в год.

Послереакторные исследования сборок включают визуальный осмотр, профилометрию шестигранника, рентгеновскую радиографию. После этого чехол сборки разрезается двумя поперечными резами и снимается с пучка твэлов (усилие снятия во всех случаях не превышало 15 кг).

Твэлы подвергаются визуальному осмотру, профилометрии, взвешиванию, рентгеновской радиографии, γ -сканированию, проколу оболочки лазером для определения объема газа и его хроматографического анализа.

Образцы оболочек и топлива исследуются на электронном микроскопе, электронном микроанализаторе, проводятся металлографические исследования на оптическом микроскопе и автордиография.

Теплогидравлические эксперименты проведены на полномасштабных моделях топливных сборок для реактора «Джойо» МК-I (уровень мощности 50 и 75 МВт) и МК-II (уровень мощности 100 МВт).

Для сборки МК-II были проведены следующие исследования:

- потери давления в пучке твэл;
- потери давления в хвостовике пакета;
- протечки через сферические посадочные уплотнения;
- испытания на ресурс в потоке натрия;
- вибрация в пакете с искривленным пучком твэл (в процессе работы);
- потери давления и параметров потока в сборке после облучения.

Гидравлические характеристики были исследованы на воде, а испытания на ресурс выполнены в потоке натрия.

Влияние проволоочной навивки на перемешивание потока в пучке твэл исследовалось как в воде, так и в потоке натрия.

Коэффициенты перемешивания для топливных и экранных сборок были получены из анализа экспериментальных значений распределения температур, полученных на полномасштабных моделях сборок, в которых с помощью электричества имелась возможность нагрева от 1 до 7 твэл. Одновременно была разработана математическая модель кода SWIRL. Подбором коэффициентов в уравнениях переноса для составляющих перемешивания потока в пучке было достигнуто хорошее согласование экспериментальных и расчетных результатов. Выбранные коэффициенты по перемешиванию использовались затем для анализа распределения температур в реальных и боковых сборках реактора «Джойо».

Из рассмотрения процесса перемешивания в связи с шагом навивки проволоки, диаметром твэл, шагом пучка и диаметром проволоочной навивки показано, что эта зависимость выражается коэффициентом K , который близок к константе для любых стержней с проволоочной навивкой для дистанционирования.

Для пучка стержней с проволоочной навивкой экспериментально получены значения линейных коэффициентов сопротивления для ламинарной, переходной и развитой турбулентной областей течения теплоносителя. При обработке результатов использовалась зависимость $f_N = f(Re_N)$, где в критерий Re_N входит относительный шаг навивки, относительный шаг пучка, диаметр стержня, теплоносителя, гидравлический диаметр пучка и т. д.

В ламинарной области эта зависимость несколько выше зависимости $64/Re_N$, в развитой турбулентной — близка к зависимости Блазиуса. Имеет место плавный переход от ламинарной к развитой турбулентной области. Плавность перехода от ламинарного к турбулентному режиму течения авторы объясняют явлением вибрации стержней, вызванной поперечными потоками на спиральных проволоках. Такая зависимость ими наблюдалась.

Формоизменений чехлов и твэлов не обнаружено (вплоть до выгораний 40100 МВт сут/т).

При осмотре ТВС и профилометрии твэлов после первого цикла облучения (3500 МВт сут/т) обнаружено истирание оболочек в точках касания с дистанционирующей проволокой на глубину до 50 μm ; при дальнейшем облучении сборок глубина истирания не увеличивается (скорость движения теплоносителя в сборке 5 м/сек).

Методом рентгеновской радиографии обнаружены удлинения топливных сердечников на 1–5 мм.

Давление газа в газовой полости твэла в зависимости от выгорания составляет 1–4 кг/см^2 . Выход газа из топлива 50% от образующегося.

Коррозионных повреждений оболочек со стороны топлива не обнаружено, величина зазора между таблетками и оболочкой уменьшается от 200 μm (исходное значение) до 50–100 μm .

Ползучести и распухания ст. 316 не обнаружено, однако дистанционирующая проволока из отожженной ст. 316 распухла на 1%.

В связи с жесткими требованиями сейсмостойкости конструкций реакторного оборудования на реакторе «Джойо» разработана программа и проведены испытания натриевых трубопроводов с помощью принудительной вибрации электромагнитным резонатором путем приложения синусоидальных колебаний к отдельным участкам системы трубопроводов.

Испытание вибрацией является достаточным средством определения устойчивости контура и получения необходимой лицензии от соответствующих контролирующих органов о пригодности проекта.

Система трубопроводов «Джойо» испытывалась приложением синусоидальных колебаний от электромагнитного генератора частотой от 2 до 30 Гц в течение около 20 минут с усилием 100 и 200 кг (I и II контур соответственно). Во время испытания было получено хорошее совпадение результатов опыта и предварительных расчетов по созданию аналитической модели; кроме того, эти испытания помогают иногда обнаружить скрытые трения.

Устойчивость систем трубопроводов «Джойо» с точки зрения сейсмичности подтверждается тем, что действительные напряжения при предусмотренных проектом землетрясениях были меньше расчетных (при наличии гидрокompенсаторов, создающих демпфирование колебаний трубопроводов).

Программа материаловедческого надзора на реакторе «Джойо». С момента вывода реактора «Джойо» на критичность начала реализовываться запланированная еще при проектировании и монтаже реактора программа ма-

териаловедческого надзора за всеми компонентами реакторной установки: корпусом реактора, опорными конструкциями и обечайкой активной зоны, страховочным корпусом, трубопроводами I-го и II-го контуров, промежуточными теплообменниками и насосами.

Для этой цели были подготовлены образцы из тех же материалов, что и контролируемые компоненты (корпус реактора — ст. 304SS, опорные конструкции и обечайка зоны ст. 316SS, страховочный корпус — SB-42, трубопроводы I-го контура — ст. 304SS, трубопроводы II-го контура — ст. 2 $\frac{1}{4}$ Cr+I Mo), а также образцы сварных соединений, полученные при тех же условиях, что и сварные швы основных компонентов.

Кроме того, для оценки изменений свойств материалов были подготовлены образцы-свидетели, по отношению к которым будут оцениваться изменения свойств образцов, находящихся в разных точках реакторной установки.

Программа материаловедческого надзора рассчитана на 20 лет. Контрольные образцы корпуса будут исследоваться за это время пять раз (через год, 1,5 года, 2,5, 5 и 10 лет). С такой же периодичностью намечены испытания образцов страховочного корпуса и образцов трубопроводов первого и второго контуров. Образцы материала опорных конструкций зоны намечено исследовать 8 раз за 20-летний период.

Образцы материала промежуточного теплообменника будут исследоваться лишь в случае необходимости оценки их состояния при изменении условий работы.

Для разделения эффектов облучения и взаимодействия с натрием в отражатель реактора загружены капсулы с заполнением инертной средой (гелием) и с протоком натрия.

В каждой из контролируемых точек в специальных обоймах установлены образцы для последующих испытаний на растяжение, ползучесть, усталость, металлографию (места установки обойм и капсул с образцами и конструкциями обойм приведены в докладе). К настоящему времени исследованы образцы материалов опорной конструкции зоны (после флюенса $4,5 \cdot 10^{20}$ м/см²). Получены зависимости удлинения до разрыва от температуры в сопоставлении с образцами-свидетелями. Никаких изменений пока не обнаружено.

Один доклад семинара был посвящен описанию методов и результатам проверки герметичности контейнмента реактора «Джойо».

Перед пуском реактора «Джойо» были проведены полные испытания течи защитной оболочки реактора. Испытание проводилось методом абсолютных падений давлений, а также методом эталонных сосудов.

При абсолютном методе опрессовывается корпус оболочки и оценивается уменьшение давления, вызванное утечкой. В методе эталонных сосудов измеряется разница давлений между корпусом оболочки и восемью не текущими эталонными сосудами.

Условия испытания — давление 0,675 кг/см² и равно половине проектного — 1,35 кг/см², среда испытания — азот, время испытания — 48 часов.

Экспериментальные установки «О-арай» центра

Испытания оборудования, работающего в натрии.

В «О-арай» центре созданы и используются для отработки оборудования реакторов «Джойо» и «Монжю» различные стенды. Их перечень и характеристики даются в таблице:

Макс. тем-пер., °С	Ø трубопрово-дов, мм	Расход, м³/час	Мощность, кВт	Кол-во на-трия, м³	Год пуска
1. Технология натрия и очистка					
500	100	28	260		1971
2. Модель реакторной петли					
500	75	29	450	100	1972
3. Испытание перегрузочных механизмов					
550	50	6	150	8	1971
4. Испытания небольших сильфонов					
500	50	12	50	2	1978
5. Испытания натриевых насосов					
450	300	1200	100	12	1972
6. Стенд длительных испытаний					
500	300	1200	1000	8	1973
7. Перегрузочные механизмы «Монжю»					
540	100	88	350	72	1975
8. Испытания механизмов СУЗ					
540	50	13	50	2	1973
9. Испытания на тепловой удар					
560	150	60	100 / 150 / 40	14	1973
10. То же, малый стенд					
600	50	6	27,5 / 27,5	0,6	1979
11. Na-K – теплогидравлика					
500	25 / 37	7,2	300 / 40	0,7	1979
12. Очистка от натрия					
					1970

На стенде № 6 (смотрите таблицу) имеется петля для градуировки расходов на расход до 1500 м³/час.

В настоящее время программы работ на этих стендах направлены на задачи «Монжю», в дальнейшем все больший вес будут иметь работы по реактору 1000 МВт. Многие стенды будут переделываться. Вместе с тем на некоторых стендах еще стоят узлы «Джойо», например, поворотные пробки. Здесь отрабатываются вопросы ремонтных работ.

Стенды по технологии натрия обеспечивают весь необходимый комплекс работ по изучению теплогидравлики, химии, коррозии материалов, методов

контроля примесей и очистки. Имеется интересный стенд по изучению поведения продуктов коррозии в натрии с использованием методов меченых атомов. Однако этот стенд не был показан, и информация о результатах исследований на нем не давалась.

4 стенда для изучения процессов течи воды в натрий и разработок методов обнаружения течей. Несколько стендов предназначены для исследований поведения материалов в натрии под нагрузкой, в условиях провоцирования самосваривания и др.

Натриевый стенд по испытанию парогенераторов мощностью 50 МВт

Данный стенд предназначен для испытания крупномасштабных моделей парогенераторов. Однако двухконтурная схема стенда по натрию позволяет японским специалистам проводить на стенде испытание системы аварийного расхолаживания реактора «Монжю» с помощью воздушных теплообменников.

На стенде испытания две модели корпусных геликоидальных парогенераторов (каждая модель мощностью 50 МВт и составляет 1/5 мощности полномасштабных ПГ).

Первая модель испытывалась 3000 часов, вторая — 110000 час. В настоящее время испытания второй модели продолжаются, демонтаж будет произведен через два года.

Параметры испытания ПГ:	Модель № 1	Модель № 2
Температура натрия на входе, °С	505	515
Температура натрия на выходе, °С	328	320
Температура питательной воды, °С	240	240
Температура перегретого пара, °С	487	487
Давление перегретого пара, ата	132	133

Характеристики моделей ПГ

Наименование	Модель № 1		Модель № 2	
	испаритель	пароперегр.	испаритель	пароперегр.
Материал трубок	24	304	24	321
Диаметр, мм	25,4×3,2	25,4×3,2	31,8×3,8	31,8×3,5
Шаг, мм	40	40	50	50
Кол-во трубок	75	60	33	33

Обе модели состоят из корпуса испарителя и корпуса пароперегревателя, имеющих противоположную схему движения теплоносителей. В корпусах имеются газовые полости с системами выброса продуктов реакции натрия с водой. В первой модели подвод горячего натрия организован из коллектора, находящегося вне корпуса, во второй из коллектора, находящегося в корпусе под уровнем натрия. Подводы питательной воды в первой модели индивидуальны от коллектора через верх корпуса к опускающим трубкам; во второй — из

водяных камер, расположенных в верхней части корпуса, к опускным трубкам, закрепленных своими концами к трубным доскам. Отвод натрия в обеих моделях производится через нижний патрубок, отвод пара из трубок через верхнюю центральную камеру.

Программа исследования моделей охватывает такие вопросы как:

- изучение теплогидравлических характеристик;
- пусковые, номинальные, частичные режимы;
- переходные режимы, динамические характеристики;
- исследование поведения продуктов реакции натрия с водой и систем индикации течей (для этих целей между испарителем и пароперегревателем установлено сопло для впрыска воды и водорода с расходами 0,1–3 г/с).

Во всех исследуемых режимах на выходе из испарителя поддерживается температура перегретого пара $\Delta t = 30$ °С с воздействием на регулятор питания. Чтобы исключить попадание влаги в пароперегреватель в аварийных ситуациях, по сигналу от датчика влажности, установленного в рассечке между испарителем и пароперегревателем, быстродействующим клапаном по пару отсекается от испарителя пароперегреватель. Датчик влажности (по объяснению японских специалистов «на ходу») работает по балансному принципу. При изменении теплового баланса в датчике изменяется уровень в конденсационном баке датчика.

В дальнейшем целесообразно выяснить через специалистов, которые будут общаться со специалистами Японии, конструкцию датчика влажности. Изучить возможность создания и внедрения на БН-600 и БОР-60 подобного датчика, чтобы с большей уверенностью обеспечивать контроль режимов работы ПГ, в которых исключался бы заброс влаги в пароперегреватели.

Горячая лаборатория

Горячие камеры лаборатории находятся в отдельном здании. Блок горячих камер начинается со шлюзовой камеры длиной 6 м, высотой и шириной 7 м, и цепочки горячих камер длиной 25 метров. Сборка в шлюзовую камеру поступает через верх, где потом подается на разделочную линию. Правый ряд горячих камер предназначен для работы с ТВС, левый — для работы с твэлами.

Основные операции:

- отрезка фрезой концевиков;
- извлечение пучка (усилия от 10 до 16 кг);
- разборка пучка на ряды;
- отделение одиночных твэлов;
- замер геометрии чехлов;
- лазерный проход и сбор газов;
- отделение оболочек от таблеток.

Кроме того, проводится γ -сканирование твэлов, причем по Cs зарегистрирована преимущественная конденсация в нижней части, особенно в промежутках между таблетками.

Измеряется количество натрия, оставшегося на ТВС, проводится γ -радиография сборки в целом.

Лаборатория в год исследует до 4-хборок «Джойо». Таблетки изготавливаются путем механического смешивания PuO_2 и UO_2 . В настоящее время в Токае пущена автоматическая линия по изготовлению твэлов производительностью до нескольких тонн в год, кроме того в Токае пущен завод по переработке отработанных твэл, и уже некоторая часть плутония для нового топлива поставляется с него (ранее «энергетический» плутоний поступал из-за рубежа, и при хранении накапливался Am^{241} , что ухудшало радиационную обстановку при изготовлении твэлов).

При анализе результатов исследований твэл в горячих камерах имеются несколько математических программ, по некоторым программам данные зачисляются непосредственно на ленту и анализируются компьютером в «О-арай».

Общая характеристика [компании PNC] и ее работ

Компания PNC — это головная организация, развивающая перспективные направления атомной энергетики в Японии. Деятельность PNC находится непосредственно под наблюдением правительства (агентства науки и технологии), работа идет в кооперации с Японским исследовательским институтом атомной энергии, университетами, национальными лабораториями и институтами. Корпорация тесно связана с промышленностью. Корпорация объединяет: инженерный центр в «О-арай», заводы в Нингайо Тоге, Токайские заводы, геолого-разведочный центр в Тшубу и тяжеловодный реактор Фуген на АЭС в Цуруге. Япония в работах кооперируется с США, Англией, Канадой, Францией, Италией, ФРГ, Бельгией, Нидерландами.

Основная деятельность корпорации сосредоточена на наиболее перспективных и важнейших с точки зрения японских ученых и специалистов в области атомной энергии направлениях, а именно:

- развитие быстрых реакторов;
- развитие тяжеловодных реакторов, в том числе, на уран-плутониевом окисном топливе;
- разведка урановых запасов и совершенствование технологии переработки руд;
- развитие новейших технологий в области атомной промышленности, включая реакторное оборудование, оборудование заводов по добыче, переработке, центрифуговому обогащению урана и производству уран-плутониевого топлива;
- переработка отработанного топлива, извлечение урана и плутония, захоронение отходов и другие задачи использования атомной энергии.

Таким образом, деятельность PNC не касается создания легководных реакторов для АЭС, программа развития которых осуществляется государственными и частными электрическими компаниями (с учетом производства твэлов на Токайских заводах), а целиком сосредоточена на создании наиболее

экономных по расходованию урана ядерных реакторов: быстрых реакторов-размножителей и тяжеловодных реакторов на окисном уран-плутониевом топливе, а также на всем комплексе задач, решение которых обеспечивает организацию замкнутого уран-плутониевого топливного цикла. Бюджет PNC еще в 1980 г. превышал 140 миллиардов иен (около 600 млн долларов).

Для обеспечения исследовательской программы в указанных направлениях PNC располагает достаточным количеством хорошо оснащенных лабораторий и испытательных установок.

Согласно оценкам, в 2000 году в Японии необходимо иметь от 200000 до 300000 тонн U_2O_8 . Залежей урановых руд в Японии (с учетом дополнительной разведки) около 9000 тыс. тонн. Разработки сейчас производятся в Тоно. В связи с этим Япония разведывает и разрабатывает урановые залежи во многих странах мира: в Австралии, Африке, Южной и Северной Америке, Индонезии. Япония либо сама ведет разработку, используя собственное оборудование, либо совместно, получая пай урана. Например, для США Японией выполнено проектных работ на 110 млн долларов. Япония развивает свою технологию переработки урановых руд. Гексафторид урана может быть непосредственно получен из руды, минуя традиционные процессы приготовления U_3O_8 . Считается, что в будущем такая технология будет играть важную роль. Ведутся исследования по еще большему сокращению процесса, используя кучное и подземное выщелачивание. Действующий сейчас с 1981 г. в Нингайо Тоге завод использует ионно-обменную технологию с последующим электролитическим восстановлением хлористого уранила, а также может перерабатывать в гексафторид урана U_3O_8 . Производительность завода — 200 т урана в год.

Исследования ведутся с 1966 года с целью обеспечения окисным смешанным топливом быстрых и тепловодных реакторов. Работа проводится на Токайских заводах. Была создана лабораторная технологическая цепочка в перчаточных боксах с механизированным оборудованием для производства окисных таблеток и твэлов. Работа в боксах велась при разрядении, осуществлявшемся через фильтры высокой эффективности очистки. Работа на цепочке была затруднена вследствие накопления америция-242 при длительном хранении плутония в то время, когда плутоний импортировался с зарубежных радиохимических заводов. В 1980 году в Токае пущена вторая автоматическая дистанционная цепочка по производству твэлов на основе плутония производительностью до 10 кг в день по окисному смешанному топливу, позволяющая работать с плутонием, в том числе и после его длительного хранения. В настоящее время имеется также возможность очистки долго хранившегося плутония от америция. Всего в Токае изготовлено до 20 тонн твэлов (по топливу) на основе $(UPu)O_2$ для реактора Фуген (обогащение по плутонию 1,5 и 0,65%) и 1,5 тонн для загрузки «Джойо».

В настоящее время изготавливаются сборки для реактора «Фуген» с топливом, содержащим 1,6% и 1,1% плутония, для второй загрузки реактора «Джойо» и для реактора «Монжю». Проектируется промышленная установка

для производства плутониевого топлива, разрабатываются модификации опытных твэлов для внутриреакторных и послереакторных исследований.

Твэльное производство оснащено широким кругом контрольно-технологического оборудования, включая неразрушающие методы контроля: токовихревые и ультразвуковые. Работы по технологии виброуплотнения окисного уран-плутониевого топлива закрыты после проведения исследований в связи с технологическими трудностями.

На Токайских заводах построен и с 1981 г. сдан в регулярную промышленную эксплуатацию завод по переработке отработанных твэлов. Пуск его состоялся в 1979 г. Начальная производительность 2 кг плутониевого смешанного топлива в день поднята до 10 кг/день. С 1977 г. действует опытная установка производительностью до 0,7 тонн в год. К настоящему времени переработано более 70 сборок реакторов BWR. Завод может перерабатывать сборки с выгоранием топлива не более 30000 МВт/сут/т после их выдержки в течение 125 дней.

Продуктом завода являются порошок UO_3 и раствор нитрида плутония. Изучается возможность переработки твэлов быстрых реакторов, в связи с чем в 1982 году предстоят «горячие» испытания оборудования.

В настоящее время радиоактивные отходы в основном хранятся в бетонных хранилищах вблизи радиохимических установок. Изучается возможность отверждения и упаковки отходов в специальные контейнеры для захоронения в Южной части Тихого океана. Однако Япония пока не получила на это согласие островитян.

Японская сторона четко высказала свою заинтересованность в дальнейшем сотрудничестве по быстрым реакторам с СССР, положительно оценила имеющийся опыт двухсторонних семинаров, проявляя большой интерес к нашей программе разработки быстрых реакторов.

Выводы и рекомендации

1. Работа по быстрым реакторам в Японии хорошо организована. Исследования ведутся по наиболее актуальным задачам разработки. Задачи решаются комплексно. Разработка реакторов сочетается с развитием топливного цикла.

Опыт работы реактора «Джойо» является вполне успешным. Япония обладает развитой, хорошо оснащенной экспериментальной базой для обеспечения последующих разработок быстрых реакторов. Научные и инженерные кадры в этой области имеют хорошую подготовку, как правило, хорошо знают мировой опыт, прошли ту или иную стажировку в таких странах, как Франция, США, Англия и ФРГ.

2. Проведенный двухсторонний семинар прошел успешно. Наиболее полезной и интересной является информация из докладов по испытанию систем КГО реактора «Джойо», по измерениям характеристик сейсмостойкости этого реактора, по испытаниям контейнмента на плотность.

3. Опыт, получаемый японскими специалистами в связи с эксплуатацией реактора «Джойо», а также на хорошей экспериментальной базе, представляет интерес и для наших специалистов. Возможными областями сотрудничества могли бы быть следующие вопросы:

- технология натриевого теплоносителя, включая вопросы коррозии, поведения продуктов коррозии в натрии, приборы контроля параметров и загрязнений натрия;

- исследования гидродинамики и теплообмена в теплообменниках и парогенераторах;

- конструктивно-технологические решения по выбору твэл и ТВС быстрых реакторов, требования к конструкционным материалам твэл и ТВС, теоретические и экспериментальные обоснования работоспособности твэл и ТВС;

- систематическое обсуждение опыта эксплуатации реакторов «Джойо», BOR-60, БР-10.

Запланированный на 1982 г. советско-японский семинар по физике быстрых реакторов может выявить дополнительные интересы в этой области.

4. Формой сотрудничества на ближайшее время могли бы остаться двухсторонние семинары типа уже проведенных с посещением одного-двух исследовательских центров по быстрым реакторам.

5. Советской делегации был оказан хороший прием. Атмосфера семинара и всей работы делегации была дружелюбной, корректной и предупредительной.³⁾

По материалам, представленным членами делегации, отчет подготовили:

Председатель оргкомитета
Секретарь оргкомитета

М. Ф. Троянов
М. П. Никулин

Архив АО «ГНЦ РФ – ФЭИ». Ф. 1, оп. 1, д. 1448. Подлинник.

Примечания

¹⁾ «Джойо» — современное написание — Дзёё (Jōyō) — первый японский экспериментальный атомный реактор на быстрых нейтронах, использовался для испытания ядерного топлива и проведения различных экспериментов, эксплуатировался в период с 1977 по 2007 годы с постепенно растущей мощностью.

²⁾ *О-араи* — так в документе, современное написание — Оараи (Oarai Research Establishment). В научно-исследовательском центре Оараи находится реактор «Джойо».

³⁾ Далее к отчету приложен список зарубежных ученых, с которыми авторам пришлось встречаться во время японо-советского семинара, с их краткими данными, который не приводится.

Доклад М. Ф. Троянова, В. И. Матвеева, А. А. Ринейского «Улучшение основных характеристик быстрых реакторов с натриевым охлаждением» на НТС Министерства

16 мая 1983 г.

1. Быстрые реакторы с натриевым охлаждением БН-800 и БН-1600 спроектированы в соответствии с утвержденными заданиями для работы на смешанном уран-плутониевом окисном топливе. Проектное выгорание топлива 10% т.а. (100 кг ок с./т.т.а.). При использовании в этих реакторах традиционной по конструкции активной зоны и тех сталей для оболочек твэлов и чехлов шестигранных ТВС, которые доступны в промышленном масштабе сегодня, коэффициенты воспроизводства составляют 1,29–1,34. В силу традиционно большого внимания к КВ в отечественных разработках быстрых реакторов этот показатель в реакторах БН выше, чем в зарубежных проектах, на величину $\sim 0,1$. При времени внешнего цикла один год времени удвоения реакторов БН получаются равными 14–12 лет.

Рассмотрение долгосрочных перспектив развития атомной энергетики показывает, что до тех пор, пока идет начальная стадия внедрения быстрых реакторов, когда плутоний для их загрузки поступает от тепловых реакторов, улучшение характеристик воспроизводства не имеет решающего значения с точки зрения экономии урана и последующего выхода атомной энергетики в режим самообеспечения горючим.

В соответствии с полностью совпадающими результатами оценок ФЭИ, ИАЭ, ВНИПИЭТ до уровня мощностей 25–30 ГВт(э) быстрые реакторы могут развиваться при тех характеристиках воспроизводства, которые обеспечиваются традиционными активными зонами.

Наиболее острым вопросом топливного цикла на начальном периоде развития быстрых реакторов является достижение, а затем и превышение проектного выгорания, в том числе и, прежде всего, на смешанном уран-плутониевом топливе. Изготовление и переработка смешанного топлива на этом этапе еще будут производиться на заводах и участках малой производительности с большими затратами, и всяческое сокращение объемов потребления топлива реакторами за счет повышения выгорания будет приводить к улучшению экономических показателей АЭС. К сожалению, сегодня на БН-600 мы не обеспечиваем проектное выгорание, и станция вынуждена потреблять в 1,5 раза больше ТВС, чем это было предусмотрено проектом. Пути обеспечения проектного выгорания, а затем его превышения мы видим в использовании более радиационно стойких конструкционных материалов, а также в улучшении технологии изготовления твэлов и ТВС. Следует отметить, что в реакторах Феникс и PFR достигнуто выгорание 8–10% с очень низкой степенью разгерметизации твэлов.

Нельзя также не отметить и того, что до сих пор не определена стоимость возвратного топлива для реактора БН-600. Нет методики определения взаиморасчетов с Минэнерго за возвратное топливо быстрых реакторов. Принятие этой стоимости за нуль совершенно неправильно, и будет препятствовать созданию быстрых реакторов в Минэнерго. Сегодня БАЭС при достигнутом выгорании берет в год ~ 2300 кг U-235, выгружает в год 1550 кг U-235 и 100 кг Pu из активной зоны, плюс 240 кг плутония хорошего качества из зон воспроизводства. Трудно даже представить логику, почему этот продукт должен отдаваться станцией бесплатно. Применительно к БН-600 такой подход будет препятствовать также к внедрению смешанного топлива. Решение Межведомственного Совета о необходимости создания методики есть, но оно пока не привело к результату.

Обращаясь вновь к перспективе развития АЭ, следует обратить внимание на то, что на следующем после начального этапе развития быстрых реакторов — при их широком внедрении — потребуется значительное улучшение параметров воспроизводства. Сегодняшние представления таковы, что может потребоваться КВ 1,5–1,6, а времена удвоения при $T_{вц} = 1$ год ~9 лет. Достижение этих показателей требует того, чтобы:

а) В перспективе был обеспечен короткий топливный цикл – до 1 года. Эта проблема обсуждалась на НТС в 1981 г. Сегодня этот вопрос не ставился на обсуждение. Хотелось бы сказать, что сдвигов здесь мало. По нашему мнению, необходимо интенсивно вести проектные проработки предприятий по переработке бридерного топлива и средств перевозок в расчете на годичный топливный цикл.

б) Достижения высших КВ в быстрых реакторах возможно при использовании усовершенствованного топлива.

Частичное улучшение характеристик можно будет получить за счет использования радиационно стойких конструкционных материалов и сокращения зазоров между ТВС, частичное улучшение может быть достигнуто за счет более плотной — из металлического урана — зоны воспроизводства, и такой вариант рассмотрен для реактора БН-1600. Имеется программа испытаний сборок с металлом для зон воспроизводства.

Однако главным путем является применение плотного топлива в активной зоне.

Таблица 1

	Карбид	Нитрид естеств.	Нитрид на N ¹⁵	Металл $t_{ст} \leq 670$	Металл $t_{ст} \leq 510$	Гетерогенная акт. зона 30% металла		
						кольца	внутр. кассет.	осевая просл.
ИКВ	0,42	0,40	0,48	0,61	0,60	0,46	0,47	0,48
T_2 , лет при $T_{вц} = 1$ год	8,5	9,2	7,5	7,3	8,2	9,2	9,4	9,1

Гомогенные активные зоны со смешанным уран-плутониевым карбидным и нитридным топливами позволяют получить весьма высокие показатели воспроизводства.

Особенно высокие значения КВ могут быть получены с металлическим топливом.

Однако на пути внедрения перспективных видов топлива стоит еще немало проблем, главной из которых является создание работоспособных твэлов, обеспечивающих глубокое выгорание. Недостаточен опыт испытаний топлива на основе Pu. Исследования перспективных U-Pu топлив, ведущиеся сейчас, пока еще не завершились решением всех проблем, и, кроме того, внедрение этих топлив связано по существу с созданием нового, отличающегося от реализуемого, промышленного производства изготовления твэл и введением дополнительных операций в технологию химической переработки таких твэл.

Решение указанной проблемы возможно также при использовании предложений, разрабатываемых в последнее время в ФЭИ, ИАЭ, ОКБМ, ВНИИНМ, НИИАР по созданию окисно-металлических гетерогенных активных зон.

Активные зоны такого типа, состоящие из обычных твэлов с окисным уран-плутониевым смешанным топливом и твэлов с металлическим ураном, позволяют достичь высоких параметров воспроизводства в сочетании с глубоким выгоранием окисного топлива (в перспективе до 15% и более). Условия работы металлических твэл при этом являются достаточно облегченными по выгоранию и тепловой нагрузке ($\alpha_{\text{max}} \leq 2\%$ тяж. ат., $q_e \sim 300$ Вт/см).

2. Работы по исследованиям гетерогенных окисно-металлических активных зон были начаты на нашем предприятии в 1976 г. Этому предшествовали работы НИИАР. В 1968 г. в НИИАР было, в частности, разработано предложение о возможности создания реактора с высоким внутренним воспроизводством ($K_{\text{ва}} \sim 1$) за счет введения в активную зону ТВС с металлическим ураном. В 1976 году нами был проведен анализ зарубежных исследований в области создания гетерогенных активных зон. Следует отметить, что в зарубежных исследованиях рассматривалось (и рассматривается) только окисное топливо, и в этом случае достигается некоторое улучшение характеристик воспроизводства и ряда других параметров. На основе этого анализа мы пришли к выводу о возможности более существенного улучшения КВ и T_2 при использовании металлического урана во внутренних зонах воспроизводства.

В 1977 году нами было сформулировано научно-техническое предложение о создании гетерогенной активной зоны окисно-металлического типа для реактора БН-1600, а в 1978 году было выдано техническое задание ОКБМ на разработку такой зоны. В то же время аналогичное предложение было выдвинуто ИАЭ. В течение 1978–1982 гг. в нашем институте был проведен большой комплекс исследований по обоснованию проектного варианта гетерогенной окисно-металлической активной зоны, включая экспериментальные исследования по физике на критических сборках БФС. В 1982 г. этот этап работы был завершен совместно с ОКБМ выпуском физической записки к техническому

проекту реактора БН-1600. В это же время проводились аналогичные исследования Институтом атомной энергии совместно с ОКБМ, которые завершились в 1981 г. выпуском физической записки по обоснованию другой компоновки гетерогенной оксидно-металлической активной зоны реактора БН-1600. Совместно с чехословацкими специалистами в 1977–1981 гг. нами были проведены применительно к реактору типа БН-1600 исследования гетерогенных активных зон с оксидными гетерогенными вставками.

3. Выдвинутые предложения по использованию в быстрых реакторах гетерогенных окисно-металлических активных зон в значительной степени обоснованы в области радиационного материаловедения работами, проведенными НИИАР и ВНИИНМ. Ранее эти институты взяли на себя разработку усовершенствованных топливных компенсаторов выгорания, в которых используется металлический уран для реакторов БН-800 и БН-1600. Для обоснования технических проектов таких компенсаторов были проведены радиационные исследования элементов с металлическим ураном на реакторе БОР-60. По техническому заданию нашего института были разработаны аналогичные компенсаторы, использующие металлический уран для реактора БН-350. В 1982 г. два опытных компенсатора такого типа были поставлены в реактор БН-350 и в настоящее время эксплуатируются в системе регулирования этого реактора. Работоспособность металлических элементов компенсаторов обеспечивается за счет следующих технических мероприятий. В одном варианте (разработка ВНИИНМ) распухание металлических сердечников в процессе облучения ограничивается введением специальной легирующей добавки из тугоплавкого металла, в другом (разработка НИИАР) — распухание урана не ограничивается и компенсируется за счет начальной пористости сердечников. В обоих вариантах используется специальное покрытие урановых сердечников, препятствующее их взаимодействию со стальной оболочкой.

4. В настоящее время в составе технического проекта реактора БН-1600 рассматривается 3 варианта гетерогенной активной зоны; два из них предложены ФЭИ и один — ИАЭ.

1) Активная зона с внутризонной (или пакетной) гетерогенностью.

2) Активная зона с внутрикассетной (твэльной) гетерогенностью (вариант ИАЭ).

3) Активная зона с внутритвэльной (аксиальной) гетерогенностью.

По параметрам воспроизводства эти варианты примерно одинаковы. Физика гетерогенных оксидно-металлических активных зон такова, что выигрыш в воспроизводстве, в основном, определяется количеством введенного в активную зону металлического урана. Для достижения $K_B = 1,55\text{--}1,60$ требуется ввести в активную зону примерно 30% (по объему) металлического урана.

Сравнительные характеристики этих вариантов, рассчитанные при одинаковых предпосылках, представлены в таблице 2.

Преимуществом первого варианта является отдельная технология изготовления и переработки металлических и оксидных ТВС, а также возможность

разных режимов облучения таких ТВС. Возможны различные компоновки гетерогенной активной зоны такого типа.

Таблица 2. Сравнение различных вариантов гетерогенной активной зоны реактора БН-1600

Характеристика	Исходный гомогенный вариант (с металл. экраном)	Кольцевой гетерогенный вариант	Внутрипакетная (твэльная) гетерогенность	Внутритвэльная (аксиальная) гетерогенность
1. Номинальная тепловая мощность, МВт	4200	4200	4200 (4200)*	4200
2. Количество ячеек активной зоны В том числе ТВС акт. зоны ТВС ВЗВ с СУЗ	421 384 – 37	499 336 126 37	517 (499) 480 (462) – 37 (37)	451 414 – 37
3. Максимальное выгорание окисного топлива, % т.а.	10	10	10 (12)	10
4. Максимальное выгорание металлического урана, %	–	2,8	2,5 (3,2)	2,6
5. Время работы между перегрузками, сут	150	150	150 (275)	150
6. Кратность перегрузки	3	3	3 (2)	3
7. Длина кампании, эф. сут	450	450	450 (550)	450
8. Максимальная линейная нагрузка на окисный твэл, кВт/м	447	456	(480)	448
9. Максимальная линейная нагрузка на твэл с металлич. ураном, кВт/м	–	294	(330)	240
10. Максимальная температура оболочки окисного твэла, °С	710	712	710 (710)	710
11. Максимальная температура оболочки твэла с металл. топливом, °С	–	710	(695)	660
12. Максимальное накопление Pu в твэлах с металлич. ураном, %	–	4,3	(6)	5,0
13. Загрузка Pu_{241} в начале цикла, кг	3376	3710	3910 (4200)	3760
14. Внутренний коэффициент воспроизводства в акт. зоне (с учетом ВЗВ)	0,845	1,00	1,03 (1,035)	0,98
15. Избыточный КВ (ВГ)	0,34	0,53	0,47	0,50
16. Коэффициент воспроизводства	1,36	1,58	1,51	1,55
17. Избыточная наработка топлива, кг/год, $\phi = 0,8$	436	658	600 (594)	629
18. Время удвоения ($T_{вн.} = 1$ год), лет	11,5	8,7	9,4 (8,6)	9,1

*) В скобках – значения характеристик при исходных предпосылках, принятых ИАЭ.

Наши исследования показали, что предпочтительным является вариант компоновки кольцевого типа. В этом варианте ТВС с металлическим ураном располагаются в активной зоне в виде концентрических колец. Такая компоновка обеспечивает по сравнению с другими возможными компоновками лучшее выравнивание поля энерговыделения по радиусу реактора и его лучшую стабильность во времени. В рассматриваемом варианте ТВС с металлическим ураном располагаются в виде 4-х концентрических колец.

Основной недостаток гетерогенной активной зоны такого типа связан с «недогревом» теплоносителя на выходе из воспроизводящих ТВС, который возникает в связи со значительным изменением тепловыделения в ТВС с металлическим ураном в процессе нахождения в реакторе. Оценки показывают, что «разбавление» теплоносителя может снизить среднюю температуру на 10–15 °С, если не принимать никаких мер борьбы с этим явлением. В предложенном варианте разбавление сведено к минимуму (до 2–3 °С) за счет сокращения времени облучения ТВС с металлическим ураном (используется двукратная перегрузка металлических ТВС вместо трехкратной, принятой для топливных ТВС) и использования слабообогащенного или регенерированного урана с 2% обогащением по урану-235. Более радикальными мерами, уменьшающими разбавление, является перестановка ТВС с металлическим ураном в разные зоны дросселирования во время перегрузок или хотя бы частичное подрегулирование расхода теплоносителя во время работы реактора.

Некоторый недостаток такой компоновки гетерогенной активной зоны усматривается также в возможном воздействии более холодных струй из ТВС с металлическим ураном на конструкции, расположенные над активной зоной, например, на центральную колонну. Это требует специальных исследований по определению степени перемешивания холодных и горячих струй; такие исследования запланированы и ведутся на нашем предприятии как на натриевых, так и на воздушных установках.

Второй вариант характеризуется равномерным расположением металлических элементов в ТВС (30% от общего количества твэл). В этом варианте практически исключены теплогидравлические недостатки первого варианта за счет хорошего перемешивания теплоносителя внутри ТВС. Главные недостатки такого варианта заключаются в сложности изготовления ТВС, использующих твэл двух разных типов и «завязке» двух принципиальных параметров — глубины выгорания оксидных твэл и накопления плутония и выгорания в элементах с металлическим ураном. Это создает большие трудности, по крайней мере в настоящее время, в создании работоспособных и надежных ТВС такого типа.

Кроме того, теплогидравлика таких ТВС изучена недостаточно хорошо (пристеночные эффекты, возможность температурных пульсаций и т. д.).

Третий вариант (с аксиальной прослойкой) также имеет хорошие теплогидравлические характеристики. В отличие от предыдущего варианта этот вариант более компактен, что достигается выравниванием поля энерговыделения по высоте активной зоны. Объем активной зоны с аксиальной гетерогенностью

может незначительно (в пределах 5%) превышать объем традиционной активной зоны. Кроме того, металлический уран в этом варианте работает при более низких температурах. По нашему мнению, это облегчает совместную, взаимосвязанную работу окиси и металла.

Основной недостаток этого варианта связан с более сложным изготовлением твэлов. Необходимая толщина аксиальной прослойки для обеспечения требуемых КВ должна составлять ~30 см. При таких толщинах заметно уменьшается нейтронная связь верхней и нижней половин активной зоны. Чтобы этого избежать, необходимо либо разделить аксиальную прослойку на несколько частей, либо использовать твэл со смещенными вверх и вниз от центральной плоскости прослойками. В последнем случае появляется два типа твэлов.

В качестве перспективной компоновки гетерогенной активной зоны реактора БН-1600 нами рассматривается совмещенная аксиально-радиальная компоновка. В этом варианте гетерогенной активной зоны используется аксиальная прослойка из металлического урана толщиной в 10–15 см и центральная зона (сплошная или кольцевая), состоящая из 50–60 ТВС с металлическим ураном. Расход натрия по этим ТВС меняется в процессе работы устройствами, совмещенными с приводами СУЗ.

Эта компоновка может быть наиболее эффективной, однако в настоящее время мы отдаем предпочтение первой в силу технологических преимуществ.

И ФЭИ, и ИАЭ исследуют и другие варианты гетерогенных зон, однако здесь рассказано о вошедших в состав тех. проекта БН-1600. Как показал опыт проработок гетерогенных активных зон применительно к БН-1600, конструкция реактора может обеспечить возможность перехода от традиционной гомогенной зоны на начальном этапе работы реактора к гетерогенной окисно-металлической зоне. По нашему мнению, это очень важный принцип, который позволяет сочетать необходимую простоту для первого периода с возможностью решения перспективных задач на протяжении срока жизни того же реактора.

Очень важным нам представляется и то, что гетерогенные окисно-металлические зоны позволяют длительное время применять окисное уран-плутониевое топливо, используя весь предыдущий задел и четко определяя перспективу развития промышленного производства по изготовлению и переработке окисного топлива.

При использовании отдельных ТВС с окисным и металлическим топливом производства окиси и металла и их регенерация разделяются по видам топлива, причем для окисной части сохраняется весь имеющийся задел и вся намеченная перспектива.

Организация производства металла требует своих решений, но она касается уранового топлива.

Роль усовершенствованных быстрых реакторов с гетерогенными активными зонами рассмотрена и учтена в технико-экономическом докладе ВНИПИЭТ, который он подготовил в настоящее время. Нами выданы исходные данные по характеристикам реактора. ГСПИ-12 совместно с ВНИИНМ и

НИИАР сделал оценку стоимости изготовления сборок внутренней зоны воспроизводства, ВНИПИЭТ определил стоимость их переработки.

В ТЭДе показан положительный эффект внедрения таких реакторов. Применения усовершенствованных активных зон позволяет после 2020 г. переводить АЭ в режим самообеспечения.

Дальнейшие исследования по выбору и обоснованию наилучшего варианта гетерогенной активной зоны БН-1600 должны быть продолжены по всем сторонам. Важнейшими мы считаем испытания металлического топлива в реальных условиях. Необходимо создать производственную базу для изготовления металлического топлива. Необходимо вести комплексные исследования всей его технологии, в том числе переработки.

С целью координации дальнейших исследований гетерогенных окисно-металлических активных зон нами разработан проект координационного плана, включающего в себя эти вопросы. Этот план будет направлен участникам работ для внесения предложений и согласования и руководству для утверждения.

5. Говоря о перспективе улучшения характеристик быстрых реакторов, нельзя оставить в стороне технико-экономические показатели, особенно необходимо ставить задачу уменьшения затрат на сооружение реакторов. Последнее время мы много занимаемся анализом статей затрат и изучением путей удешевления реакторов. По удельным затратам по сметной стоимости БН-600 в 1,55 раз дороже ВВЭР-1000, по фактическим затратам на 1.01.83 (за вычетом не относящихся к БН-600 затрат) — в 1,36 раза.

Однако очень сильны тенденции ухудшать это соотношение.

Наш анализ показывает, что существуют пути снижения затрат (табл. 3). При этом нет одного «волшебного» решения. Должна быть систематическая упорная работа по использованию всех резервов экономии.

Таблица 3. Пути снижения стоимости реакторов типа БН-1600

Мероприятия	Эффект снижения кап. затрат, %
1. Снижение металлоемкости первого контура	1,3
2. Применение сильфонов на II контуре, сокращение строительных объемов	1,85
3. Размещение аварийных теплообменников в баке I контура, снятие функций систем безопасности со II и III контуров, размещение холодных ловушек I контура в баке	3,5
4. Усовершенствование компоновки и конструкции парогенераторов	4,5
5. Повышение средней температуры в реакторе и КПД без увеличения температуры твэлов	2,7
6. Применение одной турбины	2,0
7. Увеличение количества блоков на одной площадке с 1-го до 4-х	5,0
8. Переход к серийному оборудованию	4,5
9. Переход на двухконтурную схему с двустенными ПГ	7,5
Суммарное снижение	~ 33

Близкие по цифрам результаты опубликованы недавно и в американской работе. Надо сказать, что задача удешевления быстрых реакторов ставится как главная во французских разработках. Неоднократно французские специалисты заявляли, что не примут ни одного решения, удорожающего реактор.

По нашему мнению, нам необходимо усилить конструкторские и проектные работы по сокращению стоимости быстрых реакторов.

6. Нами также разработаны предложения по созданию оксидно-металлической гетерогенной активной зоны реактора БН-800. В настоящее время полностью определена первая загрузка реактора БН-800. По ряду причин, связанных как с уточнением ядерных констант, так и с уменьшением размеров ТВС, необходимым для увеличения зазора между ними для компенсации распухания стальных чехлов ТВС, параметры воспроизводства этого реактора заметно снизились. Уменьшение внутреннего воспроизводства привело к необходимости использования для обеспечения принятого в проекте интервала между перегрузками поглощающих компенсаторов вместо топливных. Это дополнительно уменьшило значение КВ. Использование гетерогенной компоновки оксидно-металлического типа в реакторе БН-800 позволит существенно улучшить параметры воспроизводства. Для этого реактора предпочтительной является гетерогенная компоновка с аксиальной гетерогенностью, т. к. в разработанной конструкции реактора (имея в виду размеры реакторного бака и поворотных пробок) практически нет возможности увеличить радиус активной зоны. Введение аксиальной прослойки из металлического урана (толщиной 10 см) в ТВЭЛ существенно (в 1,5 раза) снижает темп потери реактивности от выгорания, что позволяет вновь перейти на использование топливных компенсаторов выгорания и увеличивает в совокупности КВ до 1,4–1,45. Переход же в этом варианте на старый размер кассеты (96×2) с использованием малораспухающей стали ЭП-450 позволит довести значение КВ реактора БН-800 до 1,5.

В настоящее время НИИАР начал работы по изготовлению и подготовке к испытанию в БН-350 ТВС с аксиальной воспроизводящей прослойкой для ТВЭЛОВ, изготавливаемых по технологии виброуплотнения. ВНИИНМ будет испытывать такую сборку с таблеточными ТВЭЛАМИ. В таблице 4 сравниваются характеристики БН-800 с двумя типами активных зон. Таким образом, в реакторах БН-800 в течение срока их существования можно перейти на активные зоны, обеспечивающие высокие КВ.

7. Нами совместно с МАЭК, ОКБМ и МИФИ и самостоятельно рассматривались различные варианты усовершенствованных активных зон реактора БН-350.

Надо сказать, что при параметрах БН-350 (проектная температура на выходе не более 500 °С) именно в этом реакторе может рассматриваться в перспективе уран-плутониевая металлическая зона с КВ, близким к 2. Мы ведем поисковые проработки такой зоны.

В БН-350 может вписаться окисно-металлическая гетерогенная зона. Для этого требуется ввести в зону 40–50 ТВС с металлическим ураном. Положи-

тельным эффектом является повышение КВ и увеличение времени работы между перегрузками.

Однако первоочередной задачей этого реактора мы считаем перевод на гомогенную зону со смешанным уран-плутониевым топливом, именно так эта задача поставлена решением НТС 1981 г. и указаниями Министра. Очень важны также испытания различных опытных ТВС, в том числе испытания ТВС с металлическим топливом для гетерогенных активных зон.

Таблица 4. Физические характеристики реактора БН-800 с традиционной и гетерогенной активными зонами

Характеристика	Первая загрузка	Улучшенный вариант с гетерогенной а.з. (аксиальн. прослойка из металлич. урана толщиной 10 см)
Тепловая мощность, МВт	2100	2100
Топливо активная зона зона воспроизвод.	смешанное (U-Pu)O ₂ UO ₂	смешанное (U-Pu)O ₂ металлич. уран
Размер ТВС и твэл, мм (число твэл в ТВС, шт.)	94,5 × 2,5 6,6 × 0,4	96 × 2 6,9 × 0,4
Материал чехла ТВС	X16H11M3	ЭП-450
Высота/радиус активной зоны, см	95/123,5	95/123,5
Количество ТВС в активной зоне, шт.	516	516
Число ячеек, занятых под органы регулирования, шт.	30	30
Тип компенсаторов выгорания	поглощающий (Eu ₂ O ₂)	топливный
Максимальная глубина, %т.а.	10	10
Средняя кампания активной зоны, сут	440	440
Коэффициент воспроизводства КВ КВА	1,29 0,72	1,5 0,88
Потеря реактивности за 30 сут, %Δk/k (φ = 1)	0,55	0,28
Время работы между перегрузками, сут (φ = 1)	110	150
Критическая масса в средн.-стационарном состоянии: весь плутоний плутоний-239 – 241	2564 1764	2624 1805
Потребление горючего в акт. зоне, кг Pu/год (φ = 1)	210	190
Выдача плутония из зон воспроизвод., кг/год (φ = 1)	425	550

Переход к гетерогенной зоне с урановым топливом смысла не имеет, в частности, из-за понижения на 15–20% нейтронного потока. Следует, по нашему мнению, рассмотреть возможность использования будущих производственных участков НИИАР по изготовлению ТВС с виброуплотненным смешанным топливом для БН-350, а не БН-800, как это намечалось ранее.

8. Выводы

1. Выполненные проработки показали, что окисно-металлические гетерогенные активные зоны в перспективе обеспечивают достижения требуемых высоких показателей воспроизводства. Работы следует развивать и продолжать, имея в виду охват всех сторон технологии топлива и реакторов. Необходимо создать базу для изготовления металлического уранового топлива. Следует вместе с тем продолжать испытания и других плотных перспективных топлив.

2. Конструкция реактора БН-1600, в принципе, позволяет осуществить переход от гомогенной к гетерогенной зоне в процессе работы. Следует развить и окончательно закрепить в конструкции этот принцип.

3. Важнейшими задачами первого этапа развития быстрых реакторов в части топлива являются достижение проектного выгорания, его повышение и переход на смешанное окисное уран-плутониевое топливо.

4. Следует активизировать конструкторские и проектные работы по рассмотрению перспективных быстрых реакторов с меньшими капитальными затратами.

Из личного собрания документов М. Ф. Троянова. Машинопись. Копия

**Промежуточный отчет о НИР А. А. Ринейского,
М. Ф. Троянова, Л. А. Кочеткова, Ю. Е. Багдасарова
«Пути совершенствования проектных решений АЭС БН»**

Для служебного пользования
1983 г.

АННОТАЦИЯ

В настоящее время закончен технический проект атомной паропроизводящей установки с реактором БН-1600, ведется проектирование АЭС с этим реактором. АЭС БН-1600 по своим технико-экономическим показателям превосходит действующие быстрые реакторы. Однако нельзя считать, что проектные решения по АЭС БН-1600 не нуждаются в совершенствовании, особенно если учитывать развитие крупномасштабной ядерной энергетики с этими энергоблоками.

В отчете рассматриваются возможные пути совершенствования всех основных компонентов блока: реактора, системы теплоотвода, пароэнергетической части, вспомогательного оборудования. Показано, что внедрение в проекты даже некоторых из них приведет к ощутимому снижению стоимостных характеристик блоков БН-1600 в перспективе.¹⁾

1. Введение

Успешное развитие ядерной энергетики, ее конкурентоспособность зависят от обеспеченности действующих и вводимых реакторов ядерным топливом. Реакторы на тепловых нейтронах, как известно, сжигают урановое топливо неэффективно, оставляя в отходах ~ 99% урана. Стремление к радикальному улучшению использования природных урановых ресурсов привело к созданию реакторов-размножителей на быстрых нейтронах. Поэтому главная цель разработки быстрых реакторов состоит в решении проблемы топливных ресурсов для ядерной энергетики крупных масштабов.

Непосредственные измерения баланса топлива в отработавших твэлах реакторов БН-350 и Феникс подтвердили расчетные величины КВ, существенно превосходящие единицу, и обеспечивающие тем самым расширенное воспроизводство ядерного горючего. Таким образом, можно с полным основанием утверждать, что использование БР расширяет сырьевую базу ядерной энергетики (по сравнению с тепловыми реакторами) по крайней мере в несколько десятков раз. Более того, как будет показано ниже, с помощью дополнительных мероприятий, которые сейчас разрабатываются, можно еще больше увеличить

КВ и, в конечном счете, достигнуть весьма высокого темпа воспроизводства, отвечающего энергетическим потребностям и на отдаленное будущее.

На данный период в области создания и освоения энергетических быстрых реакторов достигнуты внушительные успехи. В СССР построены и успешно эксплуатируются два быстрых энергетических реактора промышленного типа БН-350 и БН-600. БН-350 работает в режиме АТЭЦ на мощности 70% с коэффициентом готовности 85-89%. Реактор БН-600 вышел на проектную мощность через 1,5 года после энергопуска и устойчиво работает. Все это свидетельствует о том, что процесс освоения быстрых реакторов продвигается успешно. В настоящее время можно считать освоенной технологию применения натрия в качестве теплоносителя. Испытано в промышленных условиях тепломеханическое оборудование, в том числе натриевые насосы с подачей $\sim 10000 \text{ м}^3/\text{час}$. Созданы системы дистанционной загрузки свежих и выгрузки выгоревших ТВС. Совершенствуется конструкция и технология изготовления парогенераторов. На действующих реакторах идет комплексная отработка оборудования для будущих АЭС с быстрыми реакторами большой мощности.

Реакторы БН-350 и БН-600 пока работают на урановом топливе. Однако их конструкция позволяет перейти на смешанное уран-плутониевое топливо. Необходимо отметить, что этот тип топлива успешно освоен в нашей стране на экспериментальных реакторах БР-10 и БОР-60, а также на зарубежных демонстрационных АЭС БР (Феникс, PFR). В настоящее время готовится перевод реакторов БН-350 и БН-600 на смешанное топливо. В активной зоне БН-350 испытываются 10 экспериментальных ТВС из уран-плутониевого топлива.

Имеются достаточные основания к тому, чтобы сделать следующие выводы:

а) физика быстрых реакторов, включая вопросы управляемости, безопасности, изучена достаточно хорошо;

б) промышленная натриевая технология разработана в соответствии с требованиями и не вызывает затруднений. Почти все оборудование работает в натрии практически безотказно со степенью готовности выше, чем оборудование третьего контура;

в) никаких коррозионно-эрозионных эффектов в натрии нет. Достаточная чистота натрия обеспечивается холодными ловушками;

г) имеются недостатки отдельных компонентов АЭС БР в части достижения требуемых показателей работоспособности, но одновременно видны и пути их решения.

Все это позволяет приступить к строительству в нашей стране более мощных и совершенных быстрых реакторов БН-800 и БН-1600. Реакторная установка БН-800 является модернизированным, усовершенствованным вариантом действующей установки БН-600, она использует как реактор, так и оборудование АППУ, испытанное на III блоке БАЭС.

Установка БН-1600 создается с учетом опыта БН-350, БН-600, а также зарубежного. Благодаря значительному увеличению единичной мощности и

выбору рациональных решений по реактору и оборудованию, усовершенствованию физических характеристик АЭС БН-1600 будет следующим крупным шагом в развитии ядерной энергетики с реакторами на быстрых нейтронах.

Улучшение технико-экономических характеристик БН-800 и БН-1600 по сравнению с БН-600 характеризуют показатели металлоемкости по двум важнейшим элементам: реактору и ПГ.

		БН-600	БН-800	БН-1600
Реактор	т/МВт(э)	6	4,5	4
Парогенератор	т/МВт(э)	4	2,5	0,8-2,5

Повышение мощности весьма положительно сказывается на снижении металлоемкости. Эффект становится особенно ощутимым, если удастся (как это сделано при увеличении мощности реактора БН-600 до 800 МВт) повысить мощность без увеличения весогабаритных характеристик реактора и тепломеханического оборудования.

В Западной Европе наибольшие успехи в разработке и освоении БР достигнуты во Франции, где с 1974 г. весьма успешно работает быстрый энергетический реактор мощностью 250 МВт(э) «Феникс» и ведется строительство (в кооперации с Италией, ФРГ, Бельгией и Голландией) самого крупного в мире быстрого энергетического реактора «Супер-Феникс-1» мощностью 1200 МВт(э) (дата пуска — 1984 г.). Во Франции налажено производство плутониевых твэлов для быстрых реакторов. Франция обладает на сегодня также наибольшим опытом регенерации топлива быстрых реакторов. Отрабатываются вопросы транспортировки облученного топлива, создается замкнутый топливный цикл. Ведется проектирование реакторов Супер-Феникс-2 электрической мощностью 1500 МВт.

В Англии с 1975 г. работает быстрый энергетический реактор PFR мощностью 250 МВт(э) и ведется проектирование коммерческого быстрого реактора CDFR мощностью 1300 МВт(э), производится опытная регенерация топлива действующего быстрого реактора.

В ФРГ эксплуатируется инженерный реактор KNK-II. Сооружение реактора-прототипа SNR-300 в ФРГ затянулось из-за сложностей процедуры лицензирования. Имеется проект следующего быстрого энергетического реактора SNR-2 мощностью 1300 МВт(э). ФРГ, как уже упоминалось, принимает участие в сооружении французского реактора Супер-Феникс.

Опытные быстрые реакторы сооружены или сооружаются в Италии, Индии, Японии. Последняя приступает к строительству демонстрационного БР.

Следует остановиться на особенностях программы по быстрым реакторам США. Эта страна обладает самым большим из капиталистических стран опытом в области НИОКР по быстрым реакторам и по опыту работы экспериментальных быстрых реакторов (EBR-I, EBR-II, SEFOR, Энрико Ферми).

В 1980 году в США пущен новый испытательный быстрый реактор FFTF мощностью 400 МВт. В настоящее время снят запрет на сооружение энергетических быстрых реакторов и на переработку топлива, но предлагается делать это на коммерческой основе. Общеизвестным типом бридера в мире является быстрый реактор с натриевым охлаждением. В странах, разрабатывающих быстрые реакторы, более 98% средств затрачивается на ОКР, НИР по натрий-охлаждаемым и лишь около 2% — на гелиеохлаждаемые БР. Интерес в мире к альтернативным концепциям БР в последние годы резко упал в связи с успешным освоением натриевых реакторов.

2. Повышение характеристик воспроизводства и экономических показателей топливного цикла

2.1. Повышение коэффициента воспроизводства

Повышение характеристик воспроизводства быстрых реакторов связывают с применением новых, более совершенных с точки зрения физики, видов топлив и конструкций активных зон. В качестве перспективных топлив рассматривают карбидное и металлическое. Карбидное топливо, по сравнению с хорошо освоенным в настоящее время окисным, обладает рядом преимуществ — более высокой плотностью, хорошей теплопроводностью, меньшим количеством замедлителя. Расчетные оценки показывают, что применение карбидного топлива позволяет увеличить КВ на 0,15–0,2 (а. е.) и уменьшить время удвоения на 25–30% по сравнению с широко используемым окисным топливом. Проведенные в последние годы исследования экспериментальных сборок с карбидным топливом (в том числе и на реакторе БР-5) позволили получить ряд важных результатов по поведению и изменению свойств этого топлива в условиях облучения. В настоящее время ведутся расчетные исследования реакторов большой мощности на карбидном топливе.

Из всех рассмотренных для быстрых реакторов видов топлив металлическое уран-плутониевое обладает наибольшими потенциальными возможностями в достижении высоких коэффициентов воспроизводства. Это связано, в основном, с двумя факторами:

1) Отсутствием замедляющих разбавителей, что обеспечивает более жесткий спектр нейтронов и, как следствие, меньшее значение паразитного захвата нейтронов на делящихся изотопах (α Pu-239 и α Pu-241) и конструкционных материалах.

2) Наибольшей плотностью топлива ($\rho_{\text{теор}} = 19 \text{ г/см}^3$), обеспечивающей наибольший вклад деления урана-238 в коэффициент воспроизводства.

Расчеты показывают, что металлическое топливо позволяет при обеспечении работоспособности топлива до выгораний 6–7% достигнуть $\text{КВ} = 1,75\text{--}1,85$ и $T_2 = 7\text{--}8$ лет (здесь и далее T_2 приводится для $T_{\text{вн}} = 1$ год). Подготовлены технические предложения по реактору типа БН-1600 на металлическом топливе. Значительный объем исследований по технологии и рабо-

тоспособности ТВЭЛ с металлический топливом выполнен в НИИАР и ВНИИМ. Однако экспериментальных данных по применению карбидного и металлического топлива пока недостаточно, чтобы можно было уверенно рассчитывать на их применение в условиях существующих рабочих характеристик и параметров (выгорание, энергонапряженность, температуры топлива и оболочки). Несколько облегченные условия для металлического топлива может обеспечить использование его в экранах (боковых и торцевых) и внутренних зонах воспроизводства гетерогенных активных зон.

Центральная часть реактора БН-1600 в техническом проекте спроектирована таким образом, что в нем могут быть применены:

- 1) традиционная активная зона на окисном топливе;
- 2) в боковом и торцевых экранах может быть использован необогащенный металлический уран.

Кроме того, в процессе эксплуатации реактора может быть осуществлен переход на гетерогенную окисно-металлическую активную зону.

Введение металлического урана в экраны реактора на смешанном окисном топливе увеличивает КВ с 1,31 до 1,38, и при этом время удвоения составит 11,5 лет.

Дальнейшее увеличение показателей воспроизводства реактора БН-1600 можно получить, используя окисно-металлические гетерогенные активные зоны. Как показали расчетные исследования, КВ реактора с гетерогенной активной зоной слабо зависит от варианта компоновки и для рассматриваемых во всех вариантах введения в активную зону ~30% (по объему) внутренних зон воспроизводства с металлическим ураном составляет 1,55–1,6. Период удвоения при максимальном выгорании 10% т.а. составляет 9 лет, избыточная наработка вторичного горючего — 630–660 кг/год.

Указанные характеристики воспроизводства обеспечивают сбалансированное по топливу и приемлемое по структуре развитие крупномасштабной ядерной энергетики и удовлетворяют требованиям, выдвинутым в решении НТС к перспективным быстрым реакторам.

2.2. Повышение выгорания

Для улучшения экономических показателей топливного цикла большое внимание уделяется увеличению времени нахождения топлива в реакторе — увеличению глубины выгорания.

Влияние глубины выгорания на характеристики реактора типа БН-1600 и топливного цикла представлено в таблице [см. далее].

Несмотря на некоторые потери в КВ с увеличением выгорания растет темп воспроизводства горючего, сокращаются объемы химпереработки и изготовления ТВС. Соответственно сократится и топливная составляющая затрат.

В реакторе БОР-60, а также в зарубежных экспериментальных реакторах достигнуто выгорание ~20% т.а., в действующих энергетических реакторах — 7–10% т.а. По мере отработки технологии качественного изготовления и кон-

троля твэл, ограничение ресурса ТВС будет связано с формоизменением и свойствами шестигранного чехла из-за радиационных эффектов — набухания и ползучести. С целью создания работоспособных чехлов ТВС при больших выгораниях и флюенсах нейтронов ведутся интенсивные исследования по конструкционным материалам для оболочки твэл и ТВС, а также по технологии термомеханической обработки. В настоящее время перспективными считаются аустенитные холоднодеформированные стали, ферритные стали. Уже получены хорошие результаты по радиационной стойкости отечественной ферритно-мартенситной стали ЭП-450 при ее облучении в реакторах БОР-60 и БН-350.

Характеристика	Максимальная глубина выгорания, % т.а.			
	5	10	15	20
а) Показатели топливного цикла ($\text{PuO}_2\text{-UO}_2$)				
Темп воспроизводства, ($T_p = 1$ год), %	3,8	5,7	6,7	7,3
T_2 ($T_{\text{вн}} = 1$ год), лет	17,8	12,6	10,2	9,4
Удельный объем перераб. топливной композиции, кг/МВт(э) – год	20,9	10,4	7	5,2
Удельный объем перераб. плутония, кг Pu/МВт(э) – год	3,5	1,9	1,4	1,12
Удельный масштаб производства твэл, шт/МВт(э) – год	90	45	30	22
б) Физические характеристики реактора				
Потери в КВ от захвата осколками деления	0,033	0,067	0,101	0,135
Потери в КВ за счет хим. переработки (потери за цикл 2%)	0,047	0,025	0,016	0,012
Суммарные потери в КВ	0,080	0,092	0,117	0,147

3. Пути совершенствования проектных решений

Прошедшая стадия строительства и эксплуатации БР средней мощности выявила реальные денежные затраты на энергоблоки этого типа. Поэтому вопрос о том, насколько быстрый реактор дороже теплового, в настоящее время стоит не столь отвлеченно, как это было на начальной стадии разработки БР. Сопоставление удельных капитальных затрат одновременно сооруженных на освоенных площадках реакторов — III блока БАЭС — БН-600 и V блока НВАЭС — ВВЭР-1000 показывает, что различие не столь существенно (1,45—1,50: 560 руб./кВт — в БН-600 и 385 руб./кВт — ВВЭР-1000), как это обычно имеет место при сравнении вновь создаваемых энергоустановок с практически освоенными. Кроме того, разработчики, принимая во внимание особенности БР: высокий КПД — на 30% выше, чем у существующих тепловых реакторов; низкое давление в корпусах реактора и теплообменного оборудования, компактная активная зона и др., видят пути упрощения и удешевления БР. Более

высокая стоимость БР объясняется отчасти определенным консерватизмом при выборе конструкторских и проектных решений, неотработанностью технологии изготовления оборудования головных энергоблоков, недостаточным укрупнением оборудования, неполным использованием замечательных возможностей быстрых реакторов в части повышения эффективности преобразования тепловой энергии реактора в электрическую. Разумеется, что по мере накопления технологического и эксплуатационного опыта будет осуществляться естественный процесс усовершенствования технико-экономических характеристик быстрых реакторов. Основные усилия должны быть направлены на совершенствование и снижение металлоемкости оборудования. Удельные капитальные затраты по строительной части реакторов БН-600 и ВВЭР-1000 приблизительно одинаковые. Специфика быстрых реакторов такова, что для них нет необходимости в сооружении сложной и дорогостоящей герметичной оболочки, рассчитанной на значительное избыточное давление. Для применяемой интегральной конструкции корпус быстрого реактора, содержащий радиоактивный теплоноситель и оборудование I контура, заключен в герметичный страховочный кожух, все выводы трубопроводов сделаны выше уровня теплоносителя в корпусе. Эти меры исключают утечку теплоносителя из корпуса при разрыве трубопроводов I контура. Оборудование и трубопроводы петель II контура размещаются в отдельных боксах.

Оценки с использованием данных ТЭО ЛОТЭПа по БН-1600 и реальных затрат по БН-600 показывают, что в случае применения традиционной прямоугольной компоновки, с учетом некоторого возрастания факторов ценообразования, удельные капитальные затраты в головные блоки БН-1600 будут на уровне 470—480 руб./кВт. Внедрение по мере освоения БР рассматриваемых ниже усовершенствований заметно удешевит БР.

3.1. Применение более совершенных конструкций парогенераторов

На головных образцах, а также в варианте, представленном в ТЭО, используется секционно-модульная конструкция парогенератора: в каждой из 4-х петель — 16 секций, по 2 модуля в каждой секции. ОКБ Гидропресс — Главный конструктор ПГ разрабатывает 11 вариантов конструкций ПГ — от корпусного до микромодульного. Эти проработки показывают, что по мере совершенствования технологии, качества изготовления и контроля ПГ будут использоваться более совершенные с точки зрения стоимости конструкции, позволяющие уменьшить их весогабаритные характеристики и стоимость в 1,5–2 раза по сравнению с вариантом, используемым на головных образцах БН-1600. Последние проработки и предложения ОКБ Гидропресс сводятся к тому, что и на головном образце с использованием отработанных на БН-600 модулей существует возможность снизить количество модулей и секций ПГ. Например, предлагается вариант секции: два модуля испарителей и один пароперегреватель. В этом случае количество секций уменьшается в два раза (8 вместо 16), а модулей — на 30% (24 вместо 32). Экономия средств по данным ОКБ Гидро-

пресс в этом случае составляет ~24 млн руб., что эквивалентно снижению удельных капвложений на ~3% по АЭС типа БН-1600 в целом.

В проработках ОКБ Гидропресс рассмотрены перспективные конструкции ПГ. Применение их позволит удешевить ПГ (по сравнению с вариантом, используемым в ТЭО) более чем в два раза, что соответствует экономии ~5–6% удельных капзатрат по АЭС в целом. В связи с вышеизложенным можно полагать, что применение в перспективе более совершенных конструкций и компонентов ПГ на АЭС типа БН-1600 позволит сэкономить 4–4,5% общих капвложений за счет снижения цены собственно ПГ, трубопроводов обвязки, арматуры, мощности электрообогрева, систем контроля, строительных объемов.

3.2. Применение сильфонных компенсаторов на трубопроводах II контура

Как известно, компенсация термических расширений тонкостенных крупногабаритных трубопроводов (820×13 мм, 630×13 мм) обеспечивается за счет пространственных гибов. Это приводит к значительному увеличению их длины. По проработкам ВНИПИЭТ, применение сильфонов во II контуре БН-800 сокращает длину трубопроводов на 426 м (115,5 т) и объем теплоносителя на 214 м³. Во втором контуре установки БН-1600 предполагается использовать в каждой петле по две нитки трубопроводов 820×13 мм. Поэтому при прочих равных условиях применение сильфонов во II контуре БН-1600 позволит уменьшить длину трубопроводов 820×13 мм на 1100 м (310 т) и объем теплоносителя на 570 м³.

По данным откорректированного СФР БН-600 стоимость 1 т трубопроводов II контура с электрообогревом (включая КИП, кабели, щиты) и теплоизоляцией составляет ~15 тыс. руб./т, стоимость 1 т натрия — 2 тыс. руб. Поэтому полученное выше сокращение длины трубопроводов и объема теплоносителя с учетом некоторого сокращения вспомогательных систем (уменьшение объемов сливных емкостей) снизит стоимость на 6–6,5 млн руб., что составит 0,8–0,85% от общих капвложений АЭС.

3.3. Усовершенствование конструкции, снижение металлоемкости реактора

В проработках по перспективным зарубежным реакторам большой мощности (например, по французскому реактору Супер-Феникс-2) предлагается вариант реактора без вторичного страховочного корпуса. Роль последнего выполняет металлическая облицовка шахты аппарата. Исключение страховочного корпуса позволяет уменьшить металлоемкость реактора БН-1600 на 250–300 т.

В отличие от зарубежных конструкций интегральных реакторов с верхней подвеской, реактор БН-1600 (техпроект) имеет верхнюю плиту (верхняя неподвижная защита) и металлоемкие внутрикорпусные конструкции (опорный пояс, вертикальные цилиндры для крепления ГЦН, ПТО). Кроме того, для поддержания в заданных пределах температуры крыши корпуса, применена сравнительно сложная и металлоемкая система ее охлаждения. Если судить по

последним французским проработкам по реактору Супер-Феникс-2 из-за специфики теплопередачи от зеркала теплоносителя к крыше, необходимость в специальной системе ее охлаждения может отпасть. Прогресс с отработкой крупногабаритных сильфонных компенсаторов, по-видимому, позволит устанавливать их на трубопроводах I контура (ГЦН — напорная камера), расположенных внутри корпуса интегрального реактора. Все это позволит закрепить оборудование (ГЦН-I, ПТО) на верхней неподвижной защите, упростить конструкцию корпуса реактора, значительно уменьшить массу внутрикорпусных конструкций. По оценкам реализация этих мероприятий позволит сэкономить 450 т стали. По данным изготовления оборудования БН-600 удельная стоимость страховочного корпуса — 14,5 тыс. руб./т, опорных конструкций (опорный пояс и др.) — 12,5 тыс. руб./т. Таким образом, общая экономия за счет реализации указанных выше мероприятий составит ~10 млн руб., что составляет ~1,3% от общих капвложений на АЭС.

3.4 Размещение теплообменников аварийного расхолаживания в корпусе интегрального реактора

В техпроекте АППУ БН-1600 к каждой из 4-х петель II контура подключены теплообменники натрия II контура — воздух (ВТО) для аварийного отвода тепла от I контура в ситуациях, связанных с прекращением подачи воды в парогенераторы. Анализ имеющихся публикаций и зарубежных проработок показывает, что надежность системы аварийного теплоотвода существенно повысится, если указанные ВТО подключить к специальным теплообменникам аварийного расхолаживания, расположенным в корпусе реактора. Наличие 4-х автономных систем теплоотвода с ВТО позволит снять функции безопасности с II и III контуров АЭС, что приведет к их упрощению и удешевлению. В этом случае отпадает необходимость в размещении парогенераторов на значительной высоте над реактором (ПТО) для обеспечения естественной циркуляции во II контуре. Это, в свою очередь, позволяет расположить соосно и на небольшом расстоянии патрубки ПТО и патрубки (коллектора) ПГ. Трассировка сравнительно коротких прямых трубопроводов будет весьма благоприятной для применения сильфонов и трубопроводов большого диаметра. Две нитки трубопроводов на каждой из петель II контура могут быть заменены одной ниткой $D_y = 1000$ мм. Все это приведет к дальнейшему сокращению длины и массы трубопроводов и объема натрия II контура, уменьшению количества нагревателей, кабелей, КИП, электрощитов и др. Расчеты с использованием удельных стоимостных характеристик раздела 3.2 показывают, что за счет сокращения протяженности и замены двух ниток трубопроводов одной большего диаметра экономия, с учетом затрат на внутрикорпусные теплообменники расхолаживания, составит 5–6 млн руб., что эквивалентно снижению общих капвложений по АЭС на 0,65–0,8%. Уменьшение расстояния между реактором и парогенераторами, сокращение систем электрообогрева может привести к уменьшению строительных объемов реакторного здания на ~65 тыс. м³ (~8% от общего

объема) и затрат на ~6,5 млн руб. Таким образом суммарная экономия от внедрения мероприятий, рассмотренных в этом разделе, составит ~12 млн руб. или 1,5% по АЭС в целом.

3.5. Упрощение внешних систем с радиоактивным теплоносителем и транспортно-технологической части

Проектируемый реактор интегрального типа БН-1600, как и действующий БН-600, имеет внешние системы с радиоактивным теплоносителем:

- система очистки, приготовления и дренажа натрия,
- барабан отработавших сборок с натрием в качестве охладителя и соответствующими системами.

По опыту БН-600 общая стоимость вспомогательных систем I контура массой ~700 т составляет ~6,2 млн руб., хотя стоимость собственно 5 фильтр-ловушек I контура — главного элемента этих систем, составляет ~0,85 млн руб. Дорогостоящими являются трубопроводы с арматурой и электрообогревом, дренажные баки. В отношении размещения ловушек в последние годы появились и другие предложения. В частности, в строящемся реакторе Супер-Феникс-1 и проектируемом СФ-2, ловушки располагаются в корпусе интегрального реактора. В отчете «О стоимости оборудования установок БН-800, БН-1600» 1982 г. проанализированы возможности встройки двух ловушек БН-600 в корпус реактора БН-1600. Рассмотрения показали, что эти предложения хотя и обеспечивали некоторый экономический эффект, но из-за больших габаритов ловушек, непригодности их конструкции для внутрикорпусного размещения на головном блоке не были приняты.

В настоящее время рассматриваются пути создания компактных ловушек для размещения внутри корпуса интегрального реактора. Идеи и предложения будут реализованы в перспективных реакторах типа БН-1600.

Опыт пуска и эксплуатации быстрых реакторов интегрального типа показывает, что необходимости в дренировании радиоактивного теплоносителя не было. С учетом создания для отечественных реакторов систем ультразвукового видения под уровнем натрия (за рубежом такие системы уже используются) может отпасть необходимость в операции поддренирования теплоносителя до уровня головок ТВС и соответствующих крупногабаритных дренажных баках. С учетом предварительных стоимостей вспомогательных систем БН-1600 реализация мероприятий по размещению ловушек в корпусе реактора и исключение трубопроводов, дренажных емкостей, соответствующее сокращение строительной части позволит сэкономить ~4,5 млн руб. или ~0,6% от общих капвложений в БН-1600.

Кроме систем очистки и дренирования, радиоактивный теплоноситель находится в барабане отработавших сборок (БОС). Последний, по аналогии с реактором, имеет соответствующие вспомогательные системы радиоактивного теплоносителя. БОС служит для накопления и предварительной выдержки выгоревших ТВС перед помещением их в водяной бассейн для более длитель-

ного хранения. Вместе с тем совершенно очевидно, что при широком вводе БР в систему ЯЭ потребуются сокращение внешнего топливного цикла до 1 года и менее. В этом случае ТВС, простоявшие во внутриреакторном хранилище (в течение 0,5–1 года или даже более), могут прямо отправляться на завод РТ. Как показывает опыт эксплуатации мощных тепловых моноблоков (реактор — одна турбина), перегрузка топлива в них совмещается с длительной (1–2 месяца) остановкой на ремонт турбины и реакторного оборудования. В этом случае сокращение продолжительности выгрузки ТВС из реактора, чему способствует наличие БОС (в нем можно накапливать выгоревшие ТВС и другие операции — отмывку, транспортировку в бассейн — производить при работающем реакторе), не имеет особого значения. Стоимость барабана отработавших сборок, а также теплоносителя, вспомогательных систем составляет ~2,5 млн, их исключение позволит снизить удельные капвложения на ~0,3%.

Однако в условиях интегрального реактора исключение всех внешних систем с радиоактивным теплоносителем — проблема не только экономическая, но и эксплуатационная. Решение ее практически исключает вероятность пролива радиоактивного теплоносителя, поскольку основной корпус реактора имеет «вторую», кроме несущей, защитную стенку с контролируемой газовой полостью между ними. Исключение помещений с радиоактивным теплоносителем снимает проблемы их герметизации и пожаротушения.

Интегральные конструкции реакторов в случае размещения всех радиоактивных систем в корпусе реактора будут иметь решающие преимущества перед петлевыми компоновками.

Прямая отправка ТВС из внутриреакторного хранилища на завод РТ позволяет отказаться от сооружения на перспективных блоках громоздких водяных бассейнов. Для АЭС БН-1600 — это экономия $\sim 290 \cdot 10^3 \text{ м}^3$ строительных объемов. С учетом удельных стоимостей ($\sim 60 \text{ руб./м}^3$) сокращение водяного бассейна дает экономию ~17,5 млн руб. или 2,3% от общих капвложений.

По части снижения металлоемкости, транспортно-технологическая часть (ТТЧ) БР имеет значительные потенциальные возможности. Например, ТТЧ БН-600 имеет массу металла 8400 т, из которых оборудование (МПП, барабаны и др.) составляет 760 т. Подавляющая часть металла используется как средство биологической защиты. Проектировщикам необходимо изыскивать пути экономии металла, использовать, где это возможно, бетон и новые материалы, например, полимеры.

Рассмотренные выше изменения вспомогательных систем и транспортно-технологической части могут позволить снизить удельные капвложения по АЭС на ~3%.

3.6. Повышение средней температуры теплоносителя на выходе из реактора, параметров и КПД паросилового цикла

В действующих БР, а также в проектируемом БН-1600 при максимальной температуре оболочки 700–710 °С максимальная среднесмешанная темпера-

тура теплоносителя на выходе из реактора составляет 545–550 °С. Температура пара на выходе из ПГ — 490 °С, что на 40 °С ниже стандартных значений, принимаемых в обычной энергетике. Значительное различие температур оболочки и теплоносителя обусловлено недостаточным совершенством теплогидравлики реактора, тепловыделяющих сборок и системы дросселирования расхода через них. Разрабатываемые мероприятия, направленные на уменьшение разбавления «горячей» температуры теплоносителя в ТВС, активной зоне и по реактору в целом, в перспективе позволят поднять среднесмешанную температуру на выходе из реактора на 25–30 °С, не увеличивая максимальную температуру оболочки. С учетом применения тонкостенных трубок в промтеплообменниках температура теплоносителя на входе в парогенератор и генерируемого пара может быть увеличена на 30–35 °С. Указанное повышение температуры теплоносителя II контура позволит повысить параметры паросилового цикла (температуру питательной воды, давление, температуру пара), что приведет к увеличению КПД на 2,5–3,0% (отн.). Соответственно увеличится электрическая мощность блока, снизятся удельные капвложения. Необходимо отметить, что используемые турбогенераторы могут воспринять указанное увеличение мощности.

3.7. Применение одной турбины 1600 МВт

БН-1600 и БН-800 используют турбины К-800-130 единичной мощностью 800 МВт. Опыт проектирования и освоения блоков с реакторами ВВЭР-1000 показывает, что на головных образцах использовалось по два турбогенератора 500 МВт, на следующих — один 1000 МВт. Аналогичная ситуация и на зарубежных АЭС: на Супер-Феникс-1 — два турбогенератора — 600 МВт, на Супер-Феникс-2 — один мощностью ~500 МВт. По опубликованным данным замена двух турбогенераторов одним приводит к уменьшению объемов машзала и стоимости оборудования на 30%. С учетом данных ТЭО суммарная стоимость строительства и оборудования машзала БН-1600 с двумя турбинами составляет 89,6 млн руб. Замена двух турбогенераторов 800 МВт одним 1600 МВт при одновременном укрупнении водопитательного и регенеративного оборудования позволит сэкономить на строительной части и оборудовании ~15 млн руб. — ~2,0% от общих капвложений в АЭС типа БН-1600. Необходимо отметить, что, в условиях четырех теплоотводящих петель и такого же количества независимых систем расхолаживания с ВТО, переход на один турбогенератор не окажет отрицательного влияния на безопасность реактора.

3.8. Увеличение количества однотипных энергоблоков на площадке

Для обеспечения нормальной эксплуатации АЭС предусматривают соответствующие спецустройства для замены и средства для ремонта оборудования. Кроме того, предусматривается соответствующее резервное оборудование. Стоимость наиболее существенных из указанных устройств и оборудования, например, для реактора БН-600 характеризуется следующими цифрами:

- спецустройства для ремонта и замены оборудования — 11 млн руб.,
- приспособление для глушения трубок промтеплообменников — 1,4 млн руб.,
- цех по ремонту модулей ПГ и другого крупногабаритного оборудования — 6,0 млн руб.,
- резервное оборудование (ПТО, ГЦН-I, ГЦН-II, модули ПГ, ловушки) — 5,7 млн руб.

Итого: 24 млн руб.

По отношению к общим капвложениям БН-600 указанная сумма составляет ~7%. В случае размещения на одной площадке 4-х таких блоков долевые затраты на ремонтные средства для каждого из блоков не превысили бы 2% от общей суммы затрат. Поэтому если, например, рассматривать площадку с четырьмя блоками БН-1600 (по типу Игналинской площадки с РБМК-1500) можно ожидать экономию на каждом блоке удельных капвложений по АЭС на ~5%. Для многоблочной площадки будет экономия и по ряду других статей затрат, например, по системе приготовления и дренирования теплоносителя и др.

3.9. Учет фактора серийности

Обсуждаемые в настоящее время экономические характеристики быстрых реакторов экстраполируются на основе первого экземпляра энергетического реактора БН-600, тогда как по тепловым реакторам информация берется из достаточно усовершенствованного третьего поколения реакторов ВВЭР. Имеющиеся данные по стоимости первых и серийных образцов энергетического оборудования подтверждают это. В качестве примера приведем стоимости турбоустановок К-800-130 в зависимости от порядкового номера:

№ экземпляра	1	2	3	4
Цена турбоустановки млн руб.	21,72	15,94	14,06	12,19

Стоимость четвертого экземпляра турбины по сравнению с первым снижается почти в 2 раза. Влияние серийности на стоимость натриевого оборудования оценим на примере ГЦН:

Количество одновременно изготавливаемых ГЦН	1	4-5	16	20
Относительная стоимость	1,0	0,8	0,65	0,65

Чтобы оценить влияние серийности на стоимостные характеристики АЭС в целом необходимо определить номенклатуру оборудования, «подверженно-го» этому влиянию. Можно предположить, что фактор серийности в первую очередь скажется на оборудовании, изготавливаемом в заводских условиях: ГЦН I и II контуров, промтеплообменники, привода СУЗ, механизмы системы перегрузки, турбоустановки (в ТЭО заложена стоимость первых экземпляров турбин). По данным Главного конструктора АППУ и завода-изготовителя турбин стоимость перечисленного выше оборудования составляет 71,2 млн руб. Для серии из 4–5 реакторов типа БН-1600 с учетом вышеизложенного можно,

по-видимому, принять, что стоимость изготавливаемого в заводских условиях оборудования за счет серийности может быть снижена на 35% или на 25 млн руб. Это составит ~3,2% от общих капвложений. По-видимому, можно рассчитывать на совершенствование технологии изготовления корпусов на строительных площадках, а также строительства. Все это позволяет для АЭС в целом на фактор серийности и совершенствование технологии изготовления оборудования и строительства принять снижение удельной стоимости 4–5%.

3.10. Применение двухконтурной схемы

Для действующих и проектируемых демонстрационных и промышленных быстрых реакторов традиционной является трехконтурная схема теплоотвода: два натриевых контура и водопаровой третий. Хотя и имеются определенные успехи в создании надежных парогенераторов натрий-вода, ставить вопрос о ликвидации буферного второго контура в настоящее время, по-видимому, преждевременно. Однако для перспективы, в случае создания высоконадежных парогенераторов, этот вопрос, безусловно, заслуживает внимания. Известно, что в настоящее время в нашей стране и за рубежом рассматривается конструкция ПГ с двухстенной теплопередающей поверхностью. Исследования ведутся с целью повышения надежности ПГ, упрощения схемы БР. В этой связи большой интерес представляют работы, проводимые во Франции по двухконтурным схемам БР с двухстенными парогенераторами.

Большинство двухстенных конструкций ПГ рассматривается с гелиевым подслоем. Детектирование гелия в теплоносителе или воде/паре, воды-натрия в гелии может быть эффективным способом контроля целостности ПГ. Забегая вперед отметим, что разработанный ОКБ Гидропресс вариант двухстенного ПГ имеет длинные ($L = 125$ м) теплопередающие трубки, число их на блок 1600 МВт составляет 2400 шт., т. е. каждая трубка имеет ~0,65 МВт(э). В реакторе РБМК-1000 имеется ~1700 каналов мощностью 0,6 МВт(э) каждый, в каждом канале установлена запорно-регулирующая арматура. Поэтому, в принципе, возможно организовать контроль целостности каждой трубки, которая имеет вход-выход из корпуса (рис. 1), и в случае необходимости оперативное отключение. Все это дает основания рассматривать для перспективных АЭС БР двухконтурную схему отвода тепла.

Предварительные рассмотрения показали, что из-за сравнительно большого гидравлического сопротивления ДПГ по теплоносителю предпочтительной является технологическая схема с установкой ГЦН-I на горячей стороне. Такие схемы используются в проектах и действующих реакторах. Например, насос I контура на горячей стороне теплоотводящей петли установлен в реакторах FFTF, SNR и др. с температурой перекачиваемого натрия 530–550 °С.

Ниже даны показатели металлоемкости (в тоннах) АППУ типа БН-1600 (2-контурная петлевая компоновка и 3-контурная компоновка, интегральный реактор) и ВВЭР-1000.

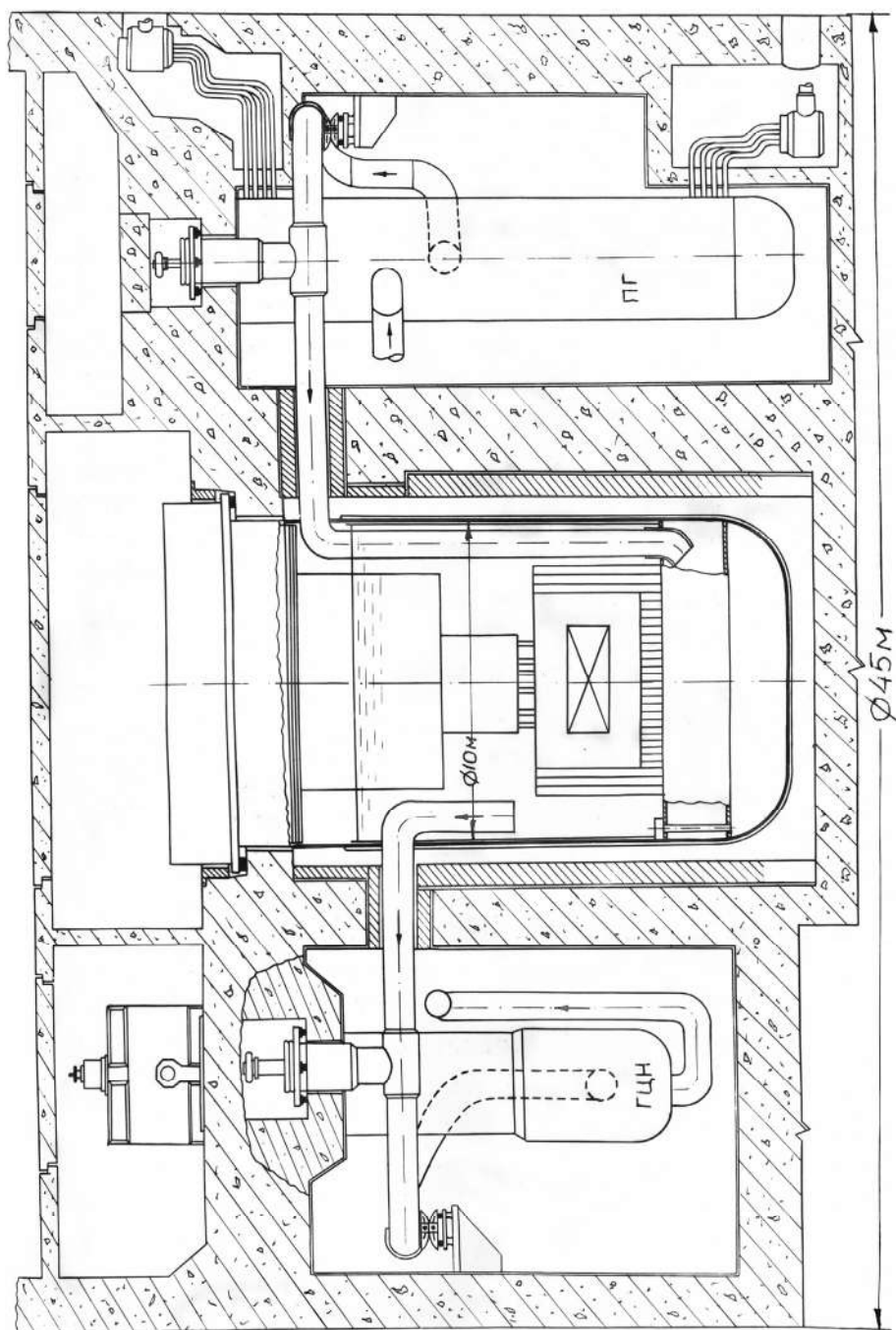


Рис. 1. Сомкнутая петлевая компоновка в цилиндрической оболочке (2-контурная схема, 2-стенный ПГ)

Оборудование и трубопроводы АППУ	БН-1600 (2-контурн.)	БН-1600 (3-контурн.)	ВВЭР-1000
Реактор	1300	6530	800
ГЦН	800	500	600
Трубопроводы теплоносителя с арматурой (основные)	800	400	400
Вспомогательные системы I, II контуров и безопасности ПГ	1500	2400	2400
Транспортно-технологическая часть (включая защитный металл)	4700	4700	2200
Парогенераторы	2500	1300–4200	1600
Суммарная металлоемкость АППУ	11600	16130–19030	8000
Т/МВт(э)	7,5	10–12	8,5

Определенную трудность представляет выбор оборудования вспомогательных систем двухконтурного реактора. В данном случае сохранены вспомогательные системы II контура и безопасности ПГ, имея в виду, что последние используются в чрезвычайных обстоятельствах – при разгерметизации ПГ.

Таким образом, согласно проведенным оценкам при благоприятной реализации следующих решений: двухконтурная тепловая схема, корпусной парогенератор (имеющий двухстенную теплопередающую поверхность), по-видимому, можно обеспечить приблизительно одинаковые или даже меньшие удельные металлоемкость и стоимость БР и ТР (для 3-контурных схем соотношение стоимостей и металлоемкости АППУ БР/ТР составляет 1,3–1,5). Кроме того, использование в качестве греющей среды парогенератора теплоносителя I контура, имеющего более высокую температуру чем теплоноситель II контура, позволяет существенно повысить параметры паросилового цикла. При температурах греющего теплоносителя ПГ 545/355 °С (T_1 к БН-1600 — 547/354 °С) можно в рамках используемого цикла и применяемых турбин повысить температуру регенеративного подогрева питательной воды с 210 °С до 240–250 °С и температуру острого пара до 530–535 °С. Указанное повышение температурных характеристик цикла обеспечивает повышение КПД на 3–4% и мощности АЭС на ~50 МВт(э).

При температуре греющего теплоносителя ПГ 550/360 °С существует возможность перейти на стандартные турбоустановки с начальными параметрами пара (перед турбиной: 535/535 °С, давление 240 атм и температуру питательной воды 270–280 °С). Эта мера позволит увеличить КПД АЭС БН с 41–42% до 44–45% и электрическую мощность на ~7% (на ~120 МВт(э)), что соответственно снизит удельную металлоемкость, стоимость АППУ и вырабатываемой электроэнергии.

С учетом исключения промежуточных теплообменников, ГЦН-II, существенного снижения металлоемкости реактора, повышения КПД удельная стоимость оборудования АППУ в случае перехода на двухконтурную схему снизится на 30–35%. Однако, усложнение строительной части, в связи с необходимостью применения защитной оболочки, усложнение технологии изготовления и, возможно, контроля и защиты ПГ, приведут к некоторому удорожанию. Согласно сделанным оценкам переход на двухконтурную схему приведет к снижению удельных капвложений по АЭС не менее чем на 7–8%.

4. Увеличение единичной мощности быстрых реакторов

Главным технологическим достоинством быстрых реакторов является практически отсутствие внутреннего давления в корпусе реактора. Благодаря этому последний может быть выполнен тонкостенным (30–50 мм) и легко собран (сварен) из элементов, изготовленных в заводских условиях. Опыт изготовления на площадке БАЭС корпуса БН-600 диаметром ~13 м полностью это подтверждает. Проработки ОКБМ показывают, что быстрый реактор мощностью 2000–2400 МВт может быть создан на основе разработанных конструкторских решений. Поэтому мощность следующего за БН-1600 реактора целесообразно принять 2400 МВт. Реактор БН-2400 может работать с двумя стандартными турбинами 1200 МВт. Мощность перспективного реактора может быть принята 3200 МВт. Для этого реактора подойдут либо две турбины по 1600 МВт из перспективных экземпляров БН-1600, либо стандартные турбины большой мощности, разработка которых в настоящее время ведется турбостроительными заводами.

В целях снижения металлоемкости, повышения степени заводской поставки оборудования и в результате снижения стоимости для указанных сверхмощных реакторов БН рассматриваются новые варианты конструктивно-компоновочного исполнения. Один из таких вариантов представлен на рис. 2.

Реактор и оборудование располагаются в бетонных шахтах и связаны короткими трубопроводами с сильфонными компенсаторами. Такой вариант компоновки использует достоинства интегрального (компактное расположение оборудования I контура) и петлевого (раздельное расположение реактора, ПТО, ГЦН-I, исключение массивной внутрикорпусной нейтронной защиты). Применение таких компоновок, как показано в работе: Троянов М.Ф. и др. «Пути усовершенствования инженерных решений и технико-экономических характеристик быстрых реакторов» 1982 г., приводит к сокращению высоколегированного металла — аустенитной и нержавеющей стали с высоким качеством механической обработки и технологии изготовления в 1,5 раза.

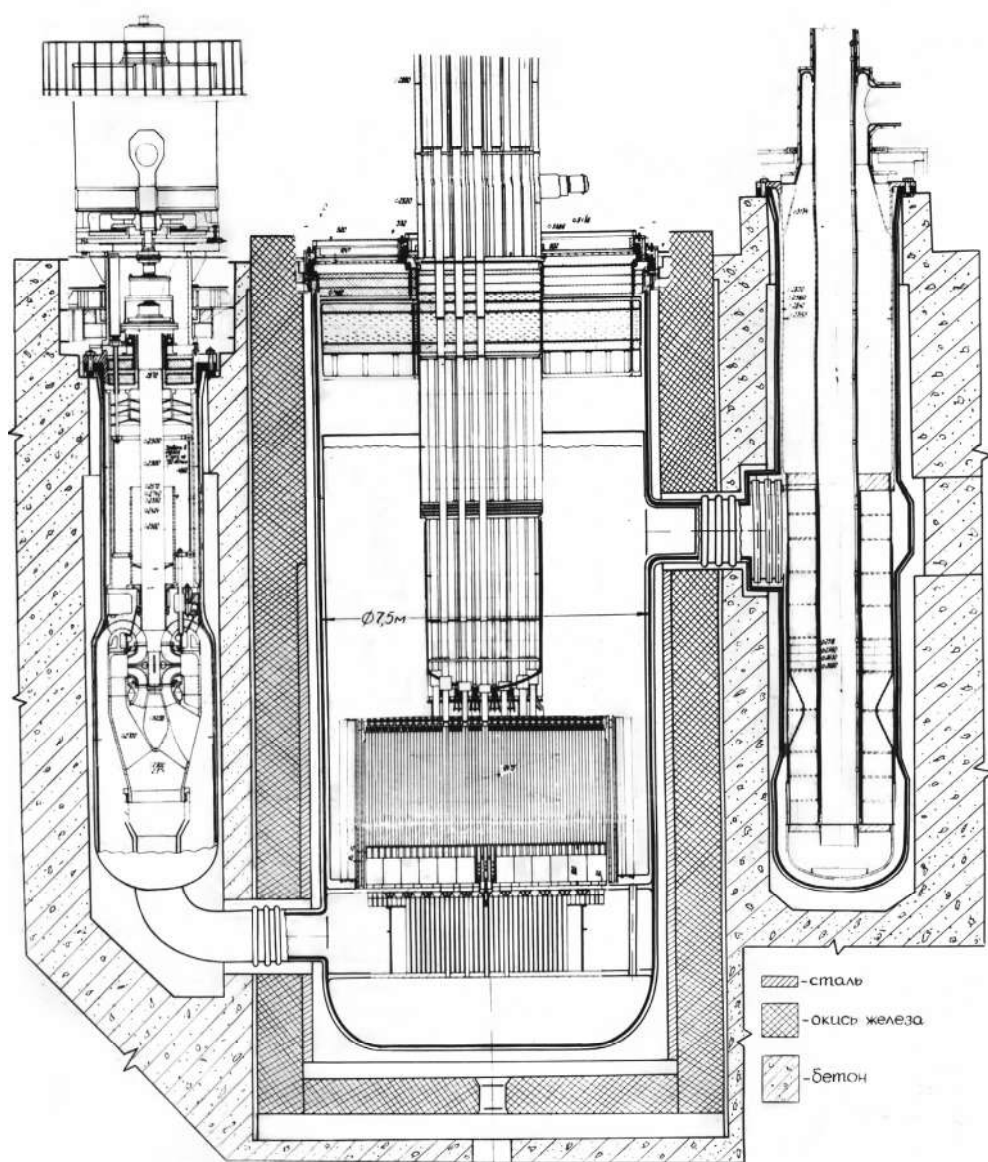


Рис. 2. Сомкнутая петлевая компоновка реактора типа БН-1600
(ГЦН, ПТО, пробки ЦК, центр. часть реактора БН-1600)

5. Обсуждение результатов, выводы, рекомендации

На рис. 3 показана последовательность реализации рассмотренных выше усовершенствований реактора, оборудования, вспомогательных систем с целью снижения капитальных затрат, упрощения установки. Существует реальная возможность снизить удельные капвложения в серийные быстрые реакторы на ~25% по сравнению с головным экземпляром БН-1600, представленном в ТЭО, т. е. обеспечить в перспективе удельные капвложения в современном масштабе цен на уровне 400 руб./кВт.

Переход на двухконтурную схему снизит удельные капвложения еще приблизительно на 30–40 руб./кВт. В результате удельные капвложения в АЭС типа БН-1600 составят 360–370 руб./кВт, что почти не отличается от соответствующих значений по современным тепловым реакторам ВВЭР-1000 и РБМК-1000.

БН-1600 (ТЭО АЭС, техпроект АППУ: 3-контурная тепловая схема, модульный ПГ, средние параметры)	Снижение удельных капвложений, %
Применение компактных конструкций парогенераторов (снижение металлоемкости, мощности электрообогрева, строительных объемов)	4,5
Применение сильфонов в системе трубопроводов II контура (сокращение длины натриевых коммуникаций, мощности электрообогрева)	0,85
Упрощение конструкции, снижение металлоемкости реактора: исключение страховочного корпуса реактора — передача его функций облицовке шахты; усовершенствование внутрикорпусных конструкций	1,3
Размещение теплообменников аварийного расхолаживания в корпусе интегрального реактора, снятие функций систем безопасности с II и III к. (сокращение высоты здания, длины трубопроводов, мощности дизель-генераторов и др.)	1,5
Упрощение внешних систем с радиоактивным теплоносителем — холодные ловушки в корпусе реактора, выгоревшие ТВС направляются на завод РТ без выдержки во внешних хранилищах (БОС, водяной бассейн)	3
Повышение среднесмешанной температуры теплоносителя на выходе из реактора за счет выравнивания температур в ТВС, а.з., реакторе; повышение параметров и КПД цикла	2,7
Применение одной турбины 1600 МВт вместо 2-х по 800 МВт	2
Увеличение количества блоков на площадке с 1 до 4-х	5
Учет фактора серийности	4,5
Переход на 2-контурную схему	7,5
	32,85

Рис. 3. Снижение удельных капвложений в АЭС БН-1600 за счет внедрения возможных усовершенствований

Возможно, не все из рассмотренных усовершенствований в полной мере удастся реализовать на практике, однако даже частичное внедрение даст ощутимый экономический эффект.

Необходимо отметить, что в настоящее время при переходе от демонстрационных к коммерческим БР идет интенсивная работа по совершенствованию АЭС БР. Усилия разработчиков сконцентрированы на том, чтобы в условиях сравнительно низких цен на уран создать конкурентоспособные энергоустановки с этими реакторами. Особенно интенсивно развиваются эти работы во Франции, Англии, США. В частности, в работе: M.N. Arnold, J.E. Sharbangh. Design approaches to achieve competitive LMFBR capital costs. Power Engineering, September, 1982, p. 62–66, представлены сравнительные экономические показатели теплового и усовершенствованного быстрого реактора по результатам проектных разработок фирмы Вестингауз:

	ВВЭР	БР
Тепловая мощность реактора, МВт	3800	3800
Электрическая мощность (нетто), МВт	1268	1488
Относительная стоимость	1,00	1,08

Как видим, результаты практически не отличаются от полученных в настоящей работе.

ВЫВОДЫ

Проведенный анализ показывает, что имеются пути таких изменений конструкторско-компоновочных решений, которые приведут к существенному уменьшению затрат на сооружение АЭС с быстрыми натриевыми реакторами. Это означает, что при массовом строительстве такие АЭС могут не только обеспечить полное использование урана и перевести ядерную энергетику в режим самообеспечения, но и выполнить эту задачу достаточно экономично.²⁾

Архив ГНЦ РФ – ФЭИ. Ф. 1, оп. 1-НТ, д. 6858. Подлинник.

Примечания

¹⁾ Далее опущено содержание данного отчета.

²⁾ Далее опущен список литературы.

Выступление М. Ф. Троянова на расширенном НТС ФЭИ в БКЗ главного корпуса при обсуждении назначения его директором ФЭИ

22 мая 1987 г.

Уважаемые товарищи!

Неистощимая по изобретательности жизнь поставила передо мной на 33-м году работы в ФЭИ тот вопрос, который сегодня обсуждается.

Прямо скажу, «жезл директора» в своем «ранце» я не носил и воспринял бы совсем недавно такой оборот событий как неподкрепленный внутренними стимулами и как нечто невероятное. Так что трудности с восприятием предложения придти мне через некоторое время на пост директора нашего института, как говорится, имели место.

А дальше эту мысль я уже развивать не должен и возвращаться к ней не буду. Активы, которые прошли в коллективах, оказали поддержку моей кандидатуре. Я это расцениваю как огромное доверие, честь и ободрение. Доверие надо оправдывать делом, трудом.

Партийная организация института, Обком и Горком партии поддержали это выдвижение в ответственный период реализации решений 27-го съезда партии. Воспринимаю это как особо существенный фактор своей ответственности.

Коллектив нашего института — тонкий, прочный, работоспособный и деловой — со всеми своими частями сложной организации. Только в опоре на этот коллектив, на его научное, техническое, производственное ядро, на его парторганизацию может идти работа руководителя.

Мы — одна из составляющих нашего Министерства. От нашего Министерства мы имеем очень солидный комплект поручений и задач общегосударственного значения. Ясно, что новый директор должен будет воспринять их всем «букетом». Доверие к институту со стороны Министерства, поддержка и внимание обязывают к деловому, конкретному, эффективному и экономичному решению задач энергетики, обороны, фундаментальной науки.

Товарищи! Принимать пост директора при моем назначении придется от О. Д.¹⁾

Многие годы я работаю под его руководством. Высоко ценю личные качества О. Д., его научную образованность, культуру, интеллигентность, умение решать сложные вопросы управления институтом.

Ответственность перед Вами лично, О. Д., а также перед возглавляемой Вами дирекцией, занимает свое важное место в тех ощущениях нагружения, которые я испытываю.

И следующее.

Сегодня наш директор — О. Д. К.¹⁾, и свои обязанности мы выполняем под его руководством. Настанет мой черед — буду работать.

Из личного собрания документов М.Ф. Троянова. Рукопись.

Примечание

¹⁾ О. Д., О. Д. К. — здесь и далее речь идет об Казачковском Олеге Дмитриевиче, директоре ФЭИ в 1973–1987 гг.

СПРАВКА
о деятельности Физико-энергетического института,
подготовленная в соответствии с указанием
от 11.05.[19]88¹⁾

3 июня 1988 г.

Научная деятельность коллектива Физико-энергетического института сосредоточена на разработке и научном руководстве испытаниями, проектированием и эксплуатацией атомных энергетических установок, создаваемых в соответствии с постановлениями и решениями ЦК КПСС и СМ СССР, по основным и важнейшим заданиям, определенным приказом по отрасли...²⁾ Объем важнейших и основных работ в институте составляет 91%.

Главные усилия коллектива института сосредоточены на:

- проведении работ по рассмотрению и утверждению технического проекта энергоблока БН-800, курирование разработки и изготовления оборудования и систем для энергоблока;

- обобщении опыта работы действующих реакторов на быстрых нейтронах, проведении работ по повышению экономичности быстрых реакторов, упрощению систем, совершенствованию топливного цикла, повышению безопасности;

- проведении работ по изучению радиационной стойкости и работоспособности ТВЭЛ и ТВС быстрых реакторов, разработку обоснованных предложений по повышению выгорания ТВС;

- обновлении экспериментальной базы института, в частности, по созданию исследовательских реакторов БРВ, АМ-2 и исследовательского комплекса ИК (зд. 224);

- выполнении комплекса расчетно-экспериментальных работ с выдачей рекомендаций заказчику...³⁾;

- участии в подготовке и проведении плановых ремонтов, перегрузок активных зон с выполнением регламентных работ на объектах проектов 705 и 705К и стенда КМ-1;

- оказании научно-технической помощи заводам в изготовлении элементов опытной активной зоны 2-й кампании стенда КМ-1;

- разработке совместно с Главным конструктором эскизного проекта установок для объектов пр. 975;

- обеспечении выполнения приоритетных научно-исследовательских работ, определенных приказами...²⁾;

- ...³⁾

- участии в летных и государственных испытаниях изделия...⁴⁾

Планы научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ коллективом института выполнялись, срывов выполнения по вине института не было. Более подробно результаты деятельности ФЭИ по основным исправлениям отражены в материалах по подготовке балансовой комиссии.

В связи с переходом на новые формы экономического стимулирования, а затем с подготовкой к переходу на хозяйственный расчет и самофинансирование в институте проведена существенная организационная работа.

Осуществлена концентрация научно-технического потенциала на основные направления деятельности и важнейшие задания XII пятилетки. С этой целью полностью пересмотрена тематика института, сконцентрирована, укрупнена тематика, ликвидированы мелкие и неперспективные темы. К этой работе привлекалась широкая научная общественность. В результате были сформированы предложения института по Государственным (отраслевым) заказам, отражающие основные направления фундаментальных и поисковых работ, направленных на повышение научно-технического потенциала института и обеспечивающих развитие и создание перспективных ядерно-энергетических установок, технологий и методик.

В результате неоднократных детальных обсуждений в 16 ГУ, НТУ, с заказчиками предварительно согласованы 28 государственных (отраслевых) заказов для института, сформирован проект тематического плана института, куда вошли, кроме 28 госзаказов, 46 хозяйственных договоров с предприятиями (для сравнения: в тематический план института 1988 г. входит 156 тем), таким образом тематика сокращена более чем вдвое.

В перечень госзаказов входят следующие основные программы:

1. Разработка проекта усовершенствованного реактора БН-800М.
2. Исследование характеристик активной зоны БН-800 с высокофоновым плутонием на критических сборках.
3. НИОКР по обеспечению надежности и безопасности эксплуатации объектов атомной энергетики.
4. Разработка и создание полномасштабного тренажера для АЭС с реактором на быстрых нейтронах.
5. НИОКР по созданию перспективных топливных, конструкционных и поглощающих материалов для элементов активных зон реакторов на быстрых нейтронах, обеспечивающих работоспособность активных зон до выгорания 15–20%.
6. Комплексная программа по модернизации и строительству научно-исследовательских и экспериментальных комплексов, строительству и реконструкции исследовательских реакторов, в т. ч.
 - 6а. Реактор БРВ;
 - 6б. Реактор АМ-2.
7. Комплекс работ по обоснованию рациональных масштабов использования АЭС малой мощности (АСММ) в СССР и странах-членах СЭВ, отработка технологических решений по созданию и усовершенствованию РУ с учетом

задач по повышению эффективности и расширению сферы использования АСММ.

8. Научно-техническое руководство в период подготовки систем и оборудования стенда КМ-1 ко 2-й кампании, комплексное исследование и отработка АППУ стенда, оптимизация режимов эксплуатации.

9. Вывод из эксплуатации оборудования и систем стенда 27/ВМ.

10. Создание экспериментального стенда К-2Р в обоснование моноблочной АППУ пр. 975.

11. Поисковые НИР в обеспечение научно-технического задела по технологии теплоносителя свинец-висмут.

12. Исследование по гидродинамике и теплообмену в а[ктивной] з[оне] ППУ транспортных объектов с ВВР.

13. НИОКР в обеспечение создания а[ктивных] з[он] и их составных частей для перспективных транспортных ЯЭУ с жидкометаллическими теплоносителями.

14. Расчетно-экспериментальные исследования и ОКР в обоснование создания мощностного ряда ЖМТ ЯЭУ с улучшенными массогабаритными характеристиками, ВАХ, повышенной безопасностью, ресурсом для различных областей применения.

15. Комплексное математическое моделирование АППУ транспортного назначения («Альянс»).

16. НИР и ОКР в обеспечение создания испытательной базы для отработки ЯЭУ и ТРП.

17. НИОКР по перспективным ЯЭУ. НИР по физике плазмы, материалам и технологии перспективных ТЭП.

18. Комплексные исследования технических средств, методов контроля и поддержания заданного качества высокотемпературных теплоносителей контура ЯЭУ (литий, натрий-калий).

19. Создание и развитие автоматизированного банка ядерных данных для нужд народного хозяйства.

20. Разработка константного обеспечения методов, алгоритмов и программ комплексного расчета реакторов различного типа с ЖМТ и радиационной защиты и их экспериментальное обоснование.

21. Фундаментальные и поисковые НИР по теплофизике и гидродинамике.

22. Исследования в обоснование физических характеристик топливного цикла перспективных быстрых реакторов с использованием различных топливных и сырьевых материалов.

23. Исследование научно-технических и организационных вопросов обеспечения ядерной безопасности установок, оснащенных системами управления и защиты (СУЗ).

24. Проведение комплекса работ для организации серийного производства генераторов технеция в ФЭИ.

25. Исследование физических процессов по накачке ядерных сред продуктами деления тяжелых ядер.

26. Отраслевая КНТП создания, развития и эффективного использования АСУ, АСНИ, САПР — («Спектр»).

27. Метрологическое обеспечение работ на предприятиях 16 ГУ.

В течение последних трех лет в соответствии с Постановлением ЦК КПСС и СМ СССР произошло перераспределение объемов финансирования по основным направлениям научной деятельности, это видно из таблицы 1 (расчет велся по объему финансирования собственных работ).

Таблица 1. Доля объема финансирования основных научных направлений в тематическом плане института по годам

Направление ⁵⁾	Доля объема финансирования по годам в %			
	1986	1987	1988	1989 (проект)
Напр[авление] 05	23	20	17	21
Напр[авление] 06	15	16	14	13
Напр[авление] 07	29	32	29	28
Напр[авление] 24	1	6	17	19
Итого	68	74	77	81

Из таблицы видно, что существенно возросло финансирование направления 24, практически на одном уровне находилось финансирование собственных работ по направлению 07, сокращалось в направлении 05 и 06.

Следует отметить, что росла тенденция к увеличению хозяйственных договоров, в том числе и по направлению 06 за счет развертывания работ по теме ...³⁾ (см. таблицу 2).

Таблица 2. Рост доли хоздоговорных работ по основным направлениям деятельности института

Направление	Рост хоздоговорных работ в %		
	1986	1987	1988
Напр[авление] 05	100	109	89
Напр[авление] 06	100	186	112
Напр[авление] 07	100	140	138
Напр[авление] 24	100	244	2990 ⁶⁾

В течение 1986–1988 гг. соотношение хоздоговорных и госбюджетной тематик по объему финансирования соответствовало 40% и 60%.

В соответствии с проектом тематического плана на 1989 г. доля хоздоговорных работ и заказов предполагается 53%, 47% соответственно.

В целом доля (в %) от всех хоздоговорных работ по направлениям 05, 06, 07, 24 показана в таблице 3.

Таблица 3

Направление	Доля хоздоговоров в %			
	1986	1987	1988	1989 (проект)
Напр[авление] 5	17	13	9	9
Напр[авление] 6	9	12	6	9
Напр[авление] 7	51	52	42	39
Напр[авление] 24	–	3	29	25

В связи с нарастанием роли ряда работ по направлениям 07, по направлению 24 и темы ...³⁾ в институте проведено перераспределение численности сотрудников по направлениям деятельности. В частности, на эти работы переключено (в отделениях 1, 5, 4, 6, отд[еле] 13) в общей сложности 710 человек, за счет частичного сокращения работ по ядерной физике, водо-водяным и водо-графитовым реакторам, по реакторам авиационного назначения, по установке БУК и др.

За двухлетний период было создано 20 временных творческих коллективов, из которых 15 уже закончили свою работу, а 5 работают и в настоящее время. Эффективность организации временных творческих коллективов заключается в сокращении сроков исполнения работ в 2–3 раза. В среднем каждый ВТК состоит из 30 человек. По мере анализа работы выносились изменения в положение. Деятельность ВТК обсуждается на НТС отделений и партийном комитете института.

В институте проводится целенаправленная работа по развитию и совершенствованию бригадной формы организации труда, различными формами которой охвачено 1979 человек в 152 бригадах. Из них 102 бригады комплексные, 50 специализированные. 15 бригад водителей автохозяйства работают по индивидуальным заданиям. Наибольший процент охвата рабочих бригадной формой в опытном производстве и РМЦ. В связи с переводом бригад на работу с элементами хозрасчета предпочтение отдается укрупненным бригадам, численностью 20–25 человек. 21 бригада заключила договор с администрацией о выполнении установленного объема работ меньшей численностью с оплатой 50% тарифа отсутствующего рабочего. Эта форма является наиболее прогрессивной, развитие которой в дальнейшем будет совершенствоваться. Заработная плата рабочих в бригадах в среднем возросла более чем на 30%.

В настоящее время на базе отдела 19 создается первая временная лаборатория из сотрудников трех отделений на период 1988–1993 гг. по разработке тренажера по управлению реакторами на быстрых нейтронах.

В ходе подготовке к новым условиям хозяйствования ликвидировано 14 лабораторий. Штатное расписание на 1988 год сформировано с учетом перераспределения численности по направлениям деятельности, сокращено 186 единиц. За счет укрупнения участков сокращено 158 мастерских участков. Перераспределено подчинение научных подразделений с целью более четкого

руководства научной деятельностью института. Назначены руководители основных научных направлений.

Физико-энергетический институт имеет широкие связи с промышленными предприятиями отрасли и страны. Достаточно сказать, что в институте действует около 60 договоров о социалистическом сотрудничестве с промышленными предприятиями страны.

Традиционные, многолетние совместные работы ведутся с ЭМЗ, МЗП по выпуску элементов активных зон по направлению 06. Институт на этих заводах внедрены ряд современных технологий изготовления элементов а[ктивных] з[он], покрытий, методик на уровне изобретений. В последние годы эти работы связаны с созданием новой активной зоны стенда КМ-1 (вторая кампания).

Активное участие ФЭИ принимает в создании и усовершенствовании активной зоны аппаратов БУК.

Включены в планы работ института изготовления опытной партии изотопа технеция-99.

На реакторе БН-350 проводится комплекс работ, направленных на повышение выгорания в активной зоне реактора, на перевод реактора на модернизированную зону с получением выгорания 10% т[яжелых] ат[омов], на повышение безопасности установки. Выполнен ряд работ по усовершенствованию отдельных систем и оборудования реактора.

Разработан технический проект унифицированной ТВС с контейнером для наработки Co^{60} в реакторе БН-350. Достигнута договоренность с предприятиями отрасли о проведении совместных работ по изготовлению этих ТВС с контейнерами, имея целью поставку контейнеров на облучение в июле 1988 г.

Начаты работы над техническими предложениями по производству по БН-350 других изотопов (иридий-192, гадолиний-153).

На БН-350 ведутся исследования по накоплению урана-233.

На циклотроне института произведено и поставлено заказчикам радиоизотопной продукции на сумму 5,27 млн руб., в т. ч. на экспорт на 1,6 млн руб. (основные потребители — Англия, Франция, страны СЭВ). За счет внедрения более совершенных технологий улучшено качество продукции (кобальт-57, кадмий-109 и др.). В последние годы тесные производственные контакты установлены с заводом «Сигнал». В частности, по хозяйственному договору ФЭИ проводит калибровку, аттестацию приборов контроля нейтронных полей, выпускаемых заводом для атомных электростанций.

Отделом ядерной безопасности в период 1986–1987 гг. разработано 410 заключений по запросам предприятий и организаций отрасли. Из них следует отметить заключения по увеличению обогащения урана с 3,0% до 4,4% при производстве таблеток для ТВС реакторов ВВЭР на предприятии п/я В-8857, по увеличению норм переработки облученного ядерного топлива реакторов ВВЭР-440, БН-600 в аппарате-растворителе РП-2200.

По поручению Управления по надзору за ядерной и технической безопасностью разработано 21 заключение. Из них следует отметить заключения по безопасности промышленных реакторов предприятий п/я А-7564, В-2994, А-2387. Заключение по реактору СВВ-1.

Предполагается участие института в кооперации с предприятиями отрасли в создании вычислительной техники для нужд отрасли, в частности, будет использован научно-технический потенциал института для контроля и анализа чистоты материалов интегральных схем ядерно-физическими и физико-химическими методами.

Величина фактического экономического эффекта за 1986 г. составила 26 990 тыс. руб., а за 1987 г. — 22 049 тыс. руб. Величина фактического экономического эффекта за 1986–1987 гг. по основным направлениям деятельности составляет 40–46% от общей суммы эффекта. Остальные 60–54% составляет экономический эффект от частных технических решений, т. е. побочных результатов деятельности института по созданию ядерно-энергетических установок. Значительную величину ФЭЭ институт получает в результате внедрения мероприятий по повышению глубины выгорания топлива на атомных станциях, проведения работ на заказах (направление 06), внедрение установок типа БУК и др.

Физико-энергетический институт на протяжении многих лет являлся рентабельным предприятием.

На протяжении одиннадцатой и двух лет двенадцатой пятилеток от реализации научно-технической продукции по договорам с заказчиками институт получал прибыль. В одиннадцатой пятилетке прибыль в расчете на год составила 1171 тыс. рублей.

В 1986 году она составила 3802 тыс. рублей, а в 1987 году 1756 тыс. рублей, что в расчете на год составляет 2779 тыс. рублей.

Рентабельная работа позволила институту создать накопления с целью их использования на приобретение оборудования, а также на пополнение оборотных средств, тем самым было обеспечено нормальное финансовое состояние.

В одиннадцатой пятилетке институтом было дополнительно к плановым централизованным средствам направлено на приобретение оборудования для расширения и обновления экспериментальной базы 3373 тыс. руб., а в 1986–87 годах — 666 тыс. руб.

Следует отметить, что в 1986–[19]87 годах размер средств накоплений от прибыли в институте резко снизился в связи с тем, что Главком и Министерством прибыль была практически полностью изъята и направлена на финансирование централизованных капитальных вложений.

Кроме того, в 1988 году у института изымаются накопления, превышающие размер норматива оборотных средств в сумме 1729 тыс. руб., что, безусловно, отрицательно повлияет на финансовое состояние института и никоим образом не отвечает требованиям подготовки института к самофинансированию.

Создание новых и модернизация действующих установок и оборудования, приборов и средств ВТ

Экспериментальная база института характеризуется следующими показателями:

- основные производственные площади 261 тыс. м²;
- основные средства научно-исследовательской деятельности 205 млн руб. и включают в себя следующие объекты: три исследовательских реактора, 17 критических стендов, 33 теплофизических стенда, 5 гидродинамических стендов, 26 материаловедческих стендов, 9 стендов по исследованию термоэмиссионного преобразования энергии, циклотрон У-150, 4 ускорителя средних энергий, 33 «горячие камеры»;
- приборы и лабораторное оборудование на сумму 45 млн руб.

В основном объекты экспериментальной базы института создавались в 60-х годах для решения конкретных научно-исследовательских задач и реализации конкретных технологических процессов. В настоящее время их производственные помещения, основное оборудование, системы энергоснабжения морально и физически устарели, а в ряде случаев выработали свой ресурс, что отрицательно влияет на качество и темпы проводимых НИР и ОКР.

Кроме того, основные объекты экспериментальной базы института — исследовательские реакторы и критические стенды — созданы в период, когда еще не были окончательно сформированы действующие сегодня правила ядерной и технической безопасности и требуют постоянного внимания и затрат для обеспечения их надежности и безопасной эксплуатации.

Вычислительный парк института включает в себя 153 ЭВМ и более 100 персональных компьютеров.

Из них по группам:

- вычислительные комплексы и ЭВМ на базе процессоров общего назначения, эксплуатируемых не более 8 лет — 6 шт.;
- ЭВМ на базе мини-процессоров — 37 шт.;
- ЭВМ на базе микропроцессоров — 64 шт.;
- импортные ЭВМ (ЕС1010, Мера60) — 46 шт.;
- персональные компьютеры — более 100 шт.

Балансовая стоимость ЭВМ составляет 31 млн руб., суммарная производительность 56 млн операций в секунду.

Производственная база института характеризуется следующими показателями:

- производственные площади — 10 500 м³,
 - численность рабочих — 305 чел.,
 - плановая мощность — 690,3 тыс. нормо-часов,
 - станочное оборудование — 369 единиц, из них 198 единиц основного.
- 75% станочного оборудования имеет срок эксплуатации более 10 лет.

Перспективы развития экспериментальной базы института в XII пятилетке и на период до 2000 года связаны с решением задач, поставленных в специ-

альных Постановлениях ЦК КПСС и СМ СССР и сформулированных в приказах Министра, а также с выполнением ряда программ, реализуемых по инициативе Министерства и института.

В институте разработана программа развития и технического перевооружения экспериментальной и производственно-энергетической базы института, в которой сконцентрированы планируемые в институте работы по реконструкции действующих и сооружению новых установок, стендов, технологических корпусов и т. д., имеющих научно-техническое назначение. Реализация намеченной программы является необходимым условием для решения стоящих перед институтом задач по экспериментальной проверке результатов фундаментальных исследований, моделированию, технологической отработке и натурным испытаниям разрабатываемых в институте ядерных энергетических установок и технологических процессов.

Программой предусмотрено коренное техническое перевооружение экспериментальной базы всех научных направлений, разрабатываемых институтом, в частности, предусмотрено и подтверждено приказами Министра сооружение пяти исследовательских реакторных комплексов: БРВ-150, АМ-2, ИР-34, испытательный комплекс (ИК) реакторов преобразователей, импульсный реактор-стенд «Б». Исследовательский реактор БРВ тепловой мощностью 150 МВт предназначен для испытания опытных изделий, материалов в обоснование работоспособности, ресурса и технико-экономических характеристик реакторов.

Исследовательский реактор АМ-2 тепловой мощностью 36 мВт предназначен для испытаний фрагментов и полномасштабных электрогенерирующих каналов, и пакетов большой мощности, отработки методик прогноза ресурсных характеристик по результатам испытаний на укороченной временной базе и производства реакторных изотопов для медицинских целей.

Исследовательский реактор ИР-34 предназначен для испытаний и исследований режимов работы высокотемпературного реакторного блока изделия.

Испытательный комплекс реакторов-преобразователей предназначен для проведения испытаний полномасштабных энергетических установок с реакторами-преобразователями, экспериментального обоснования энергетических, ресурсных характеристик, оптимизации пусковых режимов и алгоритмов управления.

Стенд «Б» предназначен для проведения поисковых работ по созданию оптического квантового усилителя с ядерной накачкой.

Программой предусмотрены реконструкция действующих и строительство новых критических стендов, теплофизических и гидродинамических стендов, ускорительных комплексов, технологических корпусов, вспомогательных производств, базы их энергетического обеспечения.

Реализация программы обеспечит переход на новый качественный уровень проводимых НИР и ОКР, увеличит их интенсивность на всех стадиях разработки, создания и испытаний реакторных установок, включая изготовление опытных партий тепловыделяющих каналов и их послереакторного исследования.

Обновление — развитие вычислительной базы института предусматривает реконструкцию действующих и строительство новых производственных площадей и ввод в эксплуатацию современной вычислительной техники, обеспечивающей достижения быстродействия до 100 млн операций в секунду, а также развитие системы АСНИ. Реализация намеченных планов обновления вычислительного парка института позволит проводить оптимизационные расчеты реакторов в геометрии, приближающейся к реальной, создать системы автоматизации экспериментальных исследований, банки экспериментальных данных.

Развитие экспериментальной базы института неразрывно связано с техническим перевооружением производственных и энергетических мощностей. Для решения стоящих перед институтом задач производственная база, при нарастающем объеме производства, на основе внедрения новых технологий и оборудования должна обеспечить изготовление и монтаж большинства стендов, установок и экспериментальных устройств, разрабатываемых в институте.

Программой развития производственной базы предусматривается создание новых производств на основе новых технологий обработки и соединения металлов, гальванических покрытий, изготовления пластмассовых и резинотехнических изделий, изготовление электрических и электронных устройств, блоков.

Для обеспечения условий функционирования экспериментальной базы, проведения исследований облученных твэл, ТВС, хранения, транспортировки и утилизации радиоактивных отходов, в институте намечено сооружение ряда объектов и установок, позволяющих решить эту проблему. Предусмотрено сооружение хранилищ делящихся материалов, радиоактивных отходов и установок по утилизации и захоронению.

В институте постоянно ведется работа по обновлению экспериментальной и производственной базы. Так в прошедшем году велись строительные работы более чем на 20 объектах производственной и эксплуатационной базы института. Сданы под монтаж пусковой комплекс «горячих камер» (зд. 105), опытный цех № 2 (зд. 225), механизированный склад оборудования и т. д.

Приобретено 26 единиц вычислительной техники и 68 персональных компьютеров на сумму 4 млн руб. Велись работы по внедрению АСНИ, АСУ ТП. Опытным производством изготовлено и введено в эксплуатацию 13 стендов и рабочих участков. Получено и внедрено 30 единиц станочного оборудования. Процент обновления активной части основных фондов составил 105%. Однако острая нехватка средств вычислительной техники, высокопроизводительного металлообрабатывающего оборудования по-прежнему сохраняется.

Институт приступил к практической реализации долгосрочной программы развития экспериментальной базы. Выпущен эскизный проект реактора БРВ, ведется проектирование установок АМ-2, ИР-34, ИК, стенда «Б» и ряда других объектов. Размещены заказы на изготовление нестандартного оборудования этих установок, ведется подготовка строительных площадок.

На темпах этих работ отрицательно сказывается слабость проектной организации, отсутствие организаций главных конструкторов стендовой части реактора ИР-34 и ИК.

Назрела необходимость выбора и освоения новой территории для перспективного развития экспериментальной базы института.

Ликвидация узких мест и решение наиболее актуальных социальных вопросов

В связи с переводом на новые условия оплаты труда, введением новых тарифных ставок и схем должностных окладов у рабочих оплата по труду повысилась в среднем на 24,1 рубля, у научных работников — на 15 руб., руководителей и специалистов в научных подразделениях — на 15 руб., в производственных цехах — на 24,4 рубля.

Повышение заработной платы осуществлялось за счет экономии фонда зарплат и высвобождения сотрудников (384 человека).

В три раза в 1987 году по сравнению с 1986 годом увеличились затраты на мероприятия по охране труда по всем источникам финансирования.

В 1987 году план по вводу в эксплуатацию общей площади жилых домов за счет государственных капитальных вложений выполнен на 222% — 254 семьи улучшили жилищные условия.

Функционируют санаторий-профилакторий на 200 мест, где каждый 4-й сотрудник может отдохнуть и подлечиться, пионерский лагерь на 640 мест.

Более 600 человек занимается в группах здоровья.

Действует 18 спортивных секций.

Реализуется ежегодно около 24 путевок на 100 работающих в санатории и дома отдыха.

Проблемы, стоящие перед институтом, предложения по дальнейшему повышению эффективности работы и развитию отраслевой кооперации в новых условиях

1. Задерживается утверждение госзаказов по институту.

По проекту тематического плана на 1989 г. институту для обеспечения выполнения важнейших и основных работ и развития перспективных работ по основным направлениям научно-технической деятельности необходимо финансирование по госзаказам без учета норматива рентабельности в размере 33,7 млн рублей.

Увеличение объема финансирования по госзаказам в сравнении с бюджетным финансированием 1988 г. (32,5 млн рублей.) объясняется ростом объема работ в обеспечение решения вопросов по безопасности быстрых реакторов и работ по созданию тренажера АЭС на быстрых реакторах, требующих подключения большого количества сторонних организаций, а также исследовательских реакторов БРВ и АМ-2.

2. Учитывая, что разработки и научные исследования по ЯЭУ носят межотраслевой характер, возвратиться к практике назначения Главного конструктора и Научного руководителя ЯЭУ по конкретным разрабатываемым проектам. Дать им решающее право распоряжаться соответственно финансированием комплексов опытно-конструкторских и научно-исследовательских работ.

Решить вопрос о независимом и прямом финансировании научного сопровождения создаваемых проектов.

Предлагается назначить Физико-энергетический институт организацией научного руководителя по реакторам-преобразователям РП-50, РП-100, по реакторному блоку ЯЭУ ИБ97.

Рассмотреть предложение о назначении Физико-энергетического института организацией Главного конструктора.

3. Рассмотреть вопрос о стоимости отработавших сборок БН-600, БН-350 и энергетического плутония с целью стимулирования его использования в бридерных зонах. Обратиться в Правительство о компенсации части затрат завода РГ за счет стоимости электроэнергии, вырабатываемой АЭС с тепловыми реакторами.

4. С целью развития и ускорения работ по атомной энергетике малой мощности обратиться в Правительство с предложением о назначении Минатомэнерго Заказчиком АТЭЦ и АСТ малой мощности.

5. Рассмотреть вопрос о выполнении комплексных НИОКР по созданию установки с реактором БН-1600 совместными усилиями стран СЭВ, либо о подключении с этими работами к Европейскому проекту.

6. Для успешного выполнения Постановления СМ СССР № 1190 от 22.10.87 о создании тренажеров АЭС необходимо ускорить утверждение представленных материалов Физико-энергетического института и оказать помощь в подтверждении выделения 3 млн валюты 1-й категории, а также выделить 5 млн валюты пятой категории рублевым покрытием для закупки из капиталистических стран и стран-членов СЭВ импортных средств вычислительной техники.

7. В институте наблюдается тенденция сокращения доли финансирования направления 06, это приведет в условиях хозяйственного расчета к перераспределению людских ресурсов на другие направления, имеющие более стабильное финансирование работ. В связи с этим необходимо рассмотреть вопрос о состоянии финансирования работ института по направлению 06 на уровне Министерства. Необходимо решить вопрос о финансировании через Госзаказ работы, связанные с выводом из эксплуатации оборудования и систем стенда 27/ВМ.

8. Необходимо решить вопрос о финансировании через Госзаказы научно-исследовательских работ института, проводимых при создании испытательного комплекса зд. 224 (ИК) и стенда ИР-34.

9. Задерживается решение Министерства по утверждению норматива рентабельности для института. В настоящее время расчетный (рассчитанный в

институте) норматив рентабельности практически удвоит стоимость научно-технической продукции.

Это объясняется следующими обстоятельствами:

- исторически сложилось, что большое количество объектов социально-культурного назначения города находятся на балансе института (50% жилищного хозяйства, 22 ДДУ, ЦТС, стадион, Дворец спорта с плавательным бассейном, пионерлагерь, дом политпросвещения и др.);
- значительные основные производственные фонды, в которые входят дорогостоящие 3 исследовательских реактора, 17 критстендов, 4 ускорителя, циклотрон, 73 исследовательских стенда и делящиеся материалы для них.

В связи с этим предлагается:

- освободить институт от оплаты за ядерные энергетические установки, экспериментальные стенды и делящиеся материалы, числящиеся в составе основных фондов (наши предложения направлены в адрес 16 ГУ от 26.04.88 № 590 дсп);
- освободить от начисления амортизации по данной группе установок и стендов;
- централизованное финансирование ЖКХ, ДДУ института за счет централизованного фонда Министерства;
- установление институту минимального размера отчислений в централизованный фонд Министерства;
- решить вопрос о перераспределении объектов соцкультбыта общегородского назначения между предприятиями г. Обнинска.

10. В связи с отсутствием персональных компьютеров в институте тормозятся многие работы, в том числе центра ядерных данных, по САПР, не могут начаться работы по тренажерам реакторов БН, на низком уровне автоматизации расчеты по приоритетной тематике и др.

Институт может решить многие проблемы, имея валюту 5-й категории по Комплексной программе научно-технического прогресса (КПНТП) стран-членов СЭВ в сумме 5 млн рублей в 1988 году. В решении этого вопроса институту необходима помощь Министерства.

Для успешного решения стоящих перед институтом задач необходимо техническое перевооружение и дальнейшее развитие вычислительной базы института, удовлетворение заявок на приобретение вычислительных машин и периферийного оборудования, в частности, таких ЭВМ, как ЕС-1066 — 3 шт., «Эльбрус-Б» — 2 шт.

11. Для успешного выполнения программы обновления экспериментальной базы института, в том числе утвержденной Министром программы технического перевооружения опытного производства на XII пятилетку, необходимо принять радикальные меры по удовлетворению заявок института на приобретение станочного оборудования (~ 140 единиц).

12. Существует ряд проблем, требующих решений по фонду заработной платы:

– в связи с возрастанием объемов работ по теме ...³⁾ необходим дополнительный фонд в размере 600 тыс. рублей (в III и IV кв. 1988 г. по 300 тыс. рублей);

– в связи со значительным сокращением численности на реакторных установках и спец. стендах, работающих традиционно в непрерывном режиме, не решен вопрос об оплате вечерней и ночной смены, для чего требуется дополнительный фонд в размере 300 тыс. рублей;

– не решены вопросы, связанные с упорядочением заработной платы работников непромышленной группы (ЖКУ, энергохозяйство, цех теплоснабжения).

13. В связи со спецификой работы института необходимо установить норматив оборотных средств по малоценным и быстро изнашиваемым предметам на уровне фактически сложившихся запасов, увеличив утвержденный норматив (в 1988 г.) на сумму 1200 тыс. рублей и сохранить этот уровень и на 1989 г.

14. Для решения задач, поставленных перед институтом приказом № 0189 Министра от 04.08.86, необходимо добиться его выполнения от Обнинского Управления строительства, в частности, по созданию отдельного СМУ и специализированных монтажных участков на промплощадке института.

Для ускорения сроков проектирования объектов, создаваемых в соответствии с Постановлениями ЦК КПСС и СМ СССР, считаем целесообразным создание бюро комплексного проектирования от предприятия п/я А-1158 на базе ФЭИ.

15. Одной из острых проблем для института является комплектование приоритетных направлений исследований специалистами из ведущих вузов страны. Проторившее себе дорогу и в институте, и в управлении кадров пополнение специалистами из Обнинского ИАТЭ является явно недостаточным. Не снимая ответственности с института, управлению кадров Министерства необходимо оказать помощь в комплектовании института кадрами физиков-теоретиков, математиков, электронщиков и программистов, специалистов по физике лазеров и лазерной технологии из МГУ им. М.В. Ломоносова, МВТУ им. Баумана, МЭИ, МИФИ, ЛПИ. Обоснование потребности в кадрах на XII пятилетку направлено в Главное управление.

Директор института

М. Ф. Троянов

Примечания

- ¹⁾ Заголовок документа. Указание не выявлено.
- ²⁾ Номера и даты приказов не приводятся.
- ³⁾ Так в документе.
- ⁴⁾ Название изделия не приводится.
- ⁵⁾ *Направление* — ниже в графе таблицы указаны условные наименования направлений НИОКР ФЭИ по тематическому плану Министерства: направление 05 — ЯЭУ гражданского назначения; направление 06 — ЯЭУ корабельные; направление 07 — ЯЭУ космические; направление 24 — лазеры с ядерной накачкой.
- ⁶⁾ Так в документе, вероятно опечатка.

**Доклад М. Ф. Троянова на встречу-дискуссию
Королевского Общества «Быстрые реакторы-размножители»
«Сегодняшний день быстрых реакторов
в Советском Союзе»**

Лондон, Великобритания, 24–25 мая 1989 г.

АННОТАЦИЯ. В условиях замедления развития атомной энергетики в Советском Союзе начало периода массового ввода быстрых реакторов отодвигается. Вместе с тем накопленный опыт не только НИОКР, но и реальный опыт эксплуатации энергетических и исследовательских быстрых реакторов позволяет готовить и реализовать следующие шаги в освоении быстрых реакторов с натриевым охлаждением. В докладе дается краткий анализ текущего состояния дел и перспективы дальнейших работ по быстрым реакторам.

1. Ядерная энергетика и быстрые реакторы

Ядерная энергетика Советского Союза переживает сегодня сложное время. Чернобыльская авария возбудила широкое общественное неприятие АЭС, недоверие к аргументам о безопасности. В прессу, телевидение и радио хлынул поток эмоциональных псевдонаучных рассуждений и обоснований, питающих недоверие к специалистам и ученым.

Нельзя не признать и того, что стремление в предыдущие годы к форсированному развитию ядерной энергетики сопровождалось подчас неполным учетом всех факторов при выборе площадок. Ужесточение норм размещения АЭС привело к отказу от ряда площадок. Многие оппоненты ядерной энергетики считают, что за счет более интенсивного энергосбережения можно медленнее развивать не только ядерную, но и всю энергетику. Эти и другие факторы действуют объективно против ядерной энергетики.

Есть и другие факторы, которые объективно требуют развития ядерной энергетики, они достаточно серьезны и не утратили своего значения.

Прогнозные оценки структуры добычи топлива и производства первичной энергии показывают, что с учетом существенного снижения за 20 лет (в два раза) энергоемкости национального дохода, к 2010 году доля ядерной энергии в потреблении первичных энергоресурсов все равно должна вырасти с 4% до 16%. Доли нефти и газа в балансе должны сокращаться (в сумме примерно до 65%); угля — немного увеличиться (с 21% до 24%). По-видимому, недостаточное, по сравнению с ожидаемым, снижение энергоемкости будет требовать повышения доли АЭС в энергетике страны.

Замедление развития АЭС сегодня может создать трудности в будущем.

На начало 1989 года в СССР установленная мощность АЭС составила 34,7 млн кВт. Выработка электроэнергии ими за 1988 г. была 215 млрд кВт часов или 12,7% от полного производства.

Пока колеблется прогноз установленной мощности на 2000 год. Министр атомной энергетики называет 110–120 млн кВт как реально возможные и необходимые для требуемого уровня производства электроэнергии. Его оценка учитывает замену мощностей, модернизацию старых тепловых станций, ресурсосбережение и др.

Вместе с тем существуют и очень консервативные мнения о том, что мощность АЭС к 2000 году может составить значительно меньший размер — в диапазоне 55–80 млн кВт.

Однако и самая высокая оценка существенно отличается от тех прогнозов, которые делались в начале 80-х годов. Тогда назывались на 2000 год мощности 200 млн кВт и даже более.

Эта изменившаяся ситуация означает, что отодвигается то время, когда станет необходимой экономия уранового сырья и когда потребуется развертывание широкого строительства быстрых реакторов.

С другой стороны, это означает, что до развертывания массового строительства быстрых реакторов имеется время для критического анализа имеющегося опыта и тщательного выбора новых решений, выполнения дополнительных программ НИОКР. Хотя, с точки зрения энтузиастов быстрых реакторов, наиболее эффективным методом усовершенствования является последовательное создание реальных, а не «бумажных» энергоблоков и практический опыт, даже не в массовом строительстве.

2. Реакторы БН-350 и БН-600

Реактор БН-350 находится в эксплуатации уже почти 16 лет. Длительное время он служил весьма существенным энергоисточником региона. В настоящее время в связи с развитием энергетики на полуострове Мангышлак значение реактора как энергоисточника снизилось, и теперь большую роль играют опытные работы и исследования, проводимые на реакторе.

Основные рабочие характеристики БН-350:

Тепловая мощность, МВт	750
Температура натрия, °С:	
I контур: вход	280
выход	430
II контур: вход	256
выход	415
Температура пара, °С	410
Давление пара, атм	45

Последние годы реактор работал с высоким коэффициентом использования близким к 90% в режиме выработки пара.

Первоначально принятый ресурс работы многих видов основного оборудования значительно превышен. В настоящее время стоит задача определения остаточного ресурса основного оборудования и реактора в целом. Учитывается,

что реактор начал проектироваться в 1960 году, по общепромышленным нормам и старым правилам ядерной безопасности.

Новые, весьма жесткие, нормы безопасности требуют проведения серьезных мероприятий и работ. Часть их уже сделана или делается. Полный анализ возможностей соответствия современным нормативам в настоящее время проводится, и на его основе будет приниматься решение о перспективах дальнейшей работы.

В настоящее время заканчивается 44-я микрокампания активной зоны, длительность каждой 100 суток. Максимальное выгорание в основной загрузке составляет 9% т.а. без нарушений герметичности топливных элементов. Запланирован переход на сборки с шестигранным чехлом из ферритно-мартенситной стали (13% хрома) для достижения максимальных выгораний до 12% т.а. В реакторе БН-350 уже успешно испытывались топливные сборки с чехлами из такой стали и две сборки (254 топливных элемента) с оболочками топливных элементов из этой же стали. Продолжаются испытания сборок со смешанным уран-плутониевым топливом, изготовленным по разным технологиям.

В парогенераторной части БН-350 встретились неполадки. В январе этого года в двух парогенераторах чехословацкого производства, отработавших 46000 и 63000 часов, возникли течи воды в натрий. Эти петли были отключены и сдренированы. Реактор продолжает работать на 4-х петлях на мощности 520 МВт. Пока можно лишь констатировать, что происхождение дефектов коррозионное, однако все взаимосвязи и исходные причины еще не изучены и полная картина возникновения дефектов не восстановлена.

Реактор БН-600 эксплуатируется уже 9 лет. Это энергоблок, работающий в режиме выработки электроэнергии. На 1 января 1989 г. этот энергоблок выработал 29,95 млрд кВт/час электроэнергии, а за 1988 год — 4,04 млрд кВт часов (к.и.у.м. — 76,5%).

Основные характеристики реактора БН-600:

Мощность, МВт:	
тепловая.....	1470
электрическая	600
Температура натрия, °С:	
I контур: вход	355
выход	550
II контур: вход	320
выход	520
Параметры пара:	
температура, °С	505
давление, атм	140

За все время работы до 01.01.89 коэффициент использования установленной мощности составил 66,5%, за 1988 год, как отмечено выше, 76,5%. Средний КПД в 1988 году равнялся 41,6%.

В феврале 1989 года закончилась 21-я микрокампания активной зоны (длительность — 165 эффективных суток). Модернизированная активная зона,

применяемая в настоящее время, показала хорошую работоспособность. При использовании холоднодеформированных аустенитных оболочек топливных элементов и чехлов сборок максимальное выгорание составило 8,3% т.а. (67250 МВт·сут/т) без разгерметизации элементов.

Следующим этапом будет переход на ферритно-мартенситную сталь для чехлов с постепенным освоением выгораний 10% и 12% т.а.

Опытные сборки с такими материалами чехлов и улучшенными аустенитными оболочками испытаны в БН-600 до выгораний 11% т.а. (90 сна).

В составе активной зоны проходят также испытания смешанного уран-плутониевого топлива с виброуплотненными сердечниками топливных элементов.

В период плановой летней остановки в 1988 году проводился ремонт оборудования машинного зала, ревизия и техническое обслуживание других систем и оборудования.

Во время этой остановки были сделаны вырезки трубок испарителей для определения ресурса. Коррозионные повреждения питтингового характера обнаруживались, однако глубина их, в основном, была менее 0,3 мм. Обследование трубок позволило продлить первоначально принятый ресурс испарителей с 50 тыс. часов до 75 тыс. часов. Намечена дальнейшая программа вырезки и обследования трубок с целью установления границ допустимого ресурса.

При остановке в феврале 1989 г. проведена очередная плановая промывка одной петли. Обычно одна из петель промывается при плановой остановке. По полученному опыту работы интервал работы петли между промывками установлен равным 14000 часов. Всего за время эксплуатации проведено 10 отмывок парогенераторов. Технология включает в себя два этапа: удаление отложений меди, а затем — растворение и удаление окислов железа. Промывка проводится без дренирования натрия из второго контура.

На реакторе постоянно сохраняется хорошая радиационная обстановка. Средняя индивидуальная годовая доза облучения персонала в 1988 г. была на уровне 0,2 бэр. Радиоактивные выбросы в трубу ежесуточно не превышали 1,5 кюри. Чаще это были доли кюри в сутки.

В настоящее время для реактора БН-600 проводится анализ сейсмической устойчивости, а также проектируются системы дополнительного аварийного теплосъема с помощью воздушных теплообменников.

Реактор БН-600 входит в список установок, предлагаемых Международному Агентству по атомной энергии для применения Гарантий. МАГАТЭ информировало СССР о своем намерении поставить БН-600 под Гарантии МАГАТЭ. Проведена серия предварительных переговоров с МАГАТЭ по различным аспектам применения Гарантий на этой установке, включая обсуждение так называемого «Приложения по Установке», как части «Дополнительных Положений» к Соглашению СССР и Агентства. Для обеспечения методической основы гарантий на быстрых реакторах-размножителях СССР ведет ряд работ в рамках Программы поддержки СССР Гарантий МАГАТЭ.

Стоит отметить, что исследовательский реактор БОР-60 также находится в списке предложенных под Гарантии МАГАТЭ установок и используется в учебно-тренировочных целях для персонала инспектората Агентства (на регулярной основе проводятся курсы повышенного типа для инспекторов МАГАТЭ, ведется отработка применения методов неразрушающего контроля топлива в гарантийных целях).

3. Исследовательские работы в лабораториях и на опытных реакторах

3.1. Физика быстрых реакторов

Основные процессы взаимодействия нейтронов с материалами быстрых реакторов в настоящее время описываются достаточно хорошо. Менее надежным является знание ядерных констант для гипотетических аварийных ситуаций, для расчета накопления некоторых изотопов. Требуется дальнейшая работа по взаимосогласованию файлов оцененных данных и групповых констант разного уровня детализации.

Точность расчета быстрых реакторов необходимо повышать за счет более широкого применения не диффузионных методов анализа в двумерной и трехмерной геометриях для описания и статистики, и динамики.

Критические сборки продолжают давать поводы для уточнения отдельных эффектов и констант. Так, программа изучения поглощения нейтронов никелем и хромом показала, что принимавшееся поглощение нейтронов этими материалами преувеличено. Подобная ситуация была отмечена и при изучении поглощения стабильными продуктами деления.

В плане метрологии физических измерений на критсборках было выполнено сравнение методик измерения эффектов реактивности в условиях сильного влияния пространственных эффектов (совместно со специалистами Аргонской национальной лаборатории и Кадарашского центра), а также сравнительные измерения скоростей реакций на сборке «Мазурка». Предусматривается совместная программа определения $\beta_{\text{эф}}$ на сборке БФС со специалистами Франции и ГДР.

На большом стенде БФС продолжалось изучение большой гетерогенной активной зоны. В ближайшее время наибольшее внимание будет уделяться изучению вопросов безопасности. Некоторое время займет исследование моделей с металлическим топливом.

3.2. Теплогидравлика

Многолетние экспериментальные и теоретические исследования теплообмена в правильных и деформированных пучках стержней позволили создать эффективные методы и коды теплогидравлического расчета топливныхборок, а на его основе и термомеханического расчета радиационно-деформированной топливной сборки. В 1988 г. были выпущены «Методические указания и рекомендации по теплогидравлическому расчету активных зон быстрых реакторов».

Развиты также методы детального расчета теплогидравлических характеристик теплообменного оборудования. Ведутся исследования течения теплоносителя в коллекторах.

Решение подобных задач требуется и для нестационарных режимов. В настоящее время развиваются работы по исследованию нестационарных, переходных процессов в реакторах, в частности, при аварийных остановках с возможностью вскипания натрия. Предполагается начать исследования процессов вскипания натрия в топливных сборках. В этих процессах может оказаться существенной роль дистационирующей проволоки в качестве центров интенсивного парообразования. Такие центры могут снижать предварительный перегрев натрия. Такая работа ставит серьезные экспериментальные и расчетные трудности.

3.3. Технология натрия

Принципиальные для эксплуатации вопросы технологии натрия разрешены. Созданы и успешно работают система контроля примесей в натрии, приборы контроля протечек парогенераторов; это же относится к системам очистки от примесей. Отмывка оборудования от остатков натрия и дезактивация оборудования первого контура освоены практически на всех натриевых реакторах.

В технологии неизотермических натриевых контуров большого объема следует обратить внимание на изучение возможностей накопления примесей в застойных зонах, холодных участках, газовых объемах над уровнем натрия и на последующее поведение этих примесей.

Кинетику примесей следует изучать и при более высоких, чем рабочие, температурах — для анализа аварийных условий.

Оперативный безотборный контроль примесей, безусловно, должен развиваться и совершенствоваться. Меры предотвращения утечек натрия в атмосферу и возникновение пожаров — это задача, которая будет требовать дальнейшей изобретательности конструкторов и технологов.

Проблемы снятия АЭС с эксплуатации применительно к быстрым реакторам ставят специфическую для них задачу утилизации натрия первого контура либо его надежного хранения. Эта задача входит и в наши планы.

3.4. Работы на реакторах БР-10 и БОР-60

В январе 1989 года исполнилось 30 лет реактору БР-10. Дважды проводилась модернизация этого реактора. Второй раз — с заменой корпуса и элементов первого контура. Реактор является хорошим инструментом для внутриреакторных исследований материалов под контролируемой нагрузкой. Традиционной программой является изучения переноса радиоактивных загрязнений. Много лет на реакторе работают биологи Института медицинской радиологии. Последнее время на пучке быстрых нейтронов проводится терапия онкологических больных. Более 130 больных прошли эффективный курс лечения нейтронным облучением.

Реактор работает на нитридном топливе с 1983 года. Запланированное выгорание (8% т.а.) превышено и составляет 8,3% т.а.

В последнее время исследовались процессы выхода осколков деления из различного топлива с искусственными дефектами и миграция осколков по контуру.

Всего было исследовано 12 экспериментальных сборок с такими дефектными топливными элементами из смешанного уран-плутониевого оксидного и карбидного топлив, нитрида урана, металлического урана. Делались разные виды дефектов (отверстия, щели) в различных частях топливного элемента. Изучение динамики выхода активности предшественников запаздывающих нейтронов, газовых и твердых продуктов деления дает возможность развивать модели распространения активности по контуру и контроля этого процесса.

С 1988 г. работает специальная экспериментальная петля первого контура с детектором трития и устройствами для изучения поведения продуктов коррозии.

Реактор БР-10 используется для облучения материалов, проверки приборов, для активационного анализа.

Реактор БОР-60 является базой, главным образом, исследований по радиационному материаловедению. Обычным является такой порядок, когда первая проверка новых материалов проводится на этом реакторе, и лишь после этого они допускаются к испытаниям в БН-350 или БН-600.

Массовые испытания в БОР-60 прошли топливные элементы со смешанным виброуплотненным уран-плутониевым топливом. Такое топливо наряду с таблеточным далее будет испытываться в реакторе БН-600.

Большой объем испытаний проведен по конструкционным материалам активной зоны, в частности по ферритным сталям с низким распуханием.

На этом реакторе прошли отработку и испытание фильтры (ловушки) для очистки натрия от цезия графитовым сорбентом. Была подобрана марка графита, размер гранул, определены условия процесса очистки. Разработаны и использованы устройства для очистки натрия от цезия на реакторах БН-350 и БН-600.

Реактор БОР-60 проработал уже почти 20 лет. Сейчас ведется проработка предложений по его реконструкции.

4. Разработка реакторов БН-800 и БН-1600

Конструкция реактора БН-800 базируется на многих решениях, принятых для БН-600. Подход и к преемственности, и к изменениям описывался в докладах на различных конференциях.

Кратко этот подход и его результаты сводятся к следующему.

В корпусе того же размера, что и для БН-600, удастся отвести тепловую мощность не 1470 МВт, а 2100 МВт. Конструкция корпуса несколько усовершенствована. Внутрикорпусная защита облегчена с учетом результатов изучения и работы БН-600. Активная зона увеличена по сравнению с БН-600 (516 сборок вместо 369).

Аварийное охлаждение при потере энергоснабжения и воды обеспечиваются воздушными теплообменниками. Такое решение предусматривается реализовать и для БН-600 при его реконструкции.

В схеме отвода тепла отсутствует промежуточный перегрев пара горячим натрием. Вторичный перегрев осуществляется в сепараторе-перегревателе паром, частично отработавшем в турбине.

Каждая секция парогенератора состоит из двух модулей – испарителя и перегревателя, причем для перегревателя применяется перлитная сталь – такая же, как для испарителя. Чтобы обеспечить работоспособность парогенератора с перлитной сталью, температура натрия второго контура несколько снижена по сравнению с БН-600 (550 и 520 °С, соответственно). Температура пара также несколько ниже (490 °С вместо 505 °С).

В БН-800 используется одна турбина.

Рабочие чертежи реактора БН-800 находятся на заводе «Атоммаш».

На площадках Белоярской и Южноуральской станций начаты строительные работы. Пока эти работы ведутся в небольшом объеме.

Реактор БН-1600 рассматривается как прототип будущего серийного реактора. В 1988 г. были подведены итоги его разработки и принято решение углубить проектирование в сторону, главным образом, поисков дополнительных решений по повышению безопасности и улучшению экономических показателей. В число поставленных вопросов для дальнейшей проработки входят, например, такие:

- полное исключение вывода радиоактивного натрия первого контура за пределы корпуса реактора;
- использование специальных встроенных теплообменников для аварийного выноса тепла непосредственно из реакторного бака и передачи тепла воздуху;
- использование дополнительных независимых органов аварийной остановки реактора на пассивных принципах;
- сведение к минимуму положительной составляющей пустотного натриевого эффекта реактивности;
- обеспечение надежной естественной циркуляции при расхолаживании;
- повышение выгорания в активной зоне до 12–15% т.а.;
- возможность использования обычной и гетерогенной активной зоны;
- удешевление внутрикорпусной защиты;
- использование корпусных парогенераторов;
- тщательная и экономичная компоновка реактора и всех контуров, сокращение объемов затрат строительных и конструкционных материалов.

Отправной точкой при этих рассмотрениях будет уже имеющийся проект. Таким образом, по БН-1600 будет идти дальнейшая проектно-конструкторская работа.

У части специалистов вызывает интерес проработка концепции модульных быстрых реакторов по типу SAFR и PRISM с примеркой такого рода проектов

на конкретные условия нашей страны. Такие проработки предусматривается также проводить для выявления перспективности модульной конструкции.

5. Резюме

Научный и технический опыт развития быстрых реакторов с натриевым охлаждением следует оценить на сегодня как успешный. Доказана возможность таких реакторов работать надежно и безопасно. Продемонстрирована работоспособность оборудования, систем управления и контроля. Имеется персонал для грамотной и отлаженной эксплуатации быстрых реакторов.

Необходимо искать и находить пути удешевления быстрых реакторов и по капитальным затратам, и по стоимости электроэнергии.

Необходимо также развивать принципы внутренней безопасности и самозащищенности от аварий, заложенные в основе физики быстрых реакторов, и обеспечить безопасность высокого уровня.

Наилучшим путем решения всех этих проблем является поступательное развитие — через опыт и практику.¹⁾

Архив АО «ГНЦ РФ – ФЭИ». Ф. 1, оп. 1-НТ, д. 9675. Подлинник.

Примечание

¹⁾ Далее в докладе следует список литературы, который не приводится.

**Письмо директора Физико-энергетического института
М. Ф. Троянова первому заместителю Министра среднего
машиностроения СССР Б. В. Никипелову
об экономике АЭС**

11 июля 1989 г.

В целях упрочения позиции ядерной энергетики в топливно-энергетическом комплексе нашей страны и в интересах успешного перспективного развития ядерно-энергетической отрасли требуется уточнение и убедительное обоснование технико-экономических показателей АЭС.

Это сделает более представительными и объективными результаты технико-экономического анализа замещения обычных электростанций атомными, а также результаты сравнения между собой АЭС с различными реакторами и топливными циклами.

В настоящее время серьёзно мешает успешному решению этой задачи закрытость исходной экономической информации, хотя в наших интересах, чтобы эти данные и результаты расчётов на их основе могли быть доведены до наиболее широкого круга специалистов-энергетиков. В особенности это относится к ядерному топливному циклу, в котором как раз и заключены основные отличия АЭС от традиционных тепловых электростанций.

Здесь в основном вся информация, касающаяся экономики, является секретной и сов[е]ршенно секретной (стоимость уранового топлива, стоимость обогащения, стоимость изготовления ТВС, радиохимическая переработка ОТВС, удаление и захоронение радиоактивных отходов, стоимость уранового регенерата, стоимость плутония, стоимость хранения ОТВС).

Несовершенной является и методическая часть расчётов технико-экономических показателей АЭС. В стоимость электроэнергии, вырабатываемой АЭС, не включаются затраты послереакторной части топливного цикла, хотя они реально существуют и необходимы в первую очередь для того, чтобы обезопасить окружающую среду от воздействия высокорadioактивных материалов, выгружаемых из реакторов. Отсутствуют экономические оценки стоимости регенерата урана и накапливаемого плутония, хотя за рубежом оба этих топливных материала активно вовлекаются в ядерную энергетику на экономической основе.

В настоящее время в связи с предстоящим переводом реактора БН-600 на смешанное уран-плутониевое топливо, а также в связи с осуществляемой химической переработкой активной зоны этого реактора вопросы экономических расчётов приобретают практическую значимость, особенно остро чувствуется недостаток экономической информации и слабость методической части экономических расчетов.

Считаем, что давно назрела необходимость сделать экономическую информацию по вопросам топливного цикла АЭС более открытой (на уровне не выше «секретно»). Сюда относятся процессы: изготовления ТВС, хранения ОТВС и их радиохимической переработки, удаления, обработки и захоронения радиоактивных отходов, добычи урановой руды, обогащения урана и его стоимости, стоимости урана-235 и плутония.

Должна быть исследована и дана зависимость стоимости процессов топливного цикла от вида топлива и размеров соответствующего предприятия.

Необходимо решить методические вопросы:

- об определении цен на регенерат урана и на плутоний с учётом их специфики;

- о расчете топливной составляющей стоимости электроэнергии АЭС с учётом переработки ОТВС и возвратной стоимости урана и плутония.

По всем затронутым здесь вопросам за рубежом имеется открытая информация. Она, как правило, не претендует на особые подробности, но очень полезна для понимания общей экономической ситуации в ядерной энергетике, позволяет ориентироваться в распределении затрат и их оценочных размерах, анализировать существующие тенденции и пути решения проблем снижения стоимости ЯЭУ. Публикуемая информация обычно основывается на имеющемся опыте работы существующих или проектирования новых установок соответствующего профиля. В тех случаях, когда точная информация отсутствует, даётся диапазон возможных значений величин с указанием причин их неопределённости.

В приложении к письму приведён ряд последних зарубежных экономических данных по топливному циклу АЭС.

Исходя из того, что демонстрация экономической конкурентоспособности АЭС по отношению к альтернативным энергоисточникам, наряду с доказательством достаточной безопасности ядерной энергетике, являются необходимым условием дальнейшего развития этого направления энергетики, предлагаем:

1. Сделать более доступными следующие экономические данные по топливному циклу АЭС, переведя их в разряд сведений «для служебного пользования»:

- стоимость природного урана;
- стоимость единицы работы разделения;
- стоимость изготовления ТВС с урановым топливом (тепловых и быстрых реакторов);
- стоимость изготовления ТВС с уран-плутониевым топливом (тепловых и быстрых реакторов);
- стоимость изготовления ТВС радиальной зоны воспроизводства быстрых реакторов;
- стоимость транспортировки ОТВС;
- стоимость радиохимической переработки ОТВС тепловых и быстрых реакторов;

- стоимость обработки и захоронения радиоактивных отходов;
- стоимость энергетического (в/ф) плутония;
- стоимость регенерата урана с различным остаточным содержанием урана-235 и др. изотопов урана.

Здесь желательно иметь не только текущие стоимости процессов для действующих установок, но и оценочные величины для более совершенных их вариантов, проектируемых на основе имеющегося опыта, с учетом технического прогресса и масштабов производства.

2. Считать «секретно» экономическую информацию, если в ней раскрываются оригинальные детали или идеи технологических процессов топливного цикла АЭС или прослеживается связь с применениями иными, чем ядерная энергетика.

3. Поручить ВНИПИЭТ разработать и разослать в заинтересованные организации для замечаний и предложений методику расчёта топливной составляющей стоимости электроэнергии АЭС с учётом затрат послереакторной части топливного цикла и возвратных цен урана и плутония.

4. Считать, что выпущенный ВНИПИЭТ отчет инв. № А-34649 (исх. № 1/793 от 24.05.89) является только первым шагом в этом направлении. Не менее актуальна также задача разработки рекомендаций по взаимным расчётам с Белоярской АЭС, по её третьему блоку (БН-600), в том числе в связи с переводом его на смешанное топливо.

Руководитель предприятия

М. Ф. Троянов

Архив АО «ГНЦ РФ – ФЭИ». Ф. 1, оп. 72-1с, д. 3288. Копия.

Выступление [М. Ф. Троянова] на заседании коллегии [Министерства] 15.03.1990¹⁾²⁾

1990 год

Трудное положение крупных институтов нашей отрасли, в которое они попали сегодня в связи с отрицанием атомной энергетики, проблемами хозрасчета и конверсий, заслуживает специального, не поспешного анализа. Сегодня, при столь широком составе, такой анализ вряд ли возможен. Но отдельные моменты, касающиеся одного из крупнейших институтов — ФЭИ, не отметить не могу.

1. Опыт хозрасчета, плюсы и минусы. Начну с плюсов. Безусловно, жесткие требования обеспечить работой коллектив (института, отделения, отдела, лаборатории) пробуждают энергию и инициативу руководителей и ведущих сотрудников. Вместе с тем, реализуется самый простой выход: продавать старые работы, не браться за тяжелые и долголетние исследования. Если два года назад горячие лаборатории задыхались от чрезмерной загрузки, то сейчас они оказались не загруженными. Идет «проедание» накопленного научного багажа. Идет, кроме того, разобщение институтов.

Обеспечивая с большим трудом объем работ для оплаты труда, руководитель не может вести обновление оборудования, развитие новых методик исследований.

Ведение поисковых и фундаментальных работ стало во многих случаях просто невыносимым делом.

То, что всегда отличало науку нашей отрасли — высокий уровень фундаментальных и поисковых работ — может уйти в прошлое безвозвратно. И здесь не обойтись решением поддерживать высокий уровень таких работ в избранных одном-двух НИИ. Такие работы по физике, математике, технологиям, материалам должны быть во всех крупных институтах, иначе уровень прикладных исследований будет неудержимо падать.

Система финансирования фундаментальных работ через так называемые головные организации, возможно, наименее хлопотная для министерства, позволяет этим организациям обеспечивать себя, но отнюдь не все объективные надобности и истинные перспективы³⁾. Надо давать средства, и не такие жалкие, как сейчас, на поисковые работы без посредников-головников.

Размеры бедствия, к которым отрасль может прийти в сегодняшней ситуации, когда именно на поисковых работах стоят тормоза, просто трудно себе представить.

Отрабатывая маневр по конверсии по типу «все вдруг», мы и здесь очень небрежно относимся к накопленному заделу, новым идеям и предложениям. И по 6-му, и по 7-му, и по 24-му направлениям⁴⁾ происходит размывание того, что достигнуто, подорваны начавшиеся работы по развитию экспериментальной

базы. Не шарахаемся ли мы в крайность? Еще год-два такого положения, мы и в оборонных направлениях растеряем заделы, растеряем умных, инициативных людей. Как это все потом собирать? Хочется надеяться, что Постановление 92-14 от 25.01.90 г.⁵⁾ что-то расставит по местам. Но есть ли реальная перспектива финансовой поддержки поисковых работ — вот в этом, на основании имеющегося опыта, нет никакой уверенности.

2. О новых направлениях. Ориентация отрасли на развитие новых направлений работ: электроники и ВОТС, машиностроения воспринимается нами и как задача института. Мы включаемся во все эти направления. Потенциал института, набранный при разработке реакторов разного типа в таких областях как ядерная физика, аналитическая химия, технология материалов, теплофизика и гидродинамика, приборы и системы контроля, АСНИ и АСИ, позволяет нам активно включиться во все новые направления отрасли.

Хотелось бы отметить, что ФЭИ выступил инициатором, а многие НИИ и КБ 16[-го] ГНТУ (ИАЭ, НИКИЭТ, ОКБМ, НИИАР, НИТИ) поддержали идею разработки в рамках отраслевой программы ВОТС новой АСУ ТП для АЭС. Такая новая разработка совместными усилиями НИИ и КБ 16[-го] ГНТУ, с учетом и использованием опыта 5[-го] и 6[-го] Главков, позволит в максимальной степени использовать имеющиеся наработки, опыт разработки всех ЯЭУ и АЭС и, с другой стороны, позволит со временем организовать производство этих систем в отрасли и отказаться от услуг других ведомств.

Нам представляется необходимым имеющиеся программы развития новых направлений дополнить программой развития наукоемкого приборостроения (в том числе, научного и аналитического) с использованием выпускаемых отраслью ПЭВМ. ФЭИ готов активно участвовать в создании такой программы.

В организации новых направлений пока не хватает стабильности. Это значительно затрудняет планирование и организацию работ.

3. О работах по атомной энергетике. В том плачевном положении, в каком мы все оказались с атомной энергетикой, казалось бы, необходимо максимально привлечь силы отрасли к насущным задачам, в том числе к реакторам ВВЭР. Наш институт, имеющий комплексный опыт в разработке реакторов разных типов, может подключиться (и достаточно комплексно) к проблемам разработки альтернативных активных зон, систем контроля и диагностики, к исследованиям по безопасности. Мы могли бы переключать сюда часть наших коллективов физиков, математиков, технологов, теплофизиков, занимающихся шестым направлением.

Что мешает?

По-моему, прежде всего, мешает желание монополий (ИАЭ, ВНИИНМ) оставаться монополиями. Во вторую очередь мешает⁶⁾ нежелание давать средства для этих работ у нас. Может быть не тот порядок причин? Готов признать и обратные приоритеты. Изменилась бы суть подхода на обратную.

В связи с АЭ нельзя не сказать, что вся наша отрасль попадает в труднейшее положение с экспериментальными реакторами, в том числе и ФЭИ.

Два действующих у нас реактора стареют. Реактор 1-й АЭС работает уже почти 36 лет. Скоро надо закрывать. Замена ему — АМ-2. Это — петлевые испытания твэл и ТВС ВВЭР и других реакторов, это испытания ЭГК, это — производство изотопов, это — нейтронно-захватная терапия.

Нужно решать вопрос о строительстве АМ-2.

Завязка этого вопроса в одну программу развития экспериментальных реакторов всего 16[-го] ГНТУ может привести такую программу к судьбе известной программы, бесславно утонувшей в Совмине.

Просьба, Виталий Федорович⁷⁾, решить вопросы по реактору АМ-2 персонально.

Последний вопрос по АЭ. Уже 40 лет отрасль ведет работы по быстрым реакторам. Главные участники известны (ФЭИ, ОКБМ, ВНИИНМ, НИИАР, ВНИПИЭТ, заводы ЭМЗ и Полиметаллов, МАЭК, БАЭС, ЛоАЭП и др.). Многие этапы этой работы сопровождалась эпитетом «впервые в мире». И мы действительно видели огромный интерес к этой крупной работе со стороны всех, кто этим занимается. Не потеряян этот интерес и сейчас.

Созданы хорошо работающие безопасные реакторы, освоена их техника и технология. Были, конечно, и ошибки, и просчеты. Один из них — это наше всеобщее увлечение высоким воспроизводством и достижением малого времени удвоения, но недостаточное внимание экономике. Сегодня мы ближе к правильному пониманию соотношения этих целей для перспективы и массового строительства. Последнее время под натиском временных трудностей развития АЭ из разных кабинетов и нашего старого МСМ, и старого МАЭ⁸⁾, и от отдельных начальников часто исходят слова: «А зачем нам этими реакторами заниматься, да они дороги, зачем строить БН-800 и т. п.».

К сожалению, даже из верхнего уровня руководства нашего Министерства исходят разные толкования, сеющее смуту и неуверенность у участников работы.

Ни одна из стран, развивающих атомную энергетику, не позволяет себе свернуть работы по быстрым реакторам, Западная Европа тратит на НИОКР по быстрым реакторам 100 млн долл. в год. Хотя строить серийные реакторы предусматривают после 2010 г. Слишком серьезная эта проблема, чтобы позволять разброд, шатанья и подмену дела сомнениями и качаниями. У нас это позволительно.

Нам нельзя не строить БН-800, потому что без них мы не освоим полный замкнутый цикл на основе плутония.

Нам нужно разрабатывать основательно и без спешки проекты блоков БН-1600 и БН-800М с поиском и внедрением новых проектных решений, снижающих стоимость блоков и доводящих безопасность до предельно возможного уровня.

Нам нужно создать, испытать и производить смешанное топливо, работающее до выгораний 15–25%, нужно разработать и испытать новые виды топлива.

Нам нужно освоить переработку смешанного топлива.

Нам нужно разработать технологию выжигания актиноидов — наиболее экологически опасных РАО.

Нам нужно подготовить техническую реализацию достижения высоких темпов воспроизводства. Все эти задачи могут быть выполнены реакторами типа БН.

А означает все сказанное, что в нашей отрасли следует возродить высокий приоритет работам по ректорам БН, а руководству Министерства дружно и согласованно поддерживать их и добрым словом, и рублем.

М. Ф. Троянов

Из личного собрания документов М.Ф. Троянова. Машинописная копия.

Примечания

¹⁾ Заголовок документа. Слова в квадратных скобках добавлены составителями.

²⁾ Текст выступления готовился к расширенному заседанию Коллегии Министерства атомной энергетики и промышленности СССР, которое было посвящено основным направлениям развития отрасли в рамках проработки 13-го пятилетнего плана развития народного хозяйства СССР, который не был реализован.

³⁾ Сверху над последними словами предложения вписано: «невписывающиеся в эти темы».

⁴⁾ *по 6-му, и по 7-му, и по 24-му направлениям* — условные наименования направлений НИОКР по тематическому плану Министерства: 6-е направление — корабельные ЯЭУ, 7-е направление — космические ЯЭУ, 24-е направление — лазеры с ядерной накачкой.

⁵⁾ Возможно, речь идет о постановлении Совета Министров СССР от 25 января 1990 г. № 77 «Об экономическом эксперименте в концерне «Бутэк». Концерн «Бутэк» — первый в Советском Союзе концерн, в который вошли предприятия, работавшие по принципу хозрасчёта. Целью эксперимента являлась отработка механизма перехода государственных предприятий к коллективной форме собственности и их функционированию в системе социалистических производственных отношений.

⁶⁾ После слова мешает зачеркнуто слово «отсутствие».

⁷⁾ *Коновалов Виталий Федорович* — министр атомной энергетики и промышленности СССР в 1989–1991 гг.

⁸⁾ *МСМ* — Министерство среднего машиностроения СССР, *МАЭ* — Министерство атомной энергетики СССР. В 1989 г. Министерство среднего машиностроения объединено с Министерством атомной энергетики и преобразовано в Министерство атомной энергетики и промышленности СССР (ликвидировано 26.12.1991 в связи с прекращением существования СССР).

**Письмо директора Физико-энергетического института
М. Ф. Троянова заместителю Генерального секретаря
ЦК КПСС В. А. Ивашко о направлении обращения
к Президенту СССР М. С. Горбачеву о необходимости
сохранения и поддержания работ по ядерной энергетике
для космических аппаратов**

12 декабря 1990 г.

Глубокоуважаемый Владимир Антонович!

В связи с обсуждением научно-исследовательских работ при Вашем посещении Физико-энергетического института в г. Обнинске, направляю Вам письмо к М. С. Горбачеву о необходимости сохранения и поддержания работ по ядерной энергетике для космических аппаратов.

Как Вы знаете из сообщений сотрудников института, это направление научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ имеет существенные отечественные достижения. Надвигающийся развал работ в этой области из-за резкого сокращения финансирования пагубно отразится на перспективах как оборонного, так и мирного народнохозяйственного применения ядерной энергетики в космосе.

В письме М. С. Горбачеву мы ограничиваемся только этой проблемой, чрезвычайно болезненной как для нашего института, так и для всей кооперации НИИ и КБ Минатомэнергопрома, много лет развивавшей эту область науки и техники.

Если Вы позволите в дальнейшем таким же образом затронуть другие, также важные, вопросы ядерной энергетики (АЭС с быстрыми реакторами, АЭС с реакторами малой мощности для удаленных районов страны), мы с большим желанием направим Вам такие обращения.

Директор института,
доктор технических наук, профессор

М. Ф. Троянов

Архив АО «ГНЦ РФ – ФЭИ». Ф. 1, оп. 72-1с, д. 3375. Копия.

**Обращение директора Физико-энергетического института
М. Ф. Троянова к Президенту СССР М. С. Горбачеву
о необходимости сохранения накопленного СССР
научно-технического потенциала в области
ядерной техники для космоса**

12 декабря 1990 г.

Глубокоуважаемый Михаил Сергеевич!

К вам обращается директор Физико-энергетического института (ФЭИ) Министерства атомной энергетики и промышленности (г. Обнинск, Калужской обл.).

1. Моё обращение к Вам вызвано серьезными опасениями, что наша страна может достаточно быстро потерять весь накопленный научно-технический потенциал в области ядерной техники для космоса. Эта та область науки и техники, в которой наша страна пока занимает самые передовые позиции.

Высокое качество наших работ и приоритет СССР в этой важной области науки и техники отмечали иностранные специалисты (США, Франция и др.) на международной юбилейной конференции «Ядерная энергетика в космосе» (май 1990 г., г. Обнинск), которая была посвящена 20-летию с момента создания и наземных энергетических испытаний первой в мире термоэмиссионной космической ядерной установки «Топаз»¹⁾. Две такие установки впервые в мире были запущены в космос в составе спутников Земли «Космос-1818» и «Космос-1867» соответственно 02.02.[19]87 г. и 10.07.[19]87, проработали там полгода и год, производя около 5 кВт электрической энергии для потребителей — спутников. Разработки такого типа ядерных энергетических установок, в том числе электрической мощностью десятки и сотни киловатт, выполнялись с начала 60-х годов в соответствии с постановлениями ЦК КПСС и СМ СССР и решениями Государственной комиссии Совета министров СССР по военно-промышленным вопросам.

За этот период в стране сложилась кооперация конструкторских и научных организаций, имеющая в своём составе коллективы высококвалифицированных специалистов в области космической ядерной техники и создавшая дорогостоящую экспериментально-производственную базу («НПО «Красная Звезда», ФЭИ, НПО «Луч», ИАЭ им. Курчатова МАЭП, НПО «Энергия» МОМ и др.). Подготовлены и действуют также необходимые устройства для снаряжения, проверки и запуска в космос ядерных установок на полигоне МО близ г. Ленинска.

В течение многих лет Физико-энергетический институт в составе этой кооперации выполнял функции научного руководства по разработке ряда ЯЭУ для космических аппаратов различного назначения.

В нашем институте за десятки лет создана уникальная, дорогостоящая база, обошедшаяся государству более чем в 100 млн рублей, имеющая в своем составе объекты, которые отсутствуют во всем остальном мире, включая США:

- стендовый корпус для полномасштабных ресурсных испытаний ЯЭУ;
- петлевые установки для ядерных испытаний электрогенерирующих элементов термоэмиссионного типа большой длины;
- стенды для нейтронно-физических исследований реакторов-преобразователей на быстрых нейтронах;
- крупная лабораторная база для исследования проблем использования жидких металлов в качестве теплоносителей для ЯЭУ различного назначения.

2. Названная выше кооперация предприятий была создана директивными решениями ЦК КПСС и СМ СССР.

Финансирование наукоёмких разработок ЯЭУ в интересах обороны страны в течение многих лет осуществлялось за счет средств бюджета, которые выделялись Министерству общего машиностроения и Министерству атомной энергетики и промышленности по оборонной тематике. Однако в последнее время в связи с общим уменьшением ассигнований на оборонные цели финансирование оборонных наукоёмких разработок сократилось в гораздо большей степени и, если не изменить ситуацию, может произойти необратимый процесс фактического развала высококвалифицированных коллективов со всей их уникальной экспериментально-производственной базой.

Понимая трудности с финансами в стране, мы вместе с тем просим Вас, многоуважаемый Михаил Сергеевич, принять необходимые меры по стабилизации обстановки с финансированием наукоёмких разработок ядерных энергетических установок в интересах обороны страны.

По нашему мнению, такое финансирование НИИ и НПО МАЭП (на уровне ~60 млн рублей в год) должно быть централизованным и не зависеть от отдельных конъюнктурных воззрений.

Ситуация с разработкой в стране ЯЭУ для космоса подробно обсуждалась 23.11.[19]90 г. на совместном заседании научно-технического совета Государственной комиссии по военно-промышленным вопросам СМ СССР и Секции прикладных проблем АН СССР. Была подтверждена перспективность применения ядерных энергетических установок для космических задач и необходимость соответствующего финансирования их разработок.

Наши коллеги-военные предполагают использовать ЯЭУ на своих космических комплексах после 2005 года. Но для того, чтобы иметь в 2005 году ядерные энергетические установки с подтвержденным ресурсом работы 5–7 лет, необходимо вести их активную разработку уже сейчас.

У нас не вызывает сомнений актуальность в ближайшем будущем таких задач, как: контроль из космоса за выполнением соглашений по сокращению

стратегических вооружений, слежение за дислокацией надводных кораблей в мировом океане, обнаружение и связь с подводными лодками, радиоподавление команд на стартовых комплексах потенциального противника и др.

Все эти задачи требуют наличия на космических аппаратах больших электрических мощностей, которые могут обеспечить только ядерные энергетические установки.

На повестку дня выдвигаются и такие гражданские проблемы, как: содействие диспетчерским службам на различных континентах в обеспечении безопасности возрастающих грузопотоков воздушным и морским транспортом, радиотелефонизация по всему земному шару, глобальное телевидение, производство материалов с улучшенными свойствами и т. п. Это также потребует мощных ядерных источников электроэнергии в космосе.

Коллективы, созданные в СССР для разработки космических ЯЭУ, могли бы достойно представлять нашу страну в международном разделении труда при решении задач коммерческого плана и освоения планет Солнечной системы, например, международной экспедиции на Марс.

Как показывает обсуждение с американскими специалистами, они весьма заинтересованы в нашем участии в соответствующих проектах.

К сожалению, этому мешает отсутствие соглашений на самом высоком уровне.

Гражданские и серьёзные научно-технические приложения ядерной энергии в космосе и могли бы стать направлениями конверсии для высокопрофессиональных и специализированных коллективов.

При всей Вашей занятости, глубокоуважаемый Михаил Сергеевич, мы вынуждены привлечь Ваше внимание к судьбе ряда коллективов Министерства атомной энергетики и промышленности, занимающихся наукоёмкими разработками ядерных энергетических установок для оборонных и народнохозяйственных объектов космического базирования и надеемся, что Вы изыщите возможность для решения поставленных вопросов.

Директор института,
доктор технических наук, профессор

М. Ф. Троянов

Архив АО «ГНЦ РФ – ФЭИ». Ф. 1, оп. 72-1с, д. 3375. Копия.

Примечание

«Топаз» — так в документе, правильно — ТОПАЗ, т. к. это сокращение от «Термо-эмиссионный Опытный Преобразователь в Активной Зоне».

**Обращение главы Администрации Калужской области
А. В. Дерягина к Президенту Российской Федерации
Б. Н. Ельцину, инициированное директором ФЭИ
М. Ф. Трояновым, о необходимости сохранения научного
потенциала института¹⁾**

23 марта 1992 г.

Глубокоуважаемый Борис Николаевич!

Хотелось бы обратить Ваше внимание на судьбу Физико-энергетического института, одной из ведущих научно-исследовательских организаций атомно-энергетического комплекса, и сделать конкретные предложения по использованию его научно-технического потенциала и опыта в реализации долгосрочной энергетической программы России. Мы обеспокоены невостребованными способностями и возможностями ученых и экспериментальной базы института, а также другими необратимыми процессами в этой области науки и техники, ведущими к невосполнимому урону в техническом развитии и экономике России.

В 1946 году для решения научно-технических проблем создания атомной энергетики на территории Калужской области в г. Обнинске (100 км от Москвы) был организован Физико-энергетический институт, ныне один из крупнейших в Министерстве РФ по атомной энергии. В 1951 году институту было поручено создание Первой в мире АЭС, а 27 июня 1954 года осуществлен ее успешный пуск. С этого времени начала реализовываться идея создания в г. Обнинске научного центра по комплексному изучению проблем использования ядерной энергии. Сравнительно быстро в городе была создана сеть научно-исследовательских институтов, учебных заведений, база стройиндустрии, инфраструктура.

После пуска Первой в мире АЭС Физико-энергетический институт прочно занял ведущее место среди разработчиков ядерных энергетических установок различного назначения. В институте были выдвинуты и реализованы идеи создания ядерных реакторов на быстрых нейтронах, реакторов с прямым преобразованием ядерной энергии в электрическую, использования жидких металлов в качестве теплоносителей в ядерных энергетических установках. Характерной особенностью института является многоплановость и комплексность в решении научно-технических проблем. На базисе поисковых и фундаментальных исследований в институте получили развитие и мировое признание практически все научные направления, связанные с реакторной физикой, технологиями и безопасностью. В институте создан мировой центр ядерных дан-

ных, мощный комплекс программных средств для решения реакторных задач и современный вычислительный центр со спутниковой связью. Теплофизическое отделение является головным в отрасли по проблемам тепломассопереноса и гидродинамики, успешно работают материаловеды, радиохимики, технологи. Отдел ядерной безопасности — единственное подразделение отрасли для разработки рекомендаций по ядерной безопасности при изготовлении, транспортировке, хранении и переработке ядерного топлива.

Экспериментальная база института включает в себя:

- два действующих исследовательских реактора;
- единственный в России комплекс для полномасштабных наземных испытаний термоэмиссионных реакторов-преобразователей;
- шестнадцать критических стендов, в том числе единственный в России стенд для исследования нейтронно-физических характеристик активных зон энергетических реакторов на быстрых нейтронах;
- теплофизические и материаловедческие стенды (100 шт.);
- ускорители для физических исследований и производства изотопов;
- технологические участки по обработке делящихся, радиоактивных и специальных материалов;
- системы инженерного обеспечения и безопасности, хранилища делящихся и радиоактивных материалов, опытное производство.

Основные фонды института вместе с делящимися материалами на 01.01.92 составляют более 1 млрд руб.

Для моделирования активных зон реакторов в институте находится на хранении и используется ... делящихся материалов, из них ... обогащенного урана и ... плутония²⁾. Наличие в институте потенциально ядерно и радиационно опасных установок, технологий, большое количество делящихся материалов обязывает уделять большое внимание вопросам безопасности и физической защиты.

В институте работают 70 докторов и 350 кандидатов наук.

Под научным руководством института разработаны и нашли применение ядерные энергетические реакторы Билибинской АТЭЦ, Белоярской АЭС, Мангышакэнергокомбината, термоэмиссионные и термоэлектрические реакторы-преобразователи ядерной энергии в электрическую для космических аппаратов, реакторы паропроизводящих установок атомных подводных лодок. Освоены технологии использования в качестве теплоносителей натрия, сплава натрия-калий, эвтектики свинец-висмут. Институт ведет разработку предельно безопасных ядерных реакторов и имеет предложения по дальнейшему экономическому и безопасному развитию атомной энергетики. Разработанные в институте реакторы на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем соответствуют современным требованиям безопасности, конкурентоспособны с реакторами других типов и традиционной энергетикой. Один из проектов таких реакторов (БН-800) подготовлен к сооружению на Южно-Уральской АЭС. В стадии проработок находится реактор БН-1600.

В институте разработан и подготовлен к использованию энергетический ряд установок малой атомной энергетики для выработки электроэнергии и тепла в труднодоступных и малонаселенных районах страны. Институт работает над проблемами выжигания оружейного и энергетического плутония, создания перспективных активных зон, разрабатывает реакторные установки, специального назначения с использованием новых принципов преобразования энергии.

Институт ведет конверсионные работы, которые являются новым продолжением НИР и ОКР, проводимых по основной тематике. Программа конверсии включает применение реакторных технологий для нужд традиционной энергетики, медицины, радиоэлектроники; использование разработанных методов, технических средств и опыта специалистов в решении проблем, связанных с радиоактивным загрязнением территории в результате аварии на Чернобыльской АЭС. В институте налажен выпуск радиоактивных изотопов для медицины и техники, дозиметров индивидуального и коллективного пользования, готовится производство ядерных фильтров для сверхчистых технологий, теплообменное и фильтрующее оборудование для пищевой промышленности, технологические средства и методы контроля экологической чистоты технологических процессов и многое другое.

Имея огромный научно-технический потенциал, научные кадры, экспериментальную базу, Физико-энергетический институт в настоящее время находится в трудном положении. Бюджетные источники финансирования НИР и ОКР, определяющие жизнеспособность института, не открыты. Спасаясь от развала, институт вынужден брать кредиты, продавать оборудование для выплаты заработной платы сотрудникам. Средняя заработная плата в институте составляет всего лишь 705 рублей, что является причиной ухода из института молодежи, снижения трудовой и научной активности. Подготовлены мероприятия по сокращению численности института, выводу из эксплуатации объектов экспериментальной базы.

Не подкрепленная финансированием и материально-техническими ресурсами конверсия практически не дает ощутимой отдачи.

Институт, являясь основоположником города Обнинска, и по сей день играет определяющую роль в его жизнедеятельности. В стотысячном г. Обнинске с этим институтом связана судьба примерно 30 тысяч человек. В результате, решение проблем института прямо связано с решением проблем города. На балансе института находятся предприятия городской энергетики, обеспечивающие город теплом, водой, коммунальными услугами. Торговая сеть, детские дошкольные учреждения, подсобное сельское хозяйство входят в структуру института. При сложившемся финансовом положении, разрыве экономических связей и росте цен на энергетические ресурсы институт не в состоянии обеспечить дальнейшее функционирование объектов городской энергетики, соцкультбыта, медицины, требуется их передача в муниципальную собственность. Однако этот процесс тормозится неразрешенными финансовыми вопросами.

3)
...

Сложившееся положение необходимо изменить, чтобы сохранить основной потенциал института, его кадры и экспериментальную базу для решения задач ядерной энергетики, реализации возможностей института в конверсионной деятельности, обеспечения безопасности.

С этой целью предлагается:

1. Преобразовать Физико-энергетический институт в Федеральный ядерно-энергетический центр – Физико-энергетический институт, управляемый Министерством Российской Федерации по атомной энергии. Предусмотреть финансирование этого центра отдельной строкой в составе ассигнований, выделяемых Минатому РФ на энергетику и оборону. Предусмотреть установление заработной платы ведущим ученым и специалистам в размере от 5 до 15-кратной минимальной заработной платы.

2. Перевести объекты социально-коммунальной сферы в муниципальную собственность и исключить их дальнейшее содержание институтом.

3. Усилить войсковую и пожарную охрану института и перевести охрану на содержание за счет средств бюджета МВД РФ.

Эти вопросы необходимо решить в апреле 1992 года.

В более детализированном виде предложения подготавливаются Минатомом РФ по поручению Министра В.Н. Михайлова для представления Вам.

Глубокоуважаемый Борис Николаевич!

Убедительно просим Вас со всем вниманием отнестись к нашим предложениям.

Глава Администрации Калужской области,
член-корреспондент Российской академии
наук

А. В. Дерягин

Из личного собрания документов М.Ф. Троянова. Копия

Примечание

¹⁾ Обращение подготовлено на бланке Администрации Калужской области, зарегистрировано и подписано в установленном порядке, его копия сохранилась в личном архиве М. Ф. Троянова.

²⁾ Данные о делящихся материалах не приводятся.

³⁾ Далее снят фрагмент текста, касающийся охраны объекта.

Письмо министра Российской Федерации по атомной энергии В. Н. Михайлова Президенту Российской Федерации Б. Н. Ельцину о преобразовании Физико-энергетического института и Научно-исследовательского института атомных реакторов Минатома России в Российские Федеральные научные Центры¹⁾

2 апреля 1992 г.

Уважаемый Борис Николаевич!

В 1946 году для решения научно-технических проблем создания атомной энергетики на территории Калужской области в г. Обнинске (100 км от г. Москвы) был организован Физико-энергетический институт (ФЭИ), ныне один из крупнейших институтов Министерства Российской Федерации по атомной энергии. В 1951 году институту было поручено создание Первой в мире АЭС, а 27 июня 1954 года осуществлен ее успешный пуск. Последующее развитие института сопровождалось реализацией идеи создания в г. Обнинске научного центра по комплексному изучению проблем использования ядерной энергии. Сравнительно быстро в городе была создана сеть научно-исследовательских институтов, учебных заведений, база стройиндустрии, инфраструктура. Институт, являясь основоположником города, и по сей день играет определяющую роль в его жизнедеятельности.

После пуска Первой в мире АЭС институт прочно занял ведущее место в разработке ядерных энергетических установок различного назначения. В институте были выдвинуты и реализованы идеи создания ядерных реакторов на быстрых нейтронах, реакторов-преобразователей ядерной энергии в электрическую, использования жидких металлов в качестве теплоносителей в судовых ядерных энергетических установках. Характерной чертой деятельности института является многоплановость и комплексность в решении научно-технических проблем, значительный объем поисковых и фундаментальных работ. В институте получили развитие и мировое признание практически все научные направления, связанные с реакторной физикой, технологиями и безопасностью. Создан мировой центр ядерных данных, мощный комплекс программных средств для решения реакторных задач и современный вычислительный центр со спутниковой связью. Теплофизическое отделение является головным в отрасли по проблемам тепломассопереноса и гидродинамики. Развиты исследо-

вания по материаловедению, радиохимии и новым наукоемким технологиям. Отдел ядерной безопасности — единственное подразделение отрасли для выработки рекомендаций по ядерной безопасности при изготовлении, транспортировке, хранении и переработке ядерного топлива.

Экспериментальная база института включает в себя:

- исследовательский водографитовый реактор Первой в мире АЭС с петлевыми установками для испытания электрогенерирующих каналов;
- исследовательский реактор на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем БР-10;
- единственный в России исследовательский комплекс для полномасштабных наземных испытаний термоэмиссионных реакторов-преобразователей;
- шестнадцать критических стендов, из них критстенд БФС, единственный в России стенд для исследования нейтронно-физических характеристик активных зон энергетических реакторов на быстрых нейтронах;
- теплофизические и материаловедческие стенды (100 шт.);
- электростатические ускорители и циклотрон;
- технологические участки по обработке делящихся, радиоактивных и специальных материалов;
- системы инженерного обеспечения и безопасности, хранилища делящихся и радиоактивных материалов, опытное производство.

Основные фонды института вместе с делящимися материалами на 01.01.92 составляют более 1 млрд рублей. Численность института — 9000 человек.

Для моделирования активных зон реакторов в институте находится на хранении и используется ... делящихся материалов, из них ... обогащенного урана и ... плутония²⁾. Наличие в институте потенциально ядерно и радиационно опасных установок, технологий, большое количество делящихся материалов обязывает уделять большое внимание вопросам безопасности и физической защиты.

В институте работают 70 докторов наук и 350 кандидатов.

Под научным руководством института разработаны ядерные энергетические реакторы Билибинской АТЭЦ, Белоярской АЭС, Мангышлакэнергокомбината, термоэмиссионные и термоэлектрические реакторы-преобразователи ядерной энергии в электрическую для космических аппаратов, реакторы для паропроизводящих установок атомных подводных лодок. Освоены технологии использования в качестве теплоносителей натрия, сплавов натрия-калий, свинец-висмут. Институт ведет разработку предельно безопасных ядерных реакторов и имеет предложения по дальнейшему развитию атомной энергетики. Реакторы на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем соответствуют современным требованиям безопасности, конкурентоспособны с реакторами других типов и традиционной энергетикой. Один из проектов таких реакторов БН-800 подготовлен к сооружению на Южно-Уральской АЭС. В стадии конструкторских проработок находится реактор БН-1600.

В институте разработан и подготовлен к использованию энергетический ряд установок малой атомной энергетики для выработки электроэнергии и тепла в труднодоступных и малонаселенных районах страны. Институт работает над важнейшей проблемой выжигания оружейного и энергетического плутония, создания перспективных активных зон, разрабатывает реакторные установки специального назначения с использованием новых принципов преобразования энергии.

Институт ведет конверсионные работы, которые являются продолжением научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, проводимых по основной тематике. В их основе лежит применение реакторных технологий для нужд традиционной энергетики, медицины, радиоэлектроники, использование разработанных методов, технических средств и опыта специалистов в решении проблем, связанных с радиоактивным загрязнением территории в результате аварии на Чернобыльской АЭС. В институте налажен выпуск реакторных и циклотронных изотопов, дозиметров индивидуального и коллективного пользования, готовится производство ядерных фильтров для сверхчистых технологий, теплообменного и фильтрующего оборудования для пищевой промышленности, средств и методов контроля экологической чистоты технологических процессов.

Научно-исследовательский институт атомных реакторов (НИИАР) основан в 1956 году на территории Ульяновской области в г. Димитровграде.

НИИАР — один из крупнейших атомных центров страны, в котором решаются комплексные научно-технические проблемы, стоящие перед атомной наукой и техникой страны в области ядерной энергетики, реакторного материаловедения, химии и физики трансурановых элементов, физики атомного ядра.

Исследуются материалы и конструкции, используемые в настоящее время и предполагаемые для использования в разрабатываемых проектах активных зон всех типов ядерных энергетических установок: ВВЭР-440, ВВЭР-1000, РБМК, БН, ядерных реакторов для Военно-Морского Флота и космоса. Такие исследования принципиально необходимы для обеспечения надежности и безопасности всех действующих атомных энергетических установок. В этих исследованиях используются:

- высокопоточный исследовательский реактор СМ-2;
- исследовательский петлевой реактор МИР;
- опытный быстрый реактор БОР-60;
- исследовательские реакторы РБТ;
- крупнейшая в Европе горячая материаловедческая лаборатория в составе 50 защитных камер;
- горячая радиохимическая лаборатория;
- автоматизированное опытное производство топлива, тепловыделяющих сборок и тепловыделяющих элементов на основе виброуплотненной технологии;

– системы инженерного обеспечения и безопасности, хранилища выгоревшего топлива, опытный подземный полигон захоронения радиоактивных отходов.

Перечисленные установки являются единственными в России, реактор СМ-2 — один из двух существующих в мире. Эти установки выполняют 80% объема работ по реакторному материаловедению в стране. Реактор СМ-2 является также базой для национальных исследований по материаловедению применительно к термоядерным установкам.

Основные фонды института вместе с делящимися материалами на 01.01.92 составляют 1,5 млрд рублей.

В институте производятся радионуклиды с высокой удельной активностью, трансурановые и трансплутониевые элементы, препараты, которые широко применяются в промышленности и медицине. Большинство из них, в том числе нейтронные источники из калифорния, выпускаются только в НИИАР.

В институте создано опытное производство уран-плутониевого опытного топлива для реактора БН-600 и БОР-60. Проектная мощность производства до 100 кг по плутонию (40 тепловыделяющих сборок) в год. Разрабатывается электрохимическая технология регенерации топлива, которая позволит резко сократить объем радиоактивных отходов.

НИИАР — единственный в России атомный центр, где сосредоточено максимальное количество исследовательских ядерных реакторов различного типа (5 типов). Поэтому здесь ведутся исследования по различным аспектам физики и техники таких реакторов.

Институт является головным в отрасли по разработке и созданию методов испытания реакторных материалов.

Для обеспечения перечисленных исследований в институте действует автономная ТЭЦ, автохозяйство, опытное производство.

В институте на основе ранее разработанных технологий в порядке конверсии ведутся также исследования для нужд нефтехимической промышленности, машиностроения, солнечной энергетики и других отраслей техники.

В институте работает около 5000 человек, в том числе более 100 докторов и кандидатов наук.

Учитывая важность проводимых ФЭИ и НИИАР работ, их фундаментальность, практическую целенаправленность, а также наличие высококвалифицированных научных кадров и уникальность экспериментальной базы, а также принимая во внимание необходимость поддержания ядерной и радиационной безопасности производств, предлагаем преобразовать Физико-энергетический институт в Российский Федеральный ядерно-энергетический Центр — «Физико-энергетический институт» и Научно-исследовательский институт атомных реакторов в Российский Федеральный атомный Центр — «Институт атомных реакторов», возложив функции управления ими на Министерство Российской Федерации по атомной энергии.

Проект распоряжения прилагается³⁾.

Материал в поддержку создания Центров от администрации Калужской области прилагается⁴⁾, а от Ульяновской области будет представлен Вам дополнительно.

В. Н. Михайлов

Из личного собрания документов М.Ф. Троянова. Копия

Примечание

¹⁾ Собственный заголовок документа «О преобразовании Физико-энергетического института и Научно-исследовательского института атомных реакторов Минатома России в Российские Федеральные научные Центры».

Письмо подготовлено на бланке Министра, зарегистрировано и подписано в установленном порядке, его копия сохранилась в личном архиве М. Ф. Троянова.

²⁾ Данные о делящихся материалах не приводятся.

³⁾ Проект распоряжения Президента Российской Федерации не публикуется.

⁴⁾ Обращение главы Администрации Калужской области А. В. Дерягина к Президенту Российской Федерации Б. Н. Ельцину включено в настоящий сборник как отдельный документ.

Статья М. Ф. Троянова «Незабываемые годы общения»

Будущее, несомненно, подтвердит значимость сделанного Александром Ильичом Лейпунским, потому что энергетические потребности вынудят людей развивать ядерную энергетику на быстрых реакторах, уже сейчас показавших свой потенциал и техническую подготовленность к последующему их внедрению. А между тем всего 50 лет назад была только идея и начальная стадия её проработки. Воплощение идеи в нашей стране произошло довольно быстро: первый экспериментальный реактор БР-5 — через 10 лет после выдвижения предложения, первый прототип — БН-350 — через 23 года, энергетический реактор БН-600 — через 30 лет (в эксплуатации с 1980 г.). Нацеленность этой идеи Александра Ильича на будущее имеет реальную базу.

Огромное уважение испытывали к Александру Ильичу многие-многие его и соратники, и ученики, и коллеги, и начальство. Глубокие знания и огромная эрудиция в вопросах физики и инженерии, с одной стороны, а с другой — доброжелательность, умение слушать, какое-то особое умение заинтересовать собеседника либо новой проблемой, либо частным неизученным вопросом — всё это притягивало людей к Александру Ильичу, оставляя на долгие годы в памяти моменты общения и те события, которые были связаны с ним.

Мне, как и многим моим коллегам из ФЭИ и смежных институтов и КБ, довелось общаться с Александром Ильичом более всего в период с 1960 года до его кончины. Именно на этот период выпал этап разработки БН-350, БН-600, БОР-60, начало работ по БН-800. Эти работы разворачивались в большом объёме после назначения Александра Ильича научным руководителем института. Конечно, не одни быстрые реакторы были его заботой. Создание энергетических установок для АПЛ с реакторами, охлаждаемыми сплавом свинец-висмут, ЯЭУ космического назначения — всё это тоже было в сфере ответственности Александра Ильича и института.

Об этом должен быть отдельный рассказ.

В 1960 г. началась разработка технического задания на проектирование реактора БН-350 (тогда он назывался БН-250). Основой для него был отечественный опыт проектирования реакторов БН-50 и первых прикидок БН-250, но выполненных ранее и, конечно, практический опыт работы реактора БР-5. В то же время очень большое значение Александр Ильич придавал сведениям из литературы. Он досконально изучил конструкцию строящегося в США реактора «Энрико Ферми», знал буквально все важнейшие публикации по физике реакторов, по технологии натрия, по материаловедению, по разработке оборудования. И не только знал сам. Он побуждал читать литературу, выписывать новые данные, обсуждать их у него.

Статья подготовлена для номера журнала «Известия вузов», посвященного 100-летию со дня рождения А. И. Лейпунского.

Задания, физические записки, отчёты, которые выпускались нами, тщательно, до последнего слова, прочитывались им в присутствии авторов. Тут же выяснялись возникающие вопросы, тут же формулировались задачи следующих проработок. Такие чтения служили важнейшей школой. Конечно, всю научную продукцию института Александр Ильич пропустить через себя не мог, и часть этой работы брали на себя его помощники, но его тщательный и требовательный подход к анализу сделанного имел огромное значение в воспитании последователей.

Кое-кто и нередко в институте ворчал по поводу того, что АИЛ «опять сидит над гайками, и к нему не попадёшь». Да, нередко конструкторские разработки Александру Ильичу приходилось разбирать очень детально и тщательно. Но как могло быть иначе, когда создавались совершенно новые установки? Ответственность научного руководителя требовала проникновения в самые конкретные детали конструкции и технологии. Александр Ильич хорошо понимал всю важность этих деталей, а конструкторы и технологи считались с его мнением и замечаниями. Для научного руководителя было очень важно увязать воедино все технические решения. Так называемые мелочи, в принципе, могли разрушить весь замысел.

Был такой этап разработок реактора БН-600, когда Александру Ильичу пришлось пойти на весьма крутой поворот и взять на себя ответственность за большую задержку проекта. Это было так. Предложение разработать второй быстрый энергетический реактор было выдвинуто Александром Ильичом на большом совещании по жидким металлам примерно в конце 1962 г. Он привлёк нас, физиков-расчётчиков и инженеров, занимавшихся реактором БН-350, к проработке такой идеи: увеличить тепловую мощность до 1500 МВт (в полтора раза по сравнению с проектом БН-350), повысить температуру натрия до 600 °С, поднять КПД до уровня 40% и получить электрическую мощность 600 МВт.

Это предложение многим понравилось, в том числе министру энергетики П. С. Непорожнему и его министерству. Началась разработка проекта. Но после первых стадий проработки начали «вылезать» многие нестыковки и проявляться трудные условия работы отдельных узлов и оборудования. Всякого вида ухищрения и изобретательство конструкторов и учёных радикально в задуманной концепции всех вопросов не решали.

Решение могло появиться только при помощи пересмотра концепции реактора. Описывать эти подробности здесь невозможно. Но главное, что это с неизбежностью назревало. К тому же появились примеры разработок во Франции и Англии, поддерживающие возникшую у нас склонность к использованию другой концепции реактора по сравнению с БН-350.

Александр Ильич решил поставить вопрос о пересмотре всего проекта перед Министерством, перед конструкторами и проектантами. Большие группы специалистов из разных НИИ и КБ, наша группа с Александром Ильичом собрались в г. Горьком, в ОКБМ у И. И. Африкантова. Приехал начальник Главка Н. А. Николаев, и после обсуждения было принято «поворотное» решение,

которое позволяло разрешить возникшие противоречия и развязать «узлы». Конечно, пришлось менять сроки окончания проекта. Однако все участники проекта без колебаний приняли новые решения и представили их с очень хорошей проработкой. В своих основных чертах этот проект и был реализован, и БН-600 успешно работает с 1980 г. Но АИЛу не суждено было видеть успех этого своего детища.

Работы по быстрым реакторам уже при Александре Ильиче были темой довольно широкого международного сотрудничества. С Александром Ильичом стремились обсудить проблемы и перспективы таких реакторов специалисты практически всех стран, работавших тогда в этой области. В ФЭИ бывали и рабочие, и парадные делегации. Например, приезжала большая делегация США во главе с Г. Сиборгом, в то время председателем Комиссии по атомной энергии США.

В 1968 г. руководитель Департамента ядерных реакторов КАЭ США Милтон Шоу со своим помощником, специалистом по быстрым реакторам Джоном Евиком, участвовали в г. Москве в работе Мирового энергетического конгресса и специально посетили А. И. Лейпунского в г. Обнинске, чтобы обсудить с ним проблемы быстрых реакторов. США в это время активно работали по этой тематике и имели большие планы. М. Шоу как руководитель этих работ счёл необходимым поговорить о них с Александром Ильичом.

Из Франции, Англии приезжали специалисты и руководители национальных программ по разработке реакторов «Рапсодия» и «Феникс» (Франция), DFR и PFR (Англия). Эти встречи, к которым так стремились наши иностранные коллеги, были весьма информативными и полезными и для них, и для нас. Александр Ильич всегда придавал им характер творческих технических дискуссий, ставил существенные конкретные вопросы, отвечал на вопросы прямо. Когда на реакторе «Энрико Ферми» произошла авария с подплавлением активной зоны, разработчики этого реактора — два американца — специально приехали в г. Обнинск посоветоваться в ФЭИ, главным образом с Александром Ильичом: как поступать дальше, объяснив предварительно, что же там произошло.

В шестидесятые годы многие из стран-членов СЭВ стремились принять участие хотя бы в частичных разработках быстрых реакторов. Александр Ильич хорошо разбирался в этих работах. Особенно он ценил опыт чехословацких специалистов по парогенераторам натрий-вода. Парогенераторы, разработанные и изготовленные в ЧССР, эксплуатировались на реакторах БОР-60 и БН-350.

Сам Александр Ильич за границей бывал не часто, и когда речь шла об участии в международных конференциях, говорил: «Вы мне лучше потом покажете доклады, и я их почитаю». Доклады он изучал весьма основательно и в результате часто оказывался информированным лучше участников конференций; тем более что на английском языке он читал свободно и читал очень много, разбираясь и в основном, и в деталях.

В тот период жизни Александра Ильича, о котором я рассказывал, мне пришлось видеть и трудности, и неприятности, выпавшие на его долю. Конечно, речь идёт о той сфере, где я с ним соприкасался.

По-видимому, была какая-то ревность некоторых учёных-руководителей к тому направлению быстрых реакторов, которое возглавлял АИЛ. Нет-нет, да возникнут мнения, что ФЭИ разрабатывает не такие быстрые реакторы, как надо бы. То возникнет предложение охлаждать реактор гелием, да ещё с давлением 300 атм., то нужно добиваться сверхвысокого коэффициента воспроизводства и т. п. Конечно, и АИЛу, и помощникам приходилось спорить, доказывать, отстаивать свою линию.

Александр Ильич иной раз, как говорится, и «задирался» с целью добиться какого-то продвижения проблемы. Так было, например, при решении вопроса о сооружении БН-600. Этот вопрос был в контексте обсуждения работы комиссии ГКАЭ по рассмотрению перспектив развития ядерной энергетики СССР до 1980 г. Ожидались очень высокие темпы развития, и главным вариантом вырисовывался вариант использования только быстрых реакторов, начинающих работать на уране-235 с переходом на использование плутония. Александр Ильич, конечно, понимал, что этот путь несколько экстравагантен, но аккуратно поддержал его, да ещё и усомнился в том, что надо развивать реакторы, как он выразился, на «самоварном паре». Он, конечно, разозлил многих. Но за общей дискуссией последовало нужное решение: проектировать и строить БН-600.

АИЛ говорил нам: «Ну и ладно, зато у нас будет БН-600». Но не думаю, что ему было безразлично неудовольствие и упрёки его коллег из других институтов, его бывших однокашников по Физтеху.

В самых общих чертах многие в нашем институте знали, что сложные периоды в жизни АИЛа бывали. И недоброжелатели были, как можно было понять. Иначе невозможно объяснить упорное нежелание Академии наук СССР избрать его своим действительным членом. Нелепость: физик, осуществивший первую в СССР ядерную реакцию, проделавший классический эксперимент по доказательству существования нейтрино, основоположник новых направлений в ядерной технике — не избирается в Академию.

Каких только новых академиков не пришлось повидать и мне за свою жизнь! Сравнивать просто невозможно. А Александр Ильич остался только украинским академиком. Но знаю точно, что он не ездил распивать чай с теми, от кого зависит результат, не «проводил необходимой работы». Это ему, видимо, претило.

Сложными для Лейпунского были последние 4–5 лет жизни, когда областные и городские партийные органы начали изгонять «идеологическую крамолу» из ФЭИ. С позиций сегодняшнего времени всё это выглядит нелепо. А тогда рассматривалось как прямой идеологический подрыв советского строя. Для многих уважаемых сотрудников института «внимание» партийных органов обернулось не лучшими переменами в жизни. Сменился директор инсти-

тута, им стал В. А. Кузнецов вместо М. П. Родионова. А для «возвращения к принципу единоначалия» Александра Ильича сделали первым заместителем по научной работе. Обидно, что Минсредмаш и лично Е. П. Славский не смогли противостоять этим решениям. Конечно, для нас, сотрудников АИЛа, для наших коллег в других организациях, АИЛ остался тем, кем и был. Но для него это разжалование было, безусловно, несправедливым ударом. Александр Ильич был, конечно, обижен на В. А. Кузнецова и разочарован в нём — своём бывшем ученике, сподвижнике и помощнике. Это я уже знаю не понаслышке, а прямо от АИЛа.

К власти Александр Ильич относился, как мне кажется, спокойно и уважительно. Он, в силу своего положения научного руководителя и по оборонным работам, общался с большим начальством в ВПК, в оборонном отделе ЦК и т. п. Очень уважительно отзывался о Д. Ф. Устинове, руководившем оборонной промышленностью. А году в 1962–1963 его пригласили сделать доклад о быстрых реакторах «очень высокому начальству». Потом мы узнали, что это был доклад Н. С. Хрущёву. Поскольку Н. С., конечно, ничего не понимал в реакторах, доклад надо было делать очень популярно. Вот мы и ломали головы по просьбе АИЛа: как и что, и как можно нагляднее показать. Изображали большую гору необходимых запасов урана, если работают только тепловые реакторы, и малую кучку для быстрых, и т. п. Александр Ильич писал план своего выступления и проверял на нас. Всё прошло, как он потом говорил, вполне неплохо, хотя и конкретного результата не было.

Когда Н. С. Хрущёв учредил совнархозы и поделил партию и советскую власть на промышленную и сельскую, АИЛ сказал: «Слушайте, до чего же крепкая у нас система, её и так, и этак, а она всё терпит».

Александр Ильич выступал на институтских партийно-хозяйственных активах и конференциях. Конечно, темами его выступлений были научно-производственные дела. Он характеризовал состояние дел, говорил о главных задачах, а иногда даже о частных задачах, за которые сверх всяких планов брались отдельные специалисты.

Не раз на активах и собраниях Александр Ильич повторял примерно такие слова: «Сила нашего института в его комплексности». Поэтому он опять же на таком собрании однажды говорил о нормальном, деловом сотрудничестве И. И. Бондаренко, В. А. Малыха и В. Я. Пупко и их коллективов, ставя его в пример не очень гладкому взаимодействию других подразделений института.

Иной раз на собраниях высвечивались и разногласия АИЛа с директором института М. П. Родионовым.

За год до кончины Александра Ильича мне пришлось услышать довольно резкое высказывание в адрес В. А. Кузнецова, бывшего в то время директором. Видно было, что на душе у АИЛа накопилось, и нелегко ему давалась его обычная сдержанность и корректность.

Последние 2–3 года жизни Александр Ильич уделял много внимания предстоящему вводу в строй реактора БН-350, приезжал на рассмотрение хода

строительства и монтажа. Он предложил кандидатуру В. В. Орлова в качестве председателя комиссии по физическому и энергетическому пуску. В. В. Орлову пришлось взять на себя эти обязанности уже без Александра Ильича, и он хорошо справился с ними. Позаботился Александр Ильич и о том, чтобы представительство научного руководства и его полномочия были обеспечены в комиссиях и группах, созданных для всех этапов пусконаладочных работ. Я думаю, что сотрудники ФЭИ — участники работ по пуску БН-350 — не подвели Александра Ильича. А отчёт по проведению и результатам физического пуска реактора был посвящён его памяти.

Ефим Павлович Славский, бывая в ФЭИ или на БН-350, не раз говорил: «Александр Ильич был замечательный учёный и замечательный человек, да вот сердце не выдержало...».

И ещё вспоминается 7 декабря 1963 года. Александру Ильичу — 60 лет. Зал ДК ФЭИ полон. Как в песне про 21 июня 1941 года: «Все ещё живы...»: И. И. Бондаренко делает доклад о жизненном пути АИЛа, который стал в этот день Героем Социалистического труда; А. П. Александров ведет заседание, И. К. Кикоин читает приветствие в стихах, называя юбиляра Александром Македонским, выступают известнейшие учёные и конструкторы. Потом всё перемещается в ресторан, где два умелых «дирижёра», А. П. Александров и А. С. Займовский, мастерски руководят замечательным весёлым застольем...

Этот день и вечер были апофеозом искреннего и глубокого уважения к этому Учёному и столь же искренней симпатии к этому Человеку.

Опубликовано: Известия ВУЗов. Ядерная энергетика. 2003, № 4. С. 28–32.

Записка М. Ф. Троянова «Будущее ядерной энергетики и роль в ней быстрых реакторов (Попытки размышлений в 2004 году)»¹⁾

2004 г.

По своему отношению к ядерной энергетике российская общественность сегодня продолжает быть сильно поляризованной, хотя опыт существования ядерной энергетики в течение 15 лет после трагедии Чернобыля дает возможность взглянуть в будущее этой отрасли энергетики более взвешенно и рационально. Конечно, труднее всего побудить к рациональному²⁾ обсуждению те круги общественности, которые просто не хотят слышать слов «ядерная энергетика», не хотят видеть тех изменений в подходах к ней, к которым пришли специалисты в этой области. Для специалистов ядерной энергетики Чернобыль стал страшным уроком прежде всего в том, что только высокий профессионализм, а не «волевые» решения и диктат власти должны определять развитие новых технологий, несущих благо, если они безопасны, и, действительно, безопасны при критическом и истинно профессиональном подходе.

Но за 15 лет после Чернобыля наше население получило жестокие уроки другого рода. Все увидели, что топливно-энергетический комплекс страны фактически не обеспечивает безопасного существования людей в разных частях страны.

Наверное, имейся АЭС в Приморье, по крайней мере, электроэнергией люди были бы обеспечены. Будь в Депутатском малая АТЭЦ, не пришлось бы эвакуировать людей после пожара на электростанции³⁾. Этим⁴⁾ примеры, как известно, не кончаются и есть опасение, что новый приход зимы даст новые примеры.

Между тем ядерная энергетика России за прошедшие годы дала возможность общественности увидеть свою состоятельность и перспективность для будущего.

Прежде всего, были приняты и реализованы существенные меры по повышению безопасности всех действующих энергоблоков. Проведенные мероприятия по повышению безопасности и надежности АЭС позволяют рассчитывать не только на достижение проектного ресурса, но и на его продление.

Коэффициент использования мощности на АЭС в последние годы заметно вырос, и в результате весь прирост производства электроэнергии в России, по заявлению министра Е. О. Адамова, был обеспечен этими энергоисточниками. Согласно тому же заявлению, по стоимости производства электроэнергии АЭС успешно конкурируют с многими ТЭС. Неизбежное грядущее удорожание органического топлива будет усиливать конкурентоспособность АЭС.

Важнейшим знаком усиления роли АЭС станет пуск Ростовской АЭС, а затем новых блоков на ⁵⁾Курской и Калининской станциях.

⁶⁾Прежнее агрессивно-отрицательное отношение общественности к ядерной энергетике все-таки меняется в сторону более уравновешенного и нормального требования убедительных доказательств безопасности и целесообразности развития.

Понимание необходимости ядерной энергетики руководящими органами страны выразилось в утверждении Правительством стратегии развития ядерной энергетики России. Все эти факторы позволяют предполагать, что развитие ядерной энергетики России состоится.

Близок ли конец эры тепловых реакторов?

Если ядерная энергетика России к 2030 году должна будет увеличить свою суммарную мощность до 30 ГВт, как это предусмотрено «Стратегией»⁷⁾, то ⁸⁾преобладающую ее часть смогут занять только реакторы типа ВВЭР. Доводы в пользу этого утверждения достаточно ясны:

- дефицита природного и обогащенного урана не будет;
- канальные реакторы РБМК, [имеющие] короткий ресурс, будут выводиться из эксплуатации, а продолжение такой линии негативно воспринимается и специалистами, и общественностью;
- быстрые реакторы смогут появиться лишь в единичных экземплярах в силу их невостребованности на этом этапе;
- вся промышленность (оборудование, топливо) настроена более всего на создание реакторов ВВЭР;
- ⁹⁾развитие ядерной энергетики за рубежом более всего настроено на этот тип реакторов;
- безопасность этого типа реакторов в современных проектах доведена до очень высокого уровня, удовлетворяя самым строгим международным требованиям;
- в связи с массовостью и отработанностью таких реакторов они являются наиболее дешевыми для производства ядерной электроэнергии.

Срок жизни реакторов типа ВВЭР в новых проектах устанавливается равным 50–60 годам. Нетрудно видеть, что если после 2010 года начнется вывод из эксплуатации реакторов, исчерпывающих ресурс работы, с заменой их новыми реакторами ВВЭР плюс строительство новых энергоблоков, то Россия будет иметь, грубо говоря, полсотни блоков новых ВВЭР-1000, сооруженных до 2030 г. со сроком жизни до 2060–2090 годов.

Можно предполагать, что если Россия станет на путь развития крупномасштабной ядерной энергетики, то количество реакторов типа ВВЭР может быть значительно больше по причине подготовленности, поддержания и развития этой технологии...

Из личного собрания документов М.Ф. Троянова. Автограф.

Примечания

¹⁾ Заголовок автора.

²⁾ Далее зачеркнуто: *мышлению*.

³⁾ 2 февраля 2001 года в результате возгорания на дизельной электростанции поселок Депутатский (Республика Саха (Якутия) населением около 4 тысяч человек практически полностью остался без электрического света. Пожар полностью уничтожил здание электростанции и 8 дизель-генераторов.

⁴⁾ Далее зачёркнуто: *список*.

⁵⁾ Далее зачеркнуто: *Смоленской*.

⁶⁾ В начале строки зачеркнуто: *Судя по всему*.

⁷⁾ В 2000 г. была разработана «Стратегия развития атомной энергетики России в первой половине XXI века», одобренная протоколом Правительства (протокол № 17 от 25.05.2000). В этом документе был уточнен уровень мощности ядерной энергетики в 2010 г. — 30–35 ГВт(э). (*Сидоренко В.А.* О стратегии ядерной энергетики России до 2050 г. // Росэнергоатом, № 6, 2012).

⁸⁾ Далее зачеркнуто: *основную, подавл[ляющую]*.

⁹⁾ В начале строки зачеркнуто: *мировое*.

Статья М. Ф. Троянова

«БН-600: вехи, эпизоды, создатели»

Третий блок Белоярской АЭС с реактором БН-600 несомненно может называться гордостью атомной энергетики нашей страны. Успешная работа этого реактора с апреля 1980 г. обеспечивается грамотным, ответственным персоналом станции, полностью освоившим все технологические особенности быстрого реактора с натриевым теплоносителем. Немногие реакторные установки нового типа так быстро, как БН-600, достигали полной проектной мощности и проектных характеристик.

Эксплуатацией реактора БН-600 руководили: В. М. Малышев, В. И. Купный, О. М. Сараев, Н. Н. Ошканов, создавшие слаженные, ответственные, квалифицированные коллективы смен, служб, лабораторий.

Полная документированная история создания и работы БН-600 еще не написана. В этой истории есть этап начальной разработки, о котором помнит не так много людей.

Многих участников, начавших с А. И. Лейпунским разработку концепции, а потом и проекта, уже нет, а с ними ушли многие детали, эпизоды той поры, когда делались проекты. Процесс проектирования БН-600 интересен не столько тем, что в нем все время проходил поиск компромиссов между смелыми замыслами и технической осуществимостью — вся техника строится на компромиссах — но тем, что компромиссы достигались радикальными изменениями прежних решений. Об этих «поворотах» и о других событиях в истории создания БН-600 и идет речь дальше.

3-й блок создавался трудами многих институтов, КБ, проектных организаций, строителей и монтажников, персонала БАЭС. Завершение этого труда и работа блока получили в свое время высокую оценку. За разработку и создание реактора была присуждена Ленинская премия (1982 г.), а за ввод в действие и освоение проектной мощности — Государственная премия СССР (1983 г.). Многие участники получили государственные награды. Начало же всему этому было положено многими годами ранее.

В 1962 г. шла интенсивная работа по реактору БН-350 (тогда он еще в документации назывался БН-250), разрабатывался технический проект реакторной установки в Горьковском ОКБМ, проектировались здание и системы обеспечения в Ленинградском проектно-институте ВНИПИЭТ. Проектно-конструкторские работы придиричиво и тщательно обсуждались на Научно-техническом совете Минсредмаша, почти всегда с участием министра Е. П. Славского. Экспертизы по проекту были хорошими, во многом их характер определялся тем, что в проект вкладывался быстро накапливающийся опыт эксплуатации в ФЭИ реактора БР-5. Кроме того, после пуска в ФЭИ в 1961 г. стенда БФС одна за одной собирались критические сборки, и физические характеристики реактора получали все большее экспериментальное обоснование.

К тому же в расчетных обоснованиях стали в возрастающем объеме использоваться массовые расчеты на ЭВМ.

Текущие дела по проекту, состояние работ по быстрым реакторам в других странах, публикации в журналах, материалы конференций — все это постоянно обсуждали и внутри ФЭИ, и в контактах с участниками разработки. В этом постоянно задавал тон Александр Ильич Лейпунский. Как никто другой, он прекрасно знал все то, что публиковалось в части разработки быстрых реакторов, технологии жидкометаллических теплоносителей, физики реакторов, ядерных данных, материаловедения, он всячески поддерживал атмосферу поиска, творчества, любознательности, честного и взыскательного отношения к собственным разработкам и результатам исследований.

И вот именно в 1962 г. А. И. Лейпунский и О. Д. Казачковский предложили продумать, каким мог бы быть следующий шаг в развитии быстрых реакторов. То же предложение Александр Ильич Лейпунский сформулировал на конференции по жидкометаллическим теплоносителям, состоявшейся в конце ноября 1962 г. в Обнинске.

В формулировке того выступления предложение выглядело по сути следующим образом. За основу берется проект БН-250. При той же активной зоне подогрев натрия в реакторе увеличивается в 1,5 раза с 200 до 300 °С, тепловая мощность увеличивается также в 1,5 раза с 1000 до 1500 МВт. Температура натрия на выходе из реактора возрастает до 600 °С, что могло бы позволить использовать паровой цикл с КПД более 40% со стандартными турбинами. В результате получился бы реактор мощностью ~ 600 МВт с типовым машинным залом. Топливом для нового реактора должна была бы стать смесь оксидов плутония и урана, хотя на первой стадии может использоваться оксид урана. Но выгорание топлива предусматривалось повысить до 10%, причем возможно удастся использовать упрощенную конструкцию твэлов с выпуском газовых продуктов деления в контур.

Конечно, далеко не все «подводные камни» этого предложения были тогда видны. Главное же, а именно идея создания энергетического быстрого реактора с современными параметрами была встречена с очень большим интересом и всей кооперацией, занимавшейся реактором БН-350, и что особенно было важно, энергетиками, в том числе Министерством энергетики, возглавлявшимся тогда П. С. Непорожним.

В 1963 г. ФЭИ выпустил первое техническое задание на разработку реактора БН-600, и ОКБМ, которым тогда руководил И. И. Африкантов, начал конструкторские работы. Одновременно реактор БН-600 попал в сферу разработок стратегии развития атомной энергетики СССР до 1980 г., проводившихся в то время специальной комиссией Б. Б. Батунова под патронажем заместителя председателя Госкомитета по использованию атомной энергии Н. М. Синева. Эта комиссия рассматривала варианты развития атомной энергетики на реакторах разных типов с точки зрения, главным образом, обеспеченности ураном. По этому показателю получалось, что в условиях СССР быстрые реакторы

должны стать главным направлением. Не вдаваясь в детали, могу сказать, что Александр Ильич внимательно следил за этой работой, давая нам поручения по подготовке необходимых данных для комиссии, не раз обсуждая с Б. Б. Батуровым результаты расчетов. Когда позже итоги работы комиссии были вынесены на НТС Госкомитета, вариант «всебыстрого» развития атомной энергетики, разумеется, поддержки не нашел, но решение о необходимости дальнейшего развития быстрых реакторов было признано правильным, и конкретное решение о сооружении БН-600 было принято.

Первое техническое задание на реактор БН-600 было составлено в соответствии с теми идеями, которые высказал А. И. Лейпунский в ноябре 1962 г. Но и другие идеи «бередили умы». Более всего в ФЭИ привлекала внимание интегральная (баковая) компоновка реактора в отличие от петлевой, принятой для БН-350. Ее главный плюс виделся в сосредоточении всей радиоактивности первого контура в одном баке. А если учесть, что первоначально предполагалось осуществить выпуск газовых продуктов деления в контур, это было особенно важно.

Сотрудники ФЭИ (Ю. Е. Багдасаров, Р. П. Баклушин, М. Я. Кулаковский, М. С. Пинхасик) в 1964 году провели обстоятельный анализ петлевой и баковой компоновок, и после тщательного обсуждения было принято решение о дальнейшей разработке проекта БН-600 с баковой компоновкой.

Министерство энергетики, ставшее заказчиком проекта, оказывало отнюдь не только поддержку проекту. По очень многим вопросам оно критиковало проект и акцентировало внимание на экономических, эксплуатационных аспектах. В гораздо меньшей степени его интересовали характеристики воспроизводства плутония или модного в тот период времени удвоения. В качестве Генерального проектанта Минэнерго назначило Ленинградское отделение Теплопроекта — организацию, которая ранее быстрыми реакторами не занималась.

Это обстоятельство, конечно, беспокоило Александра Ильича и его помощников, в связи с чем в ФЭИ было принято решение о существенном укреплении лаборатории инженерного курирования по всем основным проблемам проектирования, чтобы обеспечить со стороны ФЭИ помощь и передачу накопленного институтом опыта специалистам ЛОТЭП. Специалисты ЛОТЭП имели большой опыт проектирования тепловых станций, уже имели опыт проектирования АЭС с реакторами ВВЭР, очень быстро они прониклись специфическими проблемами быстрых натриевых реакторов. Довольно скоро там образовался коллектив отличных специалистов, глубоко разбирающихся в проекте и искренне уважаемых и в ФЭИ, и в ОКБМ, и на площадке Белоярской АЭС, и среди всех участников создания БН-600. Всегда имел отличную репутацию и пользовался глубоким уважением главный инженер проекта К. Л. Сукнев.

При рассмотрении конструкторских решений по БН-600 в Министерстве энергетики весьма критическое отношение вызывало короткое время непрерывной работы реактора между перегрузками топлива. В первоначальном ва-

рианте оно составляло около двух месяцев, а энергетики хотели бы иметь не менее полугода. Двухмесячный интервал между перегрузками определялся тем, что существовавший в то время подход к быстрым реакторам подразумевал высокие требования к коэффициенту воспроизводства, а это в свою очередь побуждало не использовать поглощающие органы компенсации выгорания. Так, в БН-350 с этой целью использовались подвижные сборки с таким же топливом, как и в ТВС. При этом минимально «страдал» коэффициент воспроизводства (КВ), но длительность непрерывной работы при разумном числе органов компенсации более двух месяцев не получалась. Требование энергетиков увеличить это время означало, что необходимо применить в органах компенсации бор, например, в виде карбида бора. Следствием этого неизбежно становится изменение нейтронных полей и тепловыделения при изменениях положения борных стержней. Возникла, таким образом, проблема выбора оптимального количества и оптимального расположения поглощающих борных органов компенсации выгорания топлива.

Следующий «узелок» связан с тепловыделяющими элементами. С точки зрения физики реактора, теплогидравлики и всей компоновки, твэлы с выпуском продуктов деления в контур смотрятся очень привлекательно. Такие твэлы применительно к БН-600 разрабатывались во ВНИИНМ, и много внимания было уделено, в частности, узлу выпуска газов. Но от идеи негерметичных твэлов пришлось отказаться довольно скоро. Причина очень проста. Радиационная обстановка при загрязнении контура огромной активностью выпускаемых продуктов деления оказывается чрезвычайно сложной, особенно при аварийных и ремонтных работах, связанных со вскрытием контура, извлечением оборудования и его ремонтом (насоса, теплообменника). Стало ясно, что в БН-600 надо применить герметичные твэлы, а в таком случае твэлы должны иметь полость для сбора газа примерно такой же длины, как и столбик топлива. Значит, растет длина твэлов, ТВС, увеличивается гидравлическое сопротивление активной зоны.

Но и это не все. Если температура натрия на выходе из реактора достигала 600 °С, то в «горячих точках» оболочки твэлов температура была около 800 °С. Ни в то время, ни сейчас не было и нет сталей, которые допустили бы такие температурные условия. Очень уважаемый ученый, в то время директор ВНИИНМ А. А. Бочвар на одном из обсуждений БН-600 настоял на том, что пределом должна быть температура оболочки около 700 °С. Таким образом обрисовалась проблема твэлов для БН-600. Хотя в то время — в середине 60-х годов — еще только появились первые сведения о распухании сталей под действием высоких доз жесткого нейтронного облучения. Это явление позднее стало еще одним фактором, ограничивающим глубокое выгорание топлива.

Проработка возможности «развязать узлы» интенсивно велась в ФЭИ, ОКБМ, ВНИИНМ. В ФЭИ был проведен комплекс расчетов по определению необходимой системы компенсации выгорания топлива для длительности непрерывной работы 140–150 суток, проведены сложные для того времени рас-

четы по оптимизации расположения поглощающих стержней с минимальным воздействием на поле тепловыделения. Подготовлены предложения по изменению размеров активной зоны с использованием герметичных твэлов, имеющих газосборник для газовых и летучих осколков. ОКБМ примерял эти предложения на уже изрядно продвинутую проработку конструкции реактора и компоновку оборудования.

В это время в ходе международного сотрудничества стали известны основные результаты проектирования французского реактора «Феникс», английского PFR. Эти реакторы также разрабатывались в баковой компоновке и их удельные характеристики были очень похожи на те, к которым двигался БН-600.

И вот большая группа советских атомщиков поехала во Францию, где довольно подробно познакомилась с проектом реактора «Феникс». В этой группе был первый заместитель министра А. И. Чурин. В ней же был и В. В. Орлов, ставший в ФЭИ руководителем сектора, в который входили расчетные, экспериментально-физические и инженерные коллективы, занимающиеся быстрыми реакторами, и стал первым непосредственным заместителем А. И. Лейпунского по быстрым реакторам.

Из Франции В. В. Орлов привез твердое убеждение, что надо принять радикальное решение об изменении проекта БН-600 с целью привести все характеристики к взаимосогласованному и технически обоснованному уровню. Почва для понимания этого убеждения уже была подготовлена всей предшествующей работой по проекту.

Кстати сказать, А. И. Чурин вернулся из Франции активным сторонником реактора БН-600. Конечно, поддержка первого заместителя министра была немаловажным фактором. В 1968 г. мне было поручено выступить с докладом о БН-600 на отраслевой конференции в Челябинске-65 (ныне г. Озерск). А. И. Чурин, председательствовавший на этом заседании, очень активно и убежденно комментировал доклад, давая пояснения, высказывая аудитории специалистов-реакторщиков свою поддержку созданию БН-600.

Возвращаясь к проблемам проекта в 1965–1966 гг., обязательно должен вспомнить совещание в ОКБМ, на котором и были приняты важнейшие решения об изменении проекта. Это совещание возглавил Н. А. Николаев — начальник Главка, которому подчинялись и ФЭИ, и ОКБМ. Проблемы проекта и пути решения представляли А. И. Лейпунский и И. И. Африкантов с содокладами своих сотрудников. Именно это совещание и эти люди взяли на себя ответственность за решение перенести сроки выполнения проекта и внести в проект изменения, о которых уже было сказано.

Нельзя не вспомнить о том, что конструкторы ОКБМ проявили большую изобретательность в ходе переработки проекта. Они уже имели опыт разработки БН-350, провели много стендовых работ по отработке оборудования, участвовали в международном сотрудничестве и были знакомы с зарубежным опытом. Возглавлял конструкторские работы по быстрым реакторам незаб-

венный А. И. Ширяев. В его «епархии» трудились такие замечательные конструкторы, как В. В. Пахомов, Ю. А. Лебедев, В. В. Курилкин, Н. А. Подтежныхников. После смерти И. И. Африкантова руководителем ОКБМ стал Ф. М. Митенков, много сделавший для завершения проекта БН-600, его пуска и обеспечения успешной работы. Существенную роль играли и его заместители — Е. Н. Черномордик и Ю. Н. Кошкин.

В ходе всего проекта ФЭИ осуществлял свои функции научного руководства через многих сотрудников, распределенных по отдельным частям проекта. Без деталей можно напомнить, что определяющую роль играли Ю. Е. Багдасаров, А. А. Ринейский, И. А. Кузнецов, А. В. Карпов, В. М. Поплавский, В. М. Архипов, В. М. Ширин, В. Н. Иваненко, Р. П. Баклушин. В 1969 г. эту деятельность возглавил Л. А. Кочетков, а объединял на уровне разных отделов в 1964–1976 гг. В. В. Орлов.

Очень тесным было взаимодействие и ФЭИ, и ОКБМ с ВНИИНМ. И. С. Головин, Ю. К. Бибилашвили, Т. С. Меньшикова и их сотрудники вели на всех стадиях проекта разработку тепловыделяющих элементов. Твэлы претерпевали, как это ясно, также сложную эволюцию в ходе разработки проекта. В этом институте, в лаборатории Н. П. Агаповой, велись важные работы по сталям для твэлов и чехлов ТВС, которые через небольшой срок после пуска БН-600 позволили существенно повысить выгорание топлива.

В 1967 г. проект реактора БН-600 был разработан, а в 1968 г. он был доложен на мировой энергетической конференции МИРЭК-68. Опубликование того факта, что СССР наметил строительство второго быстрого реактора, причем с отличающейся конструкцией, вызвало большой интерес. К тому же уже строились реакторы «Феникс» во Франции и PFR в Англии. Кроме того, в нашей стране строился новый экспериментальный реактор БОР-60. Вся наша «быстрая кооперация» вызвала большой интерес зарубежных коллег по этому направлению, и международное сотрудничество по быстрым реакторам начало интенсивно развиваться.

В ФЭИ работы по БН-600 велись по разным направлениям. Обоснование физики реактора вышло на новый этап после пуска большого физического стенда БФС-2, на котором могли в полном масштабе изучаться модели реактора. Физики-расчетчики теперь разрабатывали такие модели активных зон, которые бы соответствовали основным состояниям реактора на разных стадиях работы. Сотрудники стенда БФС уже имели большой опыт экспериментов на моделях реакторов БН-350 и БОР-60. С 1972 г. начал моделироваться реактор БН-600. Со стороны эксперимента этой работой активно руководил Ю. А. Казанский.

Ведущие разработку физических аспектов проекта БН-600 специалисты ФЭИ — В. И. Матвеев, В. А. Черный, А. П. Иванов, Г. М. Пшакин, Н. Е. Горбатов, Б. В. Колосков — получили возможность с пуском стенда БФС-2 инициировать необходимые эксперименты на моделях реактора, проверять надежность расчетов, получать из экспериментов уникальную информацию.

По предложению М. Я. Кулаковского и В. И. Савицкого на этом же стенде удалось провести изучение эффективности внутрибаковой графито-стальной гетерогенной нейтронной защиты.

М. Я. Кулаковский вплоть до неожиданной кончины (1978) вел в ФЭИ работы по радиационной безопасности и внес вместе со своими сотрудниками (В. И. Савицкий, О. Д. Бакуменко, А. Г. Цикунов, В. А. Сергеев, Э. П. Попов) большой вклад в разработку защиты и контроля безопасности.

А. И. Кирюшин, О. Б. Самойлов, Г. Б. Усынин, Б. А. Васильев и многие другие специалисты расчетных отделов ОКБМ тесно сотрудничали с физиками-расчетчиками ФЭИ.

Взаимодействие с ОКБМ по физике реактора БН-600 было уже иным, нежели при разработке БН-350. В ОКБМ сформировался хороший коллектив физиков-расчетчиков, и обосновывающие материалы к проекту БН-600 стали выпускаться совместно.

Большой объем работ делался в ФЭИ по обоснованию безопасности блока, по изучению и обоснованию работоспособности активной зоны и ее элементов. Тщательно экспериментально изучались температурные режимы твэлов, теплогидравлика промежуточного теплообменника натрия–натрий. Эти, лишь бегло перечисленные, работы проводились под руководством Л. А. Кочеткова, Ю. Е. Багдасарова, П. А. Ушакова, А. В. Жукова.

Комплекс исследований по изучению процессов развития течей воды в натрия, выполнявшийся в ФЭИ под руководством Ф. А. Козлова и В. М. Поплавского, сопровождавшийся разработкой приборов контроля течей в парогенераторах, имел важнейшее значение для последующей эксплуатации БН-600.

При подготовке натриевой технологии ФЭИ инициировал, обосновал и контролировал все этапы производства натрия реакторной чистоты, его транспортировки на блок в железнодорожных цистернах и последующее обращение с ним. Непосредственное руководство этими работами от ФЭИ обеспечивали Л. А. Кочетков, А. Г. Карабаш, О. В. Старков, А. В. Карпов и их сотрудники.

Увы, как и во всех других случаях, нет возможности назвать всех. Их много, прекрасных знатоков своего дела, ответственных и добросовестных тружеников, честно делавших свое дело.

Проект реактора БН-600 претерпел еще одно важное изменение, когда было принято решение об отказе от корпусных парогенераторов и переходе к модульной конструкции. Дискуссии о достоинствах и недостатках этих двух типов парогенераторов велись долго. В конце концов, ОКБ «Гидропресс» и конкретно В. В. Стекольников, С. М. Благоволитин, В. Ф. Титов, Б. И. Лукасевич твердо предложили перейти в проекте БН-600 на модульную схему. Этот решительный шаг, поддержанный другими участниками разработок проекта, безусловно, оказался буквально ключевым в успехе работы блока. Выходы из строя отдельных модулей из-за протечек воды в натрий в первый период экс-

плуатации не приводил к существенным нарушениям работы реактора. Дефектные модули отсекались без отключения петли, а подчас и без снижения мощности. Так что переработка проекта блока и связанная с этим задержка оказались полностью оправданными.

Первый период непосредственного сооружения 3-го блока БАЭС был, мягко говоря, не очень интенсивным. Но когда на должность начальника Главатомэнерго был назначен В. П. Невский, все закрутилось в невиданном до этого темпе. Это был «от бога» руководитель той, советской эпохи. С неукротимой настойчивостью, с огромной энергией он добивался поставки оборудования, ускорения строительных работ. Он мог уговорить секретаря обкома Б. Н. Ельцина собрать совещание нескольких министров, включая Е. П. Славского, П. С. Непорожного, и добиваться того, чтобы изготовление оборудования, ведущееся в их ведомствах, было под контролем этих министров.

В. П. Невский регулярно рассматривал состояние работ по блоку непосредственно на площадке. Отсюда он оперативно связывался с нужными персонами, находил их, кого — просил, кого — убеждал, кого — заставлял решать возникшие вопросы. Он бывал жестким к людям. Но деловитость и знание ценил, к конструкторам, к ученым относился уважительно.

Талантливый, незаурядный руководитель, В. П. Невский вложил все свое умение, весь опыт, можно сказать, и душу в создание и ввод БН-600. Заданный В. П. Невским темп завершения создания блока поддерживало руководство БАЭС, прежде всего директор станции В. М. Малышев. Большой заслугой дирекции станции и персонала явилось соблюдение высоких требований к качеству строительных и монтажных работ, к чистоте и качеству монтажа.

Во всех институтах и КБ, занятых в этом деле, тоже был подъем и желание «не подвести», не задержать пусковые работы. Именно такая обстановка была и в ФЭИ, и такую обстановку поддерживало руководство ФЭИ. Директор института О. Д. Казачковский оперативно контролировал все дела института по пуску на оперативных совещаниях при широком круге специалистов разного профиля, чтобы в курсе дел были все основные исполнители работ. Представительство института (как и представительство конструкторов и проектантов) на БАЭС стало практически постоянным.

Требовательную атмосферу поддерживали и руководители Минсредмаша, и руководители Главного управления А. Г. Мешков, Е. В. Кулов, Е. В. Куликов, А. М. Смирнов.

Окончание монтажных работ на реакторе, предпусковые и пусконаладочные работы в 1978–1979 гг. очень часто и в разных сочетаниях собирали специалистов институтов, КБ, проектных организаций. С первой поры нашего взаимодействия с персоналом блока мы поняли, какие замечательные специалисты собрались на 3-м блоке.

Не могу не вспомнить Э. И. Собина, В. В. Выломова, Э. П. Козубова, А. Г. Шейнкмана, В. В. Будзиевского, В. Г. Флейшера, О. М. Сараева и В. И. Купного, ставшего накануне пуска главным инженером БАЭС. Все они прекрасно

знали области своей ответственности, но и вся установка в сложных взаимосвязях была хороша изучена. Они владели всей этой непростой техникой. Пожалуй, более всего, лично меня поражало, как быстро персонал овладевал технологией натриевого теплоносителя. Это было и на БН-350, и на БОР-60, и на БН-600. Персонал БН-600 в настоящее время, конечно же, чемпион мира по масштабам и успешности владения реакторной технологией натрия.

Набор критмассы и выход на «нулевую» мощность состоялись в первые месяцы 1980 г. Этот этап был хорошо подготовлен, да и опыт физического пуска БН-350 был не забыт. По заданию ФЭИ в ОКБМ были спроектированы и изготовлены необходимые устройства, в ФЭИ изготовлена чувствительная пусковая аппаратура, подготовлены дежурные физики. Ю. А. Казанский прекрасно знал свое дело и провел этот этап без погрешностей. Уже позже, на низких уровнях мощности, проводились различные активационные измерения под руководством А. В. Звонарева, конечно же, с большим участием сотрудников физической лаборатории БАЭС.

Также, начиная с низких уровней мощности, велся контроль и детальные измерения полей излучений по помещениям и всем местам, куда можно было поместить датчики излучений. В. А. Сергеев и Л. Е. Гнедков являются инициаторами и основными авторами отчетов об уникальных исследованиях полной картины полей излучений на 3-м блоке БАЭС.

И вот этот незабываемый день 10 апреля 1980 г. Мощность потихоньку поднимается. Начинается подача пара на турбину. И вот — синхронизация частоты, и БН-600 начал работать на сеть. Долгий путь создания позади, а впереди — жизнь блока, заявленная на 30 лет. А как получится?

Пока радость и торжество, митинг, на котором присутствует и выступает Б. Н. Ельцин. Потом и «неофициальное» торжество. И совершенно необычная ночь.

Я в эту ночь спать не мог. До гостиницы отчетливо доносилось «уханье», как будто где-то далеко огромный зверь пыхтит и кряхтит или как будто рождается какое-то огромное чудовище. Торжество торжеством, а смена на блоке работала и занималась настройкой предохранительных клапанов. Они и «ухали».

Позади уже более двух десятков лет эксплуатации реактора БН-600, пережиты легкие и не очень легкие детские болезни. Реактор работает с новой, более надежной и экономичной активной зоной. Эта новая активная зона была создана по результатам первых лет эксплуатации и проведения исследований отработавшего топлива в горячих лабораториях БАЭС, НИИАР, ФЭИ. Показатели блока стабильно высокие. Опыт работы систем, оборудования, опыт реакторов накоплен богатейший. При этом минимальное воздействие на окружающую среду.

Мне довелось с самых первых шагов участвовать в проекте: сначала — рассчитывать первые активные зоны, потом руководить расчетными лабораторией и отделом, потом — сектором, а на стадии пуска и освоения — быть заместителем директора по направлению АЭС.

Всегда помнил и помню, что создание АЭС — это труд огромного коллектива. Поэтому очень четко осознаю, что, попав в группу шести лауреатов Ленинской премии за разработку БН-600, я был только представителем бесконечно дорогого для меня творческого коллектива моих единомышленников, товарищей, друзей. Нам повезло приобщиться к большому делу. С 1960 г. мы начали работать над БН-350, потом над БН-600 и БОР-60, у некоторых из нас началом был БР-5. И это было реализовано при нас и с нашим участием.

Но мы всегда помним, что все это явилось выполнением идей большого ученого Александра Ильича Лейпунского.

Опубликовано: Атомная энергия. 2004, Т. 97, вып. 4. С. 309–314.

Часть 3

ВОСПОМИНАНИЯ О М. Ф. ТРОЯНОВЕ

Л. А. Кочетков

Михаил Федотович Троянов родился 23 ноября 1931 года в городе Верхнеуральске Челябинской области в семье инженера-металлурга. В 1949 году окончил среднюю школу в г. Кемерово и после ее окончания поступил в Московский энергетический институт на теплоэнергетический факультет. В связи с тем, что осеннюю и весеннюю сессии по математике и физике на первом курсе он сдал на высокие оценки, деканат предложил ему перейти на «9-й закрытый» факультет, или иначе — факультет «Ивана Ивановича»¹⁾. Было обещано ему, что учеба на этом факультете ему понравится. Он согласился. И так с 1950 года началось его «сотрудничество» с ядерной и реакторной физикой, которое продолжалось до выхода на пенсию.

В 1951 году в составе нового факультета он был переведен в Московский инженерно-физический институт, который окончил в 1955 году как инженер-физик и был направлен на работу в ФЭИ.

Вся его научная и производственная жизнь крепкими узами «повязана» с ФЭИ — от «А» до «Я», от старшего лаборанта до директора. А все его инженерно-научные, физические ипостаси были связаны с быстрыми реакторами, с натриевым теплоносителем и тоже от «А» до «Я» — от изучения характеристик натрия и как от него отмываться спиртом до полноценных реалий БН-350, БН-600, которыми гордится не только наш институт.

Следует внести некоторые уточнения. Работать Михаил Федотович начал не в ФЭИ, а в «почтовых ящиках» 276 и 412. Эти «ящики» были не абсолютно закрытыми — сходить на речку или в лес за грибами, съездить в Москву, к родителям или к морю во время отпуска разрешалось. Ну и, конечно, на высоких должностях от директора отделения до директора института Михаилу Федотовичу приходилось заниматься и энергетикой быстрых реакторов, и всем институтским «разносольем».

Кочетков Лев Алексеевич, кандидат технических наук (1970), работает в ФЭИ с 1953 г., с 1960 г. — главный инженер здания 51 (Первая в мире АЭС), с 1979 г. — начальник Сектора № 2 (затем — Отделение № 2), в 1987—1993 гг. — заместитель директора ФЭИ по научной работе, в настоящее время советник генерального директора. Награжден орденом Трудового Красного Знамени (1980) за пуск БН-600.

Нам повезло с образованием, с интереснейшей работой, с разнообразным высококвалифицированным коллективом, с руководством института и его научным руководителем Александром Ильичом.

В этой ауре Михаил Федотович с присущей ему любознательностью, непреходящим интересом к инженерным и научным ребусам, присущей ему аккуратностью и стремлением довести дело до точки, как губка, впитал накопленный в институте научный капитал и целеустремленно стал его использовать и преумножать. Помогали ему в этом не только глубокие знания, но и его культура, умение слушать своих коллег, умение достойно и в тоже время безобидно вести дискуссию, даже если он с чем-то не был согласен.

Зная все это, АИЛ²⁾, наверно, только ему мог сказать: «Ну, Ваше письмо я могу, не читая, подписывать». Со своей стороны, Михаил Федотович боготворил А. И. Лейпунского. И если пытаться оценить, кто из директоров и научных руководителей нашего института наилучшим образом воплощал стиль работы АИЛ, то я бы назвал Михаила Федотовича Троянова. Не из-за того, что ему довелось впоследствии работать в кабинете Александра Ильича, а из-за того, что его стиль организации научной работы в институте, его стиль общения с коллегами вне института и с руководством отрасли шел от А. И. Лейпунского.

2021 год

Примечания

¹⁾ *факультет «Ивана Ивановича»* — речь идет о Новикове Иване Ивановиче (1916—2014), академике РАН (1992), в 1948—1950 гг. заведующем кафедрой теплофизики Московского энергетического института, в 1950—1956 гг. начальнике Научно-технического управления Министерства среднего машиностроения СССР, одном из создателей и директоре МИФИ в 1956—1958 гг.

²⁾ *АИЛ* — от Александр Ильич Лейпунский, так в институте называли его сотрудники.

Б. А. Васильев

С Михаилом Федотовичем я познакомился через год после поступления на работу в ОКБМ после окончания физико-технического факультета Горьковского политеха в 1970 году.

Вначале я работал инженером-конструктором в отделе перспективных разработок, где делал дипломную работу. Но меня больше интересовало расчетное обоснование проектов, особенно обоснование активной зоны. И уже в середине 1970 года я перешел на работу в качестве инженера-расчетчика отдела физических и теплогидравлических расчетов, которые проводились в этом отделе по активным зонам всех типов ядерных реакторов, разрабатываемых в ОКБМ. Попал в группу Г. Б. Усынина, которая начинала осваивать физические расчеты активных зон реакторов БН. До этого времени физические расчеты для реакторов БН полностью выполнялись в ФЭИ, и уже была выпущена физическая записка для реактора БН-350. Весной 1971 года я вместе с Г. Б. Усыниным побывал в своей первой командировке. Это была командировка в ФЭИ, где я познакомился с заведующим лабораторией физрасчетов В. И. Матвеевым и старшим инженером этой лаборатории В. А. Черным. Мы обсуждали подходы и результаты физических расчетов, проведенных к тому времени в ОКБМ. В конце нашего визита нас принял Михаил Федотович, тогда заведующий отделом физики и радиационной защиты быстрых реакторов.

Более близко я познакомился с М. Ф. Трояновым уже в 1972 году при подготовке физической записки к реактору БН-600. Этот документ входил в ведомость технического проекта реактора и поэтому оформлялся в ОКБМ. Особенно мне запомнился заключительный этап разработки документа. Было это в июне, в ОКБМ приехала большая группа специалистов ФЭИ во главе с М. Ф. Трояновым, которая разместилась в гостинице ОКБМ. Эта гостиница находилась на пятом этаже общежития ОКБМ в доме № 17 на улице Шалапина. Работали, в том числе и в выходные, в гостинице. Было интересно и весело. Погода была хорошая — тепло, солнечно. Работа — работой, но надо было и перекусить, и иногда немного отдохнуть. В такую погоду не грех было и пива выпить, все-таки выходные. За пивом, как самого молодого, посылали меня. В качестве тары использовали зеленый эмалированный трехлитровый чайник,

Васильев Борис Александрович, кандидат технических наук, Заслуженный конструктор Российской Федерации, в 2000—2016 гг. — главный конструктор по направлению БН, в 2017—2020 гг. — главный конструктор активных зон БН АО «ОКБМ Африкантов», в настоящее время советник генерального директора АО «ОКБМ Африкантов».

которым комплектовали каждый номер. Гостиница располагалась среди барачных близлежащих предприятий. Ближайший пивной ларек был совсем недалеко.

Напряженность нашей работы определялась сроками, установленными для выпуска техпроекта реактора. Запоздывание с оформлением физзаписки было связано с проведением работы по физическому моделированию активной зоны на БФС-2, важностью учета результатов этой работы в обосновании проектных физических характеристик. Михаил Федотович взял на себя главную функцию по редактированию документа. А поскольку я был основным исполнителем работы со стороны ОКБМ, мы с ним довольно много взаимодействовали. Я запомнил его очень внимательное изучение уже написанного текста, который по разным разделам готовился разными специалистами ФЭИ и ОКБМ. А далее он формировал предложения по уточнению и дополнению предложенной редакции. Окончательное решение принималось на основании обсуждения со специалистами, участвующими в разработке соответствующих разделов. Я принимал участие во всех обсуждениях, иногда высказывал и свои предложения. А в конечном счете вносил в документ все наработанные изменения. Тогда это делалось по схеме: вначале готовился черновик, затем передавался машинистке. Поэтому мы старались избежать большого количества итераций по корректировке документа. Документ был выпущен вовремя, и он имел большое значение для изготовления топлива стартовой загрузки БН-600 и для проведения физического пуска реактора.

Учитывая большую значимость разработанной физзаписки к реактору БН-600 и большой личный вклад в нее Михаила Федотовича, я, уже будучи в должности главного конструктора РУ БН, вручил оттиск титульного листа и несколько важных страниц физзаписки Михаилу Федотовичу при чествовании его по случаю 70-летнего юбилея. При этом напомнил описанные выше дела минувших дней. Как я понял, это поздравление пришлось ему по душе.

И еще одно воспоминание, связанное с Михаилом Федотовичем, относящееся к начальному периоду моей работы, об участии в физпуске реактора БН-350, который был осуществлен в том же 1972 году, но только осенью. Руководителем физпуска БН-350 был В. В. Орлов, а заместителями — М. Ф. Троянов и Ю. А. Казанский. Я был командирован от ОКБМ для участия в физпуске БН-350 в качестве члена рабочей группы по обработке и анализу экспериментальных результатов. Был поздний вечер, когда я после прилета в г. Шевченко добрался до гостиницы «Актау», где жили все командированные на БН-350. Для ориентировки по действиям следующего дня: как добраться до Мангышлакэнергокомбината, где был построен БН-350, к кому из персонала БН-350 обращаться по вопросу организации моей работы в командировке и др., я решил обратиться к Михаилу Федотовичу, зная, что он находится в этой же гостинице. Через администратора гостиницы нашел номер, где он жил с Ю. А. Казанским. Старшие коллеги из ФЭИ встретили меня радушно, не только рассказали, как мне завтра действовать, но и напоили чаем, подкормили бутербродами, что было очень кстати после моего многочасового пути из Нижнего

Новгорода, тогда еще города Горького. А затем Михаил Федотович и Юрий Алексеевич поручили мне определенную работу по обработке различных экспериментальных данных, подсказывали, как и почему правильно это надо делать. Тогда я познакомился со строгим, можно сказать скрупулёзным подходом Михаила Федотовича к работе научно-исследовательского характера. Впоследствии это, в частности, проявилось в таком эпизоде. Перед предварительной защитой моей кандидатской диссертации, которая проходила в ФЭИ, Михаил Федотович открыл диссертацию на списке литературы, чтобы убедиться в его достаточной полноте.

Все предыдущие годы моя работа была связана только с реакторами БН, длительное время с разработкой активных зон, а после назначения в 1997 году на должность заместителя главного конструктора по направлению БН — и с другими вопросами разработки реакторных установок БН. И я всегда тесно взаимодействовал со специалистами ФЭИ. Периодически встречался и с Михаилом Федотовичем. Такие встречи, совещания разного уровня проходили, в основном, в ФЭИ, ОКБМ и на БАЭС. Иногда я участвовал в семинарах в ФЭИ, на которых делал доклады Михаил Федотович. Его выступления, комментарии и ответы всегда были четкими и, главное, ориентированы на достижение определённого конкретного результата по обсуждаемому вопросу.

У нас с Михаилом Федотовичем были и свои дискуссии, одна довольно острая по поводу замечания к его докторской диссертации. Г. Б. Усынин привлёк меня к написанию отзыва от ОКБМ, в частности, формулировке возможных замечаний. Я и сформулировал... А Герман Борисович счёл возможным включить это замечание в отзыв. Вообще же, Михаил Федотович был очень корректен и уважительно относился к людям. О достоинствах специалистов, с которыми взаимодействовал, он считал нужным и говорить, и писать, на это можно обратить внимание при прочтении его книги «Моей судьбою стал Физико-энергетический институт».

Что касается наших личных отношений, то их характеризует такой эпизод. На чествование Михаила Федотовича по случаю его 60-летия, а тогда он был директором ФЭИ, от ОКБМ направили меня, в то время начальника бюро физических расчётов. Мне казалось, что ехать надо было кому-то из руководящего состава ОКБМ. Но слова, которые сказал мне Михаил Федотович после вручения ему адреса и подарка, меня успокоили и ободрили. И, вообще, мне было очень приятно. Он сказал: «А знаете, я рад, что поздравить меня от ОКБМ приехали именно Вы». И этот очерк о Михаиле Федотовиче я пишу с самыми светлыми, теплыми чувствами, вспоминая его, других специалистов ФЭИ, наши совместные дела.

Мне посчастливилось познакомиться со многими из специалистов ФЭИ. Трудно назвать всех, с кем я взаимодействовал. Но несколько фамилий специалистов-физиков, с которыми я длительное время работал по разным проектам, назову. Я уже упоминал В. И. Матвеева и В. А. Черного. А кроме как с ними, более всего совместно работал с А. Н. Чебесковым, С. Б. Бобровым, А. В. Дани-

лычевым, В. П. Евдокимовым, В. Ю. Стоговым, В. А. Елисеевым, И. П. Матвиенко, А. М. Цибулей, Ю. С. Хомяковым, Г. Н. Мантуровым, М. Ю. Семеновым.

В заключение этого очерка я хотел бы сказать о роли ФЭИ в становлении быстрых реакторов — создании промышленной технологии реакторов БН. Эта роль исключительна. В значительной мере ФЭИ организовал всю работу по созданию технологии БН, начиная с научного обоснования основных положений технологий, которые, в основном, и проводились в ФЭИ, и заканчивая сопровождением эксплуатации построенных реакторов. А в этом диапазоне: привлечение к работе по направлению БН других НИИ, совместная работа с конструкторскими и проектными организациями по выполнению опытно-конструкторских работ и разработке проектной документации, участие в курировании изготовления оборудования и проведении его монтажа, участие в проведении пусконаладочных работ, включая физический и энергетический пуски.

По моему мнению, именно эта комплексная эффективная работа ФЭИ определила лидерство нашей страны в области развития быстрых реакторов. И в связи с этим, возвращаясь к основной теме этого очерка, хочу сказать о большом вкладе Михаила Федотовича в продвижение проекта БН-800 на должности директора ФЭИ. Сооружение БН-800 было приостановлено после Чернобыльской аварии. Для возобновления сооружения со стороны ФЭИ и ОКБМ были предприняты большие усилия. Проект был доработан, введены дополнительные системы безопасности, изменена конструкция активной зоны: введена натриевая прослойка для снижения натриевого пустотного эффекта реактивности, было выполнено более глубокое обоснование безопасности.

Для анализа безопасности проектируемого реактора была создана комиссия Академии наук СССР. Взаимодействие с комиссией и Госатомнадзором, убеждение региональных властей и общественности, да и руководства отрасли — все это требовало знаний, настойчивости и дипломатичности. Михаил Федотович обладал этими качествами и участвовал в наиболее важных обсуждениях, совещаниях и заседаниях. Выезжал на встречи с общественностью в Челябинскую и Свердловскую области, где было начато строительство реакторов БН-800. В итоге в 1997 году была получена лицензия на сооружение БН-800 на Южно-Уральской АЭС, а в 1998 году — на Белоярской АЭС, где по этой лицензии в конечном счете в 2015 году был построен реактор. В последние годы работы Михаила Федотовича на должности директора ФЭИ при активном содействии О. М. Сараева, ставшего генеральным директором концерна Росэнергоатом, были возобновлены НИОКР по реактору БН большой мощности для серийного сооружения. В итоге к настоящему времени разработан проект БН-1200, характеризующийся высокими показателями надежности и безопасности. И если использовать язык метафор, то можно сказать так: Михаил Федотович был одним из тех гигантов, плечи которых стали надежной опорой для специалистов, продолжающих продвижение технологии БН.

2021 год.

В. Н. Дельнов

В начале 1980-х годов Михаил Федотович Троянов работал заместителем директора Физико-энергетического института по направлению быстрых реакторов. В то время он уже был доктором технических наук, лауреатом Государственной (1974 г.) и Ленинской премий (1982 г.) в области науки.

В этот период времени я работал инженером в гидродинамической лаборатории (начальник Б. Н. Габрианович), в составе группы работников лаборатории занимался исследованиями гидродинамики проточных частей реакторных установок БН-600, БН-800, их основного оборудования: промежуточного теплообменника, перегревателя БН-600, напорной и выходной камеры.

Руководство лаборатории иногда поручало мне утвердить у Михаила Федотовича отчетную документацию с результатами проведенных исследований. Конечно, любая встреча с известным в мире ученым и обсуждение с ним представленных на утверждение результатов была ответственным моментом. Со стороны Михаила Федотовича рассмотрение и утверждение документов не было формальной процедурой: он обсуждал полученные результаты с исполнителем работы, сравнивал их с результатами других исследователей из других подразделений, давал конструктивные предложения по устранению выявленных недостатков и предлагал направления дальнейших исследований по рассматриваемым проблемам. При рассмотрении научно-технических отчетов приглашал для обсуждения полученных результатов ведущих специалистов, занимающихся решением аналогичных задач в других подразделениях, сравнивал результаты исследований одних и других и, в ряде случаев, давал высокую оценку работе молодых исполнителей. Этот педагогический прием стимулировал работу молодых исследователей: позволял им поверить в себя и ставить перед собой амбициозные научные задачи.

Тактичность и уважение к исполнителям были характерны для М. Ф. Троянова. Например, в случае выявления орфографических ошибок в отчетной документации, он рекомендовал исполнителю проверять текст после его печати машинисткой. При этом Михаил Федотович допускал, что в ряде случаев к ошибкам в тексте имели непосредственное отношение авторы работы.

М. Ф. Троянов поддерживал дружеские отношения связи с работниками Теплофизического отделения. Регулярно посещал экспериментальные стенды

Дельнов Валерий Николаевич, доктор технических наук, действительный член РАЕН, доцент, работает в ФЭИ с 1973 г., в настоящее время — начальник отдела патентной и научно-технической информации.

гидродинамической лаборатории, интересовался проводимыми экспериментами, давал практические советы, способствуя исключению методических погрешностей и повышению качества экспериментов.

Обладая высокими научным потенциалом и знаниями, и званиями, Михаил Федотович активно участвовал в воспитании молодых научных кадров Физико-энергетического института. Он принимал непосредственное участие в организации и проведении конкурса молодых ученых и специалистов имени А. И. Лейпунского. В ряде случаев именно участие в этом конкурсе способствовало тому, что молодые ученые и специалисты защищали диссертационные работы и становились признанными учеными.

М. Ф. Троянов обсуждал с молодыми специалистами не только на работе, но и в неофициальной обстановке их перспективные планы научных исследований, всячески поддерживал стремление молодых работников в вопросах подготовки диссертационных работ и повышения их профессионального уровня. Ряд рекомендаций Михаила Федотовича мне очень помогли выбрать направления научно-технической деятельности, защитить кандидатскую и докторскую диссертационные работы. За это я ему очень благодарен.

2021 год

П. П. Дьяченко

М. Ф. Троянов и ядерно-лазерная энергетика

Михаил Федотович Троянов был директором института в один из наиболее трудных, переломный для страны, науки и института период, с 1987 по 1992 год. От его решений в те годы зависела, в частности, судьба нового для института направления исследований — физика лазеров с ядерной накачкой (ЛЯН). Так случилось, что именно этот период оказался наиболее ответственным в работе по этой тематике.

В 1986 году руководством Министерства было принято решение о сооружении в ФЭИ реакторно-лазерного комплекса — стенда «Б» с двухзонным импульсным исследовательским реактором БАРС-6 (быстрый аperiodический реактор самогасящийся шестой модификации). Научным руководителем и Главным конструктором был назначен Физико-энергетический институт. Главным проектировщиком и Генподрядчиком — Государственный специализированный проектный институт (ГСПИ) и Обнинское управление строительства, соответственно.

Работы по сооружению стенда включали в себя реконструкцию зд. 166 для размещения установки, изготовление реактора по чертежно-конструкторской документации и при техническом содействии его разработчика — Всесоюзного научно-исследовательского института технической физики (ВНИИТФ, г. Челябинск-70), модернизацию реактора для работы с лазерным блоком, разработку и изготовление лазерного блока (совместно с ИОФАН).

В период, когда возможности строительства в институте стали очень сильно ограничиваться, выполнить такой объем работы в установленные сроки без принятия специальных мер было невозможно. Поэтому Михаил Федотович принял решение о концентрации строительных возможностей и средств на этом объекте. В этой связи я вспоминаю один из курьезных случаев. Во время строительства в институт так интенсивно днем и ночью шли самосвалы с бетоном, что по городу поползли слухи, что в ФЭИ что-то случилось.

В результате со сравнительно небольшим опозданием от установленных директивными документами сроков в институте был создан уникальный, не

Дьяченко Пётр Петрович, доктор физико-математических наук (1993), действительный член РАЕН (1996), работает в ФЭИ с 1956 г., в 1995–2008 гг. — директор Отделения № 8, в настоящее время — советник директора Отделения прикладной физики по теории лазеров с ядерной накачкой.

имеющий аналогов в мире демонстрационный образец мощной импульсной реакторно-лазерной системы на основе оптического квантового усилителя с ядерной накачкой (ОКУЯН), т. е. доказана «теорема существования» нового направления использования ядерной энергии — ядерно-лазерной энергетики.

Следует заметить, что реактор БАРС-6, используемый в этой установке в качестве запального, был первым новым реактором, пущенным в России. По крайней мере, «Временное разрешение на эксплуатацию стенда «Б» с импульсным исследовательским реактором БАРС-6», выданное Госатомнадзором России 27 декабря 1994 г., имеет № 1 (01/002-02-05).

Важным этапом в работе по данной тематике была проведенная в ФЭИ в мае 1992 года международная конференция «Физика ядерно-возбуждаемой плазмы и проблемы лазеров с ядерной накачкой». Михаил Федотович был председателем организационного комитета этой конференции. Почетным председателем был Ю. Б. Харитон (ВНИИЭФ), сопредседателями — Е. Н. Аврорин (ВНИИТФ) и А. И. Павловский (ВНИИЭФ). Программа конференции включала широкий круг вопросов, связанных с фундаментальными и прикладными исследованиями в области прямого преобразования ядерной энергии в энергию лазерного излучения.

В конференции приняли участие около 150 специалистов из России (ФЭИ, ВНИИЭФ, ВНИИТФ, НИИАР, ИОФАН и др. лабораторий), Казахстана (ИЯФ), США (Национальные лаборатории САНДИА, Лос-Аламосская национальная лаборатория, Университет штата Иллинойс и др. лабораторий), Германии (Мюнхенский технический университет), КНР (Юго-западный институт физики и химии) и других стран, которые представили около 90 устных и стендовых докладов по следующим направлениям исследований:

- физика и константы элементарных процессов в ядерно-возбуждаемой плазме;
- кинетика ядерно-возбуждаемой плазмы, спектральные характеристики активных сред;
- перенос нейтронов в стационарных и нестационарных режимах, пространственные и временные характеристики энерговклада в активную среду;
- оптика лазеров с ядерной накачкой, пространственные, временные и энергетические характеристики лазерного излучения;
- конструкционные, технологические, теплофизические и радиационные проблемы лазеров с ядерной накачкой;
- концепции лазерных систем с ядерной накачкой для научно-технических и народно-хозяйственных применений, вопросы ядерной и радиационной безопасности ЛЯН.

Конференция подтвердила актуальность задачи создания демонстрационного образца мощной реакторно-лазерной системы.

Мне довелось также общаться с Михаилом Федотовичем в, как говорится, непроизводственной обстановке: на отдыхе и в зарубежной командировке.

Однажды, где-то в конце 1980-х годов, мы с семьями в одно время отды-

хали на базе отдыха ФЭИ «Планета» на р. Ока. Михаил Федотович запомнился мне как умный, спокойный и, я бы сказал, какой-то «основательный» человек. Но главное, что на меня произвело впечатление, так это отсутствие в нем какого-бы то ни было «нарциссизма». Ничто в его поведении на отдыхе не выдавало то, что он директор института. Он любил музыку. Любил собирать грибы и восторгался природой.

В июне-июле 1988 года в Израиле (г. Тель-Авив) состоялась 9-я Международная конференция по нетрадиционным ядерным энергетическим системам ICENES-98. Наша делегация состояла из 9 человек: М. Ф. Троянов с женой, я с женой, В. Н. Кононов с женой и внуком, Г. И. Тошинский и В. М. Декусар. От ФЭИ на эту конференцию было представлено десять докладов по разным направлениям ядерной энергетики.

У Михаила Федотовича был доклад по ториевому топливному циклу, у меня — по проблеме ядерно-лазерной энергетики. Они были на разных секциях и в разное время. Я был на его докладе. Он присутствовал на моем. Надо сказать, что я перед моим докладом изрядно волновался. То, что рабочим языком был английский, меня особенно не беспокоило, но вот то, что в вопросах, и особенно в дискуссии, этот «английский» бывает, как правило, японским, испанским, китайским и т. д., могло привести к конфузии. Однако присутствие в зале Михаила Федотовича как-то успокоило меня, и доклад прошел нормально.

Для меня Михаил Федотович Троянов является замечательным человеком, ученым и организатором, сыгравшим огромную роль в той области науки, в которой я работаю.

2021 год

В. С. Каграманян

После окончания в 1972 году Обнинского филиала МИФИ я был распределен в ФЭИ с задачей освоить и развить методологию, разработанную В. В. Орловым, для проведения системных исследований быстрых натриевых реакторов БН.

В это же время на личном фронте я встретил свою половинку Наталью, с которой создал надежный семейный тыл, позволивший мне в дальнейшем сконцентрироваться на работе.

Сегодня я понимаю, что мне повезло не только в личной жизни, но и в работе, где постоянным объектом моих системных исследований оказались уникальные высокие технологии БН, по которым моя страна в 1980-е годы стала и до сих пор остается признанным мировым лидером.

Я очень признателен Виктору Владимировичу Орлову, введшему меня в увлекательный мир идеологии системных исследований АЭ. Но при этом я должен признать, что ключевую роль в моем становлении как специалиста сыграл именно Михаил Федотович Троянов, за что я ему очень благодарен. После ухода В. В. Орлова в 1976 году в Курчатовский институт именно М. Ф. Троянов стал руководителем всех работ по быстрым натриевым реакторам в ФЭИ, включая и системные исследования, которые велись в группе В. Б. Лыткина с моим активным участием.

Ниже мне хотелось бы осветить ту исключительную роль, которую сыграл Михаил Федотович в обосновании развития технологий БН в конце 1970-х годов и в смутные перестроечные годы до его ухода в 1992 году с поста директора ФЭИ. Я считаю, что во многом благодаря именно его личным качествам как руководителя и его стратегическим решениям направление БН удалось сохранить в нашей стране, и мы до сих пор остаемся мировыми лидерами в этой области.

Начну с того, что Михаил Федотович так же, как и основатель этого направления, А. И. Лейпунский, и его последователь В. В. Орлов, прекрасно осознавали исключительную важность проведения системных исследований для определения роли и требований к ключевым системным характеристикам БН и замкнутого цикла (КВ, удельная загрузка топлива, время внешнего цикла $T_{\text{вц}}$, глубина выгорания топлива).

Каграманян Владимир Семёнович, кандидат технических наук (1988), работает в ФЭИ с 1972 г., с 1993 г. — начальник лаборатории № 107, в 1995–1997 гг. — начальник отдела, в 1996–2005 гг. работал в МАГАТЭ, в настоящее время — советник генерального директора.

Уже в те годы было ясно, что традиционный экономический анализ с использованием традиционных цен на природные сырьевые ресурсы здесь не работает. Ведь основным энергетическим сырьем для БН является плутоний, который не существует в природе. Более того, БН обладают потенциалом стать основой любой масштабной энергетической системы, способной влиять не только на мировые цены природного энергетического сырья, но и на многие макроэкономические показатели развития как страны, так и мира в целом. А, следовательно, системные исследования БН правильно проводить в рамках общей энергетической системы в контексте долгосрочных целей и планов развития экономики страны.

Предполагаемым результатом таких комплексных исследований применительно к быстрым реакторам должна была бы стать оценка системных требований к оптимальным показателям БН и определение оптимального периода начала и масштабов строительства БН. При этом понималось, что теоретически эти исследования должны были бы носить итерационный характер. Сначала задаются предварительные величины чисто экономических и системных показателей БН. В результате системных исследований определяется динамика изменения во времени так называемой системной цены плутония, как внутреннего продукта, воспроизводство которого в БН позволяет снизить потребление в энергетике ограниченных ресурсов природного сырья различной стоимостной группы. Затем с использованием этой системной цены плутония, изменяющейся во времени, определяются системные требования и оптимальные величины КВ, удельной загрузки и $T_{\text{вц}}$ для БН разного поколения.

С использованием новых характеристик БН разного поколения предполагалось вновь произвести исследования системы общей энергетики и экономики, уточнить оптимальные сроки и масштабы освоения БН, а также динамику изменения системных цен на плутоний и т. д.

Здесь необходимо отметить, что с самого начала развития технологий БН в нашей стране под руководством А. И. Лейпунского и до конца 1970-х годов ФЭИ был признанным в отрасли идеологическим центром системных исследований БН. В начале 1970-х годов именно в ФЭИ были выдвинуты достаточно амбициозные системные требования к БН (КВ на уровне 1,5, высоконапряженная а.з., $T_{\text{вц}} = 0,5$ года). Эти требования вырабатывались с использованием весьма упрощенных системных расчетов, предполагавших: а) продолжение интенсивных темпов развития экономики страны (6–9% год) в течение последующих 30–50 лет; б) обеспечение основного роста мощностей базовых электростанций за счет строительства АЭС, сначала с ТР, а затем с БН; в) ускоренного освоения коммерческих технологий БН и ЗЯТЦ (5–10 лет).

С уходом из ФЭИ в 1976 году В. В. Орлова научным руководителем системных исследований стал М. Ф. Троянов. К этому времени я создал в ФЭИ с использованием методологии Орлова В. В. компьютерную программу для проведения системных экономических исследований АЭ с ТР и БН, которая позволяла определять не только динамику изменения структуры АЭ во вре-

мени, но и динамику изменения системной цены на плутоний на последовательных этапах освоения БН. Использование полученных результатов позволило прийти к пониманию, что требования к системным характеристикам БН могут сильно зависеть от темпов развития АЭ и быть разными для БН разного поколения. В частности, исследования показывали, что нет никакой экономической необходимости достижения высоких КВ, коротких $T_{\text{вц}}$ для БН первого поколения.

Михаил Федотович поддержал мои исследования и посодействовал тому, чтобы я перешел на новый методологический уровень исследований, от использования имитационных моделей к использованию оптимизационных моделей. В результате я познакомился и освоил оптимизационную модель общей энергетики из ИВТАН, а также оптимизационную модель АЭ Я. В. Шевелева из Курчатовского института. Для усиления работ в области системных исследований Михаил Федотович пригласил в ФЭИ ученика Я. В. Шевелева — А. В. Клименко. Использование новых оптимизационных моделей в системных исследованиях БН подтвердило наши предварительные выводы о необходимости поэтапного подхода к выработке системных требований к БН.

В сотрудничестве с А. А. Ринейским я провел исследования в обоснование достаточности умеренных характеристик БН первого поколения (КВ на уровне 1,2; низконапряженная активная зона; $T_{\text{вц}}$ порядка 3 лет). Полученные результаты я планировал сделать основой моей диссертационной работы, но к этому времени идеологические предпочтения в отрасли применительно к БН резко поменялись.

К началу 1980-х годов группа под руководством В. В. Орлова в Курчатовском институте провела упрощенные системные исследования АЭ, в результате которых были выработаны новые требования к характеристикам БН всех поколений. От них требовалось теперь, чтобы все они непременно имели гетерогенную а.з. и обеспечивали КВ на уровне 1,5. Логика результатов этих требований была очень проста. В Курчатовском институте, разработчике АЭС с ВВЭР, априори предполагалось, что ВВЭР всегда будут намного дешевле БН, которых в структуре АЭ должно быть всегда как можно меньше. При этом БН должны производить избыточный плутоний не столько для своего развития, сколько для ВВЭР.

НТС отрасли поддержал идеологию Курчатовского института, и она стала отраслевой вплоть до Чернобыльской аварии в 1986 году. Эта идеология не предполагала какую-либо этапность освоения технологий БН и серьезно затормозила реализацию в стране ранее принятой программы коммерческого освоения технологий БН, включавшей в себя строительство четырех БН-800 с умеренными КВ и предприятий ЗЯТЦ.

В это время я вспомнил о другой задаче, которую В. В. Орлов поставил перед молодыми специалистами ФЭИ — разобраться в различных подходах определения ценностей различных изотопов плутония. Я развил системную методологию Виктора Владимировича и провел исследования по определению

ценностей изотопов плутония, в зависимости от используемого критерия эффективности. Михаил Федотович с удовольствием поддержал мою работу в качестве научного руководителя. Он активно мне помог с корректировкой написанной мною кандидатской диссертации, с организацией её защиты в ОКБМ в 1986 году. За что я ему премного благодарен.

В послечернобыльский период выдвинутые в Курчатовском институте требования к КВ естественно потеряли всякий смысл. В этот период усилия всех НИИ отрасли были сосредоточены на достижении новых требований к характеристикам безопасности своих реакторов. Детище ФЭИ — БН-800 — стал первым реактором, удовлетворившем всем новым требованиям безопасности. Несомненно, огромная заслуга в этом М. Ф. Троянова, директора ФЭИ с 1987 по 1992 год.

По моему представлению, с началом развала нашего государства Михаил Федотович, сам будучи талантливым руководителем, нацеленным на реализацию поставленных свыше важных практических инженерных задач для обеспечения развития страны, понял, что наступает время другого типа руководителя для ФЭИ. Руководителя, способного сохранить для будущего направление БН и коллектив института в условиях ожидаемого серьезного кризиса в экономике страны и потери всякого интереса к развитию БН на самом верху.

Выбор Михаила Федотовича в качестве приемника пал на В. М. Мурогова. С моей точки зрения, это был верный стратегический выбор. Будучи директором ФЭИ в смутный период (1992 – 1996), Виктору Михайловичу удалось найти серьезные аргументы для сохранения направления БН обоснованием целесообразности использования БН для решения политически ангажированной задачи по утилизации высвобождаемых излишков оружейного плутония.

Позднее, в период 1996 – 2003 гг., В. М. Мурогов, будучи заместителем директора МАГАТЭ, организовал международный проект ИНПРО, в рамках которого было определено, что разрабатываемый в России под научным руководством ФЭИ проект коммерческого БН-1200 удовлетворяет международным требованиям к реакторам 4-го поколения.

В заключение отмечу исключительно важную роль М. Ф. Троянова в том, что в стране успешно работают БН-600 и БН-800, а в запасниках имеется готовый проект реактора коммерческого уровня БН-1200, строительство которых станет актуальным с началом реиндустриализации экономики нашей страны.

2021 год

Ю. А. Казанский

О друге моем, Михаиле Федотовиче

Исполняется 90 лет со дня рождения Михаила Федотовича Троянова, так не вовремя ушедшего из жизни. Это был замечательный и простой человек, успешно прошедший научные, технологические, организационные ступени в Физико-энергетическом институте — от рядового инженера до директора. Это был настоящий и последовательный человек в деле создания в России ядерных реакторов на быстрых нейтронах. Мне мало пришлось работать с ним вместе, но мы стали друзьями. И есть желание немного рассказать об этом, и особенно — о совместной работе при физическом пуске реактора БН-350 на жарком берегу Каспийского моря.

В одном из своих юбилейных поздравлений (образец эпистолярного искусства приведен в этом сборнике воспоминаний) Михаил Федотович искренне удивляется, что нас сблизило: «Ведь мы не были друзьями детства или юности. Мы подружились женатыми и детными. И получилось это как-то нескоро и постепенно». Добавлю, что я только в 1969 году увидел совсем другого Михаила, когда он на поминках моего отца (очень рано ушедшего из жизни) быстро нашел общий язык и увлеченно говорил с моим любимым дядей — 70-летним главным врачом (и хозяйственником) Балашовской железнодорожной больницы Иосифом Михайловичем. Разговор был на равных с этим настоящим интеллигентом старой закваски, употребляющим вкусное словечко «нутека-с» и передающим обязательно в больницу все подношения от благодарных пациентов близлежащих деревень.

Что нас сблизало. Я первым стал владельцем авто и тренировал Михаила на отвратительном участке дороги киевского шоссе от Обнинска до Балабаново. Кстати, он оказался очень старательным и быстро схватывающим учеником. Здесь уместно будет подчеркнуть особую черту основательности Михаила Федотовича на примере его гаража. После приобретения машины и гаража Михаил показал мне свой гараж, в подвале которого были не только банки с

Казанский Юрий Алексеевич, доктор физико-математических наук (1978), Заслуженный деятель науки и техники Российской Федерации (1995), работал в ФЭИ в 1954–1985 гг., с 1972 г. — заведующий научным отделом ФЭИ; в 1985–2000 гг. — ректор, в настоящее время — профессор Обнинского института атомной энергетики — филиала НИЯУ МИФИ.

вареньями, с грибами, но и выделенное место (почти полподвала) под различные обслуживающие автомобиль приспособления и материалы. Восхищал набор инструментов с небольшим количеством гаек и болтиков, разложенных по банкам с надписями размеров. Увидев эту роскошь, я капитулировал и согласился с шутливым (в каждой шутке есть доля шутки!) прозвищем «ездун». Было еще одно словосочетание (полагаю, изобретенное также моим другом) — «тупой, как троллейбус».

У Михаила было вполне приличное музыкальное образование. Вместе с артистизмом и всем понятным юмором он пел под собственный аккомпанемент песенку «На Дерибасовской открылась пивная...». Это надо было и видеть, и слышать! Я всегда просил его спеть эту незамысловатую песенку, и его исполнение имело громадный успех у слушателей. С возрастом он все реже соглашался, и даже сердился.

Редко, но у нас были развлечения. Одно время группа преферансистов (незабываемые игроки Валерий Золотухин, Станислав Белов) поглощала Михаила Троянова и Армена Абагяна. Запомнился весенний теплый день, когда «преферансистов» принимал Михаил на своем огороде и угощал выращенной им под плёнкой редиской.

Когда в 1969 году Виктор Орлов сагитировал группу сотрудников 35-й лаборатории перейти на новое направление — экспериментальное обоснование проектируемых реакторов на быстрых нейтронах, мы с Михаилом Федотовичем оказались на одинаковых формальных уровнях (руководители расчетного и экспериментального отделов).

Окончание строительством реактора БН-350 намечалось к началу 1973 года. Мы — экспериментаторы — получили задание: подготовить группу дежурных физиков, разработать совместно с подразделением Бориса Григорьевича Дубовского и физико-технической лабораторией Г. А. Померанцева при БН-350 распорядительную документацию по организации и проведению физического пуска реактора. Вот здесь-то наши дружеские отношения получили, с одной стороны, развитие, а с другой — технико-теоретическую основу. При наборе критмассы реактора БН-350 случился хрестоматийный казус, в результате которого к специальному приезду на физический пуск начальника Четвертого управления министерства А. Д. Зверева этот физический пуск уже был реализован. И даже полностью освоен предварительно подготовленный к этому случаю специальный напиток «Трояновка». Физпуском руководил Виктор Орлов, а группа физиков, в которую входил и Михаил Федотович, готовила решение о количестве топлива при очередной загрузке.

Положение было «аховое». Но мудрые головы нашли решение и доложили приехавшему А. Д. Звереву, что всё для физпуска готово, всё предварительно проверено и можно начинать физпуск. Я был и на том, и на другом физпусках и, честно говоря, отлично помню «второй» физпуск, который был организован прекрасно. Руководил всей деятельностью Александр Дмитриевич Зверев, отдавал команды на загрузки тепловыделяющих сборок и проведение замеров

Виктор Орлов, а результаты оценивала группа физиков, куда входил и Михаил Федотович, который с удовольствием делил эту ответственную процедуру анализа состояния реактора с Юрием Казанским.

На картинках приведены скрин-шоты фильма, снятого 29 ноября 1972 года «Актау 1972 год. Физический пуск реактора БН-350», где показаны рабочие моменты этой группы с краткими комментариями.



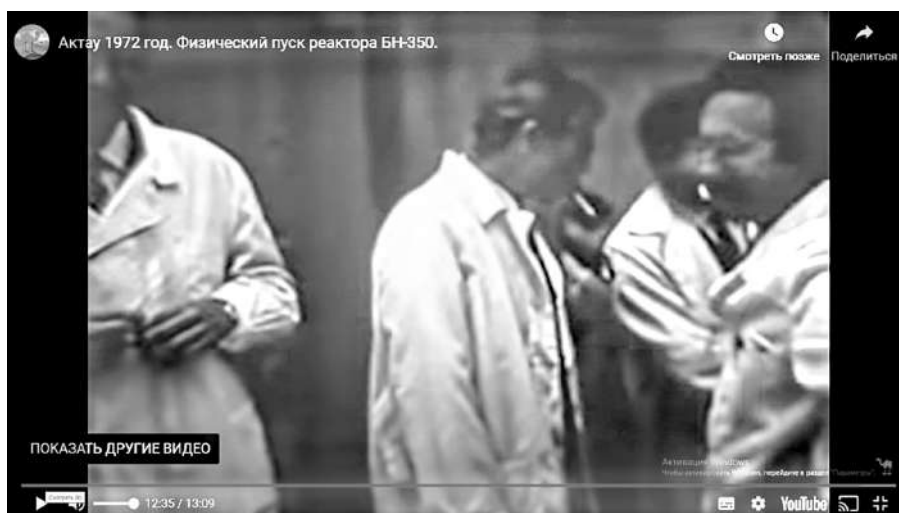
Михаил Федотович, Н. В. Красноярцев и знаменитый Борис Григорьевич Дубовский, принимавший участие в первой реализации цепной реакции деления ядер нейтронами на евроазиатском континенте¹⁾



Команда «пускачей». Дежурный физик Владимир Мамонтов дает распоряжение о выводе поглощающих стержней из активной зоны реактора под строгим наблюдением Михаила Федотовича



Совещание команды «пускачей» после последней догрузки топлива в реактор.
«А будет ли достигнута критическая масса топлива?»
На переднем плане — М.Троянов и Ю.Казанский



А теперь и покурить можно

Надо сказать, что в это время происходила пертурбация высшего звена руководства основными направлениями деятельности ФЭИ. Директором ФЭИ становится в 1974 году О. Д. Казачковский, В. В. Орлов уходит в Курчатовский институт, М. Ф. Троянов становится заместителем директора, Л. А. Кочетков начинает командовать сектором, куда входят и расчетный, и экспериментальный, и технологический отделы.

В это время меня и отдел экспериментальный, с его многочисленными критическими стендами и грандиозными запасами высокообогащенного урана и плутония с малым содержанием высших изотопов, назначают ответственными за подготовку к физпуску реактора БН-600 и подкрепляют заданиями по разработке пусковой аппаратуры отдел Л. А. Маталина. Сказывается характер М. Ф. Троянова — все должно быть основательным.

В эти годы у нас были широкие международные научно-технические связи и совместные работы, в особенности с Францией, которая достраивала реактор Супер-Феникс. М. Ф. Троянов организовал несколько групп, которые проводили даже экспериментальные совместные работы с французами, а также организовывали двусторонние научно-технические семинары.

Не всё и не всегда было гладко в наших деловых отношениях. Я считал, что результаты измеряемых характеристик должны оформляться в виде хотя бы кратких записок, сопоставляться с аналогичными расчетными данными, а результаты сопоставлений надо оформлять в виде внутреннего документа. Однако ситуация исторически сложилась иначе. Расчетные группы получали у работающей смены БФС данные, «подгоняли» результаты расчета — и все было прекрасно. Из этого можно было бы сделать вывод — а зачем проводить измерения, зачем нужен эксперимент. С Михаилом было найдено компромиссное решение: в расчетной части отчетов стали приводить результаты расчетов как до экспериментов, так и после корректировки расчетных данных с учетом экспериментов.

Жалею до сих пор, что мы с Михаилом не воспользовались нашими возможностями (руководителей громадного ФЭИ и быстро растущего Института атомной энергетики) для создания взаимовыгодных условий совместной работы. Правда, жизнь сама внесла поправки — несколько прекрасных специалистов (отягченных кандидатскими и докторскими степенями) пришли в ИАТЭ на постоянную работу.

Считаю, что мне везло по жизни встречаться и даже работать вместе с замечательными людьми. Среди них — Михаил Федотович Троянов. Это был интеллигентный человек с развитым чувством юмора, умеющий прекрасно организовать деятельность свою и своего коллектива. Он был широко образован. Любил и понимал музыку. Я благодарю судьбу за подарок быть другом такого человека.

2021 год

Примечание

- ¹⁾ Дубовский Б. Г. участвовал в создании и пуске 25 декабря 1946 г. реактора Ф-1 в Лаборатории № 2 (с 1960 г. — Институт атомной энергии имени И.В. Курчатова, ныне — НИЦ Курчатовский институт).

Приношение другу

Дорогой Юрий Алексеевич! Дорогой дружище Юра!

Я очень рад этой возможности приготовить тебе это письменное поздравление с такой датой. Рад и потому, что такая (!) дата, и потому, что сам я имею возможность поздравить тебя, находясь недалеко от тебя по возрасту.

Я категорически исключаю для себя заниматься твоим жизнеописанием, поскольку таковое более уместно для другой ситуации.

Копаясь в извилинах своей памяти (прямо до полного их расплетения), я никак не смог восстановить цепочку событий, которые нас подружили. Ведь мы не были друзьями детства или юности. Мы подружились женатыми и детными. И получилось это как-то нескоро и постепенно.

Вот что я помню очень хорошо, так это первый раз, когда фамилия и личность были соединены. На новеньком стадионе «Труд» в окружении болельщиков и (особенно) болельщиц после забега на 100 м ты блистал своим великолепным молодым здоровым видом.

А далее нас сталкивала разного рода общественная работа, и мы выруливали на сближение. А потом и встречаться стали, имея общих знакомых. Да, а что касается общественных дел, хочу сказать тебе, что более всего мне помнятся два сюжета, связанных с тобой.

Один — непродолжительный. Это твоя ария в КВН между Обнинском и Дубной. Исполнение её голосом «а la» баритональный бас имело огромный успех у экранов ТВ в Обнинске.

Другой (продолжался несколько лет) — твоё президентство в Доме учёных. И никакого Дома-то не было, а какие вечера, какая популярность была у этого Дома без дома! Тут я говорю без всякого юмора — позволь тебе сказать за тот Дом Учёных запоздалое спасибо.

Ты довольно рано стал автомобилистом, да к тому же заядлым. И спринтерская натура пробивалась. Помню, как в поездке за грибами пока ехали по Обнинску, ты ворчал, что «понаставили тут знаков 40 км/час, ездить невозможно».

А на день рождения мы всей компанией подарили тебе колесо. Какое удовольствие было на твоей физиономии! Правда, среди твоих гостей оживлённо обсуждался вопрос супер-подарка: не подарить ли тебе лошадь. Припоминаешь?

Спортивное прошлое опытного бегуна не могло внезапно прерваться. Ты помнишь такую «страстишку», как водные лыжи? И Протва, и Ока помнят, как их берега подмывали волны от несущихся катеров, которые тащили на водных

Юбилейное поздравление Ю.А. Казанскому в 2010 г. приложено автором воспоминаний в качестве образца эпистолярного искусства М. Ф. Троянова. (*Прим сост.*)

лыжах то отца, то сына Казанских. Ну, а зимней Протве хорошо знаком (кажется, до сих пор) сам наш дражайший юбиляр.

В спортивной карьере есть и такой, не очень популярный вид «спорта», как преферанс. Припоминаю нашу четвёрку, собиравшуюся то на садовом участке, то в той квартире, где временно отсутствовала хозяйка. А каким запоминающимся и азартным был наш коллега Валерий, так рано ушедший. Большой был знаток в методе Монте-Карло. Может, поэтому и играл хорошо?

Оставим, однако, темы досуга и вернёмся к делам былого времени.

Какая же отличная мысль пришла в голову моего тогдашнего начальника, дяди Вити: он решил взять тебя, твою группу и кое-кого ещё из «бывалых» в свою епархию и привлечь к работам по экспериментальной реакторной физике. Это «вливание» буквально всколыхнуло жизнь старого коллектива. Посыпались новые идеи, предложения, возникали споры и дискуссии — признаки нормальной жизни учёных. Ты сознаешь свою «вину» в том, что гладкая, плавная жизнь на этом поприще закончилась? Винись в том, что появление тебя на стендах БФС лишило многих твоих коллег спокойной жизни. Но и более того, аукнулось, например, во Франции, там ведь тоже кое-кому стало неспокойно: что-то быстро побежали вперёд русские мальчики.

Я очень рад, что тебе довелось быть участником завершающей стадии разработки реакторов БН-350 и БН-600, проведения физических пусков и физических исследований. В особой степени — в качестве руководителя физического пуска БН-600. Видишь, неплохо сработали и ФЭИ, и ОКБМ, и персонал БАЭС, и все смежники — реактор уже 30 лет проработал, да и с какими показателями!

Вот тут только я поймал себя на том, что впадаю в пафос. Может быть, это ещё где-то проскочило или проскочит нечаянно. Не суди строго, я ведь знаю, что нам привычнее поддразнивать друг друга. Виною — повод и тема.

Помню осень 1985 года, когда ты был соблазнён новыми для тебя делами. Итог твоего выбора, конечно, плюсовой. Целых 25 лет ты уже не совсем наш, но и наш тоже. Диссертанты на защите в ФЭИ вынуждены отвечать на твои вопросы, в которых у тебя нет недостатка. Все события в жизни старого коллектива связаны с тобой, никуда тебе не деться от ФЭИ. Но того, чем ты занимался 25 лет вне ФЭИ, мне не описать. Для меня последние 25 лет общения с тобой стали только более интересными.

Хочу тебе сделать ещё одно признание. Я думаю, что Людмила Алексеевна, как художник или скульптор, лепила и ваяла тебя. Она стойко и терпеливо воспринимала твою беспокойную, искромётную натуру, гасила искры, охлаждала пыл, но берегла главное — твою индивидуальность. Спасибо ей за это и хвала её мудрости.

В заключение прошу тебя, дорогой дружище Юра, не забывать приглашать на следующие юбилеи. Что-нибудь ещё вспомним.

М. Троянов

С. В. Кушнарёв

Учёный, открывший Обнинск для Ядерного общества

Рассказ об этой стороне деятельности Михаила Федотовича (важной, по моему мнению) хочу начать с нашей первой встречи и минутного разговора. Это было 8 февраля 1989 года в Москве, в ИАЭ им. И. В. Курчатова (ныне — знаменитый Курчатowski институт). Я, тридцатилетний молодой сотрудник КИ, которому очень повезло в жизни — мне доверили стать одним из организаторов такой необычной тогда первой общественной организации в ядерной сфере, — начал общаться в связи с этим с маститыми профессионалами, руководителями больших и знаменитых коллективов атомной отрасли, такими как М. Ф. Троянов, выдающимися учёными.

После собрания мы с М.Ф., впрочем, как и со многими другими участниками встречи, договорились об организационном взаимодействии по подготовке Учредительной конференции ЯО СССР, и он, как директор ФЭИ, пригласил меня приехать в год 35-летия пуска Первой в мире АЭС в Обнинск, где я ещё не бывал. Он уже был знаком с форматом «Ядерное общество», так как ещё в 1965 году побывал в США на международной конференции Американского ЯО (ANS) по быстрым реакторам с сообщением о БН-350. Да и послечернобыльская антиядерная атмосфера 1989 года в стране торопила профессионалов объединиться. Сам М.Ф., встретившись с неприятием общественности, поддерживал создание ЯО для разъяснительной работы и восстановления доверия к атомной энергетике.

Больше времени для нашего общения удалось выкроить уже после 17 апреля. Там, на учредительной конференции, М.Ф. (как ведущий учёный и один из наиболее известных учеников А. И. Лейпунского) был избран в первый состав Президиума центрального правления отечественного ЯО председателем секции «Научные основы ядерной техники» (ещё от Обнинска туда был избран Р. М. Алексахин — руководить секцией по радиационной биологии и медицине). Мы с М.Ф. начали обсуждать планы мероприятий под эгидой ЯО: с кем

Кушнарёв Сергей Викторович, в 1981—1998 гг. работал в ИАЭ им. И. В. Курчатова (ныне — РНЦ «Курчатowski институт»), в 1998–2001 гг. — помощник министра, управляющий делами Министерства РФ по атомной энергии; в 2000–2001 гг. — член Коллегии Минатома России; с 2001 г. — исполнительный вице-президент Общероссийской общественной организации «Ядерное общество России».

необходимо встретится, кто мог бы стать активом ЯО в Обнинске, естественно не только из ФЭИ.

Уже в конце 1989 года нашим Ядерным обществом в Обнинске были проведены при поддержке КИ, ФЭИ и МАГАТЭ учебные курсы МАГАТЭ по вероятностному анализу безопасности эксплуатации АЭС с привлечением крупных зарубежных и отечественных специалистов, а в марте 1990 года был проведён семинар ЯО в рамках секции Михаила Федотовича. Именно благодаря М.Ф. я узнал таких замечательных людей и специалистов, как Н. С. Работнов (руководил первым правлением Обнинского отделения ЯО — создано в январе 1994 г.), В. В. Кузин, М. Н. Николаев, Б. Ф. Громов, Л. А. Кочетков, П. Л. Кириллов, Ю. А. Казанский, Б. Г. Дубовский, Г. И. Тошинский, В. М. Поплавский, Ю. А. Прохоров, А. А. Цибуля, В. М. Мурогов, А. В. Зродников, Г. М. Владыков, А. Н. Чебесков, В. М. Декусар и др. Именно благодаря М.Ф. я полюбил и сам Обнинск (в котором за более чем 30 лет я побывал не менее 100 раз).

Руководством ЯО было принято решение провести крупную первую ежегодную научную конференцию ЯО в 1990 году именно в Обнинске — «Ядерная энергетика в СССР: проблемы и перспективы (экология, экономика, право)» с 12 научными секциями, с участием большого количества зарубежных специалистов и Гендиректора МАГАТЭ Х. Бликса. Председателем Программного

7

Пятница, 17 апреля 1989 г.

ГОД 1989-й

Начало

В феврале 1989 года в 16.00 в зале заседаний Ученого совета Института атомной энергии им. И.В. Курчатова собрались специалисты атомной науки и техники и смежных дисциплин: А.А. Абагян, Е.Н. Аврорин, Е.О. Адамов, А.П. Александров, Л.А. Большов, Н.И. Бакумцев, Е.П. Велихов, А.Ю. Гагаринский, Е.Г. Дрождко, А.П. Еперин, В.А. Зверев, В.Ф. Зеленский, Л.А. Ильин, Ю.М. Каган, Б.Б. Кадомцев, Г.Н. Кружилин, В.И. Курочкин, О.Б. Самойлов, В.В. Орлов, Н.Н. Пономарев-Степной, В.Д. Русанов, В.А. Сидоренко, В.Н. Сорокин, В.В. Стекольников, М.Ф. Троянов, Г.А. Филиппов, В.А. Цыканов.

Участники собрания признали необходимость создания в СССР Ядерного общества. Они решили образовать оргкомитет для проведения Учредительной конференции ЯО СССР. Возглавить его предложили академику Е.П. Велихову.

На этом же собрании было принято решение собрать конференцию в середине апреля 1989 года. Для оперативной работы была создана рабочая группа под руководством А.Ю. Гагаринского.

**С. Кушнарев,
ответственный секретарь
рабочей группы Оргкомитета.**

**Учредительная конференция
Ядерного общества СССР**

МОСКВА

17 апреля 1989 года

Точка отсчета

Если верить Тациту, редкостью то счастливое время, когда можно думать, что хочешь, и говорить, что думаешь. Именно в такое время 17 апреля 1989 года в Колонном зале Дома союзов и родился Ядерный общество СССР. На

мировым стандартам. Проблема обеспечения безопасности использования ядерной энергии — глобальная, и решение ее должно быть глобальным. И здесь важным представляется создание

Из архива ЯО (о создании отечественного ЯО в 1989 году)

комитета был В. В. Орлов, а Оргкомитета — Е. О. Адамов. Большой организационный вклад вместе с ФЭИ внёс также ЦИПК. И вот, в рамках рабочей организационной подготовки к ней, в декабре 1989 года я первый раз приехал в Обнинск. М.Ф. тепло принял меня и как директор перепоручил В. В. Кузину и его коллегам помогать мне по оргвопросам конференции ЯО.

В этот период, 1989 – 1991 гг., уже сформировались мои впечатления о Михаиле Федотовиче. Причём, имея честь, как и он, быть выпускником МИФИ, инженером-физиком, я испытывал большое уважение от каждой встречи и от общения с М.Ф. — этим очень интеллигентным и порядочным Человеком (сожалею, что встреч было не так много, особенно после 2001 года). Находясь под влиянием таких высококвалифицированных профессионалов атомной отрасли и управленцев как М.Ф. — яркого представителя нашей атомной науки и техники, которые её создавали, сам набираешься бесценного опыта и осознаёшь мощь Средмаша.

Ещё хотелось бы отметить его умение выстраивать ровные взаимоотношения практически со всеми знаменитыми фэишниками (несмотря на непростые отношения между некоторыми из них). Мало говоря о своём собственном вкладе (одного из создателей научных основ БР и собственно реакторов БН-350, и особенно БН-600 — гордости нашей науки и техники), М.Ф. очень уважительно высказывался о *«необыкновенном и незабываемом коллективе учёных и специалистов ФЭИ, в котором довелось заниматься разработкой и созданием БР»*, об этой дружной работе, о своих коллегах из смежных организаций. В своих воспоминаниях он также тепло отзывался об ОКБМ и Ф. М. Митенкове, о конференции ЯО в Нижнем Новгороде в 1993 году, где Фёдора Михайловича избрали Президентом Ядерного общества и неформальном общении атомщиков, в т. ч. на борту теплохода, в формате ЯО, редком для тех времён.

К сожалению, с 1992 года М.Ф. по здоровью не был так активен в ЯО, но он передал наше дело в надёжные руки — В. М. Мурогову, а после него А. В. Зродникову, который даже стал президентом ЯО (2001 – 2003 гг.). А успешно проведённая в Обнинске (в т. ч. благодаря вкладу М.Ф.) первая ежегодная конференция ЯО открыла череду таких конференций – также в Обнинске они далее проводились в 1994, 1999, 2004, 2014, 2018 и 2019 гг., связанных в основном с юбилеями Первой в мире АЭС и привлёкшими в город тысячи участников из многих стран мира. Было проведено более десятка других серьёзных мероприятий ЯО при поддержке ФЭИ и Обнинского отделения ЯО. В Обнинске в 1995 году родилось Молодёжное отделение ЯОР, а в 2016 году — Музей мировой атомной энергетики. Каждый раз, проводя очередное мероприятие в Обнинске, с огромной благодарностью вспоминаю М. Ф. Троянова и его активистов Ядерного общества.

М.Ф. также участвовал в ряде зарубежных поездок по линии ЯО в США (ANS), Францию. В своей книге воспоминаний МФ писал: *«...значительный и интересный пласт моей жизни – поездки за границу, участие в сотрудничестве»*.

стве с зарубежными специалистами..., краткое, но очень впечатляющее знакомство с другими странами и жизнью в них...».

Поэтому в качестве моего нестандартного фото, связанного с М.Ф., хотел бы представить фото 1998 года. Дело в том, что мы с ним оказались в июне 1998 года в Израиле на одной международной конференции. В выходной день, в рамках культурной программы по Земле обетованной, мы оказались вместе на развалинах дворца царя Ирода в Массаде. Как писал М.Ф.: *«...нас заранее предупредили, чтобы ходили с бутылочкой воды и почаще пили — уж очень жарко, а на развалинах, на высоком холме, кондиционеров нет. К началу осмотра на изрядную высоту идёт фуникулёр...»*. Вот в этом фуникулёре мы (я был с сыном) и встретились с Михаилом Федотовичем и его супругой и коллегами. Наверху, находясь с ними на одной площадке под палящим солнцем (было 55 градусов по Цельсию), я и сделал это фото вниз (вдали — Мёртвое море).



2021 год

С. И. Морозов

Накат на Скалу

Весной 1984 года, если я не ошибаюсь, состоялось очередное совещание по использованию ядерных реакторов в исследовательских целях. Это было очень крупное совместное мероприятие Академии наук и Средмаша, которое проводилось под руководством академика А. П. Александрова и собирало научных сотрудников и руководителей большинства научных центров Советского Союза, имевших исследовательские ядерные реакторы. Оно решало задачи координации и развития исследований, а также эффективного использования ядерных установок и имеющихся на них приборов. Совещание включало две практически самостоятельные части: первая — это пленарные заседания, на которых выступали руководители ядерных центров или их замы с обобщающим докладами о проведенных на реакторах исследовательских работах, и вторая часть, также очень масштабная — это научные секции, на которых научные сотрудники докладывали результаты своих работ.

На этот раз совещание проводилось в Томске. От Физико-энергетического института в совещании принимали участие Троянов Михаил Федотович, в то время заместитель директора института, Быков Валерий Иванович, начальник отдела технологического сектора, Мирон Николай, начальник лаборатории отдела Быкова и я, научный сотрудник лаборатории, занимавшейся исследованиями конденсированных сред методом рассеяния медленных нейтронов. (Возможно, что были ещё участники, но сейчас мне уже этого не вспомнить.)

Я не первый раз был на подобного рода совещаниях, поскольку наша лаборатория имела экспериментальную базу на реакторе ИБР в Дубне, и мы представляли на научных сессиях работы ФЭИ, но выполненные на реакторе Объединённого института ядерных исследований. Поэтому мне, да и Николаю Мирону, были знакомы атмосфера, дух и, главное, люди, которые участвовали в данном совещании. В то же время для ФЭИ, как организации, имеющей источники нейтронов и выполняющей на них исследовательские работы, это было первое (и, возможно, последнее) совещание, на котором присутствовали и выступали с докладами представители дирекции института. Соответственно, для руководства института среда, в которую они попали на совещании, была в некотором смысле чужая.

Морозов Сергей Иванович, кандидат физико-математических наук (1990), в 1973 – 2014 гг. работал в ФЭИ, научный сотрудник, ведущий научный сотрудник Отделения № 1.

Возможно поэтому, когда после окончания совещания хозяева организовали для его участников экскурсию на теплоходе по реке Томь, а затем и пикник на берегу реки вдали от города, вся делегация ФЭИ собралась в одном месте. Места на теплоходе располагались подобно местам в пригородных электричках, только просторнее и со столиком, подобно столику в купе поезда. И мы, представители ФЭИ, расположились в одном таком «купе». Стояла жаркая погода, а нам с Колей Мироном в этот день перед отплытием не без труда, отстояв большую очередь на жаре, удалось достать дефицитное в то время пиво, которое мы и закупили в расчёте на всех членов нашей делегации.

Загрузившись на теплоход мы, довольные собой, «выкатили» это пиво на стол для всей компании. Однако, Михаил Федотович, человек строгих правил и педантичный, как-то осадил нас. В данной обстановке, как я считал, такое одёргивание было неуместным и я, человек импульсивный, высказал это в достаточно эмоциональной форме. Как ни странно, это сработало не в сторону усиления напряжения в группе, а наоборот. Прозвучали смягчающие обстановку слова типа: «Ну, Сергей Иванович, не принимайте близко к сердцу, мы, конечно, выпьем пивка чуть позже». После этого атмосфера в нашем «купе» разрядилась, теплоход отчалил от пристани, мы тронулись в путь, с удовольствием беседовали, пили пиво на зависть другим, любовались природой и в хорошем настроении прибыли на место пикника.

Широкая и ровная, как футбольное поле, прибрежная поляна отделяла берег от стены таёжного леса. На ней были расстелены белые длиннющие полотнища, заменявшие столы, на которых квартирьеры раскладывали различные закуски и расставляли напитки. Горели костры, и над ними висели большие котлы, где готовилась уха. Пока шёл процесс подготовки пикника, были организованы различные мероприятия спортивного характера: кто-то играл в футбол, кто в волейбол, кто-то просто гулял и общался с друзьями и коллегами, ведь люди были, как правило, не один год знакомы друг с другом. В общем, была очень добрая домашняя атмосфера, красивая природа, прекрасная погода и хорошее настроение. А потом нас пригласили к столу. Но тут уже было разделение на руководителей, у которой был свой «стол», и на рядовых научных сотрудников, которых, конечно, было гораздо больше, и их «столы» были много длиннее. Общение продолжалось за трапезой, всё было здорово.

В процессе пикника, как обычно, люди перемещались, поскольку знакомых было много и со всеми хотелось перекинуться хотя бы несколькими словами. Я тоже не сидел на месте, подходил к друзьям и знакомым из других институтов. В какой-то момент ко мне подошёл Михаил Федотович и сказал: «Сергей Иванович, пойдёте, отведаем и стерляжьей ухи». Я не стал отказываться, поскольку был хорошо знаком с некоторыми представителями руководства и не раз встречался с ними в неформальной обстановке, да и к тому же к этому времени все люди перемещались и уже какого-то явного разделения по рангам не было заметно. Уха была хороша, но и за нашим столом уха была отличная.

Вскоре после этого мы стали собираться домой, грузиться на теплоход. На обратном пути мы расположились так же, как и по пути на пикник, всей делегацией ФЭИ вместе. Но к нам ещё подсел Николай Алексеевич Черноплёков, крупный человек высокого, за два метра, роста, начальник отдела физики твёрдого тела (ФТТ) Курчатовского института, фактический руководитель научной части Совещания.

Николай Алексеевич был видным ученым в области нейтронных исследований конденсированных сред, в то время уже лауреатом, а затем и дважды лауреатом Государственной премии. Он был, по сути, лидером нашего нейтронного сообщества исследователей, работавших в области ФТТ, и много сделал для данного направления науки. Я был лично знаком с этим широкой души человеком, неоднократно общался с ним и относился к нему с большим уважением. В этот момент по нему чувствовалось, что банкет удался, он был слегка возбужден разговором, начавшимся, по-видимому, еще во время пикника. Разговор (или, скорее, монолог), как я это помню и понимаю, затрагивал вопросы направления развития реакторов на быстрых нейтронах.

Николай Алексеевич весьма категорично отстаивал позицию, идеологом которой был Виктор Владимирович Орлов, упрекал ФЭИ в том, что институт не ценит, а потому теряет свои замечательные кадры. И, как следствие, неверно сориентирован в плане направления развития реакторов на быстрых нейтронах. Николай Алексеевич умел говорить ярко, и в своих выступлениях бывал артистичен, обладал быстрой интеллектуальной реакцией и умел переигрывать оппонента в научных дискуссиях. В данном случае оппонентом был, очевидно, Михаил Федотович, который сумрачно выслушивал этот монолог.

Как и Черноплёков, колоритный человек высокого роста, он в этот момент был похож на большую скалу, на которую накатывают шумные штормовые волны. При этом было видно, что он внутренне «закипает», но сдерживает себя. И только тогда, когда Николай Алексеевич закончил говорить, Михаил Федотович, не выплескивая своего негодования, без критики подхода к развитию БР, предлагаемого В. В. Орловым, просто задал ряд таких конкретных лаконичных вопросов, связанных с результатами работ БР и выстроенных таким образом, что и без ответов на них любому становилось ясно, кто здесь Профессионал в рассматриваемых вопросах и кто владеет всей полнотой информации в данном направлении, и почему позиция ФЭИ гораздо более сильная и обоснованная, чем альтернативная.

Не было рефери, который бы поднял руку победителя в этом «бою». Но всем, кто был свидетелем этого спора двух неординарных личностей, было очевидно, что Михаил Федотович Троянов победил в нём «за явным преимуществом». «Волны» утихли, «шторм» прекратился, но самого Николая Алексеевича слегка «штормило», когда теплоход причалил к городской пристани Томска и он спускался на берег по трапу.

В. М. Мурогов

*Опирайтесь можно только на то,
что сопротивляется.*

(Одно из базовых положений
М. Ф. Троянова)

Вспоминая и анализируя сейчас мой достаточно длинный период жизни, связанный с работой в ФЭИ с 1960 по 1995 год, от дипломника и старшего лаборанта до директора института, я прихожу к выводу, что ключевым этапом явилось начало моей работы в новой лаборатории № 9 под руководством М. Ф. Троянова. Именно на этом начальном этапе были заложены основы доброжелательности и внимания к научным результатам, доверительности в человеческих отношениях. На этом начальном этапе наших взаимоотношений мне и хочется сосредоточиться в воспоминаниях о Михаиле Федотовиче Троянове.

В работе в ФЭИ мне повезло благодаря судьбе. Дипломной работой руководил Николай Викторович Краснаяров, увлеченный научными проблемами реакторной физики, объединявший в себе физика-теоретика с прекрасным университетским образованием и экспериментатора от природы. Он не влезал в детали моей дипломной работы, посвященной быстрым ториевым реакторам, ограничиваясь научной философией. С готовой дипломной работой он привел меня к Олегу Дмитриевичу Казачковскому, у которого состоялось практически первое детальное обсуждение результатов и выводов моей дипломной работы.

После защиты дипломной работы я сразу получил диплом инженера-физика кафедры № 5 МИФИ и направление на работу в п/я 412, как тогда в документах назывался ФЭИ.

С 1 марта 1961 года я приступил к работе в должности старшего лаборанта в группе Сергея Борисовича Шихова. Первое время я общался только с ним, выдающимся ученым, оригинальным мыслителем и талантливым человеком, с которым было интересно общаться, хотя по возрасту он казался мне уже пожилым профессором.

С. Б. Шихов сформулировал новую постановку моей научной задачи: найти оптимальный способ вовлечение тория в уже существующий топливный цикл ЯЭ, развивающейся на уране с неизбежным накоплением плутония, изо-

Мурогов Виктор Михайлович — доктор технических наук, профессор, в 1961 – 1996 гг. работал в ФЭИ, с 1989 г. занимал должность ученого секретаря, в 1992 – 1996 гг. — директор ФЭИ. В 1996 – 2003 гг. — директор департамента, затем — зам. генерального директора, руководитель программы по ядерной науке и технике МАГАТЭ.

топов плутония и тория. Заодно избавиться от мифа о возможности развития ЯЭ, свободной от плутония в топливном цикле.

Более широкой стала постановка задачи при обсуждении у А. И. Лейпунского. (Важная деталь: постановка задачи молодому специалисту обсуждалась персонально у научного руководителя Института, у легендарного АИЛа!) Задание: необходимо собрать и описать накопленные знания и опыт в отрасли по использованию тория по всем направлениям — от ядерных констант, методов расчета, существующих результатов экспериментов и знаний в экспериментальных лабораториях, у технологов, включая данные по записям до возможности добычи. Все это надо изложить в виде суммарной базы данных, знаний и планов работ, имеющих отношение к ториевой тематике.

Практически в момент широкого развития связей и сотрудничества мой руководитель, С. Б. Шихов, вынужден был вернуться в Москву, на кафедру № 5 МИФИ. Я оказался в лаборатории № 9, которая наряду с лабораторией № 23 входила в отдел 4 — быстрые реакторы. Эти лаборатории, несмотря на свой научно-исследовательский имидж, несли значительный груз кураторской работы, то есть осуществляли сопровождение проектных разработок до уровня технических проектов и далее строительства. С этой точки зрения моя основная работа в тот момент была достаточно абстрактной и носила слишком широкий, поисковый характер: от запасов и добычи сырья до исследования характеристик различных ЭЯЦ и их ЯТЦ. Встал вопрос о переходе в МИФИ для продолжения без изменения характера моей поисковой работы.

В этих условиях Михаил Федотович предложил мне продолжить работу в лаборатории № 9 ФЭИ при условии сохранения тематики в планах работ ФЭИ. М.Ф. обещал обосновать перед АИЛом позицию о необходимости широких научных исследований в рамках проектного отдела для сохранения видения за горизонтом текущих проектных работ. Более того, М.Ф. добился открытия в ГНТУ Минсредмаша новой темы с программой поисковых работ, включая ториевую тематику. Тема была открыта под научным руководством ФЭИ с участием кафедры № 5 МИФИ. Руководитель — М. Ф. Троянов.

Тем самым, благодаря М. Ф. Троянову, был решен вопрос не только моей работы в ФЭИ, но и обеспечения научного задела всех новых разработок отдела быстрых реакторов. Проявленная М. Ф. Трояновым широта взглядов, а по существу мудрость, обеспечили развитие перспективных работ в отделе с привлечением в дальнейшем на заложенную базу совместных работ с другими институтами.

Возникшие на этапе становления меня как научного сотрудника взаимоотношения с М. Ф. Трояновым определили на многие дальнейшие годы мою судьбу в институте. Прежде всего — это доброжелательные деловые отношения и творческая атмосфера наших отношений с М.Ф. Эти неформально творческие отношения и условия работы помогли организации и выполнению многих творческих инициативных проектов с коллективами из ФЭИ и из многих других организаций.

Характерно, что иногда административные руководители смежных организаций с удивлением задавали вопрос: «Как можно строить рабочие отношения без получения указаний начальства и без подписания соответствующих организационных документов?». Со временем я понял, что все мы и наши коллеги руководствовались интересами общей научной цели работы и пониманием своей роли и ответственности в достижении этой цели. Важно, что мой творческий руководитель, М. Ф. Троянов, понимал это и фактически поддерживал наши взаимоотношения с коллегами.

Творческий стиль работы, сложившийся за многие годы, и доверительная атмосфера взаимодействия с руководителем М. Ф. Трояновым обусловила и позволила достичь плодотворных результатов в новой концепции развития ЯЭ и ее замкнутого ЯТЦ с совместным использованием урана и тория. В дальнейшем развитии этой концепции появилось понятие экологически приемлемого замкнутого ЯТЦ и концепция оптимальной утилизации — конверсии в мирных целях избыточного плутония.

Начавшиеся в конце 1980-х и продолжившиеся в начале 1990-х годов перемены в стране — идеологические и организационные — не могли не отразиться на жизни ФЭИ. М.Ф. Троянов как директор понимал и чувствовал, что необходимо перестраивать жизнь и структуру такого огромного научного центра, каким являлся ФЭИ: до 12500 работников, включая свыше 1200 научных сотрудников, техников, инженеров, в том числе 400 докторов и кандидатов наук, огромный социальный сектор (гостиница, профилакторий, подсобное хозяйство совхоз «Кривское») лежали на бюджете ФЭИ¹⁾.

Постепенно институт освободился от социальной сферы. Обсуждались на дирекции разные варианты стратегии развития Центра: от разделения на специализированные институты (следуя структуре отделений) до укрепления в качестве Государственного научного центра, опираясь на опыт, достижения и признание успехов института, в том числе и за рубежом.

В этих условиях выделялась инициатива М.Ф. пригласить в качестве научного руководителя института В. И. Субботина — единственного союзного академика, вышедшего из ФЭИ²⁾ и создавшего здесь теплофизическую школу и школу жидких металлов. Валерий Иванович отличался широким масштабом активности, живым умом и талантом руководителя. М.Ф. надеялся и планировал с помощью В. И. Субботина провести анализ деятельности всех научно-производственных лабораторий ФЭИ во всех его семи отделениях и получить рекомендации по пересмотру приоритетов и на этой основе — организационной структуры института. Надо заметить, что это решение М.Ф. встретило не однозначную реакцию коллег — членов дирекции, но, как оказалось впоследствии, мудрым решением Руководителя.

Одновременно М.Ф. принял решение о создании, наряду с дирекцией и НТС института, еще и Правления с участием представителей всех трудовых коллективов³⁾ — от научных отделений до бухгалтерии, отдела кадров, гаража и т. п.

Половину членов Правления назначал директор, остальные выбирались на собраниях трудовых коллективов. Естественным развитием стала и подготовка к признанию института Государственным научным центром.

Этап перестройки института совпал с изменением в моей научной деятельности. С 1977 года я стал преподавателем в филиале МИФИ в Обнинске. Одновременно, по совету М.Ф., с конца 1980-х гг. начал писать докторскую, собирая результаты работ за более чем 20 лет. В 1989 году при поддержке М.Ф., как председателя Ученого совета, а также выдающихся ученых В. В. Орлова и Б. Ф. Громова, я представил мою диссертацию на Ученый совет ФЭИ. Защита прошла с успехом, при оппонировании Я. В. Шевелева из ИАЭ им. И. В. Курчатова и ВНИПИЭТ, как организации. Однако были недовольные стилем подготовки и представления диссертации внутри ФЭИ.

После защиты М.Ф. решил дать мне шанс проявить организационные способности. По рекомендации В. Б. Ануфриенко он предложил мне подать документы на конкурс Ученого секретаря института наряду с тремя другими претендентами. При этом предупредил, что это будет реальный конкурс с непредсказуемым результатом. После решения конкурсной комиссии, одоблившей мою кандидатуру, я был назначен Ученым секретарем и одновременно начальником 30-го отдела перспективного планирования.

В качестве следующего шага М.Ф. предложил мне выставить мою кандидатуру в члены создаваемого впервые Правления ФЭИ от администрации института. Мне, как Ученому секретарю института, М.Ф. предложил пройти путь избрания, учитывая мою «юность» в членах дирекции. Остальные члены Правления от дирекции назначались решением директора.

Моим конкурентом на выборах стал начальник юридической службы института. Предстояло выступить с изложением своих взглядов на роль и развитие ФЭИ. Большую помощь в формировании моего выступления сыграли беседы с М.Ф., Н. И. Просецким, помощником директора, и с В. Г. Илюниным, моим ближайшим сотрудником.

Выступление моего конкурента логично было построено на роли административных служб института, начиная от бухгалтерии и кончая механическими мастерскими и гаражом. Я противопоставил простой тезис: «Зачем мы (ФЭИ) нужны нашей стране, государству? В чем ценность ФЭИ и его уникальность по сравнению с десятками других НИИ, где есть прекрасные бухгалтерии и отделы кадров? Государству необходим наш научный потенциал, талант, опыт и знания наших ученых и специалистов. Чем больше наш научный успех, тем более мы необходимы государству, тем важнее отличие работ всех административных и сервисных подразделений от бухгалтерии до отдела кадров».

Это было время перестройки не только научной и хозяйственной деятельности, но и идеологии общества. Меня удивило выступление представителя партийной организации, который сказал: «Мурогов никогда не был членом партии, но он никогда не был агрессивным антикоммунистом. Его отличает трезвый человеческий подход ученого-специалиста к событиям в стране», — и

поддержал мою кандидатуру, напомнив, что «по поручению парткома Муроков был первым в ФЭИ председателем Совета молодых ученых в 1970-х годах».

После моего избрания членом Правления и назначения Ученым секретарем со мной беседовал М.Ф. и подтвердил, что я сумел оправдать его надежды и мне предстоит большая работа в интересах ФЭИ: участвовать в беседах В. И. Субботина, уже назначенного научным руководителем, внося позитивную ноту и сглаживая зачастую агрессивный характер Академика, разбирающегося с местной «деревней». Дело в том, что Валерий Иванович, как большой ученый, мог прекрасно видеть недостатки работы и ее организации во многих лабораториях, но не мог согласиться с эволюцией, а зачастую требовал «революционной» ломки сложившейся структуры и научных приоритетов. Т. е. его талант «агрессивного разрушителя» превосходил способности синтезатора для продолжения развития успешных направлений Программы ФЭИ.

В более далекой перспективе, когда я был избран и назначен директором, это качество разрушителя привело к разрыву и необходимости В. И. Субботину расстаться с институтом. К тому моменту он сыграл свою положительную роль в жизни ФЭИ.

Мое участие в «слушаниях» В. И. Субботиным отчетов о работе всех лабораторий института позволили мне глубже и шире понять структуру и объем задач, стоящих перед ФЭИ. Это, с одной стороны, стало основой моей будущей должности директора ФЭИ, а также обоснованием создания ГНЦ на базе ФЭИ.

В это время (1990 – 1992) в беседах с М.Ф. выросла концепция, что ФЭИ способен выжить и, во-первых, вырасти в условиях перестройки, только консолидируя свой научный потенциал и максимально концентрируясь на направлениях, приоритетных для страны, для отрасли. Во-вторых, в условиях «конверсии», провозглашенной одним из приоритетов отрасли (и приоритетов финансирования), было важно избежать примитивной конверсии с производством титановых лопат, творожных линий и фильтров для очистки молока и т. п. Необходимо было разработать возможность конверсии наших ядерных разработок в мирных целях: производство радиоактивных изотопов для медицины (для лечения и диагностики), разработка концепции и технологии экологически чистой и безопасной ЯЭ с использованием наших БН, способных утилизировать плутоний различного происхождения (от ОЯТ тепловых реакторов до избытка запасов оружейного плутония). Эта концепция нашла поддержку вновь созданного Министерства науки, Госкомитета по науке и технике и была согласована нашим Министерством.

В-третьих, было необходимо шире использовать поддержку финансового положения института, расширяя контакты ФЭИ, в т. ч. за счет участия наших ученых в зарубежных мероприятиях, за счет поддержки их организаторов, за счет МАГАТЭ и других международных организаций. Большую пользу здесь оказал начальник международной службы А. Н. Брюсов. Для более успешной концентрации усилий в международной деятельности по формированию стра-

тегии развития ЯЭ и ее инновационных направлений было разработано предложение и впоследствии создан отдел перспективных разработок.

Время летело стремительно. И в начале 1992 года М.Ф. предложил мне готовиться в качестве кандидата на должность директора, предупредив, что мне опять придётся пройти процедуру выборов трудовым коллективом при последующем назначении Министром. Каждый раз перед крупным шагом и изменением моего положения М.Ф. поддерживал мою уверенность и желание пройти через выборы, но всегда подчеркивал, что это должен быть и будет выбор коллектива. Необходимо отметить, что положительную роль для меня сыграл опыт организации совместных проектов как между подразделениями ФЭИ, так и с участием ученых многих смежных организаций – от КБ и НИИ прикладного характера до АН и кафедр университетов. Были и сомневавшиеся, что их подчинённый, совсем недавно бывший простым научным сотрудником, справится с директорскими обязанностями.

С безоговорочной поддержкой и обоснованием моей кандидатуры выступил академик Субботин В. И. Итог обсуждения подвел М. Ф. Троянов, пожелав успеха в деле своему преемнику, и сообщил о направлении решения трудового коллектива на утверждение министру В. Н. Михайлову для издания приказа.

Годы плодотворной работы под руководством и совместно с Михаилом Федотовичем позволяют сейчас сформулировать основные его принципы, характеризующие М.Ф. как научного руководителя.

Лучшей характеристикой М.Ф. как руководителя служит его выражение, отражающее творческий дух наших взаимоотношений: «Опирайтесь в жизни и в науке можно только на то, что сопротивляется». Он поддерживал творческие дискуссии, инициативные предложения и анализ альтернативных подходов к решению проблем. М.Ф. старался и умел увидеть рациональные зерна во взглядах оппонента: «Разрешение противоречий в научной проблеме определяет возможность её плодотворного развития».

Михаил Федотович, участвуя в решении огромной массы практических и научных вопросов технико-экономического обоснования и проектирования БН, новой инновационной ядерной технологии, в то же время понимал важность и необходимость развития взглядов в будущее, за горизонт развития ЯЭ, и прежде всего быстрых реакторов и замкнутого ЯТЦ. При поддержке М.Ф. в условиях ограничения кадровых и финансовых возможностей внутри лабораторий, отделов и отделений ФЭИ реализовывалась возможность строить работу по обоснованию и расчетным исследованиям идей на привлечении талантливых специалистов из других подразделений ФЭИ и других организаций, максимально содействуя использованию их творческого потенциала, без официального заключения договоров. В ряде случаев с участием руководства смежных организаций. М.Ф. считал, что такое сотрудничество не размывает, а, наоборот, укрепляет научный авторитет ФЭИ. Мы не боялись утратить приоритет

в процессе реализации этих совместных разработок. А для наших смежников дополнительные публикации и изобретения, участие в семинарах и конференциях служили важным стимулом их творческого участия в наших проектах.

В заключение могу сказать, что благодаря причастности к мудрой научной политике Михаила Федотовича и его исключительно высоким личным моральным качествам стал возможен успех как нашего творческого коллектива, так и для меня лично. Это позволило не только вырасти мне как ученому, но благодаря поддержке коллектива ФЭИ быть избранным, а затем назначенным министром на должность директора ГНЦ ФЭИ, а затем занимать высокую должность в руководстве МАГАТЭ.

2021 год

Примечания

¹⁾ В Справке о деятельности ФЭИ на май 1988 г. отмечается, что «исторически сложилось, что большое количество объектов социально-культурного назначения города находятся на балансе института (50% жилищного хозяйства, 22 ДДУ, ЦТС, стадион, Дворец спорта с плавательным бассейном, пионерлагерь, дом политпросвещения и др.)».

²⁾ В. И. Субботин работал в ФЭИ с 1953 по 1975 год, создал в ФЭИ лучшее в стране Теплофизическое отделение и научную школу теплофизиков; в 1950-е — начале 1960-х годов в ФЭИ работали еще по меньшей мере три сотрудника, ставшие уже после перехода в другие институты академиками АН СССР: Н. В. Агеев (1968), работал в ФЭИ в 1950 – 1951 гг.; Б. Б. Кадомцев (1970), работал в ФЭИ в 1952 – 1956 гг.; Г. И. Марчук (1968), работал в ФЭИ в 1953 – 1962 гг.

³⁾ *Правления с участием представителей всех трудовых коллективов* — здесь и дальше, возможно, речь идет о Совете трудового коллектива (СТК). Эти выборные органы самоуправления трудовых коллективов действовали в СССР в конце 1980-х — начале 1990-х гг.

В. Н. Новосельский

В 1987 году Олег Дмитриевич Казачковский, возглавлявший ФЭИ с 1973 года, передал дела своему заместителю по науке, а до этого — директору реакторного отделения Михаилу Федотовичу Троянову.

У Михаила Федотовича был свой стиль работы. Он значительно больше уделял внимания научным исследованиям, поставив во главу угла быстрые натриевые реакторы, и не очень жаловал реакторы с тяжёлым жидкометаллическим теплоносителем.

Это был период, когда Виктор Борисович Ануфриенко был учёным секретарём ФЭИ, начальником отдела 30 и имел большие рычаги по управлению институтом. Не могу назвать причину, но могу предположить, почему регулярные заслушивания представителей отдела 30 и планово-экономического отдела, бывшие традиционными при Олеге Дмитриевиче, прекратились. Однажды, когда я ближе познакомился с Михаилом Федотовичем, я задал ему вопрос, почему он не продолжил встречи с нами. На что он ответил: «Вы (подразумевая отдел 30) и так уже образовали институт в институте!». Какой-то элемент ревности к популярности Виктора Борисовича был в ответе. Позднее я почти убедился в этом, когда Михаил Федотович предложил на своё место практически не имевшего опыта руководства В. М. Мурогова, а не В. Б. Ануфриенко, обладавшего широким кругозором и большим опытом в области планирования НИОКР и управления институтом.

Но реальную оценку работы В. Б. Ануфриенко я услышал в выступлении Михаила Федотовича после внезапного ухода Виктора Борисовича, он искренне сожалел и признавал его одним из славной когорты руководителей, оставивших заметный след в развитии и укреплении Физико-энергетического института. Особо он отмечал его огромную роль в повышении авторитета и статуса должности ученого секретаря ФЭИ и в оснащении института новыми приборными средствами.

При рабочих контактах с Михаилом Федотовичем было впечатление, что ему не очень интересно, а, может быть, и жалко было тратить своё время на обсуждение и рассмотрение вопросов, имеющих, на его взгляд, второстепенное значение. Он всё-таки больше был учёный, чем руководитель с управленческим уклоном.

Новосельский Виталий Николаевич, работал в ФЭИ в 1963—2022 гг., в 1990 – 2010 гг. — зам. директора Отделения № 9.

Многие, кто бывал на НТС института или научных семинарах, помнят противостояние научных направлений разработки быстрых реакторов с натриевым теплоносителем (Троянов М. Ф., Багдасаров Ю. Е.) и реакторов с тяжёлым теплоносителем свинец-висмут (Громов Б. Ф., Тошинский Г. И.). В основном дискуссии велись по вопросам ядерной и радиационной безопасности в случае аварии на реакторной установке и её последствий. Признавая более опасными натриевые реакторы, всё же их сторонники в качестве основного аргумента приводили стабильную работу реакторов БР-10, БН-350, БН-600. А поскольку реакторы со свинцово-висмутовым теплоносителем ещё не внедрены на АЭС, а только имеется опыт их работы на атомных подводных лодках (80 реакторолет), при не отработанной до логического конца технологии теплоносителя, побеждала точка зрения сторонников Троянова М. Ф.

Чем больше я узнавал Михаил Федотовича, тем больше проникался к нему уважением. На одном из торжественных заседаний в ДК ФЭИ Е. О. Адамов (в настоящее время научный руководитель направления «Прорыв») с трибуны сообщил, что НИКИЭТ начал разработку быстрого реактора с естественной безопасностью БРЕСТ-300. В качестве теплоносителя выбран свинец.

После окончания заседания, проходя мимо меня, Михаил Федотович с неким недовольством бросил: «Если бы ваш Громов вовремя подсуетился, то это направление было бы в ФЭИ». И я вспомнил свой наивный вопрос, который я задал раньше Борису Фёдоровичу после того, как услышал о небольших запасах свинца-висмута в нашей стране: «Почему вместо свинца-висмута нельзя использовать свинец?». Он с улыбкой ответил, что температура плавления у свинца 300 °С и, чтобы не было «козла» (сплав может замёрзнуть), необходимо поддерживать высокую температуру на корпусе реактора, что технически очень сложно. И, самое главное, Борис Фёдорович назвал такую идею утопической.

Много споров до сих пор идёт вокруг разработки опытного образца такой большой мощности. Были мнения, что было бы менее рискованно создание опытного образца меньшей мощности, например, 10 МВт. Практически не отработана на стендах технология свинцового теплоносителя, хотя ФЭИ был привлечён к решению этой сложной задачи и тому подобное. Если бы эту задачу поручили решать ФЭИ, может быть развитие событий пошло бы по другому сценарию.

Прошло несколько лет. Михаил Федотович ушёл на заслуженный отдых. Однажды раздаётся телефонный звонок, я по голосу сразу узнал Михаила Федотовича. Он предложил с ним встретиться и обсудить неординарный вопрос. При встрече он рассказал мне про своего сокурсника по институту, бывшего начальника лаборатории Виталия Ивановича Сидорова, своего товарища. Оказалось, Виталий Иванович перенёс инсульт и находился на лечении в частной клинике. Я хорошо знал Виталия Ивановича, он работал в нашем Отделении, в котором я был заместителем директора. И когда Михаил Федотович предложил вместе с ним провести его, я, конечно, согласился.

Увидев нас, Виталий Иванович подъехал на инвалидной коляске, и я заметил его радостные со слезами глаза. Михаил Федотович сказал ему, что пусть он готовится к переезду в специализированное заведение в районе Тарусы, где он будет находиться длительное время под присмотром медицинского обслуживающего персонала. Он согласно кивнул головой, так как после перенесённого инсульта не мог разговаривать.

Когда мы возвращались домой, я поинтересовался, почему он не попросил директора А. В. Зродникова посодействовать в этом вопросе. На что он мне ответил: «С Вами мне комфортней обсуждать эту проблему». Позднее я узнал, что Михаил Федотович регулярно приходил в клинику, ухаживал за В. И. Сидоровым, даже иногда сам менял ему памперсы. Вот тогда я понял, что такое настоящий друг! В дальнейшем с помощью финансовой поддержки нашего Отделения и при активнейшем участии Михаила Федотовича, близких Виталия Ивановича, он благополучно был доставлен на место его проживания, где пробыл до ухода в мир иной.

В дальнейшем я периодически видел Михаила Федотовича в городском транспорте, он, несмотря на резкое ухудшение зрения, узнавал меня и, после взаимных приветствий, всегда интересовался положением дел в институте.

2021 год

Д. В. Панкратов

Судьба свела меня с Михаилом Федотовичем Трояновым в далеком 1949 году, когда мы оба поступили в Московский энергетический институт на теплоэнергетический факультет (ТЭФ). После окончания первого курса в числе нескольких человек нас с ним перевели на второй курс закрытого 9-го факультета (иногда его называли ФЭФ — физико-энергетический факультет), куда непосредственно приема не было, а формирование групп производилось лишь по результатам учебы на первом курсе.

Наша группа в составе 16 человек была сформирована из числа студентов ТЭФа и Энергомаша. Мы были последним, шестым по счету, набором на ФЭФ. В числе первых выпускников ФЭФа были П. Л. Кириллов, академик Н. С. Хлопкин, В. А. Кузнецов, В. Я. Пупко, Б. Ф. Громов, Г. И. Тошинский и другие известные специалисты. Спустя год, осенью 1951 года, ФЭФ в МЭИ был закрыт, а нас перевели на 3-й курс физико-энергетического факультета Московского механического института (с 1954 года — МИФИ). Проживали мы по-прежнему в Лефортово, но уже в административном здании МЭИ на Красноказарменной улице.

Мы приезжали в институт, располагавшийся на улице Кирова напротив Главпочтамта Москвы, к 8 утра, а возвращались поздно вечером, едва успевая заскочить в гастроном до его закрытия. Цикл лекций был крайне насыщенным по самым различным научно-техническим областям знаний. Лекции читали ведущие специалисты страны. Так, ядерную физику читали академик Л. А. Арцимович, Е. Я. Фейнберг, С. Я. Никитин, квантовую электродинамику — академик М. А. Леонтович, техническую термодинамику — академик И. И. Новиков, теорию ядерных реакторов — С. М. Файнберг, статистическую физику — В. Г. Левич и многие другие известные ученые.

Запомнился Лев Андреевич Арцимович, приходивший в аудиторию в сопровождении двух телохранителей. Перед началом лекции он раскрывал коробку папирос «Казбек», закуривал и не вынимал папиросу изо рта до конца лекции. Часто во время лекции высказывал свои афоризмы, например: «Вы мне напоминаете пол-литровую бутылку, в которую пытаются влить 20 литров», или — «Хороший специалист должен придерживаться следующих трех правил: держаться подальше от начальства (у него, правда, эта фраза прозвучала более грубо), не бояться черновой работы, уметь хорошо разбираться в справочниках».

Панкратов Дмитрий Владимирович, кандидат физико-математических наук, доктор технических наук (1977), профессор, в 1955–2021 гг. работал в ФЭИ, в 1971–1998 гг. — заведующий лабораторией, затем главный научный сотрудник Института специальных систем.

В нашей группе из 16 человек лишь один был москвич, остальные иногородние и проживали в общежитии. Жили дружной студенческой семьей. Письма, которые нам иногда присылали родители, шли в «общий котел». Помню, как Мише Троянову ежегодно к новому году присылали сало очередного «Черчилля» (так почему-то родители Миши называли откормленного поросенка), и, наверное, ничего не было вкуснее бутерброда из куса черного хлеба с салом и горчицей. Учились хорошо, в основном у всех нас была повышенная стипендия — 750 рублей¹⁾.

Михаил Федотович, хотя мы все практически были одногодками, выглядел взрослее нас по собранности, дисциплине, общей культуре поведения. Благодаря ему в период учебы в институте мне довелось посетить (и неоднократно) ведущие театры и концертные залы Москвы. После успешной сдачи экзаменов мы иногда временно расслаблялись, но он всегда первым входил в нормальную рабочую форму и этим подстегивал и нас.

В феврале 1955 года после защиты дипломных проектов пятеро выпускников нашей группы М. Ф. Троянов, В. И. Орехов, В. И. Сидоров, С. П. Казновский и я были направлены работать в п/я 276 (такое условное название тогда имел Физико-энергетический институт). Здесь наши направления работы разошлись.

Михаил Федотович вначале работал в теплофизическом отделе, а затем был привлечен А. И. Лейпунским и О. Д. Казачковским к работам по тематике быстрых натрий-охлаждаемых реакторов, где вскоре стал одним из наиболее видных специалистов в стране, длительное время возглавлял в ФЭИ работы по созданию промышленных реакторов на быстрых нейтронах БН-350, БН-600 и других новых разработок. Его заслуги по достоинству были отмечены высокими почетными званиями и правительственными наградами, ему были присуждены Ленинская и Государственная премии.

В 1987 году он сменил О. Д. Казачковского на посту директора ФЭИ. К сожалению, в 1992 году по состоянию здоровья ему пришлось оставить эту должность, а в 2001 году уйти на пенсию. Но интереса к проводившимся в институте работам он не оставлял вплоть до ухода из жизни.

Хотелось бы отметить высокие человеческие качества Михаила Федотовича, его отзывчивость к чужому горю, сопереживание, стремление хоть чем-то помочь. Вспоминаю тяжелую драматическую ситуацию в семье нашего товарища по институту Виталия Ивановича Сидорова, случившуюся в 2005 году, когда он с инсультом оказался в неврологическом отделении, а дома в тяжелом состоянии осталась в одиночестве супруга. Оба только что перенесли потерю сына. Михаил Федотович вместе с Николаем Ивановичем Логиновым почти ежедневно навещали Виталия в больнице, ухаживали за ним, кормили, обмывали его. Когда в больнице оказывался я, то также всегда ощущал его постоянное внимание и заботу обо мне. Вплоть до последних дней своей жизни регулярно, не менее раза в неделю, он звонил и давал советы по поддержанию здоровья. Один из этих советов — делать в день не менее 3000 шагов, что я и

стал выполнять по сей день — ходить по утрам на работу пешком. Михаил Федотович оставил о себе добрую, светлую память. Побольше бы в жизни таких людей, как он!!!

2021 год

Примечание

¹⁾ В 1955 г средняя заработная плата в целом по народному хозяйству составляла 711 руб.
— <https://osssr.ru/life/tseny/tseny-i-zarplaty-v-sssr-v-1950-godah/#zarplata>.

В. А. Соловьёв

В 1979 году вышел наш обзор (*Иванов В. А. Соловьёв В. А. Методические основы изучения массопереноса в жидкометаллических системах: Аналитический обзор.* — Обнинск: Физико-энергетический институт, 1979). В обзоре рассматривались терминология и методы исследования коррозионных процессов в жидкометаллических системах. Для привлечения внимания к материаловедческим работам мы вручили один из экземпляров обзора М. Ф. Троянову. Реакция Михаила Федотовича была довольно неожиданной...

Иванов В. А. решил в слегка завуалированном виде привести её в нашей новой работе (*Иванов В. А., Соловьёв В. А. Эпиграф в научном творчестве.* 1996), вышедшей в самиздате. В то время можно было позволить эту вольность. Там она — реакция Михаила Федотовича — выведена следующим образом.

«Использование эпиграфа в научной работе влечёт за собой реальную опасность для автора — попасть в разряд «философов», что в устах физиков и их руководителей звучит, как правило, неодобрительно. Правда, для этого не обязательно увлекаться именно эпиграфами. Можно заняться любой необычной, нетрадиционной работой, к примеру методологическими вопросами, и пускаться в рассуждения о преимуществах той или иной методики и о том, что есть методика. Поскольку методологические вопросы сродни философским, то автор и в этом случае, даже с большей гарантией, бывает к философам отнесен.

Выпустив некогда в свет свои упражнения по методике эксперимента, авторы настоящего труда получили однажды устную рецензию от товарища Четверикова Матвея Филипповича:

— Поразвлекался я над вашим обзором, — и после паузы, — философы!

Через месяц мы услышали от него же:

— Если выпустите что-нибудь в том же духе, обязательно подарите!

Авторам остаётся печатно заверить Четверикова М. Ф., что если данный труд окажется напечатанным, то непременно будет ему подарен».

Мы вручили Михаилу Федотовичу экземпляр «Эпиграф в научном творчестве». Он узнал себя и даже был доволен. В дальнейшем, при встречах в маршрутке, на теплофизических семинарах, на концертах в Доме учёных он интересовался, чем мы занимаемся, какие у нас планы. Он не всегда узнавал человека, когда проходил мимо, но если с ним поздороваешься, то он мгновенно узнавал поздоровавшегося и часто вступал в беседу. С ним всегда было приятно общаться и можно было обсуждать любые темы.

2021 год

Соловьёв Владислав Александрович, в 1950 – 2015 гг. работал в ФЭИ, старший научный сотрудник, в 1976 – 1987 гг. — зам. нач. лаборатории физики металлов (лаборатория № 25).

А. П. Сорокин

ДИРЕКТОР НА ПЕРЕЛОМЕ ЭПОХ

С Михаилом Федотовичем Трояновым я познакомился в 1981 году после защиты на диссертационном совете ФЭИ кандидатской диссертации, посвященной изучению теплообмена в активной зоне реакторов на БН. М. Ф. Троянов в это время работал заместителем директора ФЭИ по направлению быстрых реакторов. В его ведении были вопросы научного и технического обоснования как действующих, так и перспективных реакторов на быстрых нейтронах: конструктивные решения, физика реактора, теплогидравлика и технология натриевого теплоносителя, термомеханика, прочность, вопросы ядерной и радиационной безопасности и пр. В общем, весь перечень проблем, которые нужно было решать для реакторов на БН.

Михаил Федотович работал в кабинете, в котором раньше работал А. И. Лейпунский, напротив кабинета директора О. Д. Казачковского. У них был общий секретарь — К. Г. Савина. В любой рабочий день можно было прийти на прием к 14 часам и в порядке живой очереди встретиться с М. Ф. Трояновым для рассмотрения и утверждения отчетной документации (отчеты, препринты) или краткого обсуждения проблемы, с которой столкнулся специалист. Не стоит говорить, что это должен быть содержательный вопрос.

Михаил Федотович работал исключительно конструктивно: внимательно рассматривал представленный материал, при необходимости делал замечания или отправлял на переработку. По отдельным вопросам тут же звонил линейному руководству и давал поручения.

Первая значимая работа, с которой я пришел к М. Ф. Троянову, была связана с порученным мне анализом эффектов, связанных с блокировкой части проходного сечения тепловыделяющей сборки в активной зоне быстрого реактора, которая могла привести к плавлению сборки и возникновению аварийной ситуации.

Проведя поиск работ, я выявил более сотни различных работ специалистов из Индии, США, Германии, Франции, Японии и других стран с результатами исследований блокировок в активной зоне. После проведения классификации и

Сорокин Александр Павлович, доктор технических наук (1990), работает в ФЭИ с 1972 г., в 2010 – 2018 — зам. директора Отделения № 6, в настоящее время — главный научный сотрудник ОЯЭ.

анализа появилась ясность по механизмам образования блокировок, гидродинамике и теплообмену в тепловыделяющих сборках с блокировками, степени возможного перегрева теплоносителя и твэлов за блокировками, кипения натрия и плавления твэлов. В результате по моему докладу М. Ф. Троянов принял решение: вместо проведения серии экспериментов по блокировке достаточно проведения ряда контрольных экспериментов и расчетного моделирования аварийной ситуации с блокировкой сборок в БН-600.

При взаимодействии с Михаилом Федотовичем всегда нужно было быть отоблаженным, готовым ответить на любые его вопросы.

В начале 1980-х годов под руководством М. Ф. Троянова в ФЭИ была разработана Координационная программа исследований в обоснование перспективных реакторов на быстрых нейтронах БН-800, БН-1600. Нужно отметить, что эта Программа была настолько широко и глубоко проработана, начиная от проблем нейтронной физики до экономики, что выполнение не решенных в 1980-е годы проблем, отмеченных в программе, продолжалось в 1990-е и 2000-е годы, в том числе в рамках вступившей в 2010 году в действие ФЦП «Ядерные энерготехнологии нового поколения», где был реализован большой объем исследований в обоснование перспективного реактора большой мощности БН-1200. В области теплофизики это, например, работы по системе аварийного отвода тепла встроенными в корпус реактора теплообменниками, кипению натрия в сборках твэлов активной зоны в аварийных режимах, взаимодействию кориума с натрием в процессе развития в реакторе тяжелой аварии.

Михаил Федотович, безусловно, был очень широко и глубоко эрудированным ученым. После XXVII съезда КПСС на партактиве по итогам съезда было сформулировано предложение впервые в истории института разработать Программу фундаментальных исследований в ФЭИ. За короткое время Программа была разработана, М. Ф. Троянов представил раздел Программы по реакторам на быстрых нейтронах. Сформулированные задачи были реализованы в планах работ — это вопросы моделирования, разработки расчетных кодов, численного моделирования процессов, развитие баз данных.

Не могу не отметить работу, связанную с решением вопроса о достижении проектного выгорания ядерного горючего в уже пущенном в эксплуатацию 3-м блоке БАЭС с реактором БН-600. Ввиду комплексности задачи к ее решению были привлечены специалисты в области топлива, материаловедения, теплофизики, термомеханики и т. д. В работе участвовал большой коллектив ученых и специалистов, включающий В. Н. Быкова, Ю. Е. Багдасарова, Л. М. Забудько, А. В. Жукова и др. Оперативно были проведены эксперименты на реакторе БН-600 и стендах ФЭИ, разработаны новые расчетные методики и коды. Моей задачей было численное моделирование температурных режимов твэлов в формоизмененных ТВС реактора с учетом эффектов радиационного набухания и ползучести. Работа велась в высоком темпе. Так, например, сегодня на совещании у Михаила Федотовича давалось задание — послезавтра нужно было доложить результат!

В сентябре 1989 года я на Диссертационном совете ФЭИ защитил докторскую диссертацию, а буквально через три месяца, что было очень быстро, мне позвонил М. Ф. Троянов и поздравил с утверждением ВАК моей диссертации. Было очень приятно, когда директор института уделил своему сотруднику такое внимание.

В 1986 году на партконференции ФЭИ я был избран неосвобожденным заместителем секретаря парткома ФЭМ по научной работе и одновременно возглавил научно-производственную комиссию при парткоме, в которую входили ведущие ученые и специалисты из всех крупных коллективов института. Комиссия систематически рассматривала состояние работ, проблемные вопросы по основным направлениям научно-технической деятельности института. Наиболее важные из них тщательно готовились и выносились на расширенные заседания парткома ФЭИ. Работа проводилась в тесном контакте с дирекцией института. Перед заседанием решения по предлагаемым мерам обсуждались с директором ФЭИ М. Ф. Трояновым, его заместителями. Приоритетными были вопросы, связанные с проектами перспективных реакторных установок на БН, подводного флота и т. д. Большое внимание уделялось проекту реактора БН-800. Нам тогда казалось, что сооружение этого энергоблока — дело ближайшего будущего, стоит только сконцентрировать усилия ученых ФЭИ и других предприятий Минсредмаша. В действительности для этого потребовалось еще 25 лет.

В поле зрения парткома были вопросы повышения эффективности труда. Как измерить эффективность научного труда, как стимулировать эффективный труд — большая проблема, которой занимаются ученые. Появилось предложение провести конкурс на лучшую лабораторию. Разработали Положение, балльную систему оценки, 100 лабораторий института разделили на три категории: фундаментальщики, прикладники и производственники. М. Ф. Троянов весьма скептически отнесся к этой работе, посчитав ее формалистикой. В действительности уже в ближайшем будущем выяснились, что в условиях рыночных отношений лаборатории с высоким рейтингом по итогам конкурса, реально высоко эффективные: оказались востребованными, в состоянии найти заказы и продолжить работу, а с низким рейтингом перестали существовать.

Перед лицом кризиса

В 1987 году, в период так называемой «новой экономической реформы», М. Ф. Троянов после ухода О. Д. Казачковского с поста директора института взял на себя мужество стать директором ФЭИ. Этому предшествовала (был период «демократизации и гласности») выборная компания и одобрение кандидатуры М. Ф. Троянова как директора коллективом института.

Чтобы глубже понять роль М. Ф. Троянова в истории ФЭИ, надо попытаться представить, с чем пришлось столкнуться ему на посту директора в эпоху смены социально-экономического уклада в стране.

Последствия кардинальных социально-экономических преобразований в стране на рубеже 1980–1990-х годов вызвали мощные потрясения во всех

сферах жизнедеятельности города и, казалось, подорвали саму основу его существования. Следует вспомнить, что с момента своего возникновения Обнинск формировался как крупный научный центр, выполняющий целевые программы государственного масштаба. Поэтому экономический кризис особенно болезненно отразился на городе, где преобладали научные институты и который всегда находился в привилегированном положении в силу своей принадлежности к атомной отрасли.

К началу 1991 года общая численность работающих в Обнинске достигала 69 тысяч человек. При этом удельная занятость в сфере науки составляет 37,8% от общей численности населения, в промышленности — 12,4%, в строительстве — 14,2%, в торговле — 6,9%, занимались в сфере коммунального обслуживания — 2,6%, занимающихся новыми формами хозяйствования — 10%. Таким образом, в научном комплексе работало максимальное количество горожан — каждый третий житель Обнинска (включая занятых в социальной инфраструктуре институтов).

Каково было состояние научно-производственного комплекса Обнинска к моменту начала экономических реформ? В научных учреждениях Обнинска было занято свыше 22 тысяч ученых и специалистов, в том числе свыше 4 тыс. научных работников. В городе сформировался мощный научно-технический потенциал в областях атомной энергетики, медицинской и сельскохозяйственной радиологии, радиационного и аэрокосмического материаловедения, экологии и мониторинга окружающей среды. Его качественный состав постоянно улучшался. В течение второй половины 1980-х годов количество докторов наук возросло с 140 до 173 человек, а кандидатов наук — с 1020 до 1155 человек. Средний возраст руководителей НИИ (на примере 6 наиболее крупных научно-исследовательских учреждений) — 56 лет, заместителей руководителей по научной работе — 54 года. Из руководителей отделов 68% старше 50 лет, старше 60 лет — 11%, из руководителей лабораторий 55% старше 50 лет, старше 60 лет — 7%. В наиболее активном возрасте 30–40 лет работает 10% руководителей отделов и 15% руководителей лабораторий. Из общего числа кандидатов наук молодые ученые в возрасте до 33 лет составляют только 7%. Средний возраст защищающих кандидатские диссертации составляет 35–40 лет, средний возраст докторов наук — 56 лет.

За годы перестройки, начиная с 1985 года, наблюдается неуклонное снижение эффективности использования научного потенциала Обнинска на государственном уровне: сократился общий объем работ в области ядерно-физических исследований, атомной энергетики, фундаментальных исследований, а четкой государственной программы конверсии, на которую делалась ставка, до сих пор не было разработано. Величина бюджетного финансирования в общем объеме финансирования НИОКР в 1985 году составляла 65%, в 1990 г. — 30–40%. Величина финансирования фундаментальных исследований в общем объеме финансирования НИОКР составляла, соответственно, 25% и 7%. К концу «перестройки» гигантам военно-промышленного комплекса впервые

пришлось самостоятельно определять свою стратегию. Речь шла уже не о былом процветании, а просто об элементарном выживании.

В 1991 году государство было вынуждено для сохранения минимально необходимого научно-технологического потенциала страны фактически перейти от системы заказов на НИОКР к финансированию заработной платы коллективов на минимальном уровне. Но, как показало время, это позволило сохранить основные научные силы.

В этот период 13 научно-исследовательских институтов Обнинска переживали тяжелые времена. Так, например, ФЭИ был обеспечен средствами лишь на 65%, филиал НИФХИ им. Л. Я. Карпова — на 70% (для проведения фундаментальных работ — на 10%), НПО «Технология» — на 80%. Были свернуты перспективнейшие фундаментальные темы: в ФЭИ — ТОПАЗ по термоэмиссионному преобразованию ядерной энергии в электрическую, в НПО «Технология» — «БУРАН» по авиакосмическим исследованиям. И это несмотря на то, что и уровень проведения этих исследований, и полученные результаты были высоко оценены мировой научной общественностью.

В прежние годы финансирование городского хозяйства Обнинска проводилась на основе специальных постановлений Совета Министров СССР в размерах утвержденных государственных программ. При этом социальная сфера города (жилищно-коммунальное хозяйство, энергетика, снабжение промышленными и продовольственными товарами и пр.) обеспечивалось через градообразующее научное учреждение — Физико-энергетический институт, осуществлявший также функции генерального застройщика. Срок действия последней Программы как раз истек в 1990 году. Огромные проблемы возникли в связи с тем, что не была утверждена очередная государственная программа социально-экономического развития города на 1991–1995 гг. В 1991 году прекратилось целевое финансирование развития городского хозяйства и социальной сферы.

Перед Обнинском встала еще одна проблема. В городе работали 5 исследовательских реакторов и 17 критических стенов. Все они соответствовали действующим нормам безопасности. Но экспериментальную базу надо постоянно поддерживать, а это требует немалых финансовых затрат.

Кроме того, Обнинску угрожала довольно значительная безработица. Ведь сократилось не только бюджетное финансирование, но и количество госзаказов как для институтов, так и для промышленных предприятий города.

Руководители научных учреждений и городские власти осознавали, что возникшие проблемы без поддержки центра им решить не удастся. Но все же они пытались самостоятельно повлиять на ситуации в пределах своих возможностей.

В ФЭИ подготовили соглашения о научно-техническом сотрудничестве с французскими и американскими специалистами. Речь шла о создании конструкции реактора типа ВВЭР повышенной безопасности и разработке новой концепции экологически чистого топливного цикла ядерной энергетики на

основе быстрых реакторов нового поколения. Думая о будущем, институт участвует в развитии альтернативной энергетики. На базе разработанных космических и других наукоемких технологий ученые ФЭИ приступили к созданию нетрадиционных энергетических установок, в том числе, солнечных.

Для реализации Комплексной программы РСФСР по научному обоснованию работ, связанных со снижением последствий аварии на Чернобыльской АЭС, прорабатывается создание Ассоциации научных учреждений города, объединившая ряд институтов (ФЭИ, НПО «Тайфун», ВНИИ СХР).

На правительственном уровне был поставлен вопрос об увеличении выпуска радиофармацевтических препаратов, которые применяются для диагностики и лечения онкологических заболеваний. В первую очередь речь шла о генераторе технеция. Для решения этой задачи в ФЭИ и филиале НИФХИ было налажено серийное производство генераторов технеция, позволившее резко сократить валютные поставки. Одновременно в ходе развития сотрудничества было организовано лечение тяжелых онкобольных из клиники ИМР на нейтронном пучке реактора БР-10 в ФЭИ.

Идея развития Обнинска как наукограда (или «Технополиса», как его называли первоначально) зародилась в 1991 году в период распада существующей государственной системы. В разгар «переходного периода» в обнинском горкоме КПСС была организована работа по анализу состояния экономики Обнинска и определению перспектив его развития как города науки. Она началась в конце мая 1991 года по инициативе Б. Д. Юрлова, бывшего научного сотрудника ФЭИ, затем секретаря парткома ФЭИ и сотрудника отдела науки ЦК КПСС. В это время он работал в отделе развития науки и техники Госкомитета по науке и технике (ГКНТ) СССР и участвовал в разработке глобального исследовательского проекта «Управление наукой и техникой в условиях перехода к рыночной экономике». Эта проблема, впервые вставшая тогда перед российским сообществом (как и перед научным сообществом Обнинска), считается одной из самых сложных в масштабе мировой экономической науки.

В работу включились директора организаций: М. Ф. Троянов, А. Ф. Цыб (ИМР), А. Г. Ромашин (НПО «Технология»), Р. М. Алексахин (ВНИИ СХРАЭ) и др. В короткие сроки творческие коллективы в научно-исследовательских организациях, которые возглавили директора институтов, собрали и проанализировали информацию в своих организациях. Поступивший в Горком КПСС обширный уникальный статистический и фактический материал, представленный научным и техническим сообществом города, был обобщен в начале июля в виде основательной Аналитической записки, ставшей основой для последующих концептуальных построений как стратегии развития Обнинска как города науки, так и проводимых преобразований. Непосредственное участие в этой работе приняли также Г. И. Скляр — первый секретарь Обнинского Горкома КПСС, И. В. Гоннов — заведующий отделом науки Горкома и А. П. Сорокин — ведущий научный сотрудник ФЭИ, заместитель председателя научно-производственной комиссии Горкома.

В Аналитической записке на основе анализа состояния научного комплекса и социально-экономической сферы Обнинска была обоснована возможность перспективного развития города в условиях рыночной экономики как центра науки, высоких технологий и наукоемкого производства.

В записке было показано, что Обнинск обладает по сути всем необходимым для эффективного существования «Технополиса».

Были сформулированы предложения по мерам, которые необходимо предпринять для перехода от города науки к «Технополису». При необходимой поддержке его научно-технический потенциал можно направить на решение крупных народнохозяйственных задач. В первую очередь развивать те важнейшие научные направления, ради которых он и был создан. Речь шла о разработке АЭС нового поколения с реакторами на быстрых нейтронах повышенной безопасности, решения задач замкнутого топливного цикла и обращения с радиоактивными отходами, создания на базе действующего в ФЭИ экспериментального реактора комплекса по испытанию материалов и производства радиоактивных изотопов, в том числе, для медицины, разработке более мощных, чем ТОПАЗ, атомных энергетических установок для космических аппаратов.

Для решения возникших проблем городов науки нужно было привлечь к ним внимание, объединить усилия городов науки в борьбе за выживание, получить поддержку на государственном уровне. После обсуждения у М. Ф. Троянова было принято решение о проведении 1991 году в Обнинске первой Российской конференции по наукоградам «Проблемы научных центров России». При поддержке М. Ф. Троянова и директора ЦИПК Ю. П. Руднева конференция была подготовлена и проведена 23–25 декабря 1991 года в Обнинске на базе ЦИПК. Все делалось на общественных началах.

В конференции приняли участие представители администрации, городских советов и научных коллективов из 12 городов науки, в том числе Пушкино, Протвино, Жуковского, Дубны, Зеленограда, Заречного, Долгопрудного.

Решениями, принятыми на конференции, была определена стратегия и программа действий по поддержке городов науки (термин «Наукоград» появился несколько позже). Так Обнинск на длительный период станет основным центром наукоградской деятельности.

За длительный период своей работы в ФЭИ М. Ф. Троянов накопил огромный научно-технический потенциал, который он последовательно реализовывал, когда стал директором института. В этих условиях Михаилу Федотовичу Троянову, ученому и научному руководителю программ по ядерной энергетике, пришлось стать менеджером. В результате институт сумел пройти самый сложный период перелома эпох — вхождения в условия рынка, сохранив основной кадровый потенциал и экспериментальную базу.

М. Ф. Троянов и после выхода на пенсию в 2001 году продолжал интересоваться научной деятельностью ФЭИ, был неперенным участником наших научных мероприятий, заседаний НТС, ежегодных весьма представительных

конференций по теплофизике ядерных реакторов, участвовал в обсуждении научных проблем на заседаниях и в кулуарах конференций.

Телефонный звонок журналиста Шукшиной: к Вам рекомендовал обратиться М. Ф. Троянов, предлагаем подготовить статью о деятельности Обнинского городского научно-технического совета. Городской НТС в Обнинске — атрибут наукограда как научного образования и проводит свою работу в поддержку научно-образовательной деятельности в городе. Михаил Федотович прекрасно понимал роль и значение ГНТС как координационного штаба научной деятельности в наукограде. Так в специальном августовском выпуске 2016 года журнала «Грани успеха», посвященном Обнинску, появилась статья «Собирание умов».

В этом же номере журнала напечатано интервью с М. Ф. Трояновым, в котором он говорит об этапах огромной работы по реакторам на быстрых нейтронах от первого исследовательского реактора БР-10 в ФЭИ до проекта коммерческого реактора большой мощности БН-1200 и полного замкнутого топливного цикла и их роли в обеспечении энергетических потребностей России в будущем. Это завещание Михаила Федотовича Троянова будущему поколению ученых, конструкторов и строителей — быстрыков!

2021 год

Г. И. Тошинский

МУЖЕСТВЕННЫЙ ЧЕЛОВЕК

Вспоминая Михаила Федотовича, мне хотелось выделить, как мне кажется, главное его качество, которое я вынес в название. Конечно, М. Ф. Троянов обладал множеством других важных качеств: высочайший профессионализм, вызывавший глубокое уважение у всех, с кем он работал, в том числе и у А. И. Лейпунского, умение четко организовать не только свою работу, но и работу коллектива, которым он руководил, включая коллектив целого института, рассудительность, он не принимал скороспелых решений, но, приняв решение, твердо, даже жестко доводил его до результата, отзывчивость на просьбы сотрудников, его критика не была обидной. Но его мужество, без которого он не состоялся бы как человек, ученый и руководитель, я выдвинул бы на первое место. Позднее приведу один пример, как оно проявилось.

Хотя он пришел в ФЭИ четырьмя годами позднее, но он, как и я, закончил физико-энергетический факультет МЭИ (переведенный потом в МИФИ) по реакторной специальности. Нас (реакторщиков) тогда было мало, и мы быстро перезнакомились. Хотя я уже тогда работал по закрытой тематике (реакторы на промежуточных нейтронах со свинцом-висмутом), а он по быстрым реакторам с натрием, которые тоже тогда были секретными, тем не менее между собой мы тесно общались, не переходя границы, на общеинститутских семинарах и совещаниях, которые проводил Лейпунский, где быстро выяснялось, кто чего стоит.

Довольно быстро стало ясно, не только для нас, но и для Лейпунского и Казачковского, что М. Ф. Троянов обладает глубокими знаниями по теплофизике и реакторной физике. Он защитил кандидатскую, а потом и докторскую диссертации. Это привело к его быстрому продвижению по служебной лестнице. Вскоре после перехода О. Д. Казачковского в Димитровград, он стал правой рукой А. И. Лейпунского по БНам, а после кончины АИЛа (как мы

Тошинский Георгий Ильич, доктор технических наук (1980), Заслуженный деятель науки и техники Российской Федерации (1995), профессор (1988), с 1951 г. работает в Физико-энергетическом институте, в 1994–1997 гг. — директор Отделения транспортных ядерных энергетических установок, в настоящее время советник генерального директора АО «ГНЦ РФ – ФЭИ и, одновременно, с 2012 г. — советник генерального директора ОАО «АКМЭ-инжиниринг». Награжден орденами Трудового Красного Знамени (1966), знак Почета (1981), знаком атомной отрасли «Академик И.В. Курчатов» 1 степени (2008).

между собой называли Лейпунского), стал одним из лидеров этого направления, был удостоен звания лауреата Ленинской и Государственной премий.

Плотно общаться с Михаилом Федотовичем, тогда просто Мишей, я начал в шестидесятых годах, когда нас избрали в партийный комитет института, где он стал заместителем секретаря парткома по научно-производственной работе. В то время партийная организация играла очень большую роль в жизни института. Однако наиболее важные вопросы решались на уровне города, в горкоме КПСС. Первым секретарем горкома был избран (фактически, назначен Калужским обкомом) хороший человек, но не знающий и не понимающий специфики работы института. Это было причиной многих конфликтных ситуаций и не способствовало поддержанию авторитета горкома. Партийная организация ФЭИ по численности составляла больше половины городской партийной организации и была большой силой, поскольку институт в то время был единственным крупным и градообразующим предприятием.

В неофициальной обстановке члены парткома часто обсуждали между собой необходимость замены первого секретаря горкома. В результате таких обсуждений созрела мысль обсудить сложившуюся ситуацию с первым секретарем Калужского обкома партии. Эту опасную миссию возложили на Михаила Федотовича с его согласия. Он уже в те годы обладал высоким научным авторитетом, необходимой аргументацией и силой логического убеждения. Конечно, такой шаг с его стороны был рискованным и требовал немалого мужества. В результате его визита в Калугу вопрос был решен и был избран новый первый секретарь Обнинского горкома партии.

Второй эпизод из общения с М. Ф. Трояновым (в то время он был уже директором ФЭИ), который мне запомнился, произошел в 1990 или в 1991 году, когда в Минатоме обсуждался вопрос о развертывании работ по реактору БРЕСТ. В связи с запросом Министерства на эту тему и учитывая известный тезис В. В. Орлова «не уходя слишком далеко от технологии свинцово-висмутовых реакторов, освоенных на АПЛ», Михаил Федотович поручил Б. Ф. Громову и мне подготовить соответствующую справку. В этой справке мы выразили согласие с общей концепцией, но рекомендовали поэтапное освоение свинцовой реакторной технологии, понимая важность для эксплуатации большого различия температур плавления этих теплоносителей.

В качестве первого этапа мы предлагали создать крупный инженерный стенд с тепловой мощностью не менее 1 МВт, отличающийся по составу оборудования только источником тепла. Для размещения такого стенда мы предлагали использовать здание 75, где имелась вся необходимая инфраструктура и эксплуатационный персонал, оставшийся после остановки лодочных стендов 27/ВМ и 27/ВТ. Незадолго до подготовки справки М. Ф. Троянов провел совещание на здании 75, где обсуждался вопрос о создании такого стенда. В качестве второго этапа мы предлагали создание опытного быстрого реактора со свинцовым теплоносителем сравнительно небольшой мощности, а затем уже — БРЕСТ-ОД-300.

С подписанной нами справкой мы пришли к М. Ф. Троянову. Хорошо помню высказанное им недовольство. Возможно, это была его эмоциональная реакция, ведь это была уже третья попытка заменить натрий в быстрых реакторах, который был в те годы признан во всем мире. Первая попытка была со стороны Курчатковского института (С. М. Фейнберг, гелий высокого давления), вторая попытка со стороны Белорусской Академии наук (А. К. Красин, диссоциирующий газ). Тем не менее, он не предложил нам что-то исправить и выслал справку в Министерство.

В последний период своей работы на посту директора у Михаила Федотовича стало прогрессивно ухудшаться зрение. Думая о своем неизбежном уходе с поста директора, в 1991 году он пригласил на должность научного руководителя академика В. И. Субботина, однако спустя два года В. И. Субботин покинул институт из-за конфликта с новым директором.

Уже после ухода М. Ф. Троянова из института я часто встречал его на неторопливой прогулке на опушке леса, где был рядом наш садовый участок. Он мужественно переносил свалившийся не него недуг, узнавал он меня только с очень близкого расстояния.

Не могу не сказать о помощи, которую он оказал мне в получении на семью из пяти человек четырехкомнатной квартиры рядом с институтом, что для меня было очень важно, так как после операции на тазобедренном суставе мне еще было трудно ходить.

М.Ф. Троянов внес огромный вклад в развитие быстрых реакторов и заслуженно находится в одном ряду среди лидеров этого направления.

2021 год

В. И. Усанов

Мое поколение пришло в ФЭИ, когда направление быстрых реакторов переживало этап подъема и реализации больших планов. Принципиальные вопросы физики быстрых нейтронов и технологии натрия были уже в значительной степени решены, проведены всесторонние исследования на экспериментальных быстрых реакторах БР, завершалось сооружение быстрого реактора-прототипа БН-350 и проектирование энергетического реактора БН-600. В институте работали специалисты мирового уровня в области реакторов на быстрых нейтронах, было много молодежи, царила атмосфера оптимизма и уверенности в том, что быстрые реакторы вскоре будут играть ключевую роль в энергетике страны и в мировой энергетике. Ведущие специалисты поддерживали молодых сотрудников, активно включившихся в работу, и содействовали их профессиональному росту.

Меня приняли в лабораторию радиационной безопасности и защиты от ионизирующих излучений расчетно-физического отдела, которым руководил М. Ф. Троянов. Через некоторое время начальник лаборатории М. Я. Кулаковский предложил мне поступить в заочную аспирантуру и сформировал тему, относящуюся к одному из направлений деятельности лаборатории. Моим научным руководителем стал М. Ф. Троянов с перспективой переоформления руководства на М. Я. Кулаковского, когда тот получит звание старшего научного сотрудника, необходимое для научного руководства аспирантом.¹⁾ К несчастью, М. Я. Кулаковский безвременно ушел из жизни. Люди, знавшие Михаила Яковлевича и работавшие с ним, тяжело переживали утрату, а для меня это было еще и крушение, как я думал, всех моих планов по диссертации. Однако вскоре Михаил Федотович вызвал меня и сказал, что, хотя ему и сложно будет руководить не совсем близкой ему темой, но он не видит другого руководителя и, раз уж так получилось, придется оставить все как есть. Тогда я еще не знал, что Михаил Федотович станет моим учителем и наставником на многие годы.

Сооружение и начавшаяся эксплуатация реактора БН-350, проектирование БН-600 и БН-800 возлагали огромную ответственность на руководителей института, отделов и лабораторий, которым стоило больших усилий отстоять линию ФЭИ, несмотря на драматическую ситуацию, связанную с выходом из строя парогенераторов БН-350, борьбы мнений по выбору принципиальных

Усанов Владимир Иванович, доктор технических наук (2003), работает в ФЭИ с 1972 г., в 1995 – 2005 гг. — начальник лаборатории № 15, в 2005 – 2012 гг. работал в МАГАТЭ, в настоящее время — главный научный сотрудник Отделения ядерной энергетики.

технических решений по реактору БН-600 и БН-800, острую полемику относительно выбранных решений по коэффициенту воспроизводства БН-800 и т. д. Только позже стало понятно, каким риском для будущего технологии быстрых реакторов сопровождался каждый этап ее освоения и продвижения. Сейчас я понимаю, что в сохранении спокойной деловой обстановки в расчетно-физическом отделе, несмотря на возникавшие время от времени проблемы, была большая заслуга его руководителя. Авторитет М. Ф. Троянова был исключительно высок, обсуждавшиеся на производственных совещаниях и собраниях коллектива вопросы своевременно решались. Михаила Федотовича уважали не только как руководителя и профессионала, но и за его высокие человеческие качества.

Он знал всех сотрудников отдела, а впоследствии, похоже, и всех сотрудников института, по имени-отчеству и всегда общался с людьми исключительно вежливо и доброжелательно, а в дружеском общении иногда любил по-доброму пошутить. Всегда, даже став заместителем директора института и директором, приходил в свой родной отдел, чтобы поздравить женщин с праздником 8 Марта или с днем рождения ведущих сотрудников отдела. И то, и другое отмечалось тогда с большим размахом, а поздравление руководителя поднимало всем настроение и позволяло каждому ощутить себя членом дружного коллектива.

Хотя мои встречи с Михаилом Федотовичем долгое время в основном были связаны с работой, иногда они выходили за эти рамки. Один из эпизодов общественной жизни коллектива мне запомнился особенно хорошо. На профсоюзном собрании меня избрали ответственным за спортивную работу. Предстоял очередной этап соревнований ФЭИ на приз И. И. Бондаренко. Команда расчетно-физического отдела часто завоевывала этот приз. В ней были отдельные сильные спортсмены, но успех объяснялся не этим, а активным участием в соревнованиях сотрудников отдела и их семей.

И на этот раз многие сотрудники отдела, в том числе и Михаил Федотович, откликнулись на призыв поучаствовать в соревнованиях. Как сейчас вижу строй лыжников, собравшихся у спортивного павильона ФЭИ, во главе которого стоял самый высокий спортсмен — М. Ф. Троянов. По традиции спортивные состязания завершались походом в лес на правом берегу Протвы. На живописной поляне был разведен костер, приготовлены пельмени и чай. Когда пришло время возвращаться домой, одна из участниц похода сообщила, что она не может продолжать поход, поскольку, как оказалось, она впервые встала на лыжи и сильно устала. Пришлось потратить много усилий, чтобы благополучно доставить пострадавшую до города на «буксире». Я не ожидал, что Михаил Федотович окажется одним из наиболее сильных участников похода. Много позже в одной из наших бесед он упомянул о том, что очень любил лыжные прогулки и походы с детьми по окрестностям Обнинска.

Одна из встреч с Михаилом Федотовичем оказалась для меня не слишком приятной, но поучительной. Во время туристической поездки в Суздаль я купил

в сувенирной лавке настоящие лапти. И вот мне пришла в голову мысль использовать их на работе в качестве сменной обуви. Мне казалось, что это очень смешно и, как сейчас говорят, прикольно. Первым же сотрудником, которого я встретил в коридоре здания РКБР, оказался Михаил Федотович. Он с интересом осмотрел меня и спросил: «Ну и как обновка, не жмут? А где же котомка?». А затем строго сказал: «Быстро отправляйся на свое место и переобуйся». С девятидесятых годов нам рассказали много небылиц о суровом советском времени, но в данном случае я думаю, что действительно мог схлопотать неприятности с этой своей выходкой. Строгий выговор напомнил мне дом и справедливые наказания от родителей.

Несмотря на огромную загруженность, Михаил Федотович со всей ответственностью выполнял обязанности научного руководителя. Учеба в заочной аспирантуре протекала по плану, ориентированному как на выполнение текущих производственных задач лаборатории, так и на решение методических проблем, связанных с расчетом переноса нейтронов в сложных конструкциях защиты быстрых реакторов. Важным для диссертационной работы оказалось возникшее в лаборатории и поддержанное М. Ф. Трояновым, ставшим к этому времени заместителем директора ФЭИ, предложение по организации сотрудничества с Институтом прикладной математики с целью использования новых методов и расчетных программ, создаваемых в ИПМ, для прецизионных расчетов поля нейтронов в местах размещения нейтронных датчиков системы управления и защиты реакторов БН. Это сотрудничество с подразделением ИПМ, возглавлявшимся профессором Татьяной Анатольевной Гермогеновой, состоялось и позволило существенно продвинуться в решении поставленных в диссертации задач.

Надо сказать, что во время моей учебы в аспирантуре и подготовки материалов по диссертации Михаил Федотович не торопил меня с ее завершением. Но в какой-то момент он вызвал меня к себе в кабинет, попросил подробно рассказать о состоянии дел и сказал, что пора садиться за рукопись. Исследования по теме диссертации подошли к концу и вскоре я передал, как договорились, секретарю директора института Клавдии Григорьевне Савиной толстенную папку с рукописью, написанную за неимением хорошей бумаги на каких-то листах коричневатого цвета. Когда я сообщил об этом в дружеском разговоре с одним из недавно защитившихся коллег, он посоветовал мне сильно не радоваться, поскольку его руководитель держал в столе рукопись диссертации два года. Приняв во внимание этот совет, я с легким сердцем я отправился с семьей в отпуск. Каково же было мое изумление, когда по возвращении из отпуска раздался звонок телефона, и Клавдия Григорьевна попросила взять у нее папку, оставленную Михаилом Федотовичем. Почти каждая страница рукописи была испещрена существенными замечаниями и комментариями, написанными карандашом мелким, но разборчивым подчерком. Я был потрясен. После того, как я защитился, у нас установились с Михаилом Федотовичем доверительные, даже дружеские отношения.

Несколько лет спустя, уже после защиты кандидатской диссертации, я пригласил Михаила Федотовича, который стал директором ФЭИ, и Татьяну Анатольевну Гермогенову, приехавшую в Обнинск на совещание, к себе в гости. Это был незабываемый вечер в моей жизни. Татьяна Анатольевна и Михаил Федотович вспоминали свои студенческие годы, которые прошли в Москве в одно и то же время, события тех лет, коллег, с которыми им довелось работать, интересные истории из жизни. Михаил Федотович рассказал о своих путешествиях по Кавказу и о переходе через перевал к Черному морю. Татьяна Анатольевна вспомнила, как однажды ей как оппоненту по докторской диссертации крупного грузинского ученого пришлось лететь в Тбилиси на борту транспортного самолета, чтобы не сорвать защиту диссертации. Сейчас я вспоминаю эту встречу с большой теплотой и ностальгией по прошлому.

В 1992 году Михаил Федотович покинул директорский пост по состоянию здоровья. Помимо здоровья причиной его ухода стали совершенно новые условия жизни института и страны в целом, которые возникли после 1991 года. Как говорил сам Михаил Федотович, нужно было находить такие каналы взаимодействия с руководством и другими организациями, о которых не подозревали раньше. Несмотря на неизбежность решения об уходе, он, привыкший к напряженной деятельности, нелегко воспринял свое новое положение главного научного сотрудника и советника дирекции. Как-то он с горечью сказал, что «люди вокруг него будто расступились». Да и своей должностью советника он был сильно разочарован и как-то в сердцах сказал, что он является советником, у которого не спрашивают никаких советов. Тем не менее он не терял оптимизма. Начало 1990-х годов было трудным временем для страны, но, когда в разговорах с Михаилом Федотовичем я начинал драматизировать ситуацию, он, посмеиваясь, говорил: «Владимир Иванович, не берите на себя все горести мира».

В 1995 году директором института В. М. Муроговым было организовано новое подразделение — отдел перспективных разработок и технико-экономических исследований. Начальником отдела был назначен В. С. Каграманян, а начальниками двух лабораторий А. Н. Чебесков и я. Все трое когда-то были аспирантами М. Ф. Троянова. Для постановки задач и определения приоритетов в деятельности этого отдела необходим был не только руководитель, но и ученый высокого уровня с широким кругозором и знанием механизмов принятия стратегических решений в отрасли. М. Ф. Троянов, успешно выполнял роль неформального консультанта с момента создания отдела и до самого ухода на пенсию. Для меня он стал также консультантом при подготовке докторской диссертации. Опять наступило время тесного взаимодействия с Михаилом Федотовичем. Все вместе и по отдельности сотрудники отдела обсуждали с ним вопросы обоснования перспективных ядерных энергетических систем с реакторами на тепловых и быстрых нейтронах и новых топливных циклов ядерной энергетики.

Вскоре на повестку дня вышли также вопросы утилизации плутония. Я в это время руководил большой институтской темой по системному анализу топливных циклов и для меня советы Михаила Федотовича были бесценными.

В 2001 году он принял решение уйти на пенсию. Совсем отказывало зрение и стало практически невозможно читать. Несмотря на это многие, в том числе и я, отговаривали его не делать этого, поскольку огромный опыт и память никуда не делись. Но Михаил Федотович был непреклонен. После его ухода на пенсию, мы время от времени созванивались и встречались, когда он приходил в институт.

В 2005 году меня направили в командировку в МАГАТЭ, где я проработал почти семь лет. Почти каждый раз по приезду в Обнинск в отпуск я приходил в гости к Михаилу Федотовичу и его жене Валентине Ивановне. С Веней у них было связано много воспоминаний, и им было интересно узнать новости и получить приветы от многих бывших сотрудников ФЭИ. Михаил Федотович живо интересовался деятельностью МАГАТЭ, в которой сам когда-то участвовал на высоком уровне в группе советников генерального директора МАГАТЭ от стран-членов этой организации.

Последний раз мы встретились с Михаилом Федотовичем весной 2017 года. Он шел из поликлиники ФЭИ, опираясь на тросточку, с которой я видел его впервые. Пригревало майское солнце. Михаил Федотович был в хорошем настроении. В отношении тросточки он заметил, что это не средство передвижения, а атрибут, украшающий джентльмена в возрасте. В шутовском тоне мы проговорили минут пять, а затем распрощались. Как оказалось — навсегда.

Годы общения с Михаилом Федотовичем Трояновым — не только крупным ученым и учителем, но и замечательным человеком — были счастливым временем в моей жизни и оставили глубокий след в моей памяти. С тех пор прошли годы, появились новые проекты в области быстрых реакторов. Время покажет, какое направление этой технологии окажется наиболее жизнеспособным. Мы, ученики М. Ф. Троянова, убеждены, что именно быстрые натриевые реакторы, созданию которых он посвятил свою жизнь, составят основу будущего развития и оно пойдет по пути, заложенному и в значительной степени пройденному Физико-энергетическим институтом.

2021 год

Примечание

¹⁾ В описываемый период ученое звание «старший научный сотрудник» соответствовало званию доцента в вузе, которое давало право руководить соискателями, и присваивалось ВАК работникам не учебных учреждений, существует в научно-исследовательских институтах наряду с должностью «старший научный сотрудник».

Ю. В. Фролов

Мне почти повезло, я пришел в ФЭИ в 1996 году, когда в коридорах главного корпуса еще можно было встретить участников советского Атомного проекта, таких как Борис Григорьевич Дубовский, начинавший после фронта в 1944 году у Игоря Васильевича Курчатова в Лаборатории № 2¹⁾, или Алексей Георгиевич Карабаш, который в КБ-11²⁾ перед отправкой на полигон заряда для первой советской атомной бомбы РДС-1 по заданию Юлия Борисовича Харитона проверил точность анализа ядерного материала и подписал приёмочный акт; когда неповторимую атмосферу приемной директора сохраняла Клавдия Григорьевна Савина, бессменный секретарь Дмитрия Ивановича Блохинцева, Андрея Капитоновича Красина, Александра Ильича Лейпунского и еще шести следующих директоров, а еще можно было свободно беседовать с Олегом Дмитриевичем Казачковским, Борисом Федоровичем Громовым, Эдвином Александровичем Стумбуром, Виктором Яковлевичем Пупко, Михаилом Федотовичем Трояновым и многими другими, кого судьба привела в институт еще на рубеже 1950-х годов и на долю которых выпали все главные достижения нашего института на земле, под водой и в космосе. («Почти» повезло — потому как многих я уже не застал.)

Придя в ФЭИ, точнее в архив ФЭИ, я невольно погрузился в его историю. И здесь меня поразили не только проекты института 1950-х годов, среди которых были реакторы для АЭС, для подводных лодок, для баллистических ракет, для космических спутников, для самолетов и даже для дирижаблей, но и то, что работы эти Д. И. Блохинцев и А. И. Лейпунский поручали выполнять совсем молодым людям, только что окончившим институты. Других не было, все опытные ученые и специалисты работали в институтах, занимавшихся оружейной тематикой.

Даже после письма директора Лаборатории «В» Блохинцева в Первое главное управление в декабре 1951 г. («...в Лаборатории «В» имеются только три лица, способных осуществлять научное руководство: Лейпунский А. И., Красин А. К. и Блохинцев Д. И., в остальном наша Лаборатория состоит из малоопытной молодежи...») ситуация изменилась мало. Приехали Н. В. Агеев, Н. И. Булеев, Е. С. Кузнецов, А. Г. Карабаш, В. Н. Глазанов, В. С. Ляшенко, Б. Г. Дубовский, С. Б. Шихов, Г. И. Марчук, а большинство все равно составляла молодежь. Но это были лучшие выпускники лучших вузов страны, и Минсредмашу было

Фролов Юрий Викторович, историк-архивист, с 1996 г. работает в ФЭИ, начальник архива ФЭИ (до 2008 года), в настоящее время — начальник отдела документационного обеспечения.

позволено производить такой отбор: И. И. Бондаренко, Б. Ф. Громов, Б. Б. Кадомцев, А. В. Камаев, П. Л. Кириллов, В. А. Кузнецов, В. А. Малых, И. Г. Морозов, В. В. Орлов, Ю. И. Орлов, В. Я. Пупко, Ю. П. Райзер, А. С. Романович, Г. Н. Смиренин, Э. А. Стумбур, Г. И. Тошинский, Л. Н. Усачёв, Ф. И. Украинцев, П. А. Ушаков, Ю. С. Юрьев и другие. В их числе был и М. Ф. Троянов.

В конце 1990-х годов М.Ф. был советником директора, и первые наши контакты были связаны с решением служебных вопросов. На протяжении двух лет М.Ф. возглавлял собиравшуюся в архиве ФЭИ комиссию по рассекречиванию архивных документов по тематике быстрых реакторов. В состав комиссии входили ученые и специалисты, которые, как и М.Ф., стояли у истоков проблемы. Интересно было присутствовать на этих заседаниях, когда эксперты, докладывая отчеты о НИР, авторами которых они зачастую сами являлись, вспоминали участников работ, интересные события и детали, случившиеся полвека назад при их выполнении. Понимая важность работы по рассекречиванию архивных документов, М.Ф. возглавил эту комиссию, хотя в то время он мог читать документы из-за проблем со зрением только с помощью лупы.

Характер работы, первое знакомство с историей ФЭИ и общение с ветеранами института привели меня к идее инициировать движение по написанию воспоминаний. Но уговорить кого-либо это сделать было трудно. Первым откликнулся Б. Ф. Громов, человек очень дисциплинированный и ответственный, наговоривший на магнитофон очень интересные воспоминания, опубликованные потом в посвященной ему книге «Лидер командной игры».³⁾

М.Ф. согласился не сразу. Но вот однажды, было это в 1999 году, он пришел в архив, и мы записали на диктофон первую кассету.

По ходу записи я понял, что у нас не получается. Видимо, проработав в ФЭИ всего три года, я еще был недостаточно «в теме», не те задавал вопросы. Не помню деталей, кассета не сохранилась, помню только, что после записи я, уже поняв свои ошибки, смог сформулировать замечания и предложения. М.Ф. внимательно выслушал и попросил взять кассету с собой. А через несколько дней он пришел с совершенно новой записью, сделанной дома, уже совершенно иного качества.

Мы продолжили писать дальше, а работники архива начали расшифровывать диктофонные кассеты и переводить их в электронный вид. Получив первые файлы, занялся обработкой материала. Скоро стало понятно, что записанный материал перерос размеры статьи или очерка воспоминаний и из него может получиться книга.

Тому, кто никогда не расшифровывал и не редактировал большие объемы разговорной речи, а надиктованные на диктофон воспоминания — это все-таки разговорная речь — трудно представить, что это такое. Скажу только, что она сильно отличается от текста, который автор обычно пишет, задумываясь и над синтаксисом, и над морфологией.

Так получилось, что обработка материала затянулась. И тут я первый раз вызвал недовольство М.Ф. Он при встречах несколько раз спрашивал, как идет

работа, я отвечал кратко, что «работаю», не вдаваясь в детали. Наконец, после очередного моего такого ответа, он раздражённо сказал, что это «работаю», он уже слышал несколько раз. «Хорошо, — согласился я, — завтра все передам» — и отдал рукопись, не обработанную до конца.

Прошло какое-то время, в архив зашел М.Ф. и сказал, что он понял, как трудно редактировать надиктованный материал...

Эта работа его увлекла. Вторую часть воспоминаний он надиктовал дома, в обработке их ему помогали близкие. Работа над второй частью заняла у него несколько лет.

Книга получилась интересная. М.Ф., как бы присутствуя за кадром, рассказывает не о себе, а об истории института и атомной отрасли, которая разворачивалась на его глазах, о событиях и людях, которые наполняли делами и смыслом эту историю. Сам он потом напишет в предисловии к книге: «Я не спешил с обнародованием этих записей, т. к. мне казалось, что еще рано, кое-что в них может кого-то задеть, вызвать споры или недопонимание. Поэтому передал их в архив и не афишировал. Но они постоянно напоминали о себе, и время от времени я возвращался к ним, делал некоторые правки и дополнения, и закончил это только весной 2005 г.».

Книгу воспоминаний мы выпустили в 2007 году⁴⁾. Директором ФЭИ в эти годы был Анатолий Васильевич Зродников. Он всегда помогал и участвовал в издании книг и статей по истории института и хорошо понимал, какой интерес, особенно у старых работников, вызовет книга М.Ф., под названием которой «Моей судьбою стал Физико-энергетический институт» мог подписаться почти каждый из ветеранов ФЭИ. А. В. Зродников, который, как я замечал, с глубоким уважением относился к М.Ф., решил сделать праздник для работников и устроить презентацию книги в ДК ФЭИ: в конце концов, не каждый день директора ФЭИ издают мемуары...

Это была вторая презентация книги в ФЭИ, в которой я участвовал. Первая случилась годом раньше, в 2006 году, в связи с выходом книги «Физико-энергетический институт: Летопись в судьбах»⁵⁾.

Таким образом, обладая уже определенным опытом, я подготовил сценарий презентации, договорился с выступающими, обговорил сценарий с ведущим, доложил директору, получил его «добро». Правда, когда готовил фрагменты текста из книги для ведущего, которые он должен был зачитывать по ходу действия, мелькнула мысль: «Может распечатать для него эти фрагменты на листах, чтобы ведущий не занялся «отсебятиной»?». Были в книге М.Ф. описаны довольно острые моменты взаимоотношений в руководстве института, и один такой эпизод как раз был на развороте книги с фрагментом текста, выбренным мною для ведущего. Но решил, что презентуемая книга должна быть все время на сцене в руках ведущего.

Вечером 19 декабря 2007 года зал ДК был заполнен полностью действующими работниками и ветеранами ФЭИ. Вел вечер Виктуар Константинович Велижев, в те годы директор ДК ФЭИ. Я сразу заметил, что он творчески по-

дошел к использованию отобранных мною фрагментов: как опытный ведущий он конечно же знал инструменты, как завладеть вниманием зрителей и кое-что добавил сам. И то, чего я больше всего не желал, случилось: зачитывая фрагмент, где давалась высокая оценка О. Д. Казачковскому, которого М.Ф. сменил на посту директора, ведущий добавил абзац, где говорилось, как не сложились отношения между О. Д. Казачковским и В. В. Орловым, и последний был вынужден покинуть наш институт. Я почувствовал, как напрягся А. В. Зродников, сидевший рядом, затем Анатолий Васильевич повернулся ко мне и спросил: «Кто готовил тексты для ведущего?..»

А ведущий закончил свою репризу, быстро сбежал по ступенькам к первому ряду, где сидел Казачковский, и предоставил ему слово. Выступления Олега Дмитриевича на публике, во всяком случае, которые я слышал, всегда были артистичны. И здесь, выразив удивление, что ему первому предоставили слово, он сказал:

«Я благодарен Михаилу Федотовичу за те слова, которые сейчас прозвучали от его имени, действительно, мне очень приятно, я не уверен, что я достоин такой похвалы...»

Мне удалось немножко познакомиться с этой книгой, и я хотел бы прежде всего поздравить Михаила Федотовича с вступлением в наш союз, не советских писателей, а институтских писателей, потому что книжка мне понравилась. Вы знаете, я тоже писал по поводу нашего института... Так вот, я скажу, что мне больше понравилось то, что написал Михаил Федотович, ибо я ограничивался в основном описанием событий и не очень обращал внимание на людей. А Михаил Федотович сумел как-то так написать, что и люди там хорошо показаны, что я могу позавидовать, по-доброму позавидовать, Михаилу Федотовичу.

Еще скажу, конечно, у меня есть кой-какие замечания, и я думаю, что мы с вами обсудим эти замечания и к следующему изданию, а я думаю, эта книга обязательно будет переиздаваться, и к следующему изданию он обязательно учтет мои замечания».

Сейчас, когда пишутся эти строки, я очень жалею, что не спросил потом у М.Ф., имело ли это пожелание — «обсудить замечания» — продолжение...

А тогда наши опасения продолжения не имели, потому что атмосфера в зале была необыкновенно теплой и дружелюбной. Вероятно, под влиянием этой теплоты А. В. Зродников, закрывая вечер, обратился к ветеранам, сидящим в зале, с такими словами:

«Пишите, пишите и пишите! Почему? Потому что действительно это важно и для института, и для тех, кто сегодня работает, и особенно для тех, кто будет работать. Потому что сохранение традиций, поддержание их, это такой консервативный элемент организации, который очень хорошо стабилизирует и не дает ей рыскать в разные стороны, направляет движение в одном важнейшем направлении по главному вектору... Чтобы он сохранялся — пишите воспоминания. Пусть это будут не такие книги, как эта, презентацию которой мы сегодня видели — это серьезная книга, серьезный многолетний труд. Пусть это

будут рассказы, мы выпустим сборник рассказов, и это будет вклад старшего поколения в воспитание молодёжи».

Презентация удалась. Соратники, коллеги, друзья — все благодарили, получали автографы и долго не отпускали М.Ф. Видно было, что он тоже очень рад. А я думал, многие ли понимают, что М.Ф. совершил почти такой же поступок, как Николай Островский — написал книгу, когда его главным инструментом для чтения была лупа с толстым стеклом.

Я писал уже, как первый раз вызвал недовольство М.Ф. А был и второй раз.

В декабре 2003 года под эгидой Министерства отмечалось 100-летие со дня рождения А. И. Лейпунского. С начала 2003 года начали готовиться к проведению международного научно-технического форума «Ядерные реакторы на быстрых нейтронах» в Обнинске и заседанию НТС Министерства на Ордынке в Москве, посвященным этому событию. Я делал книгу о Лейпунском⁶⁾, готовил материал для доклада-презентации на НТС Министерства о жизни и деятельности Лейпунского, с которым должен был выступать директор, участвовал в подготовке статей для специального номера журнала «Ядерная энергетика»⁷⁾, посвященного целиком этому событию. И это все помимо основной работы. Эти перечисления необходимы, чтобы обосновать «коэффициент допустимой ошибки в условиях суеты сует».

Для журнала было подготовлено несколько статей и воспоминаний. М.Ф. тоже написал свои воспоминания. М.Ф., наверно, один самых верных учеников А. И. Лейпунского, всегда писал о нем с неизменно теплотой. А еще воспоминания М.Ф. имели один «недостаток» — они всегда отличались честностью и прямоотой. Поэтому в своем рассказе он коснулся трудного периода в жизни А. И. Лейпунского в последний отрезок его жизни и деятельности, и такого большого вопроса, как ему пришлось разочароваться в некоторых своих учениках.

Обработку текста статьи М.Ф. для журнала я попросил сделать Людмилу Иовну Кудинову, лучшего специалиста по истории ФЭИ, ответственного составителя первого тома сборника документов «Атомный проект СССР», тогда работника архива ФЭИ. Как положено, Л. И. Кудинова сделала комментарий к тексту. В комментарии она написала, как собирала материалы для первой книги о Лейпунском⁸⁾ и беседовала с бывшим министром среднего машиностроения СССР Е. П. Славским. В беседе Славский, коснувшись событий, о которых вспоминал в своей статье и М.Ф., рассказал ей, что «после разбирательств и обвинений А. И. Лейпунский приехал к нему подавать в отставку, принять которую он категорически отказался, убедив Александра Ильича в необходимости его дальнейшей работы». «А до них, — сказал Славский, имея в виду бывших противников Александра Ильича, в частности (далее в комментарии назывались фамилии — *Авт.*), — я все равно добрался, я не забыл». И добавил, говоря о А. И. Лейпунском и И. В. Курчатове: «Мы с тобой — обычные люди, а они — они другие».

Конечно же, этот комментарий Л. И. Кудиновой при передаче материалов в редакцию журнала я снял, и М.Ф. о нем тогда не узнал.

А незадолго до дня проведения торжественных мероприятий Юрий Ервандович Багдасаров, отвечавший за сбор статей для журнала, сообщил, что одна из городских газет хочет посвятить 100-летию А. И. Лейпунского номер или полосу (уже не помню) и попросил меня дать журналистам какой-нибудь материал. Я отобрал из статей, которые готовили для журнала, тексты, подходящие для газетной публикации, и среди них статью М.Ф.

Я писал выше о «коэффициенте допустимой ошибки в условиях суеты сует». Так вот, Ю. Е. Багдасаров ворвался за отобранным материалом, как всегда, в последний момент, все надо было очень срочно, я был занят другим и в спешке скопировал ему файлы, не проверив. Через несколько дней вышел номер газеты. Когда я его просмотрел — стало не по себе. Я понял, что передал в газету не тот текст для журнала со статьей М.Ф., в котором был снят комментарий Кудиновой, а изначальный. Газетчики, получив комментарий Кудиновой, воспользовались случайно полученной информацией в присущей им манере обработки материала: с лёгкостью необыкновенной вставили из подстрочника в авторский текст как слова автора.

На следующий день пришел М.Ф. и спросил, кто вставил в его статью чужой текст и понимаю ли я возможные последствия всего этого для него... Разговор был трудный и продолжался два часа...

Пусть не сложится впечатление, что я только и вызывал недовольство М.Ф. Просто повседневная история сама по себе маловыразительна, поэтому пишущим людям зачастую приходится привносить в неё интригу...

А с М.Ф. наше сотрудничество продолжалась. К его 80-летию мы подготовили и издали небольшой сборник, в котором попытались отразить историю работ в ФЭИ над быстрыми реакторами. В сборник вошли отчеты о НИР, доклады и статьи, подготовленные М.Ф. лично или в соавторстве, которые носили обзорный или исторический характер и охватывали период с 1957 по 2003 год.⁹⁾

Людей поколения М.Ф., которые пришли в наш институт в 1950-е годы, сейчас уже почти не осталось в его стенах. С их уходом я ощутил ностальгию не только по общению с ними, а ещё по эстетике и этике этого поколения. Среди них было много не только талантливых ученых, а еще писателей и поэтов, художников и артистов. М.Ф., например, любил классическую музыку и сам неплохо пел и играл на фортепиано. А модель поведения это поколение, вероятно, унаследовало от своих учителей, Лейпунского и Блохинцева. Так, например, Б. Ф. Громов, когда я, молодой начальник отдела, пришел к нему в кабинет первый раз, встал, усадил меня за стол, и только потом вернулся на свое место. Чувство такта и скромность М.Ф. тоже всегда вызывали уважение.

М.Ф. после моих просьб передал мне для архива несколько папок из своего домашнего архива: доклады, выступления, рукописи, копии документов, в подготовке которых он участвовал, подборку заинтересовавших его газетных и

журнальных публикаций о ФЭИ. В этой подборке публикаций я нашел и свою рецензию на книгу Ю. Я. Стависского «Мы из Обнинска. Записки нейтронщика»¹⁰⁾. Мы говорили с ним об этой книге, М.Ф. относился к ней отрицательно.

Есть в этой подборке и сигнальный экземпляр городской газеты «Вперед» за октябрь 1972 года, целиком посвященный созданию в г. Шевченко реактора БН-350. В номере помещен большой литературный очерк под названием «Из недр микромира». Автор очерка — тогда специальный корреспондент городской газеты, а сейчас — самая известная в городе журналист и писатель. В очерке рассказывается о группе ученых ФЭИ, проводящих эксперименты на реакторе БН-350 перед его пуском. Во всяком литературном произведении есть главный герой, и главным героем этого очерка был М. Ф. Троянов. В этом сигнальном экземпляре сохранилась правка М.Ф., где он не только поправлял научно-технические детали, но и вычеркнул целиком несколько только ему посвященных абзацев и вписал в текст фамилии своих коллег. Это к вопросу об этике поколения.

До последних дней М.Ф. не переставал интересоваться жизнью института, заходил, звонил, брал интересующие его книги. С Владимиром Алексеевичем Чёрным они начали изучать многотомный «Атомный проект СССР». Я, когда требовалась консультация по истории или по работам института, обращался к М.Ф. В последнем издании альбома «Мгновенья нашей истории», изданном в 2021 году к 75-летию ФЭИ, М.Ф. указан в числе консультантов, потому как описание некоторых старых фотографий сделаны с его помощью. Например, фотографии на странице 18 про историю фонтана перед главным корпусом. Это он рассказал мне старую притчу ФЭИ: физики, как известно, в те годы активно шутили (и не всегда для них это хорошо кончалось), поэтому три струи фонтана вызывали у шутников ассоциацию с тремя основными направлениями работ института, которые «поливают» друг друга.

В конце 2011 года, через четыре года после выхода книги воспоминаний, М.Ф. зашел и сказал, что давно хотел подарить мне свою книгу с авторской надписью. На форзаце книги было написано: «Уважаемому Юрию Викторовичу Фролову с самой искренней благодарностью и признательностью за многие полезные дела для ФЭИ и для меня лично. И эта книжка без Вас бы не родилась и не была выпущена. Спасибо Вам за честное служение правде. М. Троянов. 23.11.2011».

Он написал это в день своего 80-летия. Такая оценка от Михаила Федотовича дорогого стоит.

2021 год

Примечания

¹⁰⁾ *Лаборатория № 2* — затем Институт атомной энергии имени И.В. Курчатова, в настоящее время НИЦ «Курчатовский институт» (г. Москва).

- ²⁾ *КБ-11* — в настоящее время ФГУП «РФЯЦ – ВНИИЭФ» (г. Саров).
- ³⁾ Лидер командной игры. К 80-летию Б.Ф. Громова. Избранные труды. Воспоминания / Составители В. Н. Новосельский, Ю. В. Фролов. — Обнинск: ГНЦ РФ – ФЭИ. 2007.
- ⁴⁾ *М. Ф. Троянов*. Моей судьбою стал Физико-энергетический институт. — Обнинск: ГНЦ РФ – ФЭИ. 2007.
- ⁵⁾ Физико-энергетический институт: Летопись в судьбах / Составители А. В. Гулевич, Л. И. Кудинова, Ю. В. Фролов. — Обнинск: ГНЦ РФ – ФЭИ. 2006.
- ⁶⁾ Академик АН УССР А. И. Лейпунский. Фотодокументы. 1910–1972 гг. / Под общ. редакцией А. В. Зродникова. Составитель Ю. В. Фролов. — Обнинск: ГНЦ РФ – ФЭИ. 2003.
- ⁷⁾ Известия вузов. Ядерная энергетика. 2003, № 4.
- ⁸⁾ *А. И. Лейпунский*. Избранные труды. Воспоминания. / Физико-энергетический институт. Отв. редактор Б. Ф. Громов. Отв. составитель Кудинова Л. И. — Киев: Наукова думка. 1990.
- ⁹⁾ Из истории работ ФЭИ по созданию быстрых реакторов. Сборник избранных научных работ. К 80-летию со дня рождения М. Ф. Троянова. / Составители А. П. Иванов, Ф. А. Козлов, Л. А. Кочетков, В. И. Матвеев, Ю. В. Фролов. — Обнинск: ГНЦ РФ – ФЭИ. 2011.
- ¹⁰⁾ *Фролов Ю. В.* Непроверенные записки / Час Пик. 2003. № 14 (242).

А. Н. Чебесков

В 1971 после окончания учебы в МИФИ в Москве я по распределению был направлен на работу в Верхнюю Салду Свердловской области. Потом по каким-то причинам меня перенаправили в Дубну в ОИЯИ. Я туда поехал, но оказалось, что это место было уже занято. Опять стал ходить в Министерство и ждать нового назначения. Вскоре мне предложили поехать в Обнинск на работу в ФЭИ. Я согласился.

Первым, с кем мне пришлось общаться в Обнинске, был Михаил Федотович Троянов. Тогда он был начальником отдела по физике быстрых реакторов. Он предложил мне работать старшим лаборантом в лаборатории № 9 и заниматься физикой быстрых реакторов и соответствующими расчетами. Первое общение с М.Ф. произвело на меня хорошее впечатление, и я согласился с полученным предложением.

В дальнейшем мне приходилось часто общаться с М.Ф., и я постепенно полюбил этого высокого интеллигентного человека. К нему я часто обращался не только по вопросам работы в институте, но и по другим житейским проблемам, особенно часто после ухода моих родителей в мир иной. После его смерти 16 августа 2017 года я словно осиротел еще раз — не к кому стало пойти за дружеским мудрым советом...

Кандидатская диссертация

Моя работа в лаборатории № 9 с самого начала была связана с обоснованием физических характеристик нового реактора БНК-600. Это был проект быстрого натриевого реактора-конвертора, который предназначался для наработки оружейного плутония для нужд Министерства обороны СССР. По мере разработки проекта изменилась и задача, для которой создавался этот проект. Нарботка оружейного плутония оказалась задачей не актуальной, и первоначальный проект претерпел ряд изменений, переходя от БНК-600 к полностью энергетическому проекту реактора БН-750, потом он некоторое время существовал под именем «Прометей» и, наконец, определился как БН-800. Руководителем этого проекта в ФЭИ с самого начала был В. В. Орлов. После его ухода из ФЭИ в 1976 году руководителем этого проекта стал М. Ф. Троянов.

Чебесков Александр Николаевич, доктор технических наук (2004), работал в ФЭИ в 1971—2022 гг.; в 1997—2012 гг. — начальник отдела 40, затем — главный научный сотрудник Отделения ядерной энергетики.

Передо мной М.Ф. поставил задачу разобраться с проблемой, как использовать плутоний в этом быстром реакторе, поскольку в проекте с самого начала рассматривалось использование смешанного окисного уран-плутониевого топлива (МОКС-топливо).

В то время запуск быстрых реакторов предполагалось осуществлять на плутонии, получаемом при переработке уранового отработавшего топлива тепловых реакторов ВВЭР. А такой плутоний существенно разнится по своему изотопному составу в зависимости от конкретного реактора ВВЭР, времени облучения уранового топлива в реакторе, месте нахождения тепловыделяющих сборок в активной зоне ВВЭР, и от некоторых других факторов. Пришлось делать много расчетной работы, всякий раз обращаться за помощью к М.Ф., который никогда не отказывал мне в этом. По его настоянию я стал сотрудничать с научными сотрудниками Института прикладной математики, с помощью которых были проведены важные тестовые расчеты разработанной под руководством М.Ф. методики корректировки начальных обогащений ядерного топлива в зависимости от изотопного состава используемого плутония. Эта методика была доложена в Министерстве и получила полное одобрение.

Необходимо отметить, что в то время было принято решение о сооружении серии реакторов БН-800 на Южно-уральской и Белоярской площадках. Были начаты подготовительные работы на площадках. Вместе с этим было начато сооружение «Комплекса-300» — завода по фабрикации МОКС-топлива на Южно-уральской площадке. Разработанная методика была включена в технологическую цепочку фабрикации МОКС-топлива для этого завода. Коротко это состояло в следующем: для каждой поступающей на завод партии плутония на входе в цепочку по фабрикации производится измерение изотопного состава плутония, по которому по разработанной методике тут же с применением ЭВМ вычисляется обогащение, т. е. содержание плутония данного изотопного состава в МОКС-топливе, и далее эта партия плутония направляется в производственную зону. Для следующей партии поступающего на завод плутония осуществляется аналогичная процедура.

По результатам данной работы М.Ф. предложил мне подготовить кандидатскую диссертацию, а сам он согласился быть ее научным руководителем. Тогда у нас не было компьютеров, и диссертацию я писал от руки на распечатках старых расчетов от вычислительной машины БЭСМ. Все это время, около одного года, М.Ф. интересовался, как идет процесс, и советовал не пропустить тот или иной вопрос. Наконец получилась довольно толстая пачка рукописного материала, которую я передал М.Ф. Он прочитал весь материал, как говорится, «от корки до корки» и своею рукою внес много исправлений и замечаний, которые касались и материала, который выносился на защиту, и русского языка изложения этого материала. Многие свои замечания М.Ф. разъяснял мне при личных встречах. Также М.Ф. по своему усмотрению предложил кандидатуры на роль официальных оппонентов, лично переговорил с ними и заручился их согласием. Кроме этого, он посоветовал мне выбрать

ОКБМ в качестве ведущей организации по диссертации, разослать материалы диссертации в ряд институтов и проектных организаций с просьбой получения от них официального отзыва и провести семинары в некоторых организациях для ознакомления на местах с материалами диссертации.

Осенью 1983 года защита диссертации «Обоснование основных физических характеристик реактора БН-800 со смешанным уран-плутониевым топливом» прошла успешно. По сложившейся русской традиции я намеревался отпраздновать свой первый профессиональный успех в кругу своих ближайших сотрудников и руководителей и, конечно, пригласил М.Ф.

В то время в политике партии и правительства много внимания уделялось так называемой борьбе с пьянством. И отмечать за столом мероприятия, подобные защите диссертации, было даже в некоторой степени опасно. Особенно это касалось участия в подобных мероприятиях членов партии и руководителей института различных рангов. М.Ф. дружески предупредил меня, сказав, что такое празднование успешной защиты диссертации с участием членов партии и руководителей может повредить не только им, но и мне с дальнейшим оформлением документов по диссертации. Поэтому я внял совету М.Ф. и в тот же вечер пригласил к себе домой только сотрудников лаборатории № 9. А с научным руководителем и своими начальниками отдела и лаборатории В. И. Матвеевым и В. А. Чёрным мы отметили это позже.

Докторская диссертация

В начале 1990 года совместно с национальными лабораториями США в российских научно-исследовательских и проектных организациях начались исследования по использованию плутония, выводимого из оборонных программ.

К этому времени произошли существенные изменения в руководстве ФЭИ и его структуре. М. Ф. Троянов, который был директором ФЭИ в 1987–1992 годах, покинул этот высокий пост по состоянию здоровья и стал главным научным сотрудником — советником директора института. Директором ФЭИ был назначен В. М. Муроков. В конце 1996 года Муроков был направлен в Вену, где занял пост заместителя генерального директора МАГАТЭ. Директором ФЭИ был назначен Анатолий Васильевич Зродников, который оставался на этом посту следующие 14 лет.

Для организации и руководства исследованиями по использованию плутония, выводимого из оборонных программ, в конце 1995 года в ФЭИ был образован новый отдел № 40 по системному анализу атомной энергетики, ядерного топливного цикла и стратегий утилизации плутония. По рекомендации М.Ф. я был назначен сначала исполняющим обязанности начальника, а с середины 1997 года — начальником отдела. С организацией этого нового отдела начались интенсивные исследования по всем аспектам использования плутония (оружейного, а также и гражданского) как в тепловых реакторах ВВЭР-1000, так и в быстрых реакторах БН-600 и БН-800.

Несколько позже к сотрудничеству с США по разработке этой задачи присоединились Франция, Германия и Япония. К тому же по этой проблеме были организованы проекты Международного научно-технического центра. ГНЦ РФ – ФЭИ был организующим центром всей этой деятельности, координируя действия российских научно-исследовательских институтов, включая Курчатовский институт, конструкторских и проектных организаций.

В Министерстве по атомной энергии этой работой руководил первый заместитель министра В. Б. Иванов (1941–2016), замечательный специалист и прекрасный человек. С ним мне пришлось много раз встречаться и ездить по командировкам за рубеж.

В этой кипучей внутрироссийской и международной деятельности М.Ф. неизменно оказывал мне необходимую поддержку и помощь своими мудрыми советами. К началу 2000-х годов нами был уже накоплен достаточный багаж результатов системных исследований по использованию гражданского и оружейного плутония в ядерных энергетических реакторах, и М.Ф. однажды предложил мне готовить докторскую диссертацию. Я согласился и начал это делать в свои выходные дни, поскольку рабочие дни были заняты ежедневной текущей деятельностью по организации работ, по рассмотрению и анализу результатов исследований как с российскими участниками работ, так и с зарубежными партнерами. М.Ф. были поставлены основные направления по диссертационной работе, и надо признаться, что без постоянного дружеского и ненавязчивого внимания с его стороны я бы вряд ли закончил эту работу за один год. Этот срок был определен также М.Ф.

По статусу докторской диссертации М.Ф. при подготовке и защите диссертации выступал в качестве научного консультанта соискателя. Официальными оппонентами выступали В. Б. Иванов, д-р технических наук, заслуженный деятель науки РФ, главный научный сотрудник Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, в то время депутат Государственной Думы Российской Федерации; Ю. А. Казанский, доктор физ.-мат. наук, профессор, директор Учебного центра открытого образования при Обнинском государственном техническом университете атомной энергетики; А. Н. Шмелев, доктор физ.-мат. наук, профессор кафедры № 5 МИФИ. Защита диссертации «Системное обоснование стратегии утилизации оружейного и гражданского плутония в ядерных энергетических установках» состоялась 26 марта 2004 года на Ученом Совете ГНЦ РФ – ФЭИ. Успешную защиту мы отметили в ресторане гостиницы «Юбилейная». Наступили другие времена, и теперь никто не заставлял изменять сложившейся традиции.

На конференции GLOBAL в Японии

Местом проведения очередной международной конференции GLOBAL в 1997 году был огромный современный отель «Тихоокеанская Иокогама» в портовом городе Иокогама. Мы с М.Ф. подготовили доклад по утилизации плутония на эту конференцию, доклад был принят, и МНТЦ оплатил наши

расходы по командированию в Японию. М. Ф. Троянов в своей книге «Моей судьбою стал Физико-энергетический институт» хорошо описал некоторые моменты нашего пребывания в Иокогаме. В ноябре 2007 года он подарил мне свою книгу с такой дарственной надписью: «Дорогому Александру Николаевичу с самыми добрыми чувствами и на добрую память о долгих годах нашей дружбы».

Здесь я расскажу о некоторых своих впечатлениях об этой поездке. Из токийского аэропорта «Нарита» нас доставили по прекрасным дорогам в город Иокогама, очень красивый город, особенно в той его части, которая выходит на бухту. Из отеля, где мы проживали, к месту конференции мы проходили пешком через живописную часть города. Можно было для ускорения пользоваться движущимися дорожками — траволаторами. Около берега бухты стоял большой парусный корабль — каравелла. В темное время он сиял многочисленными разноцветными огнями. У одного из причалов этой бухты стоял на приколе большой корабль — ресторан на воде «Хикава-мару». На его палубе вечером 6 октября хозяева устроили банкет для участников конференции. У трапа, по которому мы поднялись на корабль, нас приветствовали хозяева, одетые в морскую форму. На верхней палубе стояли столы с закусками, отдельно — столы с напитками, обслуживали гостей многочисленные официанты. По радио звучали приветствия, здравицы и т. п., как это бывает на любом международном мероприятии. Нам показали выступление группы барабанщиков — три девушки и один парень. Потрясающая техника владения барабанами и звуком, красивые энергичные движения, короче говоря, замечательная «атомная» экспрессия!

Мы с М.Ф. и нашим коллегой Удо Виманном из Германии в свободное от заседаний на конференции время посетили Чайна-таун — китайский квартал, расположенный в этом городе недалеко от бухты. В это время там проводилось какое-то зрелищное мероприятие, которое можно назвать привлечением покупателей и, соответственно, выручки в китайские магазины, расположенные в Чайна-тауне. По древнему обычаю толпа каких-то людей, разодетых в причудливые наряды, таскала большую куклу-дракона — духа торговли и коммерческой прибыли, что-то кричала и взрывала многочисленные петарды. Перемещаясь от здания к зданию, кукла-дракон исполняет какой-то ритуальный танец, непонятный для нас. Было очень шумно, и воздух от взрывов петард становился удушливым.

Не удержусь, чтобы не рассказать об одном смешном случае, который произошел с нами в Иокогаме. Однажды после утомительных заседаний на конференции мы с М.Ф. вечером решили прогуляться по городу. Не спеша прошли довольно приличное расстояние по одной из центральных улиц, беседуя о разном и рассматривая здания и витрины магазинов.

Потом, повернув обратно, я предложил возвращаться в отель другой улицей, идущей параллельно предыдущей (чтобы иметь ориентир и не заблудиться в незнакомом городе). Эта улица была не такая «богатая» по своим зданиям и

витринам магазинов, к тому же менее освещенная. Так мы шли. И тут от подъезда одного здания отделяется фигура человека подходит к нам и на английском языке предлагает «Pretty girls, women...» (хорошенькие девушки, женщины...). Этот человек не проявлял никакой агрессии, стоял на расстоянии, не трогал за руки, просто предлагал свой «живой товар», улыбаясь при этом. Это был человек азиатского типа, может японец, может китаец, может другой национальности. Смешно сказать, но Михаил Федотович вдруг заспешил прочь. Я постоял немного и поговорил с этим человеком и только тогда заметил небольшой красный фонарь над подъездом, из которого появился этот незнакомец. Я вскоре догнал М.Ф., он ожидал меня примерно в метрах 300 от места события. Некоторое смущение и замешательство я прочитал в его лице. Сейчас не помню, обсуждали ли мы тогда это «происшествие» или нет, но, вероятно, не обсуждали.

Книга Н. С. Работного «Министерство»

Николай Семенович Работнов в свое время был заместителем директора ФЭИ, потом некоторое время — в Министерстве по атомной энергии. Из Министерства его направили в длительную командировку в МАГАТЭ в Вену. Он был хорошим знающим специалистом и прекрасным человеком. К тому же имел писательский талант и обладал хорошим слогом изложения.

Однажды М.Ф. приходит ко мне и, загадочно улыбаясь, достает из сумки толстую пачку листов с отпечатанным текстом. Я вопросительно смотрю на М.Ф. с некоторым недоумением: неужели очередная чья-то диссертация, и он принес мне, чтобы я подготовил отзыв? «Я не могу читать текст, напечатанный на этих листках, совсем мои глаза ничего не видят... — сказал он, — а это книга «Министерство», которую написал Николай Семёнович Работнов и передал мне, чтобы я прочитал ее и высказал свое суждение о ней». Тогда я предложил следующий выход из этой ситуации: «Давайте я буду читать вслух эту книгу, а Вы будете слушать, и будем это делать в обеденный перерыв, чтобы не нарушать трудовой распорядок». М.Ф. согласился.

Так примерно в течение одной недели мы сообща осилили это произведение Н. С. Работнова. М.Ф. и мне очень понравился этот криминальный детектив с «двойной» кражей таблеток с ядерным делящимся материалом. М.Ф. все удивлялся, откуда у Николая Семеновича вдруг появилась такая способность к описанию криминальной ядерной «драмы» со многими подробностями, в том числе из бандитской среды. Также М.Ф. отметил, что в книге было представлено правдивое описание деятельности Министра и в целом Министерства по атомной энергии в сложившейся чрезвычайной ситуации. Некоторые персоны, участвующие в этой истории, были легко узнаваемые. Это министр Белов — в жизни Е. О. Адамов, также узнаваемы были и некоторые другие действующие лица, например Л. Д. Рябев и В. Б. Иванов.

М.Ф. передал Николаю Семеновичу (через его супругу Флору Александровну) свое восхищение книгой. Вскоре книга была опубликована на хорошей

бумаге и в твердом переплете. По словам Флоры Александровны, эту операцию профинансировал Е. О. Адамов (она видела причину в таком неожиданном поступке в том, что автор очень хорошо изобразил в книге персонаж, выведенный под именем «министра Белова»).

История с книгой Н. С. Работнова имела некоторое «международное» продолжение. У меня в те годы было несколько встреч в России и в США с Роуз Готтемюллер (Rose Eilene Gottemoeller). Тогда она руководила Фондом Карнеги в Москве. Наши встречи происходили по проблеме нераспространения ядерного оружия в рамках совместных работ с США по утилизации оружейного плутония, выводимого из оборонных программ. Она прекрасно владеет русским языком. На одной из встреч я рассказал ей о книге Работнова. Она проявила большой интерес к ней, и на следующей встрече я подарил ей эту книгу. Она задумала написать сценарий и снять художественный фильм по этой книге. Но после отъезда из Москвы она с 2009 года работала помощником государственного секретаря США, а с 2016 по октябрь 2019 года исполняла важные политические функции — была заместителем генерального секретаря НАТО и у нее, по-видимому, не было ни времени, ни сил, чтобы реализовать ранее задуманное.

Интересный эпизод, связанный с Роуз Готтемюллер уже по другому поводу, произошел несколько лет назад. После одного делового совещания в Нижнем Новгороде с коллегами из США, хозяева встречи устроили участникам совещания небольшой прием. Это было как раз накануне международного женского дня 8 Марта. На приеме я прочитал стихотворение С. А. Есенина «Не бродить, не мять в кустах багряных...» сначала на русском, а потом на английском языке. Среди наших американских коллег присутствовала госпожа Роуз Готтемюллер, которая, как я отмечал выше, хорошо понимала русский язык и говорила на нем практически без акцента. После моего прочтения она сказала, что хорошо знает это стихотворение. На мой вопрос, откуда? Она ответила, что поэзию С. А. Есенина она изучала во время учебы в университете США.

2021 год

В. А. Чёрный

Об ученом-реакторщике Михаиле Федотовиче Троянове напишут ученые — кандидаты, доктора, профессора, лауреаты — заслуженные люди. Я же просто сделаю несколько зарисовок, которые дополнят рассказ о нем и его человеческих качествах.

1961 год, 10 мая, среда, я впервые ступил на платформу станции Обнинское Киевской железной дороги. Приехали из Москвы студенты МИФИ Герман Падорин, Анатолий Хмылев и я, на преддипломную практику и выполнение дипломной работы в почтовый ящик (п/я) 412 (такое условное название тогда было у ФЭИ).

Инспектор отдела кадров, который располагался, как и сейчас, на первом этаже двухэтажного здания справа перед проходной (АК-1), Виктор Петрович Зуев, выписал нам направления к ученому секретарю Гавриилу Алексеевичу Лазареву.

По этим направлениям в бюро пропусков, которое тогда находилось в подвале углового здания на пересечении улиц Ленина и Мигунова, получили пропуска. От проходной прошли вдоль розового цветника и мимо огромной статуи И. В. Сталина к главному корпусу, на первом этаже южного крыла которого был кабинет Лазарева.

Нас встретил приветливый, энергичный человек и тут же позвонил. Прошло минут пять, вошли двое, старшие инженеры Михаил Федотович Троянов и Николай Максимович Шагалин, брюнет и шатен, оба выше среднего роста. Предположил, играют в баскетбол (спорт был моим постоянным увлечением). Подтвердилось наполовину: Троянов действительно играл, но на пианино (окончил музыкальную школу в Сибири).

Тут же пошел долгий диалог. Шагалин практически слушал. Вопросы задавал, не спеша, очень дотошно, Троянов: откуда родом, родители, головой или руками, эксперимент или расчет, театр или кино, какую книгу сейчас читаете и т. д. Мы отвечали. В итоге Троянов и Шагалин встали, отошли, пошептались. Троянов, указав на меня, сказал Лазареву: «Этого направляй к нам». Оставшиеся потом оба оказались в хозяйстве Виктора Яковлевича Пупко.

С этого дня и почти до последних дней жизни М.Ф. мы часто или со значительными перерывами общались профессионально или приватно.

Чёрный Владимир Алексеевич, работал в ФЭИ в 1962 – 2016 гг., в 1981 – 2000 гг. — начальник лаборатории № 9.

М.Ф. стал руководителем моей дипломной работы, суть которой: сравнительные физические характеристики реактора на быстрых нейтронах с разными жидкометаллическими теплоносителями натрий, калий, смесь натрий-калий и литий, воспроизводство плутония. После защиты дипломной работы (председателем приемной комиссии был Игорь Ильич Бондаренко) М.Ф. сказал: долго не гуляй, есть у меня задумка продолжить работу.

М.Ф.: реактор на естественном литии мы уже имеем, литий состоит в основном из изотопа литий-7 и в небольшом количестве из изотопа литий-6, на котором идет реакция с образованием трития — оружейная тематика. Попробуем оценить возможности наработки трития в таком реакторе. Для этого нам потребуются 9-групповые ядерные константы лития-6, которых нет, и нам помогут их создать две очень хорошие женщины. И пошла длительная увлекательная работа, которая была выполнена моими руками и ногами (библиотека, журналы, консультации) и, главное, мудрыми головами милых и доброжелательных Лили Паруйровны Абагян и Нины Оганесовны Базазянц.

1962 или 1963 год, почти 10 утра, директорский коридор, сталкиваюсь с М.Ф.: «Владимир Алексеевич, выручай, надо выходить в эфир, а диктора Лиду Левину не могу найти». (В то время Ю. А. Казанский и М. Ф. Троянов создали и организовали работу информационного радиовещания в институте.)

Середина семидесятых, суббота поздней осени, М.Ф., я и Геннадий Максимович Пшакин первым утренним рейсом приехали в Грачёвку (рейс автобуса в Тарутино) и пошли в лес, по грибы. Как говорят, матч состоится при любой погоде. Лужицы были подернуты тоненьким ночным ледком. Ходили долго, охота оказалась так себе. Привал под слабеньким морозящим дождиком, достаём провизию. Мы, непутевые, — магазинные пряники, печенье, конфеты, а М.Ф. — даже сейчас ощущаю вкус домашних бутербродов, запах дачных огурчиков и помидорчиков, аромат крепкого чая, заваренного на букете трав. Вот таков доктор наук!

Бегут восьмидесятые, здоровье МФ ухудшается, и в начале девяностых он сдает пост директора ФЭИ Виктору Михайловичу Мурогову, но в меру сил и возможностей продолжает работать (диссертационный совет, научно-технические заседания, семинары конференции, консультации). В конце 2001 года из-за дальнейшего ухудшения здоровья резко упало зрение, М.Ф. ушел на пенсию. Последние несколько лет (из-за сильного ухудшения зрения даже с помощью сильной лупы М.Ф. с трудом читал) я стал приезжать к нему домой и читать вслух интересные его книги. Это было интересно нам обоим. По-

следнее, что мы читали, был второй том сборника документов «Атомный проект СССР», который нашли в рабочей библиотеке Юрия Викторовича Фролова.

Мне очень повезло, что довелось общаться с таким человеком. На своей книге, подаренной мне, он оставил надпись: «Дорогому Владимиру Алексеевичу в память об очень лучшем в нашей совместной работе. М. Троянов. 20.11.07.», которая греет меня по сей день.

2021 год

Стихотворения, посвященные М. Ф. Троянову

В. Н. Новосельский

ТРОЯНОВУ М. Ф.
по случаю его 60-летия от отделения «моряков»

Мы выйдем снова в сине море...

Так много разных направлений...
Как силы Вам собрать в кулак?
Чтоб не было потом сомнений:
Идём мы так или не так?

И мы, коллеги, вам желаем
Найти один и верный курс,
А крик учёных: «Выживаем!»
Услышал чтоб седой Эльбрус.

«Дредноут» с нашим Отделением
Сегодня, как страну, штормит.
Но у «матросов» нет сомненья,
Что в бухту Командор рулит.

Мы выйдем снова в сине море,
Как будто там желанный штиль,
Взойдут финансовые зори,
Позолотят не только киль!

Когда получим подтверждение:
«Непотопляем наш корабль!»
Готовы к новым поручениям,
Создать мы сможем дирижабль...

Команда наша поздравляет,
Гремит трехкратное «Ура!!!»
Здоровья, счастья Вам желает,
Нам — склянки бить уже пора...

Вы нас в поход благословите,
Морскому Флагу вновь сиять!
Честь имеем! И всей свите,
Разрешите Вас обнять!

1991 г.

В. М. Пыхтин

Что наша жизнь? Работа и заботы...
Года идут, и с каждым днем быстрее.
Семидесятилетьем, Михаил Федотыч,
Пусть радость принесет Вам юбилей.

Пришел ноябрь, для Вас семидесятый,
Промчалось много светлых и печальных дней.
Тревогу в душу не несет пусть эта дата:
Вы многих молодых моложе и умней.

Вы родились на сказочном Урале,
В шахтерском крае Вы учились и росли,
Уверенно шагали к золотой медали
И радость в дневнике родителям несли.

Студенческие годы, сессии, зачеты...
Гранит науки грызли, не сломав зубов,
Экзамены сдавали четко, как по нотам,
Пленили Аню, свою вечную любовь.

Вы в Обнинск прибыли с МИФИ-ческим дипломом
В лабораторию с секретным шифром «В».
Хоть было в теплофизике достаточно тепло Вам,
Нейтроны быстрые пленили Вас навек.

В нейтроны, словно в мячики, играли Вы,
Кладя в фундамент для БР за кирпичом кирпич.
Вас вел в науке сквозь туман и марево
Наставник и учитель — Александр Ильич.

Продолжили Лейпунским начатое дело,
Науку двигали, чтоб точным был расчет.
Вы разрабатывали и осваивали смело
Реакторы от БОРа-60 и до БН-600.

Пыхтин Владимир Михайлович, кандидат технических наук (1979), в 1961 – 2016 гг. работал в ФЭИ, с 1981 г. старший научный сотрудник Отделения № 4, затем ОИРМиТ.

В конце концов Вы стали капитаном
И твердою рукой корабль ФЭИ вели.
Когда ж попутный ветер вдруг сменился ураганом,
Всё поняли — и в главные сотрудники ушли.

А вместо отдыха ходили часто в горы Вы,
Хоть говорят, что умный в гору не пойдет.
На высоте так было весело и здорово,
Что дети пошли дальше — выше и вперед.

К технологам всегда прохладно относились,
Хотя была у нас лаборатория горячая.
Зато теперь мы с Вами просто породнились,
Сочтемся дружбою — теперь нельзя иначе.

Пусть Ваша жизнь благополучной будет в новом веке,
Годам не поддавайтесь, оставайтесь молодым,
Здоровым будьте и счастливым человеком,
Живите долго, радость принося знакомым и родным.

*Опубликовано в книге: Лирика физиков. Избранные стихи. К 60-летию
Физико-энергетического института / Сост. и ред. Ушакова Н.И. —
Обнинск, ГНЦ РФ – ФЭИ, 2006.*

М. И. Захарова

Богат ФЭИ гигантами науки,
Кристалльно чистыми и без изъянов.
Доселе помнят их и правнуки, и внуки,
Таким запомнился и нам М. Ф. Троянов.

Давно ли был студентом, мэнээсом?
И каждый шаг он набирал свой вес...
А нынче — 90! Как жаль, что не доехал
До этой станции Михаил Федотович — великий Человек!

Давайте вспомним мы откуда и зачем
Судьба его забросила к нам в Обнинск.
С горячим сердцем, от науки со своим ключом
И до последнего дыхания ей верным.

И как-то так: спокойно и без спешки
Он новые внедрял свои идеи.
И конкурсы работ, чтоб мы не заржавели,
Придумал он, чтоб нам не сесть на мели.

А книгу написал... читаешь, как роман,
Всю жизнь свою в нее вложил,
И это правда чистая, а не обман:
Как он учился, как работал, с кем дружил!

К нему прийти могли с любой идеей:
Спокойно выслушает и ободрит.
Будь это стали, чтоб не заржавели,
Иль тугоплавкие металлы, иль гидрид.

Был за границей часто, не однажды,
Науку нашу представлял и защищал.
Скажу вам правду, это очень важно,
Себя сверх всех не выставлял.

Захарова Мария Ивановна, в ФЭИ работает с 1959 г., научный сотрудник Отделения № 4, в настоящее время — старший научный сотрудник Института специальных систем.

Поклонимся сегодня мы ему,
И будем помнить, верить, не забудем!
Как жизнь любил, страну, свою семью
В дни радости, побед и горьких буден!

Прощались с ним в ДК ФЭИ, я помню...
Народ все шел и шел, казалось, бесконечно,
А это уваженья дань, с последнею любовью...
В своих делах живым он будет вечно!

2021 г., ноябрь

**Фотографии из личных архивов М. Ф. Троянова,
Д. В. Панкратова и архива ГНЦ РФ — ФЭИ**



Родители Ксения Никитична и Федот Дмитриевич во дворе своего дома. Кемерово. 1960-е гг.



8-й класс. 1947 г.



Студенческий ужин в общежитии.
Г.Н. Полетаев, Д.В. Панкратов, Е.С. Глушков, М.Ф. Троянов, В.А. Усов. 1953 г.



С. П. Казновский, М. Ф. Троянов, В. А. Усов. Неподалеку от МИФИ.
Москва, Чистые пруды. 1953 г.

В студенческом общежитии.
Москва. 1953 г.



В первые годы в Лаборатории «В»



После Первомайской демонстрации. Обнинск. 1958 г.



М. Ф. Троянов и В. И. Субботин. Нью-Йорк, Уолл-стрит. Май 1965 г.



В ожидании делегации из США около ТЭС-3. ФЭИ. 1966 г.
 Слева направо: А. Г. Соколов, ?, М. Ф. Троянов, М. П. Родионов, Д. М. Овечкин, А. И. Лейпунский



На первомайской демонстрации. Обнинск. 1960-е гг.



Анализ аварии на реакторе «Энрико Ферми» у А. И. Лейпунского с участием американских специалистов Мак-Кarti и Джонса. ФЭИ. Март 1967 г.



Представители Комиссии по атомной энергии США в ФЭИ. Август 1968 г.
Слева направо: И. Ф. Воробьев, В. В. Орлов, Milton Shaw, М. С. Пинхасик, John Yevick,
В. Б. Лыткин, М. Ф. Троянов



Физпуск БН-350. М. Ф. Троянов и А. А. Ваймугин. г. Шевченко. 29 ноября 1972 г.



Физпуск БН-350. Г. В. Киселев, Ю. А. Казанский, М. Ф. Троянов. г. Шевченко. 29 ноября 1972 г.



Совещание по БН-600. БАЭС, г. Заречный. 1978 г.
Сидят слева направо: М. Ф. Троянов, А. В. Камаев, О. Д. Казачковский, Е. В. Кулов, ?,
В. М. Малышев



Директор БАЭС В. М. Малышев проводит совещание по завершению сооружения
и подготовки к пуску БН-600. БАЭС, г. Заречный. 1979 г.
Слева направо: В. М. Малышев, Е. В. Кулов, О. Д. Казачковский, М. Ф. Троянов, Э. А. Стумбур,
Ю. В. Евдокимов, С. В. Широков. Напротив О. Д. Казачковского — В. И. Ширяев



М. Ф. Троянов выступает с докладом, посвященным пуску БН-600



Сотрудники расчетно-физического отдела (отдел № 4), ФЭИ. Декабрь 1978 г.

Слева направо, сидят: О. Н. Серова, Э. С. Егорова, Г. А. Архангельская, Ж. А. Прунтова, Э. Гладышева, А. Ф. Ларина, Н. О. Базаянц;
 стоят: В. М. Мурогов, Г. Я. Румянцев, М. Н. Николаев, Л. В. Горбачева, Б. Д. Абрамов, Б. В. Колосков, М. Ф. Троянов, В. Б. Лыткин,
 С. Б. Бобров, Э. А. Стумбур, Г. М. Пшакин, А. Н. Кондрашин, А. П. Иванов



С одной из многочисленных делегаций у дома И. В. Курчатова. 1970-е гг.



Совещание по быстрым реакторам. г. Шевченко. 1 июня 1982 г.
Слева направо: М. Ф. Троянов, Л. А. Кочетков, Д. С. Юрченко, И. С. Головнин, Л. Н. Юрова,
В. В. Хромов, В. В. Орлов



Участники работ по быстрым реакторам. ФЭИ. 9 июля 1986 г.
 Слева направо, 1 ряд сидят: Е. И. Инютин, А. Г. Карабаш, Л. М. Забудько, О. Д. Казачковский,
 П. А. Ушаков, А. А. Ринейский; 2 ряд: В. И. Матвеев, Ю. Е. Багдасаров, А. П. Иванов, В. Н. Быков,
 Р. Н. Баклушин, А. А. Петренко; 3 ряд: В. Я. Черкасов, Б. В. Колосков, М. Ф. Троянов, ?;
 4 ряд: А. В. Звонарев, О. В. Старков, Л. А. Кочетков, И. А. Кузнецов,
 И. П. Матвеев, В. И. Савицкий



М. Ф. Троянов принимает «директорский жезл» от О. Д. Казачковского. ФЭИ. Август 1987 г.



Л. А. Кочетков, А. П. Александров, М. Ф. Троянов, Е. П. Славский после собрания, посвященного 35-летию со дня пуска Первой в мире АЭС. Обнинск. 1989 г.



С делегацией Министерства на японской АЭС Ои. 1989 г.



С Ю. Е. Багдасаровым



П. П. Дьяченко (нач. лаборатории 111, на вставке), рассказывает про оптический квантовый усилитель с ядерной накачкой. Обнинск, Сервисный комплекс ФЭИ. Не позднее 1992 г.

Слева направо: Л. П. Феоктистов (чл.-корр, потом академик, ФИАН), А. В. Зродников. (нач. лаборатории, ФЭИ), Накаи (директор Института лазерных исследований, Осака, Япония), В. М. Муругов (ученый секретарь, ФЭИ), В. Б. Розанов (ФИАН), И. Н. Просеций (советник директора, ФЭИ), Н. Г. Басов (академик, Нобелевская премия за открытие лазера), В. Я. Пулко (директор отделения, ФЭИ), М. Ф. Троянов (директор ФЭИ), В. И. Субботин (академик, научный руководитель ФЭИ)



М. Ф. Троянов (директор ФЭИ в 1987–1992 гг.). О. Д. Казачковский (директор ФЭИ в 1973–1987 гг.), А. В. Зродников (директор ФЭИ в 1996–2010 гг.), К. Г. Савина (секретарь директоров ФЭИ в 1952–2009 гг.). Приемная директора. 1990-е гг.



Музыкальное поздравление на праздновании 60-летия главного инженера ФЭИ В. В. Кузина.
Слева направо: М. Ф. Троянов, Б. И. Фурсов, П. П. Дьяченко, В. М. Троянов,
В. В. Долгов, Ю. А. Казанский. 28 февраля 2000 г.



А. В. Зродников и М. Ф. Троянов на торжественной церемонии
останова реактора Первой в мире АЭС. Пульт АЭС, ФЭИ, Обнинск. 29.04.2002



В большом конференц-зале ФЭИ после официальной части заседания,
посвященного 80-летию Г. И. Тошинского. 2008 г.
На первом плане справа налево: М. Ф. Троянов, Д. В. Панкратов, Г. И. Тошинский



М.Ф. Троянов среди коллег на заседании НТС ФЭИ, посвященном 62-й годовщине со дня образования института. ФЭИ. 31 мая 2008 г.
 1-й ряд: Поплавский В. М., Каграманян В. С., Дьяченко П. П.;
 2-й ряд: ?, Троянов М. Ф., Панкратов Д. В., Гулевич. А. В. и другие работники института



М. Ф. Троянов выступает на заседании НТС ФЭИ, посвященном 62-й годовщине со дня создания института. ФЭИ. 31 мая 2008 г.



Автограф на память на книге своих воспоминаний. ФЭИ. 31 мая 2008 г.



М. Ф. Троянов и Ю. В. Фролов за работой над рукописью книги «Из истории работ ФЭИ по созданию быстрых реакторов». ФЭИ. 2011 г.



С Л. А. Кочетковым на конференции теплофизиков. Обнинск. 2011 г.



В кулуарах конференции «Теплофизика-2015».
Слева направо: Б. И. Нигматулин, М. Ф. Троянов, Н. И. Логинов. 2015 г.



Встреча выпускников физико-энергетического факультета МЭИ (бывший факультет №9) первых выпусков с деканом и организатором факультета академиком И. И. Новиковым. Слева направо 1-й ряд: Б.Н. Колбасов, И.И. Новиков, Г.А. Гладков, В.И. Деев; 2-й ряд: В.С. Осмачкин, Г.А. Лунин, С.П. Казновский, В. С. Харитонов, П.А. Кириллов, Г.И. Тошинский, Н.С. Хлопкин, Ю.Г. Николаев, Ю.Е. Похвалов, ?; 3-й ряд: Б.Г. Пологих, Д.В. Панкратов, О.А. Судницын, В.А. Сидоренко, Н.Е. Кухаркин, В.Ф. Кузнецов, М.Ф. Троянов, В.В. Яковлев, Л.С.Кокорев



Таким он навсегда останется в нашей памяти...

Содержание

Предисловие.....	3
Предисловие составителей	4
Часть 1. М. Ф. Троянов. Моей судьбою стал Физико-энергетический институт. Воспоминания	
От автора	10
Год за годом	11
Учителя, коллеги, товарищи, друзья	44
Пунктиром о разном, или немного о том, как мы жили в Обнинске в те далекие годы.....	60
Невыдуманная заграница.....	68
Пять визитов в Штаты	69
Австрия, Вена, МАГАТЭ	83
В разных Германиях	91
Бон жур, Франция	94
Нетуманный Альбион	103
У друзей, ставших бывшими.....	107
В Индии слонов не видели	110
Япония впечатляет	116
Две недели в Китае.....	122
На земле обетованной.....	126
Проза поездок	130
Послесловие	133
Часть 2. Избранные труды, документы	
Тезисы сообщения В. В. Орлова, М. Ф. Троянова, Г. М. Пшакина на Межведомственном техническом совете о перспективах развития быстрых реакторов в СССР. 12.10.1972.....	134
Доклад Л. А. Кочеткова, В. Б. Лыткина, М. Ф. Троянова «Разработка быстрых реакторов-размножителей в СССР». 1979 г.	139
Отчет М. Ф. Троянова и М. П. Никулина об участии в японо-советском семинаре и состоянии работ в Японии по быстрым реакторам. 1982 г.	147
Доклад М. Ф. Троянова, В. И. Матвеева, А. А. Ринейского «Улучшение основных характеристик быстрых реакторов с натриевым охлаждением» на НТС Министерства 16.05 1983	164
Промежуточный отчет о НИР А. А. Ринейского, М. Ф. Троянова, Л. А. Кочеткова, Ю. Е. Багдасарова «Пути совершенствования проектных решений АЭС БН» 1983 г.	175
Выступление М. Ф. Троянова на расширенном НТС ФЭИ в БКЗ главного корпуса при обсуждении назначения его директором ФЭИ. 22.05.1987	195
Справка о деятельности Физико-энергетического института, подготовленная в соответствии с указанием от 11.05.1988	197

Доклад М. Ф. Троянова на встречу-дискуссию Королевского Общества «Быстрые реакторы-размножители» «Сегодняшний день быстрых реакторов в Советском Союзе» 24–25.05.1989	212
Письмо директора Физико-энергетического института М. Ф. Троянова первому заместителю министра среднего машиностроения СССР Б. В. Никипелову об экономике АЭС. 11.07.1989	221
Выступление на заседании коллегии [Министерства]. 15.03.1990.....	224
Письмо директора Физико-энергетического института М. Ф. Троянова заместителю Генерального секретаря ЦК КПСС В. А. Ивашко о направлении обращения к Президенту СССР М. С. Горбачеву о необходимости сохранения и поддержания работ по ядерной энергетике для космических аппаратов. 12.12.1990	228
Обращение директора Физико-энергетического института М. Ф. Троянова к Президенту СССР М. С. Горбачеву о необходимости сохранения накопленного СССР научно-технического потенциала в области ядерной техники для космоса. 12.12.1990.....	229
Обращение главы Администрации Калужской области А. В. Дерягина к Президенту Российской Федерации Б. Н. Ельцину, инициированное директором ФЭИ М. Ф. Трояновым, о необходимости сохранения научного потенциала института.....	232
Письмо министра Российской Федерации по атомной энергии В. Н. Михайлова Президенту Российской Федерации Б. Н. Ельцину о преобразовании Физико-энергетического института и Научно-исследовательского института атомных реакторов Минатома России в Российские Федеральные научные Центры	236
Статья М. Ф. Троянова «Незабываемые годы общения» (к 100-летию со дня рождения А. И. Лейпунского)	241
Будущее ядерной энергетики и роль в ней быстрых реакторов (попытки размышлений в 2004 году)	247
Статья М. Ф. Троянова «БН-600: вехи, эпизоды, создатели». 2004 г.....	250
Часть 3. Воспоминания о М. Ф. Троянове	
Кочетков Л. А.	260
Васильев Б. А.	262
Дельнов В. Н.	266
Дьяченко П. П.	268
Каграманян В. С.	271
Казанский Ю. А.	275
Кушнарёв С. В.	282
Морозов С. И.	286
Мурогов В. М.	289
Новосельский В. Н.	296
Панкратов Д. В.	299
Соловьёв А. А.	302

Сорокин А. П.	303
Тошинский Г. И.	311
Усанов В. И.	314
Фролов Ю. В.	319
Чебесков А. Н.	327
Чёрный В. А.	334
Новосельский В. Н.	337
Пыхтин В. М.	338
Захарова М. И.	340

**Фотографии из личных архивов М. Ф. Троянова, Д. В. Панкратова и архива
ГНЦ РФ – ФЭИ**

М. Ф. Троянов Воспоминания, избранные труды, документы.
Обнинск: АО «ГНЦ РФ – ФЭИ», 2023

Составители: *Ю. В. Фролов, Ю. А. Левченко*
Обложка и обработка фотографий: *Л. Н. Чикинёва*
Вёрстка: *В. Н. Долженко*



ФЭИ
РОСАТОМ

Акционерное общество «Государственный
научный центр Российской Федерации –
Физико-энергетический институт
имени А. И. Лейпунского»
www.ippe.ru