

## Этапы большого пути ИТЭФ

В напряжённое для нашей страны время Великой Отечественной войны на плечи И.В. Курчатова, А.И. Алиханова и других тогда уже известных физиков легла огромная ответственность за выполнение задачи Атомного проекта СССР — создания ядерного оружия в противовес энергичному продвижению американцев в этом направлении. В соответствии с распоряжением Государственного комитета обороны (ГКО) для этого в 1943 году была создана Лаборатория № 2 АН СССР во главе с И.В. Курчатовым (рис. 1).



Рис. 1. Игорь Васильевич Курчатов, академик, трижды Герой Соцтруда, лауреат Ленинской и 4-х Сталинских премий, кавалер многих орденов.

Фактически работы начались еще в 1942 году, когда А.Ф. Иоффе во исполнение приказа И.В. Сталина организовал в Казани первую советскую атомную лабораторию — Лабораторию № 1, в которую входили И.В. Курчатов (заведующий), А.И. Алиханов, С.Я. Никитин, М.С. Козодаев и др. Практически вся эта группа учёных вошла в состав Лаборатории № 2, а некоторые из них впоследствии образовали ядро новой научной организации — Лаборатории № 3, перенеся туда из Лаборатории № 2 атмосферу напряжённого поиска путей решения важнейшей государственной задачи.

Перспективных для выполнения названной задачи материалов — урана-235, плутония, урана-233, тория — в достаточных количествах в стране не было. Продвижение Атомного проекта требовало незамедлительного решения ряда вопросов как фундаментально-физического и инженерно-технического, так и организационного характера. На заседаниях Техсовета Спецкомитета ГКО (учёным секретарем которого в августе 1945 года был назначен А.И. Алиханов) активно обсуждались проблемы получения ядерных активных веществ и вариантов ядерных реакторов для их производства. Основные вопросы, обсуждавшиеся И.В. Курчатовым, А.П. Александровым, А.И. Алихановым, Г.Н. Флёровым и другими учёными, — какой реактор перспективнее: на графите или тяжёлой воде? Какой цикл эффективнее: уран-плутониевый или уран-ториевый? Сталкивались различные точки зрения, но цель у всех была одна — скорейшее решение атомной проблемы.

В сентябре 1945 года Техсовет, заслушав доклады И.В. Курчатова, Г.Н. Флёрова и А.И. Алиханова, принял решение о том, чтобы после сооружения реакторов «уран–графит» и «уран–тяжёлая вода» начать работы по направлениям: «уран–плутоний–простая вода», «уран–тяжёлая вода» в комбинации с «ураном и простой водой», «торий–плутоний–простая вода» для переработки тория в уран-233. На основе этого решения были развёрнуты работы по ториевому циклу, причём главной целью работ на первом этапе было получение урана-233 в качестве ядерной взрывчатки.

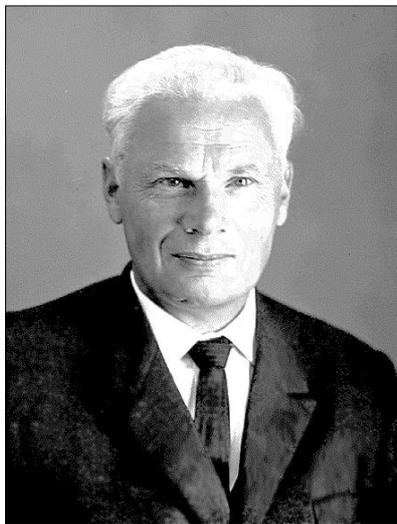
И.В. Курчатов отмечал, что *«котлы с тяжёлой водой имеют важное преимущество; было бы неправильным идти только в направлении уран–графитовых котлов»*. В совместной докладной записке И.В. Курчатова, А.И. Алиханова и А.П. Александрова на имя Л.П. Берии отмечались выгодные особенности ториевого режима и целесообразность проведения работ по торию.

1 декабря 1945 года в соответствии с совершенно секретным Постановлением Совнаркома СССР была создана Лаборатория № 3 во главе с А.И. Алихановым. Главной задачей лаборатории было проведение физических исследований систем ДК (дейтериевый котел) и ТК (ториевый котел). Перед Алихановым была поставлена первоочередная задача создания тяжеловодного ядерного реактора для производства делящихся ядерных материалов и исследовательских целей.

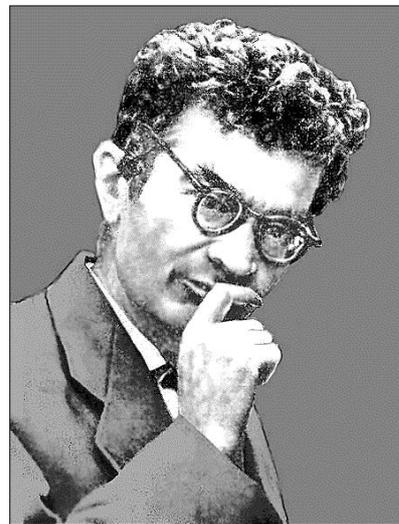
Стимулирующая творческая атмосфера, созданная в Лаборатории № 3, привлекла сюда многих выдающихся учёных. В период становления института наибольшая нагрузка легла на А.И. Алиханова, В.В. Владимирского и И.Я. Померанчука (рис. 2).



Абрам Исаакович  
Алиханов,  
академик, Герой  
Соцтруда, трижды  
лауреат Сталинской  
премии, кавалер многих  
орденов.



Василий Васильевич  
Владимирский,  
член-корреспондент,  
лауреат Ленинской и  
Сталинской премий,  
кавалер многих  
орденов.



Исаак Яковлевич  
Померанчук,  
академик,  
дважды лауреат  
Сталинской премии,  
кавалер многих  
орденов.

Рис. 2. Учёные, внесшие наибольший вклад  
в становление и развитие Лаборатории № 3.

Сюда из Лаборатории № 2 кроме Алиханова и Померанчука перешли: ученик И.В. Курчатова и А.И. Алиханова С.Я. Никитин, основатель одной из школ программирования А.С. Кронрод (приглашен Алихановым по совету Курчатова и Ландау), один из лидеров развития экспериментальных методов в ядерной физике М.С. Козодаев.

Новая лаборатория разместилась на территории дворянской подмосковной усадьбы XVIII века «Черёмушки» и на первых порах занимала здания бывшего господского дома (рис. 3) и окружавших его флигелей.



Рис. 3. Бывшая усадьба «Черёмушки», парадный двор.

Для надёжности реализации Атомного проекта физики шли двумя параллельными путями: уран-графитовым и тяжеловодным.

Под руководством И.В. Курчатова в Лаборатории № 2 в кратчайшие сроки был создан и 25 декабря 1946 г. успешно запущен первый в Европе атомный реактор с графитовым замедлителем. В 1948 г. вступил в строй первый промышленный уран-графитовый реактор в Челябинской области.

В Лаборатории № 3 развернулся широкий фронт работ по созданию тяжеловодного аппарата. В апреле 1949 года, всего через 1,5 года после принятия решения, был пущен первый в Европе опытный тяжеловодный реактор (ТВР). Главным преимуществом тяжеловодного замедлителя по сравнению с графитовым является существенно меньшее поглощение нейтронов. Сооружением ТВР были заложены основы для создания эффективных тяжеловодных реакторов с целью производства плутония, трития, освоения ториевого цикла и производства энергии.

Часть задач можно было решать на уран-графитовых реакторах, однако другую часть — целесообразнее реализовывать на тяжеловодных. Однако, приходилось считаться и с тем, что в стране в те годы отсутствовало промышленное производство большого количества тяжёлой воды. Все это послужило основанием для письма Курчатова Берии, в котором автор, ссылаясь на свои обсуждения с Алихановым и Александровым и признавая некоторые преимущества тяжеловодных реакторов, приходит к выводу, что *«получение плутония методом уран–графитового котла себя оправдало»* и *«необходимость в таком направлении по котлам с тяжёлой водой теперь отпала»*.

Это был исторический выбор. Уран-графитовое направление оказалось более реализуемым и уже работало, хотя тяжеловодное — по некоторым показателям было эффективнее. Отечественным физикам удалось не только в кратчайший срок решить атомную проблему, но и «прощупать» варианты

решения других задач и экспериментально получить ряд ценных научных сведений.

Лаборатория № 3 в 1949 г. была переименована в Теплотехническую лабораторию, а в 1958 г. — в Институт теоретической и экспериментальной физики. Здесь продолжались физические исследования и разработки в области атомного ядра, его структуры и возможностей использования свойств микроматерии на службе человечеству.

На ТВР впервые в стране были получены поляризованные пучки нейтронов. Разработан и впервые в мире использован метод ядерно-магнитного резонанса на поляризованных  $\beta$ -активных ядрах для изучения свойств короткоживущих дефектов в кристаллах. На реакторе открыто слабое, не сохраняющее чётность нуклон-нуклонное взаимодействие в атомных ядрах.

В июне 1949 г. в институте начал работать циклотрон, способный ускорять протоны, дейтроны и  $\alpha$ -частицы. На пучках циклотрона проводились экспериментальные работы по измерению реакторных констант и чисто физические эксперименты.

В 1958 году в ИТЭФ началось сооружение протонного синхротрона У-7 с принципиальной новой жёсткой фокусировкой, позволявшей получать интенсивный пучок при уменьшенных габаритах установки. В 1961 году ускоритель вступил в строй и ускорял протонный пучок до энергии 7 ГэВ. После введения в эксплуатацию нового инжектора — линейного ускорителя с жёсткой фокусировкой И-2 на энергию 25 МэВ в 1967 году — и реконструкции протонного синхротрона в 1973 г. максимальная выходная энергия синхротрона составляла 10 ГэВ, а его интенсивность достигала  $1,5 \cdot 10^{12} \text{ с}^{-1}$ . Физики-экспериментаторы получили новый мощный инструмент.

Примерно в те же годы в институте были разработаны физические проекты протонного синхротрона У-70 и его инжектора — линейного ускорителя И-100, которые были сооружены в Институте физики высоких энергий (ИФВЭ, Протвино).

В 1969 году началось использование протонного пучка для протонно-лучевой терапии. Энергия пучка индивидуально подбиралась для пациентов в пределах от 70 до 200 МэВ, что позволяло облучать как наружные опухоли, так и расположенные глубоко в теле больного. В общей сложности в ИТЭФ с выраженным положительным эффектом лечение прошли около 4,5 тысяч больных.

Для моделирования и исследования процессов, происходящих в тяжеловодных решётках ядерных реакторов, в 1977 г. в институте был создан критический стенд МАКЕТ нулевой мощности, на котором отрабатывались безопасность и эффективность промышленных тяжеловодных установок широкого класса. Под научным руководством ИТЭФ созданы тяжеловодные реакторы ОК-180, ОК-190, ОК-190М, ЛФ-2 и другие. Накоплен опыт разработки экспериментальной электроядерной системы на базе симбиоза тяжеловодного подкритического blankets и линейного ускорителя протонов.

В середине прошлого века физики института впервые в стране приступили к разработке и использованию водородных, пропановых и ксеноновых пузырьковых камер. Очень важные эксперименты были проведены на 700-литровой ксеноновой пузырьковой камере ДИАНА.

Созданы основы теории работы ядерных реакторов, выполнены основополагающие работы в области физики адронных взаимодействий при высоких энергиях и физики слабых взаимодействий. ИТЭФ внёс большой вклад в развитие квантовой хромодинамики и целого ряда других разделов современной физики. Круг исследований теоретиков института продолжает оставаться чрезвычайно широким: исследования непертурбативных эффектов в КХД, суперкомпьютерные вычисления в решёточных калибровочных теориях, теория малочастичных адронных и ядерных систем, исследование следствий стандартной модели и её обобщений, исследования в области математической физики и математики, теории струн и интегрируемых систем. Значительное внимание уделяется проблемам астрофизики и космологии.

С 1967 г. в институте ведутся ультрамикроскопические исследования, создано и развито самостоятельное направление — автоионная микроскопия радиационных эффектов на поверхности и в объёме твёрдых тел, освоены новые, современные методы ультрамикроскопии — сканирующая туннельная и атомно-силовая. Указанные методы весьма востребованы в процессе разработки новых конструкционных материалов активной зоны ядерных реакторов.

В ИТЭФ (в соавторстве с ИФВЭ) предложена ускоряющая ионы структура с пространственно-однородной квадрупольной фокусировкой (английская аббревиатура RFQ), которая совершила переворот в физике и технике ускорения ионов при малых скоростях частиц и получила широкое распространение и общее признание в ускорительных центрах мира.

В 2003 году на базе имевшихся ускорительных установок был создан уникальный тераваттный накопитель ускоренных ионов ТВН-ИТЭФ. Комплекс ускорял как протоны до энергий  $0,1 \div 9,3$  ГэВ, так и ионы от углерода до серебра в диапазоне выходных энергий от  $0,1$  до  $4$  ГэВ/н. В кольцевой камере могли накапливаться ядра тяжёлых элементов вплоть до железа в диапазоне энергий  $200 \div 300$  МэВ/н с фактором увеличения интенсивности пучка до 70. Ускорительный комплекс ИТЭФ не имел отечественных аналогов, находился в ряду ведущих ускорителей мира, обеспечивал экспериментаторов ускоренным пучком более чем по 4000 часов в году. На выведенных пучках проводились исследования в широком спектре фундаментальных и прикладных задач.

Физики института принимают активное участие в подготовке и проведении экспериментов в международных научных центрах: CERN (Швейцария), DESY (Германия), FNAL (США), KEK (Япония), FAIR (Германия) и других. ИТЭФ — один из первых в России институтов, начавших сотрудничать с CERN.

Очень весом вклад сотрудников института в такие крупные международные эксперименты на Большом адронном коллайдере в CERN, как ATLAS, CMS, LHCb, ALICE. В экспериментах ATLAS и CMS в 2012–2013 г. обнаружен бозон Хиггса. В фокусе научных интересов мегапроекта LHCb находится изучение рождения тяжёлых (прелестных и очарованных) кварков и свойств адронов, содержащих тяжёлые кварки. В 2014–2015 г. в этом эксперименте открыты два пентакварка, а в 2019 г. — новое состояние чармония. Исследованию физики кварк-глюонной плазмы с целью объяснения

происхождения и эволюции барионной материи посвящён эксперимент ALICE.

Физики института активно участвовали или участвуют в международных экспериментах CHARM, CHARM2, CHORUS, OPERA, L3, ARGUS, H1, CLAS, HERA-B, GERDA, MAJORANA, BELLE, COHERENT, CDF, D0, CBM, PANDA и других.

Выполнен обширный цикл исследований в эксперименте ARGUS, позволивший впервые определить фундаментальные параметры современной теории элементарных частиц, связывающие кварки первого и третьего поколений. Это привело к появлению целого направления исследований — изучению различия свойств материи и антиматерии в распадах прелестных частиц. Важное направление составляют работы по поиску тёмной материи, изучению двойного бета-распада, эксперименты по исследованию внеземных нейтрино.

В порядке подготовки к экспериментам по физике высокой плотности энергии в веществе в рамках международного проекта FAIR учеными института в содружестве со специалистами GSI (Германия) и LANL (США) разрабатывается высокоточная протоно-радиографическая установка PRIOR и уже создан её прототип.

Во исполнение Указа Президента РФ распоряжением Правительства РФ № 2412-р от 28 декабря 2011 г. ИТЭФ был включён в состав Национального исследовательского центра «Курчатовский институт». В настоящее время институт носит название «Федеральное государственное бюджетное учреждение Институт теоретической и экспериментальной физики имени А.И. Алиханова Национального исследовательского центра “Курчатовский институт”». Сокращённо — НИЦ «Курчатовский институт» – ИТЭФ.

Учёными НИЦ «Курчатовский институт» – ИТЭФ (совместно с ОИЯИ) проводятся успешные эксперименты по использованию предложенных ими оригинальных детекторов антинейтрино для дистанционной диагностики работы реактора Калининской АЭС. Приоритет в подобных исследованиях принадлежит сотрудникам Курчатовского института, которые получили первые положительные результаты по дистанционной диагностике в середине 80-х годов прошлого века на Ровенской АЭС.

В институте создаётся первый в мире эмиссионный двухфазный детектор на жидком ксеноне, способный с рекордной чувствительностью регистрировать процесс упругого когерентного рассеяния нейтрино на атомном ядре. Заложенные в детектор решения актуальны для исследования тёмной материи.

Встречая своё 75-летие, НИЦ «Курчатовский институт» – ИТЭФ представляет собой физический центр, в котором ведутся широкопрофильные исследования и разработки по направлениям:

- экспериментальные исследования фундаментальных свойств материи при высоких энергиях;
- экспериментальные исследования в области ядерной физики, адронных взаимодействий и резонансных систем;
- теоретические исследования фундаментальных проблем строения материи и процессов работы ядерных реакторов;

- исследования в сфере астрофизики и математической физики;
- разработка методов ускорения ионных пучков, прикладное использование пучков ионов;
- разработка методов протонной онкотерапии и позитрон-эмиссионной диагностики;
- фундаментальные исследования в области физики и химии конденсированных сред;
- развитие методов ультрамикроскопии и их применение в радиационном материаловедении;
- исследования по физике высокой плотности энергии в веществе и тяжелоионному термоядерному синтезу;
- научное курирование отечественных тяжеловодных атомных реакторов, исследование вопросов безопасности и возможностей электроядерных технологий в ядерной энергетике.

В институте большое внимание уделяется воспитанию творческой молодежи. В нём работают базовые кафедры ведущих университетов:

- кафедра физики экстремальных состояний вещества факультета экспериментальной и теоретической физики НИЯУ «МИФИ»;
- кафедра теоретической астрофизики и квантовой теории поля МФТИ ГУ;
- кафедра физики элементарных частиц МФТИ ГУ, за 50 лет работы которой подготовлена когорта физиков, из которых более 50 стали докторами наук, а 6 человек — членами РАН.

Аспирантура института готовит кадры высокой квалификации по направлениям:

- физика и астрономия,
- ядерная, тепловая и возобновляемая энергетика и сопутствующие технологии.

Ряд студентов, аспирантов и молодых кандидатов наук участвует в реализации международного проекта FAIR. Для этого в институте совместно с GSI в 2007 г. был создан Исследовательский центр FAIR–Россия (ИЦФР).

Огромную роль в подготовке специалистов играют ежегодно проводимые в институте «Зимние школы физики» и «Молодёжные конференции по теоретической и экспериментальной физике».

За последние 5 лет сотрудниками НИЦ «Курчатовский институт» – ИТЭФ опубликовано более 3000 статей в журналах, индексируемых в базе данных Web of Science.

В настоящее время в составе института 5 членов-корреспондентов РАН, 86 докторов и 204 кандидата наук. Ряд крупных результатов его научных исследований вошёл в золотой фонд достижений российской и мировой науки. Учёными института сделано 11 открытий, 8 сотрудников стали лауреатами Ленинских премий, 29 человек — лауреатами Сталинских и Государственных премий. Результаты учёных увенчаны международными научными премиями, премиями и медалями РАН, среди которых золотая медаль РАН им. А.Д. Сахарова и золотая медаль РАН им. Л.Д. Ландау.

Своё 75-летие институт встречает в едином строю с другими научными организациями в составе НИЦ «Курчатовский институт».