

**В.Г. Шевченко — видный учёный в области ядерной физики  
и основоположник исследований по физике высоких энергий  
в Московском университете**

И.П. Волобуев, Б.С. Ишханов, И.М. Капитонов, Е.М. Лейкин, В.И. Рудь

Начало исследованиям по экспериментальной физике высоких энергий в Московском университете было положено профессором В.Г. Шевченко (1923 – 1991). Масштаб личности В.Г. Шевченко проявился в его существенном вкладе в развитие фотоядерных исследований в НИИЯФ и в основании нового научного направления – физики высоких энергий.

Валериан Григорьевич Шевченко родился в г. Исилькуль Омской области 20 июня 1923 г. Закончив в 1941 году Салехардскую среднюю школу с золотой медалью, он добровольцем ушел на фронт и в конечном счете оказался в Военно-Воздушных частях Военно-Морских сил СССР. В этих частях он прошел всю войну и был награжден пятью медалями, служил до 1948 года. В 1948 г. он поступил на физический факультет МГУ, который и закончил с отличием в 1953 г. С 1954 г. по 1957 г. он – аспирант физического факультета МГУ. Его научным руководителем был академик В.И. Векслер. В 1958 году В.Г. Шевченко защитил кандидатскую диссертацию "Угловые и энергетические распределения фотопротонов, образующихся при фоторасщеплении  ${}^6\text{Li}$ ,  ${}^9\text{Be}$  и  ${}^{12}\text{C}$ ". С 1959 г. он старший преподаватель, а с 1960 по 1967 гг. – доцент кафедры ядерной спектроскопии физического факультета МГУ. В период с 1962 по 1965 г. В.Г. Шевченко работал в составе представительства СССР в Международном Агентстве по Атомной Энергии (МАГАТЭ, Австрия). С 1967 г. по 1968 г. он был проректором МГУ. В 1967 г. В.Г. Шевченко защитил докторскую диссертацию. В 1968 г. ему было присвоено звание профессора. В конце 1968 г. В.Г. Шевченко основал Лабораторию высоких энергий НИИЯФ МГУ. Скончался В.Г. Шевченко 13 мая 1991 г. . Более подробную биографическую информацию и воспоминания можно найти в сборнике статей к 75-летию В.Г. Шевченко [1] и на сайте его памяти [2].

**В.Г. Шевченко и фотоядерные исследования в НИИЯФ МГУ**

С 1959 г. В.Г. Шевченко руководит научными исследованиями на бетатроне НИИЯФ МГУ с максимальной энергией электронов (и тормозных фотонов) 35 МэВ. Его высокая научная квалификация и организаторские способности позволили в короткий срок создать работоспособный коллектив сотрудников и вывести проводимые на бетатроне научные исследования на мировой уровень и на долгие годы закрепиться на нём. Успеху научной деятельности способствовали хорошие технические характеристики бетатрона НИИЯФ, его надёжная и устойчивая работа и особенно – энергетический диапазон ускоренных электронов, позволявший перекрыть всю область Гигантского Дипольного Резонанса атомных ядер – основного физического явления, характеризующего реакцию атомных ядер на электромагнитные возбуждения высокой энергии.

К исследованиям на бетатроне НИИЯФ МГУ были привлечены талантливые и энергичные выпускники физического факультета МГУ: Б.С. Ишханов, Б.А. Юрьев, И.М. Капитонов, Б.И. Горячев, И.М. Пискарев, В.В. Варламов, В.И. Шведун, В.Н. Орлин, Ю.И. Сорокин и ряд других. Главной темой научных исследований стал Гигантский

Дипольный Резонанс (ГДР) атомных ядер. Этот резонанс – наиболее универсальное и фундаментальное ядерное возбуждение. Его изучение сыграло исключительную роль в понимании структуры и динамики атомных ядер.

Практически на пустом месте были созданы уникальные физические установки для регистрации продуктов фотоядерных реакций, позволившие получить новые сведения о ГДР. Начало было положено использованием ядерных эмульсий для измерения угловых и энергетических распределений фотопротонов из лёгких (изотопов лития и бора) и тяжёлых (Rh, Pr, W, Pt, Pb) ядер. Одним из важных результатов этой серии опытов было обнаружение в тяжёлых ядрах электрического квадрупольного E2 поглощения выше ГДР. Ядерные эмульсии в дальнейшем были использованы для изучения энергетических и угловых распределений фотопротонов на ядрах кремния, фосфора, серы, кальция и циркония.

Следующим шагом явилось создание установки для регистрации в режиме on-line фотопротонов сцинтилляционными спектрометрами с тонкими ( $\approx 1$  мм) кристаллами иодистого цезия, позволившие в условиях сильного электронного фона уверенно измерять энергию протонов до 15 МэВ. С помощью этой установки впервые были измерены фотопротонные сечения в области ГДР на ядрах 1d<sub>2s</sub>-оболочки Mg, Si, P, S, Ca, а также среднего ядра Zr. Полученные данные для Zr продемонстрировали сдвиг (примерно на 5 МэВ) фотопротонного сечения к более высоким энергиям по сравнению с фотонейтронным, что явилось первым серьёзным аргументом в пользу важной роли изотопического спина в электромагнитных возбуждениях ядер высокой энергии, проявляющегося в форме изоспинового расщепления ГДР. В дальнейшем этот эффект детально изучался в НИИЯФ МГУ с помощью методики полупроводниковых детекторов и получил надёжное подтверждение.

С 1966 г. исследования ГДР вышли на принципиально новый уровень в результате создания установок для регистрации фотонейтронов, усовершенствованию методики измерения выходов фотонейтронных реакций и способов корректного получения из них эффективных фотонейтронных сечений. Были сконструированы нейтронные детекторы, которые позволили с высокой (рекордной для нашей страны и достигающей 50%) эффективностью регистрировать фотонейтроны с энергией до 10 МэВ. Эти детекторы использовались для измерения выходов фотонейтронных реакций в области ГДР на лёгких, средних и тяжёлых ядрах, начиная с ядра <sup>12</sup>C и кончая <sup>238</sup>U. Были получены фотонейтронные сечения почти для трёх десятков изотопов. Была обнаружена структура в этих сечениях, что инициировало широкую дискуссию в международных научных кругах. Успеху этих исследований способствовали два обстоятельства – использованию уникальной методики быстрого (с частотой 50 Гц) сканирования верхней границы тормозного излучения в процессе измерения фотонейтронного выхода и применению метода регуляризации, разработанного академиком А.Н. Тихоновым, для корректного извлечения сечений фотоядерных реакций из их измеренных выходов.

В 1967 г. по материалам выполненных исследований В.Г. Шевченко защитил докторскую диссертацию по теме «Изучение механизма взаимодействия  $\gamma$ -квантов с атомными ядрами».

Одним из важных физических результатов, полученных В.Г. Шевченко в НИИЯФ МГУ, является предсказание и открытие фундаментального ядерного явления – конфигурационного расщепления ГДР лёгких ядер. Было теоретически предсказано, а затем экспериментально подтверждено, что у обширной группы легких атомных ядер, вплоть до кальция, имеется выделенная по энергии область интенсивного поглощения фотонов ГДР. Именно, дипольные колебания в лёгких атомных ядрах утрачивают коллективную природу, присущую средним и тяжёлым ядрам. Вместо этого они характеризуются, в основном возбуждением отдельных нуклонов, которое переходит с одних ядерных оболочек на другие оболочки при изменении энергии фотона. Иначе говоря, единый пик ГДР не формируется, а вместо этого возникает широкая полоса энергий (шириной 10-30 МэВ), в которой происходит интенсивное дипольное поглощение фотонов, причём фотоны разных энергий возбуждают протоны и нейтроны разных ядерных оболочек. В результате образуется широкая полоса частот поглощения фотонов лёгкими ядрами вместо узкого пика, характерного для средних и тяжёлых ядер, которые колеблются подобно капле жидкости. Такое расщепление одного узкого пика дипольного поглощения фотонов на ряд пиков, разбросанных в широкой области частот, наблюдающееся при переходе от тяжёлых и средних ядер к более лёгким, получило название конфигурационного расщепления ГДР (термин, впервые введённый в научную литературу в 1967 г. на международной конференции по ядерной физике в Токио и с тех пор утвердившийся в ней).

В предсказании и открытии этого явления проявилась универсальность В.Г. Шевченко как физика-исследователя – он был одинаково сильным экспериментатором и теоретиком.

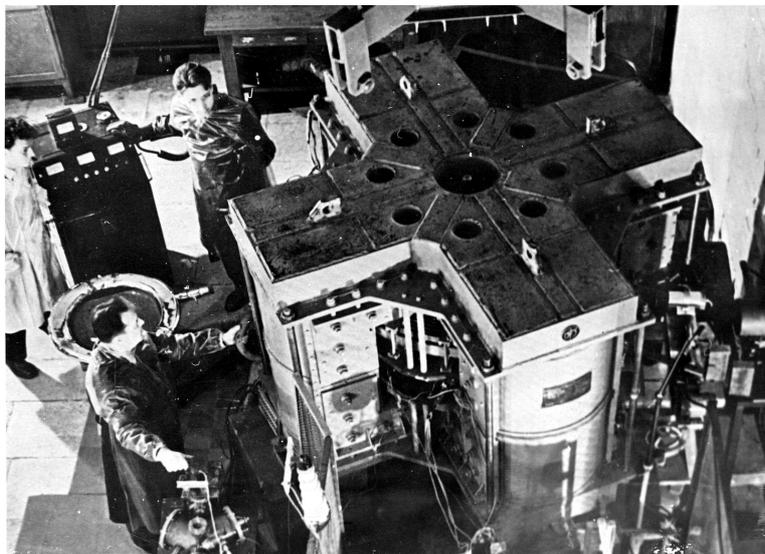


Рис. 1. В.Г. Шевченко (на переднем плане) готовит бетатрон НИИЯФ МГУ к эксперименту.

Явление конфигурационного расщепления ГДР было теоретически предсказано в 1960 г. в НИИЯФ МГУ В.Г. Неудачиным, В.Г. Шевченко и Н.П. Юдиным сначала для ядер 1p-оболочки (между  $^4\text{He}$  и  $^{16}\text{O}$ ), а затем в 1964 г. ими же и для ядер 1d<sub>2s</sub>-оболочки (между  $^{16}\text{O}$  и  $^{40}\text{Ca}$ ).

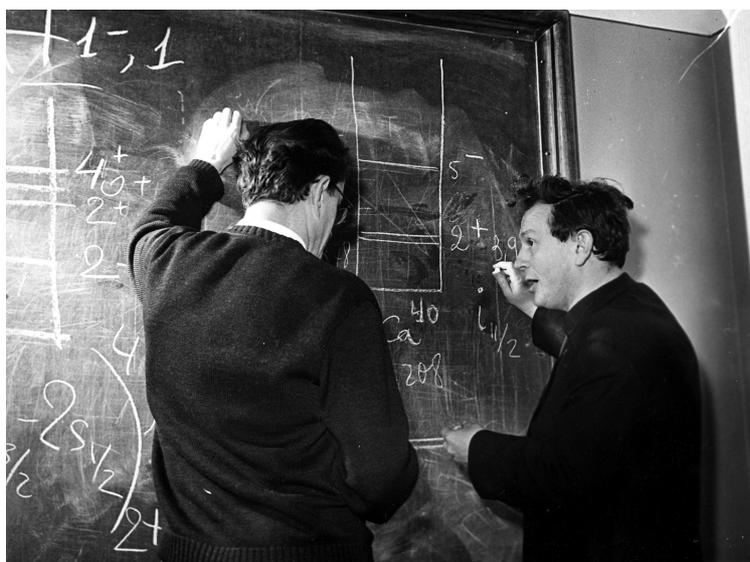


Рис. 2. В.Г. Шевченко (справа) во время дискуссии с В.Г. Неудачиным

Проведенные в НИИЯФ МГУ до 1968 г. экспериментальные исследования указывали на существование этого явления, однако не являлись его прямым доказательством. Эти доказательства были получены в НИИЯФ МГУ в период 1975-1980 гг. Б.С. Ишхановым и И.М. Капитоновым, учениками В.Г. Шевченко, которые продолжили его линию исследования после ухода последнего из НИИЯФ МГУ. Для получения непосредственных доказательств конфигурационного расщепления ГДР Б.С. Ишхановым и И.М. Капитоновым были выполнены эксперименты нового типа, в которых с большой точностью фиксировалась энергия возбуждения конечного ядра после вылета из него нуклона, и на основе независимых данных реакций однонуклонной передачи можно было однозначно указать ядерную оболочку, из которой этот нуклон был выбит фотоном.

В 1987 г. явление конфигурационного расщепления гигантского дипольного резонанса у лёгких атомных ядер было зарегистрировано в качестве научного открытия Госкомизобретений СССР под №342 (авторами открытия были признаны Б.С. Ишханов, И.М. Капитонов, В.Г. Неудачин, В.Г. Шевченко и Н.П. Юдин). Результаты этих работ были позже подтверждены во многих зарубежных лабораториях. Более того, опыты, выполненные в США, Швейцарии (ЦЕРН), Японии и нашей стране, в которых атомные ядра возбуждались различными элементарными частицами, показали, что открытое в МГУ явление имеет универсальный характер, т. е. проявляется не только в электромагнитном взаимодействии, но также в сильном и слабом взаимодействиях. Это открытие внесло коренные изменения в сложившиеся представления о структуре легких атомных ядер и механизме возникновения в них возбуждений большой энергии.

Успешное развитие фотоядерных исследований в НИИЯФ МГУ, инициированное В.Г. Шевченко, было продолжено его учениками и последователями. Произошло переоснащение ускорительной и детекторной базы. Наряду с экспериментальными развиваются и теоретические фотоядерные исследования. Был создан Центр Данных Фотоядерных Исследований, имеющий международный статус. Защищено семь докторских диссертаций (Б.С. Ишханов, И.М. Капитонов, В.В. Варламов, В.И. Шведун, И.Н. Бобошин, Н.Г. Гончарова, В.Н. Орлин) и более 40 кандидатских диссертаций.

## **В.Г. Шевченко как основоположник исследований по физике высоких энергий в НИИЯФ МГУ**

С 50-х годов центр тяжести фундаментальных исследований в физике стал всё больше смещаться с ядерной физики на физику элементарных частиц, что не мог не осознавать В.Г. Шевченко. В мире создавались ускорители протонов на всё более высокие энергии: в 1953 г. - Космотрон (3.3 ГэВ) в Брукхейвенской национальной лаборатории (BNL, США); в 1954 г. - Бэватрон (6.2 ГэВ) в BNL, США. В ЦЕРН в 1959 г. был запущен протонный синхротрон на энергию 28 ГэВ, в 1960 г. в BNL (США) был запущен синхротрон на энергию 33 ГэВ (AGS). В исследованиях на ускорителях высоких энергий происходило становление нового раздела физики элементарных частиц – физики высоких энергий.

Аналогичный процесс шёл и в СССР: в 1957 году в ЛВЭ ОИЯИ был запущен синхрофазотрон на энергию 10 ГэВ; в 1961 г. в ИТЭФ заработал протонный синхротрон на энергию 7 ГэВ, являвшийся прототипом 1/10 серпуховского ускорителя. А в конце 1967 г. в Институте физики высоких энергий в Протвино был запущен ускоритель У-70 на энергию протонов 70 ГэВ, который в течение пяти лет был крупнейшим в мире. У советских физиков появилась современная база мирового уровня для исследований по физике высоких энергий. На это откликнулся и Московский университет.

**Лаборатория высоких энергий** была организована в НИИЯФ МГУ в конце 1968 г. с целью развития в Московском университете исследований по физике высоких энергий – одному из наиболее фундаментальных разделов современной науки. **Инициатором создания Лаборатории явился В.Г. Шевченко**, в то время проректор МГУ. Его инициатива была поддержана директором НИИЯФ МГУ С.Н. Верновым, ректором МГУ И.Г. Петровским, президентом АН СССР М.В. Келдышем, директором ИФВЭ А.А. Логуновым и министром высшего и среднего специального образования В.Е. Елютиным.

Первоначально Лаборатория состояла из трёх секторов — сектора физики высоких энергий (зав. сектором Е.М. Лейкин), сектора обработки (зав. сектором В.С. Мурзин) и сектора фотоядерных реакций (зав. сектором Б.С. Ишханов). В начале 1969 г. численность лаборатории составила 80 человек, в неё кроме физиков входили инженеры, электронщики, механики. Сектор Б.С. Ишханова работал в 19-м корпусе, а остальные сектора временно размещались на чердаке зоны «Г» главного здания МГУ. Тогдашние лаборатории соответствовали нынешним отделам, а в них входили сектора, аналоги нынешних лабораторий. Заместителями В.Г. Шевченко по ЛВЭ были сначала Б.С. Ишханов, а затем Е.М. Лейкин. Сектор теории поля во главе с Ю.М. Широковым был создан позднее, в 1975 году (см. раздел об ЛТП в конце статьи).

Осенью 1968 г. В.Г. Шевченко был назначен зам. директора Института теоретической и экспериментальной физики (ИТЭФ) и начальником Отдела физики высоких энергий ИТЭФ. Однако он до конца своих дней оставался и руководителем основанного им Отдела (первоначально Лаборатории) высоких энергий НИИЯФ МГУ, определив развитие этого научного направления в Московском университете на десятилетия вперёд.

Как следствие инициативы В.Г. Шевченко в 1969 г. Совет Министров СССР издал распоряжение №30 о строительстве в 1970-71 гг. на территории МГУ лабораторного здания (в дальнейшем — Корпуса высоких энергий, КВЭ) площадью до 5000 кв.м. для размещения в нём просмотрово-измерительного и вычислительного комплексов для обработки и анализа экспериментальных данных по физике высоких энергий. Позднее строительство корпуса было перенесено на следующую пятилетку.

29 апреля 1969 г. В.Г. Шевченко выступил с докладом «**О развитии исследований по физике высоких энергий в вузах**» [3] на Комиссии по ядерной физике АН СССР, возглавлявшейся вице-президентом Академии наук академиком Б.П. Константиновым. В этом докладе было обосновано создание в НИИЯФ МГУ на базе Лаборатории высоких энергий крупного центра по обработке и анализу फिल्मовой информации с пузырьковых и искровых камер, получаемой в экспериментах на ускорителях высоких энергий, и в первую очередь на 70 ГэВ ускорителе в Серпухове. Лаборатория высоких энергий НИИЯФ МГУ должна была стать головной лабораторией по физике высоких энергий в системе Минвуза СССР. Центр должен был включать наряду с полуавтоматическими измерительными устройствами и автоматические сканирующие устройства типа НРД и SR. Планировалось, что просмотрово-измерительный комплекс по своей мощности будет сопоставим с подобными комплексами ИФВЭ и ОИЯИ. Предполагалась высокая степень автоматизации этого комплекса, в котором основное оборудование должно было работать под контролем различных ЭВМ. Численность персонала комплекса оценивалась в 250-300 человек. Предполагалось создать и оснастить этот центр за 3 года. Все работы должны были проводиться в тесной кооперации с ОИЯИ, ИТЭФ и ИФВЭ.

На основе этого доклада было принято Решение №14 Комиссии по ядерной физике АН СССР от 29 апреля 1969 г. «**О развитии исследований по физике высоких энергий в Научно-исследовательском институте ядерной физики Московского государственного университета**». В Решении Комиссии [3] отмечается создание в МГУ Лаборатории высоких энергий и принятие Совмином СССР постановления о строительстве в МГУ в 1970-71 гг. корпуса ЛВЭ для размещения в нём просмотрово-измерительного и вычислительного комплексов. Комиссия постановила: рекомендовать Минвузу СССР утвердить ЛВЭ НИИЯФ в качестве головной лаборатории в системе Минвуза по развитию физики высоких энергий в вузах; рекомендовать Минвузу СССР с февраля 1970 г. начать обучение научно-технического персонала заинтересованных вузов по физике высоких энергий, используя при этом возможности Лаборатории высоких энергий НИИЯФ МГУ и филиала НИИЯФ МГУ в г. Дубна. В Решении также содержались рекомендации по реализации создания в МГУ просмотрово-измерительного и вычислительного комплексов.

Согласно рекомендациям этой Комиссии в августе 1970 г. на физическом факультете МГУ была создана кафедра физики высоких энергий .

В 1974—1979 гг. велось строительство Корпуса высоких энергий НИИЯФ согласно техническому заданию ЛВЭ, предусматривавшему для будущего центра обработки फिल्मовой информации двусветные залы для просмотрового оборудования под снимки с гигантских пузырьковых камер типа "Мирабель", залы под измерительные приборы, под вычис-

лительный центр. До 1978 г. курирование строительства осуществлялось ЛВЭ, с 1978 г. оно было передано перешедшему в НИИЯФ из ИФВЭ профессору П.Ф. Ермолову.

Введение в строй Корпуса высоких энергий весной 1980 года открыло возможность приступить к созданию в нём центра обработки फिल्मовой информации, запланированного В.Г. Шевченко ещё в 1969 г., и подвело материальную базу под всё дальнейшее развитие физики высоких энергий в МГУ.

## **Развитие экспериментальных исследований в ЛВЭ / ОВЭ**

По замыслу В.Г. Шевченко создание в НИИЯФ МГУ Лаборатории высоких энергий и утверждение её в качестве головной в системе Минвуза СССР отвечало задаче обучения в высшей школе на базе современных научных исследований, ибо физика высоких энергий — один из наиболее важных и быстро развивающихся разделов фундаментальной науки. Экспериментальные исследования в этом направлении ставят своей целью получение новых сведений о строении вещества и для своего осуществления нуждаются в использовании самых последних достижений различных областей науки и техники. Таким образом, появление новой лаборатории открывало перед коллективом ученых и преподавателей МГУ дополнительные возможности для участия в разработке важнейших научных проблем и подготовки на её базе не только физиков для исследовательской работы в фундаментальных и прикладных областях, но и специалистов по радиоэлектронике, вычислительной технике, автоматизации обработки информации, прикладной математике.

Первоначальной научной задачей Лаборатории высоких энергий являлась обработка и анализ फिल्मовой информации, получаемой с больших пузырьковых и искровых камер в экспериментах на ускорителях высоких энергий.

Программа исследований в Лаборатории высоких энергий включала подготовку и проведение электронных экспериментов, участие в экспериментах на больших пузырьковых камерах, а также проведение теоретических исследований. Реализация научной программы основывалась на широкой кооперации с институтами Государственного комитета по использованию атомной энергии (ИТЭФ, ОИЯИ, ИФВЭ) и Академии наук СССР (ФИАН, МИАН, ЛИЯФ и др.). Предусматривалось и широкое международное сотрудничество в проведении научных исследований.

Перешедший в НИИЯФ из ФИАН-а Е.М. Лейкин продолжил с группой сотрудников работы по изучению поляризационных эффектов при фоторождении пионов на водороде в области малых энергий, которые ставили своей целью проведение исследований по программе "полного опыта" для процесса фоторождения пионов. Реализация этой программы была поддержана научным советом АН СССР по электромагнитным взаимодействиям. На линейном ускорителе электронов Харьковского физико-технического института совместно с физиками ФИАН и УФТИ были проведены систематические измерения сечений фоторождения  $\pi^+$ -мезонов на протонах линейно поляризованным  $\gamma$ -излучением. Важные результаты были получены на основе анализа проблемы "полного опыта", были решены задачи об объеме и содержании "полного опыта" в области малых энергий. На основе этих результатов Е.М. Лейкин в 1973 г. защитил докторскую диссертацию.

В период с 1971 г. по 1974 г. по инициативе В.Г. Шевченко группа сотрудников лаборатории во главе с Е.М. Лейкиным принимала участие в совместном эксперименте с физиками ИТЭФ и ЦЕРН на нейтронном пучке ускорителя в Серпухове, где осуществлялась широкая программа исследований взаимодействия нейтронов с протонами, дейтронами и сложными ядрами при энергиях 30 - 70 ГэВ. В этом эксперименте с высокой точностью были измерены сечения взаимодействия нейтронов с протонами и ядрами, исследованы процессы упругого рассеяния нейтронов на протонах, рассеяния с перезарядкой и дифракционной диссоциации нейтронов. Эти результаты вошли во все сводки мировых данных.

По инициативе В.Г. Шевченко начиная с 1974 г. лаборатория активно участвовала в работе международного сотрудничества по обработке снимков с пузырьковой камеры "Людмила", облучавшейся сепарированными пучками частиц на ускорителе У-70 в Серпухове. Эти работы, вылившиеся в обширный цикл исследований, продолжались вплоть до 1990 г.

Участниками этого сотрудничества кроме ОИЯИ и МГУ были университеты Праги, Хельсинки и Тбилиси, а также Физический институт ЧСАН (Прага) и ИФВЭ АН КазССР. Первые сеансы облучения камеры "Людмила" пучком сепарированных антипротонов (96% чистоты) с импульсом 22,4 ГэВ/с состоялись в 1972/73 г., а публикация физических результатов началась с 1974 года.

Эксперименты на камере "Людмила" начались с исследования взаимодействий антипротонов с импульсом 22,4 ГэВ/с с протонами. Особый интерес к  $\bar{p}p$ -взаимодействиям связан с уникальной возможностью изучения аннигиляционных процессов, в которых барион и антибарион превращаются в мезоны. Поэтому одной из целей  $\bar{p}p$ -эксперимента было изучение характеристик аннигиляционных процессов путём сравнения  $\bar{p}p$ - и  $pp$ -взаимодействий. Для этого сравнения использовались данные о  $pp$ -взаимодействиях при 24 ГэВ/с с 2-метровой жидководородной пузырьковой камеры ЦЕРН.

В силу отсутствия на тот момент собственной базы, сотрудниками ЛВЭ при активном содействии В.Г. Шевченко на базе измерительных и вычислительных средств ИТЭФ была введена в действие полная система обработки информации с камеры "Людмила", начиная с просмотра снимков и измерения событий и кончая формированием на ЭВМ лент суммарных результатов для дальнейшего физического анализа на ЭВМ.

Сначала были изучены общие характеристики процесса множественного рождения частиц при взаимодействии антипротонов с протонами и установлен ряд особенностей этого процесса, обусловленных вкладом  $\bar{p}p$ -аннигиляции: увеличение асимметрии инклюзивных спектров с ростом поперечного импульса частиц, большое сечение рождения векторных мезонов и т.п. Была проведена проверка современных теоретических представлений и получено подтверждение предсказаний схемы дуально-топологической унитаризации относительно процесса аннигиляции, а также относительно универсальности механизма рождения адронов в различных процессах и ряд других выводов. Была изучена дифракционная диссоциация антипротонов в инклюзивном и эксклюзивном подходах.

Впервые в  $\bar{p}p$ -взаимодействиях при высоких энергиях наблюдался и был изучен эффект интерференции тождественных  $\pi$ -мезонов. Было обнаружено, что размер области генерации заряженных  $\pi$ -мезонов больше радиуса взаимодействия, что указывало на не прямой характер рождения большинства интерферирующих  $\pi$ -мезонов, и получено указание на

вытянутость области генерации заряженных  $\pi$ -мезонов вдоль оси реакции. Эти наблюдения были интерпретированы в рамках модели движущихся источников типа кластеров или резонансов, рождающихся периферически. При этом параметры области генерации заряженных  $\pi$ -мезонов воспроизводились характеристиками рождавшихся  $\rho^0$ -мезонов. Позднее это направление развилось в то, что теперь называется Correlation Femtoscopy.

Одним из важнейших результатов коллаборации "Людмила" было обнаружение в  $\bar{p}p$ -взаимодействиях такого тонкого явления как выстроенность спина  $\rho^0$ -мезонов. Это явление наиболее естественно объясняется поляризацией исходных валентных кварков.

В 1978 г. на ускорителе в Серпухове впервые в физической практике был получен сепарированный пучок антидейтронов с импульсом 12,2 ГэВ/с и проведено облучение им камеры "Людмила". Кроме того, была проведена модернизация самой камеры путем создания в ней трекочувствительной мишени, что значительно расширяло экспериментальные возможности камеры. В частности, появилась возможность вести исследования на дейтериевой мишени, а также на водородной мишени при заполнении камеры неон-водородной смесью, что существенно повышало эффективность регистрации  $\gamma$ -квантов. Эта часть физической программы исследований на камере "Людмила" включала изучение взаимодействий антидейтронов с протонами и дейтронами, что позволило получить новые данные и проверить ряд теоретических предсказаний относительно механизмов процесса аннигиляции, связанных с многокварковыми структурами типа бариония, вклада многокварковых состояний в волновую функцию дейтрона. Анализ разности топологических сечений  $\bar{d}d$ - и  $dd$ -взаимодействий указал на подавляющий вклад процессов, в которых аннигилирует одна  $\bar{N}N$ -пара. Верхняя оценка полной  $\bar{d}d$ -аннигиляции составила  $\sim 1.5\%$  от неупругого сечения. Также были получены инклюзивные характеристики процессов рождения  $\Lambda$  и  $K^0_s$  в  $\bar{d}d$ -,  $\bar{d}C$ - и  $\bar{d}Pb$ -взаимодействиях.

В этих работах коллаборации "Людмила" принимали участие Е.М. Лейкин, Т.А. Гаранина, Р.К. Дементьев, И.А. Коржавина, Н.А. Пожидаева и В.И. Рудь.

С 1972 по 1978 гг. в Лаборатории были выполнены исследования  $\pi p$ -взаимодействий при энергии 40 ГэВ, проводившиеся под руководством В.С. Мурзина и Л.И. Сарычевой как самостоятельная часть работы в рамках сотрудничества социалистических стран по обработке данных с 2-метровой пузырьковой пропановой камеры ОИЯИ. Было подробно изучено явление асимметричного рождения частиц в  $\pi p$ -взаимодействиях и дано описание этого эффекта на основе реджевской и кварковой моделей, выполнены расчеты сечений образования различных резонансов на базе модели кварков и экспериментально изучены выходы резонансов в  $\pi p$ -взаимодействиях при 40 ГэВ. Важным результатом был вывод о том, что основным продуктом множественного рождения частиц при взаимодействии адронов являются не пионы, а различные резонансы: более 50 – 70% всех вторичных стабильных частиц образуется через промежуточные резонансные состояния, в том числе через векторные мезоны.

В ходе этих работ были экспериментально исследованы и теоретически объяснены явление асимметрии и связанная с ним кластеризация в  $\pi p$ -столкновениях, впервые при высоких энергиях детально исследовано явление неупругой перезарядки  $\pi^- \rightarrow \pi^0$  в инклюзивном процессе, а также измерено сечение пион-пионного рассеяния.

В этих работах коллаборации пропановой камеры ОИЯИ по изучению  $p$ - $\bar{p}$ -взаимодействий при 40 ГэВ/с принимали участие В.С. Мурзин, Л.А. Диденко, И.Н. Ерофеева, С.И. Лютов, С.Ю. Сивоклоков, Л.Н. Смирнова, А.Н. Соломин, Л.М. Щеглова. Сотрудниками сектора В.С. Мурзина в зоне "Г" был организован просмотр снимков с пузырьковых камер.

В 1979 г. работа молодых ученых ЛВЭ Л.А. Диденко, С.И. Лютова и Л.Н. Смирновой по этой тематике заняла первое место на конкурсе работ молодых ученых НИИЯФ МГУ и второе место на конкурсе МГУ.

Совместно с группой из ANL (США) в эксперименте на 30" дейтериевой пузырьковой камере FNAL для  $p$ - $\bar{p}$ -взаимодействий при 200 ГэВ/с были определены топологические сечения  $p$ - $\bar{p}$ -взаимодействий, изучено влияние процессов перерассеяния и получены топологические сечения для  $p$ - $p$ -взаимодействий без перерассеяний.

В 1978 г. в секторе В.С. Мурзина были начаты исследования взаимодействий релятивистских ядер на материалах с 2-метровой пропановой камеры ОИЯИ с установленными пластинами из тантала, облучавшейся пучками  $p$ ,  $d$ ,  $He$  и  $^{12}C$  с импульсами 4.2 ГэВ/с на нуклон. В первую очередь изучались характеристики множественного рождения частиц во взаимодействиях этих пучков с ядрами  $Ta$  и  $^{12}C$  в сравнении с нуклон-нуклонными взаимодействиями.

В конце 70-х годов Л.Н. Смирнова подключилась к исследованиям  $\bar{p}p$ -взаимодействий при 32 ГэВ/с, проводившихся в ИФВЭ на пузырьковой камере "Мирабель". Были изучены особенности ряда эксклюзивных каналов, включая дифракционную диссоциацию и рождение резонансов. Изучены характеристики инклюзивного рождения  $\pi$ -мезонов, протонов, нейтральных странных частиц и  $\gamma$ -квантов в сопоставлении с кварковыми моделями.

### **Итоги развития Лаборатории высоких энергий за первое десятилетие существования**

Уже в первые годы существования ЛВЭ усилиями В.Г. Шевченко, Е.М. Лейкина, В.С. Мурзина и Ю.М. Широкова был создан научный коллектив, способный вести успешные научные исследования как в экспериментальной, так и в теоретической физике высоких энергий. Ограниченность собственной материальной базы компенсировалась энтузиазмом сотрудников и широким научным сотрудничеством как с ведущими институтами СССР (ИТЭФ, ФИАН, ИФВЭ, УФТИ), так и с крупными международными центрами (ОИЯИ и ЦЕРН), что способствовало тому, чтобы исследования сотрудников ЛВЭ вышли на мировой уровень. Физики ЛВЭ приняли участие в двух электронных экспериментах и освоили методику пузырьковых камер. Эксперименты на больших пузырьковых камерах выполнялись в рамках крупных международных коллабораций на базе ОИЯИ и ИФВЭ. В них были получены важные физические результаты. Введенная в действие на базе ИТЭФ полная система обработки फिल्मовой информации позволяла вносить полноценный вклад в статистику экспериментов. Ряд актуальных научных исследований был выполнен в области теоретической физики. Защиты кандидатских диссертаций начались у теоретиков с 1971 г. (В.С. Замиралов), а у экспериментаторов с 1974 года (Л.Н. Смирнова). За 1968 — 1979 гг. были защищены 12 кандидатских диссертаций и одна докторская.

С момента основания ЛВЭ работал общий научный семинар, которым сначала руководил сам В.Г. Шевченко, а позже руководство семинаром перешло к Е.М. Лейкину. В группе теоретиков свой еженедельный семинар работал с 1970 г..

Сотрудники лаборатории регулярно читали лекции в МГУ и других университетах страны, руководили работой студентов и аспирантов.

Завершение строительства Корпуса высоких энергий открыло возможность приступить к созданию в нём центра обработки फिल्मовой информации и подвело материальную базу под всё дальнейшее развитие физики высоких энергий в Московском университете.

**Итоги первого десятилетия развития Лаборатории высоких энергий ясно демонстрируют, что уже к 1980 г. В.Г. Шевченко удалось поднять до высокого уровня созданное им новое для МГУ научное направление – физику высоких энергий, включившись в систему международного научного сотрудничества.**

**Второе десятилетие** существования ОВЭ началось с переезда весной 1980 года в завершённый корпус высоких энергий.

В начале 80-х годов сотрудники ОВЭ Б.А. Юрьев и Ю.В. Нильсен принимали участие в совместном советско-американском электронном эксперименте на ускорителе ИФВЭ по изучению излучения электронов и позитронов с энергией 10 ГэВ при каналировании в монокристаллах кремния и германия. Было обнаружено, что спектральная плотность излучения при каналировании электронов в 28-70 раз превышает спектральную плотность тормозного излучения из аморфной мишени.

В 1978 г. в НИИЯФ был организован Отдел измерительной техники под руководством профессора П.Ф. Ермолова, перешедшего в НИИЯФ из ИФВЭ и имевшего опыт создания в ИФВЭ центра обработки फिल्मовой информации.

В 1981-83 гг. Отделом измерительной техники под руководством П.Ф. Ермолова был создан автоматизированный измерительно-вычислительный комплекс по обработке и анализу फिल्मовой информации с больших пузырьковых камер и гибридных спектрометров. Этот ИВК по мощности был вторым в СССР после ИВК ИФВЭ. Создание этого центра означало реализацию программы, сформулированной В.Г. Шевченко в 1969 г. Хотя и не в полной мере, поскольку в центре не было автоматических сканирующих устройств типа НРD и SR. Описание работ в области ФВЭ, выполненных в НИИЯФ под руководством П.Ф. Ермолова и В.И. Саврина можно найти в [4].

В лаборатории В.С. Мурзина продолжались работы по релятивистской ядерной физике и по дальнейшему анализу  $\bar{p}p$ -взаимодействий при 32 ГэВ/с. В 1982 г. эта лаборатория из ОВЭ перешла в ОИТ, к П.Ф. Ермолову.

В 80-е годы продолжалась обработка и анализ फिल्मовой информации с камеры "Людмила" – как в НИИЯФ, так и на базе ИТЭФ. Окончательная статистика  $\bar{p}p$ -эксперимента на камере "Людмила" достигла 165 тысяч событий, причём вклад МГУ составил 9%. Продолжалось детальное исследование характеристик рождения частиц в  $\bar{p}p$ -взаимодействиях: было изучено образование  $\rho^0$ -,  $\omega$ -,  $f_2$ - и  $\phi$ -мезонов; проведено сравнение неупругих  $\bar{p}p$ -взаимодействий при 22,4 ГэВ/с с аннигиляцией  $e^+e^-$  в адроны и отдельное изучение анниги-

ляционных и неаннигиляционных компонент  $\bar{p}p$ -взаимодействий; проведено изучение дифракционных процессов; для эффекта интерференции тождественных пионов была обнаружена его зависимость от скорости пар; на большей статистике продолжалось детальное изучение выстроенности спина  $\rho^0$ -мезонов. В 1982 г. В.И. Рудь с коллегами из ОИЯИ получил Вторую премию ОИЯИ за цикл работ "Исследование антипротон-протонных взаимодействий при 22,4 ГэВ/с".

В экспериментах на "Людмиле" по изучению взаимодействий антидейтронов с протонами и дейтронами был выполнен широкий круг исследований как по анализу общих свойств  $\bar{d}p$ - и  $\bar{d}d$ -взаимодействий при 12 ГэВ/с, так и разделному изучению особенностей  $\bar{p}p$ -,  $pn$ - и  $\bar{p}n$ -взаимодействий при 6,1 ГэВ/с. Упомянем изучение характеристик множественного рождения частиц, изучение характеристик  $\bar{p}p$ -аннигиляции, изучение процессов рождения резонансов в упомянутых процессах.

В этих работах коллаборации "Людмила" от ОВЭ принимали участие Е.М. Лейкин, Р.К. Дементьев, И.А. Коржавина, В.И. Рудь, Л.К. Гладилин, Н.П. Новокшанов.

К концу 80-х годов стало ясно, что методика пузырьковых камер доживает свой век. Остро встал вопрос о переходе на электронные эксперименты.

С 1987 года группа сотрудников ОВЭ подключилась к эксперименту ИТЭФ-ИФВЭ СФИНКС в ИФВЭ (лаборатория Л.Г. Ландсберга) с целью освоения новой для нас экспериментальной методики – RICH (Ring Imaging Cherenkov) детекторов. Использование RICH детекторов позволяет производить сепарацию заряженных частиц по их массам. Наше подключение произошло на стадии сборки RICH детектора СФИНКС-а. С нашей помощью RICH детектор был собран, отлажен и запущен, и в декабре 1989 г. состоялся первый физический сеанс установки с использованием этого детектора. В этой работе принимали участие В.И. Рудь, И.С. Филимонов и А.В. Немиткин.

Этот RICH детектор был выполнен по классической схеме и включал в себя газовый радиатор из  $SF_6$  (элегаз), оптическую систему из двух тонких сферических зеркал с фокусным расстоянием 125 см, превращавших конуса черенковского излучения в кольца в фокальной плоскости, где располагалась фотоматрица из 736 малогабаритных ФЭУ-60. К ФЭУ подключались резистивные делители питающего напряжения и высокочувствительные предусилители. В RICH детекторах к ФЭУ предъявляются повышенные требования, поскольку они должны обладать способностью регистрировать одиночные фотоны и иметь низкий уровень собственных шумов. RICH детектор показал высокую добротность и позволял осуществлять  $\pi/K$  сепарацию на уровне  $2\sigma$  вплоть до импульсов 30 ГэВ/с.

Так была освоена методика RICH детекторов. По числу каналов и общей схеме этот RICH можно рассматривать как прототип в 1/4 будущего RICH детектора эксперимента SELEX.

Практически одновременно с работой в СФИНКС-е по инициативе В.Г. Шевченко мы включились в подготовку эксперимента "Гиперон" на УНК.

Работы по созданию УНК (протон-протонного коллайдера с энергией пучков 3 ТэВ) были начаты в ИФВЭ в 1983 году (прекращены в 1994 г.). Предполагалось, что на первой стадии работы ускорителя будут выводиться пучки вторичных частиц, среди них – интен-

сивный почти чистый пучок  $\Sigma^-$ -гиперонов с энергией до 2.7 ТэВ. Эксперимент для работы на этом пучке получил название "Гиперон", а коллаборацию составили ИФВЭ, ИТЭФ, ЛИЯФ и НИИЯФ МГУ (ОВЭ). Планировалось создать установку "Гиперон" к 1996 году. От ОВЭ участвовали Е.М. Лейкин, В.И. Рудь, Е.А. Чудаков, И.С. Филимонов. Позже свой интерес к этому эксперименту выразили и американские физики из коллаборации SELEX.

Первое совещание сотрудничества "Гиперон" состоялось в конце 1987 г..

Участие в подготовке этого неосуществлённого эксперимента сыграло важную роль в переходе к электронным экспериментам. Появилась возможность приобрести необходимые приборы и оборудование для методических работ, оплачивать работы МЭЛЗ над перспективными ФЭУ для RICH детекторов, готовились создать участок по производству микродрейфовых камер.

Высокая энергия планировавшегося гиперонного пучка открывала возможность реализации широкой программы исследований по физике тяжёлых кварков, включая образование тяжёлых странно-очарованных и странно-прелестных барионов и мезонов. Но этот эксперимент не был осуществлён и мы опускаем подробности его физической программы.

Установка "Гиперон" планировалась как 3-магнитный спектрометр с трековыми системами на основе пропорциональных и дрейфовых камер. Пучковая трековая система из микростриповых и падовых кремниевых детекторов вместе с пучковым TRD должна была обеспечивать прецизионное измерение пучковых частиц и их тагирование. Следом должен был располагаться микростриповый вершинный детектор. Для идентификации заряженных вторичных частиц предполагалось использовать три RICH детектора и три TRD. Предусматривались электромагнитные и адронные калориметры. После калориметров должен был располагаться мюонный детектор.

Физики ОВЭ участвовали как в формировании физической программы эксперимента, так и в разработке его технического проекта. ОВЭ принимал участие в Монте-Карло моделировании установки с целью её оптимизации для регистрации процессов с рождением и распадом тяжелых кварков (Е.А. Чудаков). В области методики ОВЭ принимал участие в разработке RICH детекторов (И.С. Филимонов), микродрейфовых камер (Е.А. Чудаков) и электромагнитных калориметров (В.И. Рудь).

В 1990 г. сотрудничество "Гиперон" опубликовало подготовленный проект эксперимента (препринт ИФВЭ 90-81, 87 стр. ). Однако в связи с распадом СССР работы по эксперименту "Гиперон" были прекращены в 1992 году.

"Гиперон" был первым крупным электронным экспериментом, в подготовке которого сотрудники ОВЭ принимали широкое и полноценное участие.

#### **Итоги развития ОВЭ за второе десятилетие существования:**

- В 1980 – 1991 г. сотрудники ОВЭ продолжали участие в экспериментах на больших пузырьковых камерах, ведя обработку и анализ фильмовой информации в основном на созданном в НИИЯФ измерительно-вычислительном комплексе.
- С 1987 года начался переход на электронные эксперименты, который осуществлялся путем освоения методики RICH детекторов. Успешное освоение этой методики

позволило сотрудникам ОБЭ претендовать на участие в эксперименте SELEX (E781) во FNAL на основе участия в создании RICH детектора.

В мае 1991 г. В.Г. Шевченко скончался на 68-м году жизни [5]. За время существования ОБЭ большинство экспериментальных исследований были инициированы именно им.

### **После В.Г. Шевченко (с 1992 г. по настоящее время)**

Через год после смерти В.Г. Шевченко Лабораторию теории поля в 1992 г. из ОБЭ переводят в ОТФВЭ. А оставшаяся часть ОБЭ была включена в состав ОЭФВЭ в качестве Лаборатории высоких энергий.

SELEX был последним экспериментом, "добро" на участие в котором успел дать В.Г. Шевченко и возможность нашего участия в котором была определена его успешным руководством ОБЭ на протяжении более чем двух десятилетий. Поэтому здесь мы уделяем внимание и этому эксперименту.

Опыт, полученный при работе с RICH детектором установки СФИНКС и при подготовке к эксперименту "Гиперон", дал нам возможность в 1992 г. войти в эксперимент SELEX во FNAL (США) на основе вклада в создание RICH детектора установки.

Коллаборация SELEX была образована для изучения рождения очарованных барионов на  $\Sigma^-$ -пучке FNAL как сотрудничество 21 института из 10 стран. Участниками эксперимента от ОБЭ были Е.М. Лейкин, В.И. Рудь, И.С. Филимонов и А.В. Немиткин, причем последние трое работали и непосредственно во FNAL.

Установка SELEX представляла собой 3-магнитный спектрометр с пропорциональными и дрейфовыми камерами, предназначенный для изучения адронного образования очарованных барионов и мезонов в области  $x_F > 0.1$ , используя интенсивные пучки выведенных  $\Sigma^-$ ,  $\pi^-$  с энергией 600 ГэВ и протонов с энергией 540 ГэВ.

В состав установки входили прецизионный микростриповый вершинный детектор (75 тыс. каналов), 10-метровый RICH детектор для  $\pi/K/p$  разделения, высокоточная система восстановления треков, обеспечивавшая импульсное разрешение  $\sigma(P)/P < 1\%$  для  $\Lambda_c^+$  с импульсом 200 ГэВ/с. В триггере 3-го уровня отбирались только события с наличием вершины распада, что позволяло существенно подавить фон.

Группа сотрудников ОБЭ внесла вклад в проектирование, создание, запуск и эксплуатацию RICH детектора (включая создание и испытание его прототипа), в обеспечение набора данных в эксперименте, в создание и развитие математического обеспечения эксперимента и в обработку и анализ данных.

RICH детектор представлял собой цилиндрический объем длиной 10 м, заполненный газообразным неоном в качестве радиатора. Сферическое зеркало с радиусом 20 м фокусировало кольца черенковского света на фотодетектор из 2848 ФЭУ. Электроника RICH детектора была разработана и поставлена НИИЯФ (включая делители напряжения для питания ФЭУ и усилители-формирователи в гибридном исполнении), так же как и источники

высоковольтного питания для ФЭУ. Использовались малогабаритные ФЭУ диаметром 15 мм, причём МГУ предоставил 1800 отечественных ФЭУ-60.

RICH детектор позволял разделять (на уровне  $2\sigma$ ) каоны и пионы до 165 ГэВ/с, а протоны и пионы до 320 ГэВ/с при эффективности идентификации на уровне 90-100%. На то время RICH SELEX-а был лучшим в мире RICH детектором.

Набор данных на установке SELEX проводился в 1996-97 гг. в течение 15-месячного сеанса. Было отобрано и записано  $10^9$  событий.

Упомянем лишь часть физических результатов коллаборации SELEX: произведенное измерение полного сечения  $\sigma_{\text{tot}}(\Sigma^-N)$  при импульсе 635 ГэВ/с **впервые** продемонстрировало *рост этого сечения с энергией* в соответствии с предсказаниями кварковой модели; было осуществлено **самое точное** на то время измерение времён жизни очарованных  $\Lambda_c^+$ -барионов и  $D^0$ -мезонов; были **впервые наблюдаемы** Кабиббо-подавленные распады очарованного бариона  $\Xi_c^+$  в моды  $pK^-\pi^+$ ,  $\Sigma^+\pi^-\pi^+$  и  $\Sigma^-\pi^+\pi^+$  и измерены относительные вероятности этих распадов. Подробнее см. в [2].

Некоторые результаты коллаборации SELEX, полученные на пределе чувствительности эксперимента, не были подтверждены другими экспериментами – обнаружение дважды очарованного бариона  $\Xi_{cc}^+(3519)$  и очарованно-странного мезона  $D_{sJ}^+(2632)$ . Частично это может быть объяснено различием в физике процессов рождения чарма в других взаимодействиях.

SELEX был первым крупным электронным экспериментом, в котором сотрудники ОБЭ приняли участие на всех его стадиях — от создания установки и до получения физических результатов.

#### **Итоги развития экспериментальных исследований в ОБЭ :**

- В период 1973 - 1991 гг. сотрудниками ОБЭ была выполнена обширная программа изучения процессов множественного рождения частиц при высоких энергиях. Эти исследования выполнялись на больших пузырьковых камерах, экспонировавшихся в основном на пучках серпуховского ускорителя, в рамках крупных международных коллабораций на базе ОИЯИ и ИФВЭ. В них были получены важные физические результаты по кварковой структуре и динамике адронов.
- На основе методики RICH детекторов был осуществлён переход к электронным экспериментам, что позволило принять участие в экспериментах "Гиперон" и SELEX.

С 1991 г. сотрудники ОБЭ начали привлекаться П.Ф. Ермоловым к участию в эксперименте ZEUS на ер-коллайдере HERA в DESY (Гамбург). К этому эксперименту подключились Н.П. Зотов, Л.К. Гладилин, Р.К. Дементьев, И.А. Коржавина и Н.П. Новокшанов. Позже сотрудники ЛВЭ примкнули к эксперименту D0 на коллайдере Фермилаба, а впоследствии и к эксперименту ATLAS на LHC в ЦЕРН.

## Развитие теоретических исследований в ЛВЭ / ОВЭ (1968 - 1992)

Хотя основное внимание В.Г. Шевченко уделял экспериментальной физике высоких энергий, тем не менее он понимал, что для продуктивного научного поиска необходим тесный союз экспериментаторов и теоретиков. Поэтому с самого начала в лаборатории работали и физики-теоретики. Уже в первые годы существования ЛВЭ пришли В.С. Минеев, Г.Ю. Богословский, Л.М. Сладь, В.С. Замиралов, Н.П. Зотов. Насколько удачен был этот первый призыв говорит тот факт, что четверо из них стали докторами наук. Первоначально все теоретики входили в состав сектора физики высоких энергий. В 1975 г. с приходом в ЛВЭ профессора Ю.М. Широкова, известного физика-теоретика, работавшего ранее в МИАН, был создан сектор теории поля во главе с Ю.М. Широковым (в дальнейшем — Лаборатория теории поля, ЛТП), включивший всех теоретиков. После трагической гибели Ю.М. Широкова в горах в 1980 г. сектор возглавил В.Е. Троицкий.

За время пребывания Лаборатории теории поля в составе ОВЭ были исследованы многие важные проблемы теоретической физики и получены интересные результаты.

Ю.М. Широковым было проведено глубокое исследование структуры алгебр наблюдаемых в квантовой и классической теории. В результате квантовая и классическая теории впервые были сформулированы в терминах одних и тех же физических и математических понятий. Им разрабатывались также сложные математические вопросы квантовой теории поля, связанные с поведением квантовых полей на малых расстояниях.

Г.Ю. Богословский создал последовательную теорию локально анизотропного пространства-времени, основанную на финслеровой геометрии пространства событий и представлении о спонтанном нарушении лоренцевой симметрии без нарушения релятивистской симметрии. Важность этого результата связана с тем, что в настоящее время широко обсуждается возможность нарушения лоренцевой симметрии при высоких энергиях. В частности, соответствующая Очень Специальная Теория Относительности Глэшоу оказалась предельным случаем финслеровой теории анизотропного пространства-времени, а недавно открытая анизотропия ускоренного расширения Вселенной получила естественное описание в рамках финслеровой космологии.

Н.П. Зотовым для описания адронных процессов при высоких энергиях была развита (в соавторстве с В.А. Царевым) модель комплексных полюсов Редже с учетом дуальных свойств амплитуды рассеяния в форме правил сумм при конечной энергии и правил сумм по переданному импульсу. Было получено предсказание для нетривиального поведения поляризации нейтронов отдачи в процессе презарядки  $\pi$ -мезонов и получен логарифмический рост полного сечения  $pp$ -рассеяния при высоких энергиях. Им также была предложена флуктонная модель с рескейлингом партонных распределений в ядрах. В рамках этой модели были получены ядерные структурные функции. В рамках аддитивной кварковой модели и пертурбативной КХД им был предложен механизм перерассеяния партонных в начальном состоянии, что позволило учесть ядерные эффекты в процессах рождения  $J/\psi$ -мезонов и мюонных пар при столкновении релятивистских ядер.

Л.М. Сладь выдвинул предположение о существовании взаимодействия нейтрино с гипотетическим аксиальным фотоном, введенным Саламом в 1966 г. Рассмотрел возможные

проявления такого взаимодействия в редких распадах заряженных К-мезонов и во взаимодействии с реликтовыми нейтрино.

В.А. Смирнов занимался развитием методов вычисления фейнмановских диаграмм. Для физики высоких энергий это очень важное направление, потому что сейчас, когда предсказания Стандартной модели сравниваются с экспериментом, древесного приближения уже не хватает, и необходимо учитывать двух- и трехпетлевые поправки. В.А.Смирнов является известным специалистом в этой области. У него имеется ряд монографий по этой тематике и он входит в группу лидеров этого направления.

В работах В.Е. Троицкого была развита последовательная релятивистская теория связанных состояний, на основе которой было дано количественное описание электромагнитных свойств составных частиц.

И.П. Волобуев и Ю.А. Кубышин внесли значительный вклад в развитие теорий с большими дополнительными измерениями пространства-времени. Их работы фактически были предтечей современных работ по теории бран, в которых обсуждается возможность поиска больших дополнительных измерений пространства-времени в экспериментах на коллайдерах.

К 1992 г. сотрудниками ЛТП было издано 4 монографии и 4 сотрудника стали докторами наук. В лаборатории было подготовлено несколько аспирантов. С 1985 г. И.Волобуев и Ю.Кубышин постоянно участвовали в организации ежегодной Школы молодых ученых НИИЯФ МГУ по квантовой теории поля и физике высоких энергий, которая сейчас превратилась в международную конференцию QFTNER.

Таким образом создание В.Г. Шевченко ЛВЭ / ОВЭ придало дополнительный импульс к расширению в НИИЯФ МГУ теоретических исследований не только по физике высоких энергий, но и в других областях изучения фундаментальных взаимодействий. А Лаборатория теории поля за время своего пребывания в составе ОВЭ сформировалась как научный коллектив высокого уровня, способный успешно вести исследование широкого круга проблем физики элементарных частиц.

**Учебная и педагогическая работа в ЛВЭ / ОВЭ.** Сотрудники лаборатории читали лекции в МГУ и других университетах страны, руководили работой студентов и аспирантов. В 1982 г. на базе ОВЭ для студентов IV курса кафедры физики элементарных частиц был организован практикум “Методы обработки и анализа данных в экспериментальной физике высоких энергий”, который в течение 20 лет вели сотрудники ОВЭ.

Многие сотрудники ОВЭ стали кандидатами наук, пятеро стали докторами наук (Е.М. Лейкин, В.Е. Троицкий, Г.Ю. Богословский, Н.П. Зотов, В.А. Смирнов). Сотрудниками ОВЭ опубликованы четыре монографии по фундаментальным проблемам физики.

**Наследие В.Г. Шевченко** в НИИЯФ МГУ представлено успешно развивающимся научным направлением Физика высоких энергий (в чём велика заслуга и П.Ф. Ермолова). Ярким свидетельством этого служит тот факт, что 31 сотрудник отделов ОЭФВЭ и ОТФВЭ НИИЯФ стали соавторами открытия бозона Хиггса в экспериментах ATLAS и CMS на LHC/БАК в ЦЕРН. Структурные части прежнего Отдела высоких энергий существуют в НИИЯФ в виде Лаборатории высоких энергий в составе ОЭФВЭ, бывшей лаборатории

В.С. Мурзина (ЛТКРР) в составе ОЭФВЭ, Лаборатории теории поля в составе ОТФВЭ, Отдела электромагнитных процессов и взаимодействий атомных ядер. С 1980 г. материальной базой всего нашего научного направления служит Корпус высоких энергий.

Вклад В.Г. Шевченко в развитие физики высоких энергий в НИИЯФ МГУ и ИТЭФ подробно обсуждался на мемориальном семинаре НИИЯФ 14 июня 2013 г., посвящённом 90-летию со дня его рождения [2]. В работе семинара принимали активное участие и физики из ИТЭФ, ИФВЭ и ОИЯИ.

Мы благодарны Р.К. Дементьеву, И.Н. Ерофеевой, И.А. Коржавиной, Л.М. Сладю, Л.Н. Смирновой и В.И. Травинскому за помощь в восстановлении деталей истории ОВЭ.

### Литература:

1. Сборник статей к 75-летию со дня рождения В.Г. Шевченко: Физика ядра и частиц. Сб. ст. под редакцией Б.С. Ишханова, Е.М. Лейкина, Е.А. Романовского. М. Изд-во Московского университета, 1997 г., 264 стр. Тираж 100 экз.

2. Сайт памяти В.Г. Шевченко: <http://lve.sinp.msu.ru/~rud/vgs-90/>

3. Материалы из Архива РАН: Стенограмма заседания Комиссии по ядерной физике АН СССР от 29 апреля 1969 г. с выступлением В.Г. Шевченко «О развитии исследований по физике высоких энергий в вузах» и Решение №14 Комиссии по ядерной физике АН СССР от 29 апреля 1969 г. «О развитии исследований по физике высоких энергий в Научно-исследовательском институте ядерной физики Московского государственного университета». Архив РАН, Ф.1747.Оп.1.Д.16.Лл2-20 и Лл25-26.

4. П.Ф. Ермолов, В.С. Мурзин, В.И. Саврин. Основные этапы развития физики высоких энергий в НИИЯФ МГУ. 1997 г., сайт НИИЯФ: <http://www.sinp.msu.ru/en/node/9801>

5. Некролог в УФН: Памяти Валериана Григорьевича Шевченко. УФН 162 (9) 181–183 (1992) (<http://ufn.ru/ru/articles/1992/9/h/>)