

В. И. Комаров



**Физика  
в кругу друзей  
и коллег**

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В. И. КОМАРОВ

ФИЗИКА  
В КРУГУ ДРУЗЕЙ  
И КОЛЛЕГ

Дубна  
2024

**Комаров, В. И.**

К63 Физика в кругу друзей и коллег. — Дубна: ОИЯИ, 2024. — 122 с., фото.

ISBN 978-5-9530-0609-5

Сборник содержит научно-мемуарные статьи, посвященные физикам Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ и их научной работе. Автор подобрал очерки о друзьях и коллегах, с которыми ему довелось общаться и работать в течение более 65 лет. Первая статья посвящена 70-летию запуска первого дубненского ускорителя, а последняя — одной из актуальных физических проблем современности. Краткая научная автобиография автора и список его публикаций дают представление о физике, в кругу которой вращался автор и вспоминаемые им друзья и коллеги.

ISBN 978-5-9530-0609-5

© Объединенный институт  
ядерных исследований, 2024

## От автора

Я глубоко благодарен своим учителям и коллегам, с которыми мне довелось общаться и работать в течение длительного периода времени, начиная с 1957 года. Имена многих из них ярко присутствуют в моем сознании, относящемся к проделанной научной работе: В. М. Абазов, Ю. К. Акимов, Л. Г. Афанасьев, В. В. Балашов, Д. И. Блохинцев, Ю. А. Будагов, В. В. Буров, В. П. Вольных, В. В. Глаголев, В. П. Джелепов, С. Н. Дымов, В. С. Евсеев, Н. И. Журавлев, В. Г. Зинов, А. Качарава, В. П. Коптев, Г. Е. Косарев, Н. И. Кочелев, В. В. Круглов, А. В. Куликов, Л. И. Лapidус, В. М. Лобашев, С. В. Медведь, Г. Мачарашвили, Х. Мюллер, М. Г. Мещеряков, А. Г. Молоканов, Л. Л. Неменов, Д. Нетцбанд, В. Г. Неудачин, М. Ниорадзе, В. И. Петрухин, Б. М. Понтекорво, Д. Б. Понтекорво, О. В. Савченко, А. Н. Синаев, Л. М. Сороко, З. Теш, С. В. Трусов, Ю. Н. Узиков, Т. Штиллер, С. В. Ященко...

Мне очень приятно поблагодарить В. А. Беднякова, Е. М. Молчанова и Е. Н. Дубовик, которые стимулировали и поддерживали мой интерес к научно-мемуарному жанру.

## Пионерские исследования короткодействующих протон-ядерных взаимодействий на дубненском синхроциклотроне

---

Первый ускоритель Дубны — пятиметровый синхроциклотрон — был введен в действие 14 декабря 1949 года. «Систематические физические исследования начались практически сразу после пуска ускорителя. Это означало рождение в нашей стране новой области ядерной физики — высоких энергий» (из книги «Первый ускоритель Дубны» (Дубна, 1999)).

Весной 1957 года профессор Михаил Григорьевич Мещеряков читал на физическом факультете МГУ курс лекций о нуклон-нуклонных взаимодействиях при высоких энергиях. Однажды во время перерыва между двумя часами лекции я подошел к нему, когда он прогуливался по коридору, и спросил, могу ли побеспокоить его вопросом.

— Конечно, конечно, — дружелюбно ответил он. — Что вас интересует?

— Михаил Григорьевич, я учусь на кафедре ускорителей отдела строения материи, но меня интересуют, собственно говоря, не ускорители, а именно строение материи. Мне стало известно, что на ускорителе, которым вы руководите, проводятся эксперименты с нуклон-нуклонными соударениями, о которых вы нам рассказываете. Можно ли попасть к вам на дипломную практику?

— Конечно, можно. Но вас не беспокоит, что ускоритель находится не в Москве и вы не сможете одновременно с работой на ускорителе слушать курсы, которые вам еще предстоят?

Разговор приобрел совершенно деловой характер, и, оканчивая его, Михаил Григорьевич сказал мне, что сделает заявку на меня в деканате. Я был невероятно обрадован и с трудом концентрировал внимание на содержании второй части лекции.

Вскоре были сданы экзамены весенней сессии, и можно было готовиться к поездке на таинственную «Волгу». Я пренебрег возможностью остаться в Москве на время ярчайшего события того времени — Московского международного фестиваля молодежи и студентов — и выехал с тремя однокурсниками на электричке

в Дмитров. Был яркий июньский день, и мы сразу же разглядели на вокзальной площади грузовик, на лобовом стекле которого висел небольшой лист бумаги со скромной надписью «Волга». Вместе с незнакомыми попутчиками мы разместились в открытом кузове грузовика. Миновали скульптурный памятник Кирову и выехали с ветерком на зеленые просторы Подмосковья. Примерно через час увидели на повороте грандиозную каменную фигуру Сталина, и водитель, приостановившись, сказал нам, что сначала мы заедем в Подберезье, а потом вернемся сюда и он отвезет нас на место. Забавно, что название Дубна почему-то еще нигде не фигурировало. Познакомившись с Подберезьем, мы приехали в небольшой, скорее, поселок, чем город, уютно разместившийся среди высоких сосен. В отделе кадров нас направили в двухэтажный только что построенный и еще не заселенный дом. Попросили быть поаккуратнее, потому что временно размещают нас в квартире, предназначенной для семьи приезжающего из ГДР профессора Гейнца Позе.

Утром следующего дня мы получили пропуска на территорию с забавным названием — ляповская площадка. Нас принял директор лаборатории в новом, незадолго до того введенном в строй корпусе. Директором оказался, к моему удивлению, не Михаил Григорьевич, а неизвестный мне Венедикт Петрович Желепов. Разместив нас в своем кабинете, Венедикт Петрович коротко рассказал о лаборатории и стал по очереди спрашивать нас, есть ли уже какие-то планы для дипломных работ. Один из нас, Толя Вовенко, проявил желание практиковаться в лаборатории создаваемого и еще не введенного в строй синхрофазотрона, другой, Игорь Фаломкин, проявил свою осведомленность о том, что в этой лаборатории работает Бруно Максимович Понтекорво, и выразил желание делать дипломный проект в его отделе. Венедикт Петрович благосклонно принял эти пожелания, но когда очередь дошла до меня и я сообщил, что хочу работать под руководством Мещерякова, легкая тень сомнения скользнула по его лицу. Конечно, он понимает мое желание и не возражает... Только позже я узнал, что Мещеряков совсем недавно был отстранен с поста директора созданной им лаборатории и руководит теперь сектором протон-протонных исследований.

На следующий день я пришел в этот сектор, но Михаил Григорьевич оказался в отпуске, и знакомить меня с сотрудниками пришлось его заместителю В. П. Зрелову. Валентин Петрович провел меня по комнатам отдела и познакомил с Л. С. Ажгиреем, В. И. Петрухиным,

Л. М. Сороко и другими сотрудниками. Наибольшее впечатление произвел на меня Юрий Константинович Акимов, который, в отличие от всех остальных, рекомендовавших начать с чтения их публикаций, сразу же предложил приступить к монтажу и настройке электронно-ламповой схемы, предназначенной для поиска реакции, запрещенной законом сохранения изотопического спина. Вот это деловой подход, решил я и тут же засел за монтажный стол.

Так началась моя работа в секторе Михаила Григорьевича. Он буквально еженедельно проводил в своем секторе семинары, на которых обсуждались текущие работы или заслушивались сообщения сотрудников о свежих научных новостях. Энергии Михаила Григорьевича хватало даже для дипломника. Как-то, проходя по коридору и слегка придерживая меня за локоть, он сказал: «Владимир Иванович, мне кажется, вы слишком увлеклись электроникой, побольше занимайтесь физикой, а ядерная электроника от вас не уйдет. Ядерная физика — интересная наука, а что такое ядерная электроника? Это, в сущности, одни „эр-це“ цепочки...».

Один из семинаров сектора показался мне довольно необычным, потому что обсуждение докладываемой работы проходило особенно оживленно и даже несколько нервно. Докладывал результаты своего эксперимента на синхроциклотроне молодой человек, очень энергичный и уверенный в своих словах. Это был аспирант Михаила Григорьевича Георгий Александрович Лексин, в общении просто Гера. В качестве диссертационной работы ему было предложено измерить сечения упругого протон-дейтронного и квазиупругих протон-протонного и протон-нейтронного рассеяний на дейтроне. Такие эксперименты были здесь начаты немного раньше, еще в Гидротехнической лаборатории (предшественнице Института ядерных проблем АН СССР и затем Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ) при энергии 460 МэВ, но измерения упругого рассеяния велись при малых углах рассеяния. Гера же, из «чувства полноты коллекции», как он говорил, продвинулся в область больших углов и обнаружил, что пик в этой области, известный при малых энергиях, удивительным образом сохранился. Удивительным потому, что при сравнительно невысоких энергиях пик можно было объяснить механизмом подхвата, но при энергии 660 МэВ такое объяснение никак не проходило, так как требовало слишком высокоимпульсных компонент в дейтроне, которых у него нет. Получалось, что протон рассеивается назад на дейтроне, передавая ему импульс около ГэВ, и это при том, что дей-



Группа М. Г. Мещерякова. 1959 год

трон — рыхлая нуклонная пара с энергией связи в 2,3 МэВ. Картина просто нелепая для физика.

Таким образом, аспирант получал ускорительное время для уточнения канонических данных, а кроме этого измерял еще что-то несуразное. Михаил Григорьевич стерпел такое самоуправство, но проявил при обсуждении максимум требовательности к процедуре измерения и вполне понятный оттенок недоверия. К сожалению, сам он не участвовал именно в этих измерениях, хотя считал своим долгом экспериментатора проводить сеансы и не гнушался даже перетаскиванием тяжелых блоков железобетонной защиты, если это было надо для успеха эксперимента. Гера пользовался доступной ему методикой сопряженных телескопов, которая требовала дотошной процедуры подстраивания аппаратуры. Ошибиться тут было немудрено, тем более что в сеансах ему помогал только один малоопытный сотрудник сектора.

Не удивительно, что при обсуждении Михаил Григорьевич требовал от докладчика множества деталей, особенно о контрольных процедурах. Мне такая требовательность очень понравилась, потому что я был поклонником таланта П. Н. Лебедева, сумевшего измерить давление света. Здесь на моих глазах обсуждалось давление быстрых протонов на легчайшее рыхлое ядро дейтерия, и это тоже требовало экспериментального искусства. Рассеяние протонов назад дейтерием было невозможно объяснить известными представлениями о рассеянии отдельными нуклонами дейтрона, нуклоны здесь действо-



вали совместно. В сущности, это было первым наблюдением такого явления, позже названного А. М. Балдиным кумулятивностью. В конечном счете Михаил Григорьевич позволил Лексину опубликовать результаты, но без своего соавторства. Научная осторожность его проявилась в желании проверить необычный эффект другой методикой. Использование магнитного спектрометра показало, что, действительно, протоны выбивают из дейтериевой мишени дейтроны, вылетающие вперед под углом 7,6 градуса.

Позже Георгий Александрович вспоминал волнующий для него момент, когда М. Г. позвал его в свой кабинет и разложил на столе большой лист миллиметровки с данными об обратном протон-дейтронном рассеянии. Сперва прикрыв рукой точки, он сказал: «Ну, посмотрите: вот ваша точка, а вот наша». Точки практически совпали. Явление обратного протон-дейтронного рассеяния было надежно открыто. Но заодно в экспериментах сектора Мещерякова обнаружилось, что дейтроны выбиваются и из мишеней, не содержащих свободных дейтронов, — из литиевых, бериллиевых и углеродных. Вот это явление было воспринято как совершенно неожиданное и выдающееся.

Такой энтузиазм представляется сейчас довольно неоправданным. Ведь уже было известно, что волновая функция легких ядер содержит дейтронную компоненту, это проявлялось хотя бы в испускании дейтронов из ядер под действием гамма-квантов низких энергий. И если Лексин показал, что протоны рассеиваются свободным дейтроном, то почему им не рассеиваться на внутриядерных «дейтронах»? Эксперимент показывал лишь, что способность рассеивать высокоэнергичные протоны у внутриядерных дейтронных кластеров такая же, как и у свободных дейтронов. И если для выбивания дейтронов из ядер предполагалось, что в ядрах есть специальные состояния — флуктоны, то следовало бы признать, что и сами свободные дейтроны частично являются флуктонами. В сущности, флуктуационная гипотеза Дмитрия Ивановича Блохинцева, вызванная экспериментами Мещерякова, именно это и утверждала. Но авторы эксперимента полагали, что им удалось открыть флуктон в сложных ядрах, и спустя несколько лет подали заявку на открытие явления прямого выбивания дейтронов из атомных ядер нуклонами высоких энергий. Открытие было подтверждено дипломом Государственного комитета по изобретениям и открытиям СССР в 1979 году с приоритетом 1957-го. Что же касается первого наблюдения самого явления куму-

лятивного взаимодействия протона с нуклонной парой, оно никогда не воспринималось как открытие.

Изменение должностного статуса Михаила Григорьевича Мещерякова в конце 1955 года сильно сократило возможности исследований его научной группы. Пришлось ограничиться экспериментами упругого протон-протонного рассеяния, а протон-ядерные взаимодействия остались за бортом. Моя дипломная работа была положена в основу статьи, направленной в «Nuclear Instruments and Methods». Она оказалась первой методической публикацией ОИЯИ в этом престижном журнале, но и это не позволило мне принять участие в основных измерениях — я был принят сотрудником ЛЯП ОИЯИ в начале 1959 года для «укрепления группы, начавшей актуальный эксперимент по ядерному мю-захвату».

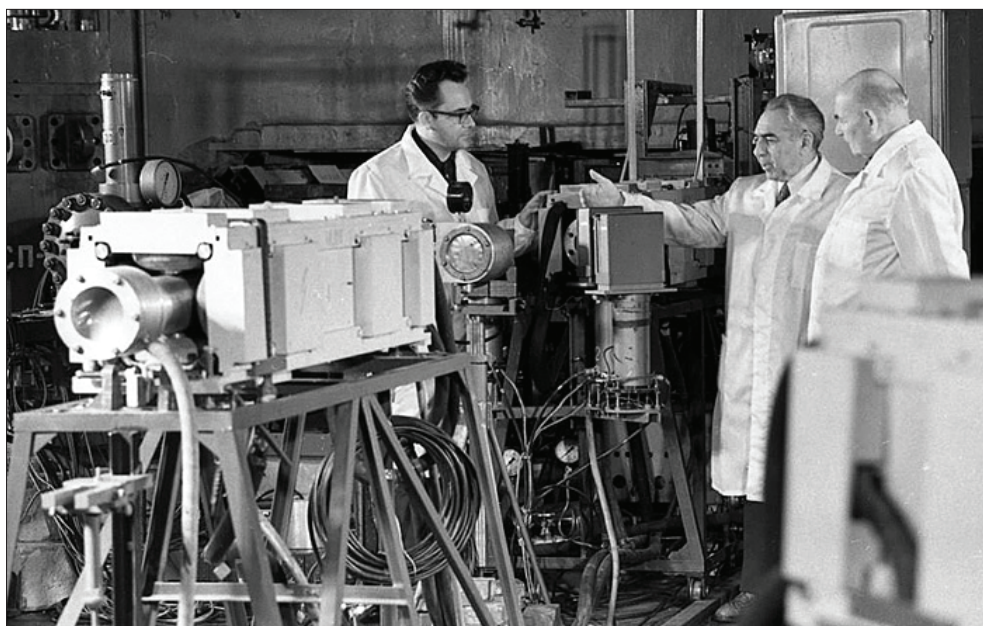
Только через полтора года мне удалось вернуться к Ю. К. Акимову, О. В. Савченко, Л. М. Сороко, благо их группа была уже выведена из сектора М. Г. Мещерякова и приобрела статус самостоятельного сектора. Теперь сектор взялся за исследование только что открытого в США эффекта Abashian–Booth–Crowe (ABC). В протон-дейтронном взаимодействии с образованием гелия-3 двухпионный спектр обнаруживал необыкновенно узкий пик, который казался проявлением еще не открытых тогда пион-пионных резонансов. Нам удалось показать, что этот пик не может быть изовекторным, как ожидали открывшие его физики. Но эта работа не была нами продолжена, потому что Лев Маркович сконцентрировался на разработке поляризованного источника протонов для синхроциклотрона, а Олег Васильевич и я — на разработке быстрых трековых детекторов. Мы полагали, что, создав такие детекторы, сможем решать физические задачи более оперативно и эффективно.

Жизнь оказалась сложнее — хотя нам и удалось изобрести и реализовать изотропную газоразрядную трековую камеру, процесс этот потребовал около трех лет труда. Замечательно, что и сам ABC-эффект оказался не стремительным: более полувека экспериментальных и теоретических усилий не могли вывести его из статуса научной загадки. Наверное, он оказался наиболее долгоживущей загадкой в области ядерных реакций высоких энергий. Только сейчас стала понятна причина такого долголетия — потребовалось открыть новые дибарионные резонансы, чтобы увидеть происхождение эффекта. И меня не удивило, что я вернулся к этому загадочному эффекту через 57 лет после своей первой публикации о нем, потому что с начала

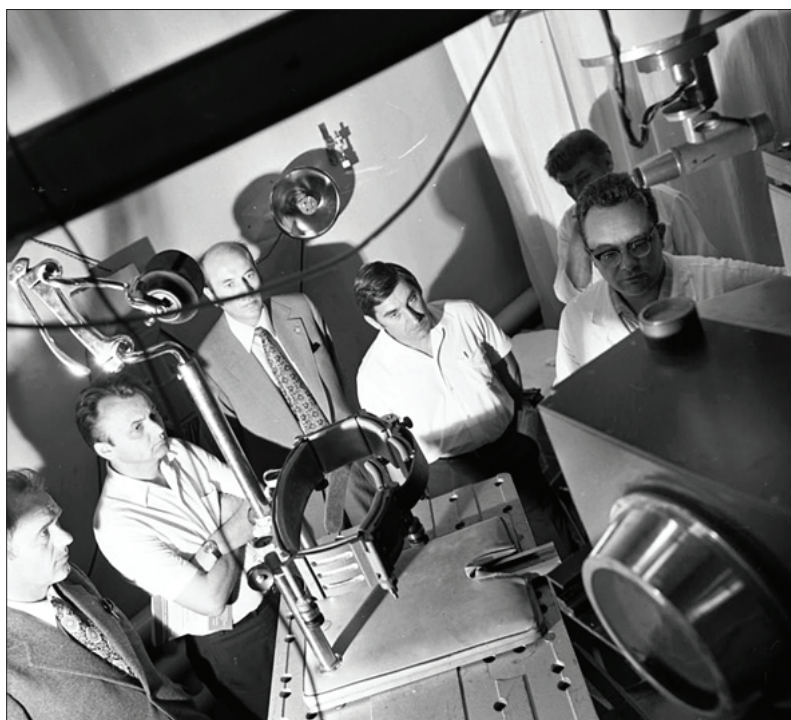
нового века изучал на протонном синхротроне COSY в Германии дибарионные резонансы. При этом неизбежно был затронут АВС-эффект, и я не мог в публикации 2018 года не сосредоточиться на объяснении «узости пика».

В октябре 1965 года плавный ход нашей работы неожиданно прервался появлением неотложной задачи: нужно было срочно создать на синхроциклотроне условия для лечения выдающегося советского физика Исаака Яковлевича Померанчука. Когда выяснилось, что в лаборатории к этому наиболее готовы О. В. Савченко и В. И. Комаров, они и взялись за решение этой задачи, отодвинув все другие. Протонный канал в результате интенсивных усилий В. П. Дзелепова и руководимой им лаборатории был готов для облучения пациентов через год с небольшим.

Но так как физические исследования оставались моим приоритетом, я задумался о продолжении интересовавших меня исследований протон-ядерных взаимодействий на малых расстояниях. Возникал вопрос, не дает ли вновь созданный канал новых возможностей в этой области. Ответ возник, когда в беседе по пути к первому корпусу, т. е. зданию синхроциклотрона, О. В. Савченко напомнил мне о публикации Д. И. Блохинцева, в которой Дмитрий Иванович обсуждал свою флуктуационную гипотезу. При этом он отнюдь не ограничивал



О. В. Савченко, В. П. Дзелепов, А. И. Рудерман. 1970-е годы



О. В. Савченко знакомит польских специалистов с оборудованием для медико-биологических исследований и лечения онкологических больных. 1970-е годы

число нуклонов во флуктуации двумя. Он прямо писал, что «вычисления с осколками более тяжелыми, нежели дейтрон, не имеют надежных теоретических оснований. Поэтому было бы очень интересно измерить вероятности передачи большого импульса ядрам более тяжелым, нежели дейтрон. Тогда появилась бы возможность оценить выход этих осколков из сложных ядер».

Так ведь это было прямое предложение экспериментаторам! Единственная попытка подобных измерений была сделана на синхротроне Лексиним и Кумекиным еще в 1957 году. Тогда Михаил Григорьевич поддержал их азартное предложение искать обратное рассеяние протонов с энергией 675 МэВ ядрами углерода. К сожалению, рассеяние не наблюдалось. Так что никаких данных о рассеянии быстрых протонов на 180 градусов ядрами тяжелее дейтрона вообще не было. Дмитрий Иванович оценил вероятность рассеяния тритием на уровне 2–3 % по сравнению с рассеянием дейтроном. С тритием как мишенью лучше не иметь дело, но почему не взяться за гелий?

Подходя к первому корпусу, мы уже были готовы серьезно обдумать эксперимент. В самом деле, часть аппаратуры, включая мишень, у нас оставалась еще от прежних измерений, а канал определенно подходил для нашей цели. Действительно, поместив мишень на пучке у его выхода из ускорителя, можно было обеспечить высокую светимость измерений, а канал позволял расположить детекторы далеко в защищенном от фона месте и использовать для идентификации редких событий весь арсенал параметров — удельные потери энергии, время пролета, пробеги.

Так мы и сделали. Несколько суток измерений показали, что протоны рассеиваются назад ядрами гелия-4, выбивая их вперед, хотя сечение такого рассеяния оказалось в тысячу раз меньше, чем на дейтронах. Нам приходилось использовать газовую мишень с гелием, наполнявшим при давлении 3,4 атм трубу метровой длины. При малой вероятности рассеяния мы получали очень низкий счет эффекта и заметный фон от стенок трубы. Измеренное нами сечение рассеяния на гелии-3 было лишь в сто раз меньше, чем на дейтронах, но и тогда измерения были трудными, и мы не раз обсуждали, как усовершенствовать мишень. Однажды, стоя у доски, я набрасывал мелом эскиз возможного улучшения мишени. И вдруг остановился: «Олег! И что же мы с этой газовой мишенью так мучаемся? Ведь у нас есть твердая мишень, полная кластеров гелия. Углеродная». Полуминутное молчание. «Браво! Заказываем время!» Получив время на ускорителе, мы пришли в восторг, когда уже на первом сеансе увидели бодрый счет аппаратуры, выделявшей ядра гелия-4, выбиваемые из углеродной мишени с энергией 470 МэВ.

Так впервые наблюдалось квазиупругое выбивание из ядер гелиевых кластеров с передачей им импульса около 700 МэВ/с. Радиус области взаимодействия оказывается при этом меньше примерно размера одного нуклона (!). Далее мы измерили импульсные спектры выбиваемых ядер гелия-4, гелия-3 и трития. Все спектры обнаруживали пики, кинематически соответствующие рассеянию протонов назад на трех- или четырехнуклонном ядре. Что же касается такого обратного рассеяния на легчайших ядрах, то после наблюдения рассеяния гелием на очереди оказалось следующее по сложности ядро — литий-6. Было понятно, что сечение должно быть значительно меньшим, и надо приложить все усилия для идентификации столь редкого процесса. Для надежности наблюдения мы поставили на пучке регистрируемых ядер даже свою трековую изотропную разрядную

камеру. Увы, нам удалось установить только верхнюю границу сечения на уровне десятитысячной микробарна настерадиан. Неудивительно, что Лексин не смог увидеть обратного рассеяния протонов на углеороде.

Д. И. Блохинцев, узнав о наших результатах, пригласил Савченко и меня в свой коттедж на чашку чая. Беседа была непринужденной и интересной. Нам был приятен искренний интерес Дмитрия Ивановича к обсуждаемой проблеме, несмотря на его загруженность научными делами и обязанностями.

В экспериментах по выбиванию кластеров к нам присоединились выросший у нас из слесаря высокого разряда в опытного инженера Григорий Егорович Косарев, три молодых сотрудника из сектора медицинского пучка О. В. Савченко, А. Г. Молоканов, Е. С. Кузьмин, Г. П. Решетников, и энергичный молодой физик из Россендорфа (ГДР) Зигфрид Теш. Наши результаты получили неплохую известность, и меня коллеги уже в шутку называли «открывателем кластеров». Приходилось напоминать, что нуклонные кластеры в ядрах как таковые были открыты много раньше, а нам удалось показать только, что они способны воспринимать такие же «зубодробительные» импульсы, как и свободные ядра гелия. Ситуация вполне аналогичная с выбиванием дейтронных кластеров и рассеянием на дейтронах. Однако выбивание трех- и четырехнуклонных кластеров имело по сравнению с выбиванием динуклонных кластеров другую научную судьбу. Выбивание дейтронов есть результат взаимодействия с парой нуклонов, так что очевидна тесная связь процесса с парными корреляциями в ядрах. Такие корреляции являются предметом бесчисленных теоретических и экспериментальных исследований. Бесчисленных потому, что сам феномен таких корреляций и взаимодействия с ними очень сложен и до сих пор остается предметом интенсивных исследований. Неудивительно, что менее вероятные трех- и четырехнуклонные корреляции на малых расстояниях, заведомо более сложные для интерпретации, до сих пор остаются за пределами внимания исследовательского сообщества. Таким образом, обнаружив в ядерном веществе способность воспринимать громадные импульсы кластерами более тяжелыми, чем дейтрон, мы обеспечили увлекательной работой только будущие поколения исследователей...

Исследуя трех- и четырехнуклонные кластеры, мы затрагивали заодно и динуклонные: сравнили энергетические зависимости сечений упругого протон-дейтронного рассеяния и квазиупругого выбивания

дейтронов, нашли проявление рождения пионов на динуклонных кластерах в спектрах трития и гелия-3. И в ходе этих исследований заметили, что прямого свидетельства тесных двухпротонных корреляций во всех известных нам экспериментах не существует. Если такие корреляции, тем не менее, существуют, то почему до сих пор, в отличие от выбивания дейтронов, не наблюдалось выбивание протонных пар? В том ли только причина, что нейтрон-протонная пара имеет связанное состояние, а протонная пара его не имеет? Но если протонные кластеры в ядрах существуют, они могут быть выбиты и в виде несвязанной протонной пары. Надо лишь для надежности регистрировать как выбитую вперед пару, так и рассеянный назад протон.

Проект эксперимента «Квазиупругое выбивание нуклонных пар протонами высокой энергии из легких ядер» был предложен в 1972 году. Надо сказать, что рассмотрение научных проектов тогда еще не было отягощено множеством процедур, бумаг и подписей. Эксперимент, не требовавший значительных материальных затрат, рассматривался по существу только директором лаборатории и его заместителем по научной части. Нужно отдать должное Венедикту Петровичу: он внимательно рассмотрел предложение эксперимента, очень далекого от области его научных интересов, и одобрил его. Лев Иосифович Липидус, сосредоточенный тогда на проблемах взаимодействия элементарных частиц, тем не менее, увидел в предлагаемом эксперименте существенную научную новизну и тоже поддержал его.

Я, по неопытности, полагал, что для выполнения работы будет вполне достаточно финансирования по статье «основная деятельность», и решительно начал подготовку эксперимента. Его центральной частью стала система трех телескопов сцинтилляционных и черенковских счетчиков для выделения и регистрации протонов. Быструю электронику в стандарте КАМАК обеспечивал Валентин Григорьевич Зинов, который очень требовательно относился к пользователям: он четко отделял тех, кто складировал его блоки в сейфе, от тех, кто оперативно включал блоки в дело с использованием их достоинств. Кроме того, в лаборатории усилиями С. В. Медведя уже был создан комплекс амплитудных анализаторов, связанных в линию с импортной CDC ЭВМ. Недостающей частью оборудования в виде блоков питания, ФЭУ и т. п. нас дружески снабдили более обеспеченные коллеги. Все это сделало наш проект осуществимым даже при отсутствии финансирования по статье «капитальное строительство».

Несмотря на то, что у меня не было самостоятельного сектора, собрать дружную и энергичную группу молодых сотрудников удалось. Определенно решающую роль в этом сыграло участие немецких физиков из Россендорфа (ГДР). Хайнц Мюллер, Томас Штиллер, Зигфрид Теш, Дитер Нетцбанд активно включились в работу на самой ранней стадии, потому что их привлекла сама интригующая задача поиска выбивания дипротонных кластеров. С другой стороны, импонировало и то, что создаваемая установка позволяла работать на современном тогда уровне экспериментальной техники. Надо отдать должное упорству и выносливости сотрудников группы: мы проводили один за другим сеансы на ускорителе, требовавшие длительной непрерывной работы, работали практически бессонно, с рекордом до трех суток, хотя и понимали, что подобные «рекорды» вряд ли идут на пользу здоровью. А получали в результате большие массивы событий случайного совпадения сигналов. Эффект истинных трехчастичных совпадений тонул в море случайных. И снижать счет случайных совпадений снижением интенсивности пучка было неэффективно, так как истинные совпадения оказались очень редкими.

Стало ясно, что корректное определение фона тройных случайных совпадений требует специального метода. Метод был разработан, и тогда, в конце концов, мы смогли достоверно регистрировать истинные тройные совпадения. Вся эта техника была потом описана нами в «Nuclear Instruments and Methods» после окончания измерений дифференциальных сечений испускания трех протонов. Наша победная статья «Квазисвободное выбивание протонных пар в реакции  $C(p, 3p)$  при энергии 640 МэВ» была опубликована в 1979 году в «Journal of Physics», а также в изданиях ОИЯИ и Центрального института ядерных исследований в Россендорфе. Описание обнаружения протонных кластеров сопровождалось серией статей о корреляциях в протонных парах и о спектрах одиночных протонов, испускаемых назад. Обрисовывалась определенная картина взаимодействия налетающих протонов с внутриядерной протонной парой. Специфика этой картины состояла в том, что в ней не требовалось никакого тесно скоррелированного флуктона. Вместо него было достаточно принять, что почти обычная протонная пара воспринимает значительное возбуждение и продольный импульс, а распадаясь затем, испускает как протон назад, так и протон вперед. Аналогично можно было рассматривать поведение и других малонуклонных кластеров.



Совместно с Хайнцем Мюллером я предложил соответствующую простую модель, описание которой мы опубликовали в «Письмах в ЖЭТФ» в том же 1979 году. В нашей модели инклюзивные спектры протонов, испускаемых в заднюю полусферу, описывались как результат возбуждения и распада набора малонуклонных кластеров в ядрах. Модель, точно учитывающая всю кинематику процессов, реализовывалась в виде программного блока и при некотором развитии продемонстрировала способность описания всех доступных нам данных о кумулятивных протонных спектрах. Особенное впечатление производило то, что энергии иницирующих протонов в описываемых данных находились в широчайшем интервале от энергии нашего синхроциклотрона до 400 ГэВ при том, что никакой специальной подгонки при разных энергиях не делалось. Оказывалось, что кумулятивные спектры протонов слабо зависят от параметров возбуждающих частиц, но прямо отражают определенные свойства, присущие самой ядерной материи. В первую очередь, такими свойствами являются собственные спектры возбуждения малонуклонных кластеров.

В нашей модели, получившей название «модель возбужденных кластеров», о таких спектрах были сделаны простейшие, физически естественные предположения. Распад возбужденных кластеров тоже рассматривался простейшим, статистическим способом. Нужно напомнить, что описываемое время характеризовалось интенсивным развитием физики кумулятивных процессов, инициированным результатами коллективов под руководством А.М.Балдина в ОИЯИ и Г.А.Лексина в ИТЭФ. Наша модель оказалась в сильной конкуренции с подходами, развиваемыми в этих школах. Она по существу противоречила концепции флуктонов и переносила центр внимания с высокоимпульсных компонент основного состояния ядерного вещества на способность этого вещества к локальному возбуждению энергичным адроном.

Надо ли говорить о том, что мы получали в свой адрес больше критики, чем триумфальных литавр? Критиковали, в частности, за отсутствие фактов, прямо подтверждающих наличие у малонуклонных систем собственного спектра возбуждений. Это не помешало нам опубликовать серию статей в ведущих международных журналах, поскольку модель, использующая минимальный объем предположений, проявляла способность описывать широкий круг экспериментальных данных. Последняя из этих статей, опубликованная

в 2005 году в «Journal of Physics», успешно воспроизводила одновременно большой объем данных о рождении пионов, каонов и антипротонов в протон-, дейтрон- и альфа-ядерных взаимодействиях. Цель публикации состояла при этом в обосновании эксперимента на ускорителе COSY (Юлих, ФРГ) для поиска глубокоподпорогового рождения антипротонов. К сожалению, у наших западных коллег не хватило научного азарта и смелости взяться за такой амбициозный, но трудный эксперимент.

Опыт, полученный нами в пионерских работах на синхротроне, лег в основу наших научных предложений при создании магнитного спектрометра ANKE для синхротрона COSY. Усилия нашей международной коллаборации на этом спектрометре и коллаборации WASA-at-COSY не пропали для обсуждаемой проблемы втуне — были открыты новые дибарионные резонансы, которые, по-видимому, и определяют спектр возбуждения внутриядерных кластеров. Однако это уже наука сегодняшнего дня.

Возвращаясь в 1970–80-е годы, надо сказать, что успех наших экспериментов и развитой на их результатах феноменологической модели не был развит в Лаборатории ядерных проблем. Безусловно, для такого развития надо было создать установку с магнитным полем и трековыми детекторами большого акцептанса. Усилия для обоснования такой установки были предприняты, но утонули в море проектов, осуществляемых лабораторией на синхрофазотроне, а затем и серпуховском синхротроне. В целом же исследование короткодействующих протон-ядерных взаимодействий в ОИЯИ всегда оставалось важным направлением. В частности, на современном этапе на Нуклотроне ОИЯИ подготавливается изучение прямого выбивания протонами протонных пар. Так или иначе, реакция  $A(p, 3p)$  будет жить!

---

Дубна: наука, содружество, прогресс.  
2019. 5, 12, 19 дек. № 47–49

## Первое наблюдение дибарионного резонанса

Речь пойдет об одном из наиболее ярких результатов, полученных в Дубне. Это одна из работ, выполненных под руководством М. Г. Мещерякова еще в 1950-х годах, но по ряду причин не получившая в нашем Институте должной оценки. Конечно, одна из причин — то, что Михаил Григорьевич не подал этот результат в Госкомитет по открытиям, хотя по значимости он более весом, чем многие исследования, получившие, тем не менее, государственный статус открытия.

В декабре 1954 года М. Г. Мещеряков и Б. С. Неганов направили для публикации результаты исследования на синхроциклотроне генерации пионов в протон-протонных соударениях с образованием дейтрона. Обнаружилось, что сечение реакции в области 510–660 МэВ возрастало с увеличением энергии медленнее, чем наблюдалось при энергии вблизи 460 МэВ. Более того, оно перестало возрастать вблизи 600 МэВ и даже немного упало после 620 МэВ. Авторы констатировали, что интенсивность реакции «достигает ясно выраженного максимума при энергии пионов примерно 130 МэВ, после чего убывает». Интригующее поведение сечения за обнаруженным максимумом было невозможно измерить, так как наибольшая доступная энергия ускорителя составляла 660 МэВ. И тогда оригинальное решение задачи нашел Борис Степанович Неганов, предложив измерять сечение обратного по времени процесса — дипротонного развала дейтрона пионами. При этом предлагалось использовать пионный пучок, создаваемый протонами на сложных ядрах. Вследствие внутриядерного движения нуклонов такой пучок достигает более высоких энергий, чем при соударении с протонами, и, следовательно, можно продвигаться по энергии для исследования интересующего процесса. Измерения, проведенные Б. С. Негановым совместно с Л. Б. Парфеновым, показали быстрое падение сечения реакции после максимума, и этот результат, наряду с ранее полученными данными, обнаружил красивую резонансную кривую с максимумом при 621 МэВ и шириной на полувысоте 310 МэВ.

Так в 1955–1957 годах было открыто резонансное поведение протон-протонного взаимодействия. Оно было именно открыто, по-

сколько никакие другие уже имевшиеся данные не указывали на такой результат. Конечно, не всякое первое наблюдение какого-либо феномена заслуживает признания его открытием. Для этого нужна еще его высокая значимость. И такая исключительно высокая значимость проявилась сразу же. Физик Бирмингемского университета С.Мандельстам уже в сентябре 1957 года опубликовал феноменологическую модель рождения пионов в нуклон-нуклонных соударениях, основанную на результатах дубненских физиков и сделанном ранее открытии первого пион-нуклонного резонанса дельта-1232. Эта модель сразу же легла в основу практически всех теоретических исследований пион-нуклонных и пион-ядерных взаимодействий при промежуточных энергиях. Эксперименты Мещерякова–Неганова получили всеобщее признание и цитировались в течение нескольких десятилетий, несмотря на традиционно сдержанное отношение западных ученых к результатам советских физиков.

Определяющим положением модели Мандельстама являлась решающая роль промежуточного дельта-нуклонного состояния. Такая роль видна уже из того, что масса протон-протонного резонанса 2160 МэВ всего на десяток МэВ ниже суммы масс дельта-изобары и нуклона за счет энергии их взаимного притяжения. Это обстоятельство отразилось в широко распространившемся понимании протон-протонного резонанса как почти тривиальной пары дельта-изобары и нуклона. Однако парциально-волновой анализ американской группы Р.Ардта показал, что этот резонанс удовлетворяет строгим требованиям, предъявляемым к истинным резонансам, а вычисления на основе мезон-барионного подхода, сделанные А. Галлом и Х. Гарсилазо уже в наше время, показали, что детальное описание резонансной пары дельта–нуклон требует сложного учета взаимодействия в связанных каналах.

Протон-протонный резонанс отнюдь не является тривиальной парой почти не взаимодействующих барионов. Это подтверждается и в подходе квантовой хромодинамики (КХД). Действительно, уже в 1964 году, когда только сформировались понятия мезон-барионной унитарной симметрии, физиками Калифорнийского университета Ф. Дайсоном и Н. Ксонгом была предложена классификация дибарионных состояний, основанная на КХД теории сильновзаимодействующих частиц. В этой классификации дейтрон занимал позицию основного состояния мультиплета, а первым возбужденным состоянием предсказывался резонанс нуклона и дельта-изобары. В качестве

такого состояния авторы приняли резонанс, найденный дубненскими физиками. Приняв его параметры, Дайсон и Ксонг предсказали энергию еще одного дибариона своей классификации, который был открыт сотрудничеством WAZA@COSY только в 2011 году. В 2018 году то же сотрудничество обнаружило спин-изоспиновый партнер дубненского дибарионного резонанса, также входящий в классификацию Дайсона–Ксонга.

Значительная роль дибарионных резонансов в ядерной физике начинает осознаваться только в последнее время. Так, работами теоретиков НИИЯФ МГУ под руководством В. И. Кукулина успешно развивается концепция ядерных взаимодействий, в которой дибарионные резонансы, в том числе и дубненский, играют ключевую роль.

Резюмируя, можно утверждать, что открытие протон-протонного резонанса, сделанное на синхроциклотроне Мещеряковым и Негановым, оказалось исключительно важным стимулом в развитии представлений о мезон-барионных взаимодействиях в энергетической области непертурбативной КХД. Можно добавить еще, что значение этого открытия, оставившего яркий след в истории ядерной физики XX века, всегда осознавалось нами неоправданно скромным. А между тем, открытие первого дибарионного резонанса безусловно является одним из важнейших результатов, полученных на дубненских ускорителях.

---

Дубна: наука, содружество, прогресс.  
2020. 20 февр. № 6

## Памяти

### Льва Иосифовича Лapidуса.

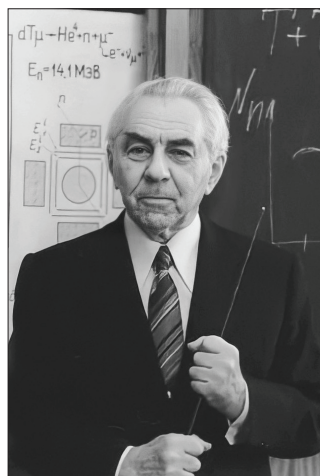
### К 95-летию со дня рождения

Однажды Лев Иосифович заметил в разговоре со мной: «Принято разделять физику на экспериментальную и теоретическую, а в наше время появилась еще физика — административная». Я согласился. С тех пор административная физика развивалась быстрее остальных, ее размер вырос в кубической пропорции чрезвычайно. Поэтому сейчас я сказал бы, что надо еще различать физику административную и организационную.

Если первую делают кадровики, бухгалтеры, службы безопасности и т. п., то вторую делают ученые, физики. Лев Иосифович был работником теоретической физики, а его второй специальностью была именно организационная физика. И если о Льве Иосифовиче, теоретике, компетентно вспоминают прежде всего теоретики, то вспомнить организатора могут многие физики, знавшие его. И в этих воспоминаниях возникает живой портрет исключительно благожелательного человека, оказавшего своим участием помощь множеству физиков.

Будучи заместителем директора лаборатории по научным вопросам, он прежде всего определял конкретные научные задачи сотрудников и способствовал их решению. Сейчас, наверное, уже немногие помнят, как он это делал. В лаборатории действовала специальная научная комиссия, которая коротко называлась «комиссией Лapidуса». Любая научная работа начиналась с рассмотрения на этой комиссии. По согласованию с Л.И. инициативный сотрудник подготавливал письменное предложение, которое передавалось физикам, наиболее компетентным в данном вопросе, и вскоре назначалось заседание для совместного обсуждения. Обсуждения были совершенно свободными и очень детальными. Сидели за большим столом и по





мере надобности рисовали от руки графики и расписывали формулы и численные оценки, зачастую мелом на доске. Заседали в служебном кабинете Л. И., напротив кабинета В. П. Джелепова. Кстати, в комнате между этими кабинетами к юбилею ЛЯП было бы правильно повесить портреты трех человек, десятилетиями работавших в этой комнате, создавая нашу лабораторию: Венедикта Петровича Джелепова, Льва Иосифовича Лapidуса и Ирины Григорьевны Покровской...

На заседаниях возникали споры, но они никогда не приобретали характер шумного ток-шоу со множеством одновременно звучащих голосов. Л. И. деликатно, но твердо вел обсуждение в рамках логики и научной этики. В большинстве случаев обсуждение приводило к положительному решению с полезными рекомендациями для дальнейшей работы. Как правило, находилось и компромиссное решение для наиболее болезненного вопроса: количества часов ускорительного времени. Эти решения потом работали на очередном еженедельном «распределении времени». Бывали случаи, когда рекомендовалась дополнительная проработка предлагаемого эксперимента с последующим повторным заседанием комиссии. Очень редко случалось и полное неприятие предложения. Вспоминается один такой случай, когда молодой талантливый сотрудник Даржаагийн Чултэм, уже хорошо проявивший свои способности в экспериментальной работе, предложил совершенно новую идею эксперимента, близкую идее эффекта Мессбауэра, но в применении к ядерному захвату мюонов. Новизна и оригинальность предложения импонировали членам комиссии, но их не устраивали сделанные автором оценки предлагаемых для измерения величин и их недостаточная определенность.



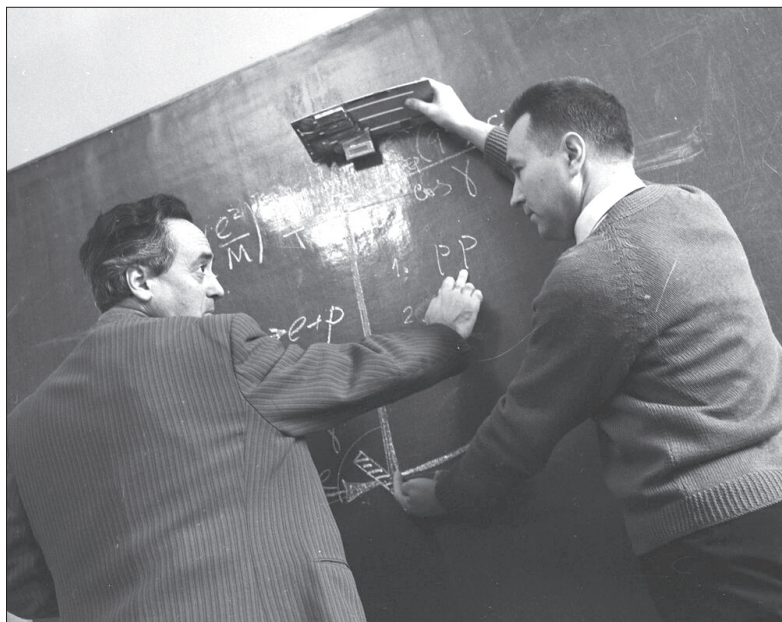
В результате, к огорчению автора, комиссия не рекомендовала дальнейшую работу в этом направлении.

Мне тоже пришлось проходить комиссию, когда я в 1972 году подготовил проект экспериментального поиска прямого выбивания протонной пары из ядра протоном, рассеянным назад. К тому времени было известно такое выбивание дейтронов, обнаруженное на синхротроне группой М. Г. Мещерякова и признанное в 1957 году открытием. В моих работах совместно с О. В. Савченко было обнаружено и изучено аналогичное выбивание ядер трития, гелия-3 и гелия-4. Однако совершенно ничего не было известно о прямом выбивании протонных пар. Кардинальным отличием этого процесса от всех упомянутых было то, что объектом выбивания являлась в этом случае группа нуклонов, не связанных в виде легкого ядра. Из общих соображений можно было ожидать такой эффект, но ни экспериментальных данных, ни теоретических предсказаний не существовало. Предлагалось сделать экспериментальный шаг в совершенно неизвестную область. Дополнительную трудность создавало и то, что такой эксперимент оказался бы прямым продолжением исследований Михаила Григорьевича Мещерякова. Его научная работа в Лаборатории ядерных проблем после смещения с поста директора в 1956 году находилась, вполне естественно, среди неприоритетных исследований. Так что мое предложение определенно было весьма непрестижным. И научные интересы Л. И. были далеки от обсуждаемой области



физики. Тем не менее, понимая значимость проблемы для ядерной физики, Л. И. включил мое предложение в план работы комиссии, и оно было своевременно рассмотрено с положительной рекомендацией к исполнению. На основе этой поддержки мне удалось организовать научную группу для работы по принятому проекту. Исследования были успешными: эффект наблюдался и мог быть тщательно изучен. (Результаты были опубликованы в 1979 году в журнале «Journal of Physics G».) Так Л. И. привел к исполнению предложение эксперимента, не имевшее ни теоретической поддержки расчетами, ни экспериментальных предшественников. Такое могут сделать далеко не все научные руководители.

Одновременно Л. И. был прекрасным педагогом и воспитателем молодых ученых. Его отчеты о крупных научных конференциях на семинарах ЛЯП были окном в мир важнейших научных новостей. Новости излагались им так, что любой м. н. с. и даже лаборант получал дозу доступной ему информации. Новые понятия, скрывавшиеся за таинственными обозначениями и терминами, вдруг приобретали ясный смысл. Даже такие стандартные процедуры под его руководством, как экзамены по специальности, приносили начинающим ученым значительную пользу. Надо было написать реферат, который обсуждался с Л. И. на экзамене. Мне досталось сделать обзор про-



тон-дейтронных взаимодействий, для чего пришлось плотно ознакомиться с входившей тогда в научную моду теорией Глаубера.

Другим ответственным аспектом работы Л.И. была подготовка планов и отчетов о научной деятельности лаборатории. Надо сказать, что в начале 1970-х годов, когда я начал исполнять в параллель своей научной работе обязанности ученого секретаря ЛЯП, в Институте кардинально перестраивалась практика научного планирования. Сейчас только улыбку может вызвать уровень составления проблемно-тематических планов ОИЯИ того времени. Инициировал перестройку новый вице-директор Института, физик из ГДР Карл Ланиус. Он проявил в этой работе прекрасное национально-немецкое качество точности и строгости. В сущности, почти вся действующая сейчас система научного планирования и отчетности ОИЯИ была создана в 1973–1976 годах Ланиусом. И Льву Иосифовичу пришлось сделать в рамках этой работы большой вклад на уровне дирекции лаборатории. Невозможно вспомнить, как много Л.И. сделал для этого предложений и написал докладных записок в дирекцию Института. Как и все, за что он брался, он делал и эту работу очень ответственно. Помнится, как он расстроился, когда, вернувшись в Дубну из печальной поездки прощания с матерью, он обнаружил, что годовой отчет ЛЯП был отправлен в дирекцию ОИЯИ без его редакции и подписи. Мне было трудно успокоить его, объясняя, что лабораторию катего-



рически обязали предоставить отчет в срок без какой-либо задержки. Мне не удалось отклонить это требование, несмотря на отсутствие директора ЛЯП и его заместителя, и я вынужден был послать отчет за подписью одного ученого секретаря, что не одобрил Лев Иосифович.

Много работы требовала и подготовка ежегодного отчета директора лаборатории для заседания Ученого совета Института. Если ученый секретарь был ответственен за выбор множества фактов, фотографий и графиков, то компоновка полного текста и отработка формулировок делалась Львом Иосифовичем. И надо понимать, как это было непросто, имея в виду исключительную требовательность Венедикта Петровича в этих вопросах. Лев Николаевич Толстой с его десятками версий «Войны и мира» поразился бы аналогичной настойчивости В. П.

Не проще было и с докладами о годовых планах на заседании Ученого совета Института. Неудивительна реакция Л. И. на мое замечание о нашем докладе после одного из таких заседаний. Я возвращался в ЛЯП после заседания вместе с Львом Иосифовичем и по дороге не смог удержаться от похвалы докладу А. М. Балдина. Доклад создавал впечатление, что вся предлагаемая деятельность ЛВЭ исходит и развивается на базе глубоко фундаментальных закономерностей типа масштабной инвариантности. На этом фоне наш доклад, по моему мнению, выглядел изложением всего лишь мелких текущих проблем. Я понял, что сделал совершенную бестактность, лишь когда Л. И. сразу же перешел в почти яростную контратаку: «Вы просто не понимаете, что этот гипноз формулировок фундаментальных закономерностей совершенно скрывает отсутствие анализа конкретных задач для работы над этими закономерностями. Что он конкретно предлагает? Какие эксперименты? Назовите их!» Мне ничего не оставалось, кроме как согласиться с Львом Иосифовичем в том, что качественное научное планирование необходимо требует конкретных экспериментов, специфически чувствительных к насущным фундаментальным проблемам. Мы вошли в лабораторию уже во вполне миролюбивом состоянии. Я уже полностью понимал реакцию Л. И. на отсутствие достаточной конкретности в обсуждении научных планов: сам он, будучи теоретиком, непосредственно инициировал экспериментальные работы. Достаточно вспомнить проверку сохранения изоспина в реакции  $dd \rightarrow {}^4\text{He}p^0$  на синхроциклотроне ЛЯП или исследование упругого электрон-протонного рассеяния в Армении. Я был свидетелем усилий Л. И. организовать эксперименты с поля-

ризованной мишенью в сотрудничестве ЛЯП с чешскими физиками. До этого поляризационные опыты не привлекали меня, но Л. И. столь убедительно ознакомил меня с программой возможных экспериментов, что я согласился взять на себя организацию изготовления поляризованной мишени под руководством чешского физика С. Шафрата при участии сотрудников Б. С. Неганова. Мне удалось сделать первые шаги в этом деле в командировке в Прагу: мы успешно подготовили эскиз проекта и включение изготовления магнитной катушки в план работы фабрики в Венгрии. Но, к сожалению, вся эта деятельность была ликвидирована отказом В. П. Джелепова оплатить необходимую сверхпроводящую проволоку.



Очень мало известно и о вкладе Л. И. в организацию медико-биологического протонного канала на синхроциклотроне ОИЯИ. Когда возникла идея лечения Исаака Яковлевича Померанчука на специализированном протонном пучке синхроциклотрона ЛЯП, Лев Иосифович сделал все возможное для привлечения к этой задаче наиболее авторитетных и компетентных медиков. А. И. Рудерман, М. Ш. Вайнберг, Б. В. Астрахан и другие выдающиеся специалисты-медики стали активными участниками создания в ЛЯП медицинского комплекса, необходимого для лечения Померанчука. Уже при последней встрече с умирающим И. Я. Лев Иосифович услышал сказанное им спасибо за сделанные усилия.

Лев Иосифович был исключительно доброжелательным человеком, инициативным и энергичным, когда он видел нуждающегося в помощи. Мне не забыть случая, когда я сам оказался в такой ситуации. В 1984 году, после 25 лет работы в ОИЯИ, я впервые был

удостоен доверия быть выпущенным за «железный занавес»: меня включили в список участников международной конференции PANIC в Гейдельберге. Как полагалось по ритуалу, нас проинструктировали в Госкомитете на предмет поведения за границей. Вел инструктаж ответственный руководитель одного из отделов комитета. Запомнилось, как он для предостережения, в качестве наглядного примера, рассказал о случае, когда за границей наш командированный снял в жаркую погоду пиджак с паспортом и, уходя с палубы теплохода, забыл его. Паспорт оказался в руках врага!

И вот, прилетев в ФРГ, мы сели в душный автобус до Гейдельберга. Все сняли и повесили пиджаки. Выйдя из автобуса, встали в очередь на регистрацию участников конференции. Когда надо было подать документы, я протянул руку к карману пиджака и обнаружил, что пиджака нет — он остался в автобусе! Обливаясь холодным потом, я бросился к автобусу, но он уже уехал. Классический случай, описанный нам на инструктаже! Придя в себя, я кинулся к Льву Иосифовичу. Он без единого лишнего слова узнал адрес водителя и заказал такси. Мы понеслись вдоль реки Неккар к водителю — владельцу автобуса. Средних лет немец понимающе улыбнулся и повел нас к автобусу. Забытый мною пиджак висел на своем месте, а в кармане лежал мой паспорт, не тронутый агентами ЦРУ. Вернувшись, я зарегистрировался, как бы ни в чем не провинившись. У меня такое



ощущение, что об этом трюке до сих пор знаю только я. И это при том, что в письменном отчете и собеседовании в Госкомитете, где надо было детальнейше исповедоваться, об этом не было сказано ни слова. К тому же описываемое событие происходило в эпоху вступившего в должность Черненко, когда вся номенклатура встала на дыбы в усилиях завоевать особое доверие в новых условиях. На собеседовании тот же чиновник, что инструктировал нас перед отъездом, до такой степени бесцеремонности унижал нас требованиями проявления лояльности, что руководитель команды ОИЯИ А. М. Балдин не выдержал и героически выступил в защиту достоинства командированных.

Можно себе представить, какому риску подвергался Лев Иосифович в случае чьего-либо доноса об утаенном проступке.

Л. И. был принципиально честным человеком, он оставался им даже в такой области, как политика, где честность не является приоритетом. Он был активным членом партии, но эта активность всегда преследовала достижение общественной пользы. Как такое возможно, мне стало понятно во время нашей беседы в первый год моей работы в Дубне. Те, кому это полагалось делать, заметили, что в МГУ я был активным комсомольцем: комсоргом студенческой группы, членом факультетского бюро ВЛКСМ, награжден похвальной грамотой Московского горкома ВЛКСМ. Такому новичку просматривалась комсомольская карьера. Л. И. наметил рекомендовать меня к работе в пленуме горкома ВЛКСМ и пригласил к себе для беседы. Я не проявил энтузиазма по поводу перспективы активной комсомольской работы, сказав, что опасаясь излишне отвлечься от своей главной





задачи — включения в научную работу. «Понимаю Вас, — сказал Л. И. — Я сам проходил точно через такие же опасения, когда начинал свою работу. Мне предложили довольно серьезные обязанности в общественной работе, и я обратился за советом к своему учителю Исааку Яковлевичу Померанчуку. Выслушав меня, он сказал: “Никогда не уклоняйся от жизненной позиции, в которой ты можешь приносить пользу людям. Освобожденную тобой позицию может занять человек, совершенно не способный быть полезным людям”. Я последовал его совету. Подумайте об этом и Вы. Предлагаемая Вам активность не только не помешает вам встроиться в науку, но даже поможет, потому что Вы узнаете больше хороших людей». Я поблагодарил его за совет и согласился войти в пленум. Много позже я понял: мне следовало и в дальнейшем неуклонно следовать совету Померанчука–Лapidуса.

Масштаб личности человека проявляется не только в его собственных действиях, но и в способности оценить деятельность выдающихся людей и сохранить их память. Для Л. И. таким уникально выдающимся человеком был его Учитель Исаак Яковлевич Померанчук. Он относился к его памяти с особенным вниманием и глубоким чувством. Уже незадолго до безвременного ухода из жизни Л. И. сказал, зайдя в мою служебную комнату №31 3-го корпуса ЛЯП: «Владимир Иванович, знаете ли Вы, что в будущем на стене около Вашей комнаты поместят мемориальную доску со словами: ”В этой комнате в 50-х годах XX столетия работал академик И. Я. Померанчук”?» Много позже я упомянул об этом в одной из своих публикаций, и вскоре стенд, посвященный Померанчуку, появился на стене около 31-й комнаты. Он был подготовлен В. А. Бедняковым. К сожалению, через пару месяцев он был заменен сотрудниками отдела А. Г. Ольшевского на стенд с их очередным проектом, а померанчуковский унесен в противоположный дальний торец коридора. Наконец, недавно его поместили в холле 3-го корпуса рядом со стендом, посвященным памяти Льва Иосифовича Лapidуса. Учитель и ученик теперь находятся рядом в Лаборатории ядерных проблем.

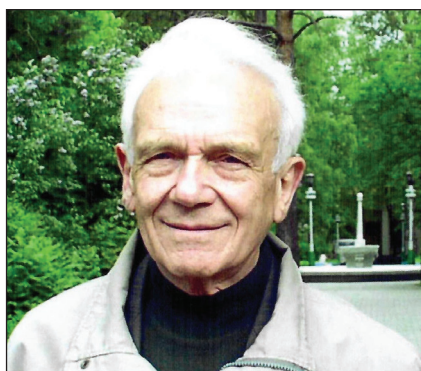
---

<https://dlnp.jinr.ru/chronograph/2056>



## Несколько памятных встреч

В июне 2020 года из жизни ушел Игорь Николаевич Семенюшкин — ветеран Института, заслуженный ученый, многие годы работавший заместителем директора Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.



Мне не довелось непосредственно участвовать с ним ни в научной, ни в общественной деятельности. Я был просто одним из сотен людей, которые поддерживали с ним дружеские отношения.

Познакомились мы еще в начале 1970-х. В то время у меня в семейной жизни заканчивался длительный тяжелый период. Когда меня пригласили на встречу с секретарем парткома Института, я не сомневался в причине приглашения: я не был членом партии, да и с комсомольской активностью уже покончил по возрасту, а вот жалоба на меня в партком была очевидна. «Тотальный» характер партии включал в себя курирование и личной жизни людей, так что все было ясно. Отказаться от такого приглашения было немислимо, если ты не собирался объявить себя диссидентом, и я внутренне подготовился к неприятному разговору, дабы отстоять свой суверенитет. Партийный босс (а это и был Игорь Николаевич Семенюшкин) начал разговор с моих рабочих дел, ибо я в то время кроме проведения простого эксперимента на синхроциклотроне взял на себя обязанности ученого секретаря лаборатории, так что со стороны было не вполне ясно, хорошо ли совместимы эти обязанности. Разговор получался вполне деловой и совершенно доброжелательный. Лишь в заключение Игорь Николаевич пожелал мне серьезно и ответственно относиться не только к научной работе, но и к личной жизни. Вот и все. Выйдя из кабинета, я спросил себя, что же это было, разве так принято делать? Выходит, что хоть и не принято, но можно. Человек может быть достойным на любом месте.

Этот урок я усвоил навсегда. Вскоре я встретился с Игорем Николаевичем в книжном магазине «Эврика», одном из гнезд интеллектуальной жизни города. Для меня дефицит книг был более заметен,

чем дефицит колбасы, но, если я был рядовым охотником за книгами, Игорь Николаевич стал активистом книжного фронта и расширял книжный поток в Дубну. Это еще более добавило в моем к нему уважении.

Далее было множество встреч во время научных мероприятий в Институте и туристских поездок, организованных Домом ученых. Такие туры, иногда по несколько дней, были настоящим праздником в нашей жизни, и многие из них запоминались на всю жизнь как открытием своей необъятной страны, так и общением со спутниками. Ведь здесь люди представляли в своем лучшем состоянии и лучших качествах. Более уравновешенного, доброжелательного и заинтересованного спутника, чем Игорь Николаевич, трудно было представить.

Многое изменилось в нашей жизни после социальной катастрофы 1990-х годов. Многие люди осветились с ранее невидимой стороны, и эта сторона зачастую была далека от привычной. Материальный обвал заставлял ринуться туда, где платят больше. При этом выяснялось, что еще надо человеку, кроме оплаты. Возникли и новые, ранее непредставимые возможности, наряду с потерей старых. Но при всем этом проявлялась и внутренняя устойчивость человека. С крахом «ума, чести и совести нашей эпохи» Игорь Николаевич не стал делать новую карьеру там, где можно было быстро построить личные виллы, он не «занулился» как гражданин, что тоже происходило со многими. Он оставался работающим в науке человеком с выраженной общественной активностью. Он организовывал встречи в Доме международных совещаний с выдающимися научными, политическими и культурными деятелями, на что способен не каждый, и это были интересные встречи, полезные для поддержания здоровой социально-нравственной атмосферы.

Когда эта активность с возрастом стала Игорю Николаевичу не под силу, ему, очевидно, не нашлось замены. Вот вам и «незаменимых нет». Конечно, нет, но и замену им найти трудно. Ни в одном из социально-культурных подразделений Института эквивалентная замена, похоже, не обнаружилась. Так что, на мой взгляд, у нас в этой атмосфере обозначился определенный вакуум, тем более заметный, что мы относим свой Институт к числу ведущих научных центров мирового уровня, а в таких центрах наряду с наукой всегда присутствует и активная социально-культурная деятельность. Игорь Николаевич оставался верным себе и в преклонном возрасте — он до последнего времени участвовал в работе Дома ветеранов.

Летом прошлого года, вернувшись из Крыма, мы с супругой Ириной Григорьевной повстречали Игоря Николаевича традиционным приветствием: «Как провели лето?» У нас еще не остыли сева­сто­польские впечатления от посещения мемориала героической 35-й бере­говой батареи, где мы неожиданно встретили в списках погибших имя родного дяди Ирины Григорьевны. Она с послевоенных времен зна­ла, что он пропал без вести, и вдруг мы получили данные о нем. Мы надеялись узнать что-либо и об отце Ирины Григорьевны, который тоже пропал без вести во время боев в Крыму. Игорь Николаевич был тронут этим рассказом и поделился с нами, что он сам уроженец Севастополя, а его отец был ответственным за водоснабжение города во время блокады. «Надо бы встретиться в Севастополе следующим летом», — сказали мы...

Позже мы видели Игоря Николаевича уже в начале этого года на его привычном месте в первом ряду зала Дома ученых на концертах классической музыки — он был преданным поклонником этого искусства и, казалось, воплощал в себе устойчивость жизни.

Пандемия внезапно изменила все наши планы, включая и визит в Крым. А в июне Игоря Николаевича не стало. Горечь утраты усили­ло и то, что на прощании с ним я увидел только около двух десятков человек, а ведь прощались с человеком, который четверть века был заместителем директора крупнейшей лаборатории Института и вме­сте с А. М. Балдиным десятки лет руководил ускорительным ком­плексом для исследований в области физики высоких энергий. Мож­но было бы объяснить это пандемией, но, безусловно, влияло и то, что прощание с сотрудниками Института происходит в совершенно неподобающем месте — невзрачном коридорчике морга и дворе, от­крытом жаркому солнцу летом и морозным ветрам зимой. Влиятель­ные люди не посещают такие места.

Но закончить я хотел бы не на этой грустной ноте, а словами, не сказанными на прощании: «Спасибо, Игорь Николаевич, за все сде­ланное Вами! Добрую память о Вас сохранят сотни людей».

---

Дубна: наука, содружество, прогресс.  
2020. 16 июля. № 26

## Как начиналось создание медико-биологического комплекса на протонном пучке синхроциклотрона ОИЯИ

Присутствие пика в распределении ионизационных потерь тяжелых заряженных частиц по их пробегу в веществе натолкнуло на мысль использовать его для эффективной лучевой терапии. Такое предложение было сделано в 1946 году Р. Вильсоном [1], и вскоре были проведены первые облучения пациентов (Радиационная лаборатория в Беркли (США, 1954), Университет в Упсале (Швеция, 1957)). В 1961 году было начато систематическое лечение пациентов на циклотроне в Массачусетсе (США). В нашей стране нужные для этого ускорители протонов с энергией 100–200 МэВ отсутствовали, и этот дорогостоящий метод лечения в 1950-е годы не был востребован ввиду давления более острых и насущных проблем.

Однако в середине 1965 года у выдающегося физика академика И. Я. Померанчука (рис. 1) была диагностирована тяжелая стадия рака пищевода и ему был назначен курс терапии облучением гамма-квантами  $Co^{60}$ . При первой же встрече с заведующим радиологическим отделением Онкологического института профессором А. И. Рудерманом Исаак Яковлевич спросил его, почему они не используют для терапии облучение протонами. И. Я. Померанчук не был знаком с публикацией Р. Вильсона и развитием протонной терапии в США, но ему было очевидно, что облучение протонами более эффективно, чем облучение электронами или гамма-квантами. Знал это и А. И. Рудерман. Он рассказывает об этой беседе [2]:

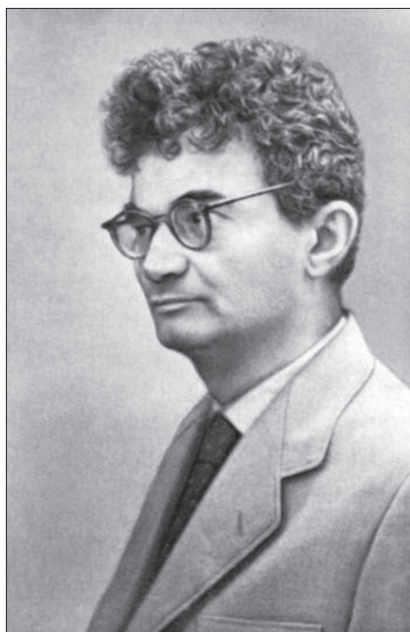


Рис.1. Исаак Яковлевич Померанчук

- За чем же дело стало?
- Медики не имеют таких установок. Они в руках физиков. Требуется соответствующее решение.
- Ну, в этом советской медицине можно помочь.

Тут же состоялся телефонный разговор академиков И. Я. Померанчука и В. А. Кириллина (в то время председателя ГКНТ). На следующий день я был вызван в ГКНТ, а еще через день президент АМН СССР Н. Н. Блохин и я обсуждали с В. А. Кириллиным текст возможных заданий по использованию заряженных ядерных частиц в медицине. Ответственными исполнителями были выделены ИЭиКО (Институт экспериментальной и клинической онкологии), ИТЭФ и ОИЯИ. Затем состоялся ученый совет ИЭиКО с участием И. Я. Померанчука, В. П. Дзелепова и ряда других ведущих физиков и лучевых терапевтов Москвы. После моего доклада и детального обсуждения выяснилось, что физико-техническая подготовка к клиническому использованию протонов займет немало времени.

Исаак Яковлевич знал, что в лечении его самого использовать протонную терапию уже не удастся, но это не погасило его энтузиазм — он активно интересовался ходом дел и способствовал ему до последних дней своей жизни.

Венедикт Петрович Дзелепов действовал стремительно. Сразу же по возвращении из Москвы в Дубну он распорядился собрать для обсуждения ведущих и активных физиков Лаборатории ядерных проблем, в первую очередь тех, кто имел опыт работы на выведенном протонном пучке синхроциклотрона. Список участников этого директорского совещания не сохранился, но можно утверждать, что на нем присутствовали Л. И. Лапидус, И. М. Василевский, Л. М. Сороко и сотрудники его сектора О. В. Савченко и В. И. Комаров. После информационного сообщения директора последовало активное обсуждение.

Общая схема использования синхроциклотрона была ясна: пучок протонов может быть выведен из камеры ускорителя только при максимальной энергии 670 МэВ, но использовать его надо при энергии не выше 200 МэВ, так что необходимо существенно подтормозить его фильтром. Затем пучок вводится в поле отклоняющего магнита СП-37 и через стальной коллиматор выводится за радиационную защиту в зал лаборатории № 4 корпуса синхроциклотрона. Допустим ли здесь радиационный фон для пребывания пациента во время сеанса облучения — надо было еще выяснять. Главный вопрос состоял в том, будет ли после коллиматора интенсивность пучка достаточно

большой, а энергетическая дисперсия достаточно малой для клинического использования. Ответ на этот вопрос можно было получить только при прямых измерениях на ускорителе.

Необходимая для этого аппаратура довольно проста, но должна быть готова к использованию без задержки. Выяснилось, что такая аппаратура есть у О. В. Савченко, В. И. Комарова и И. М. Василевского. Они и взялись провести нужные измерения. Уже на следующий день ускоритель был предоставлен в их распоряжение, и началась юстировка выведенного пучка в направлении квадрупольной линзы МЛ-4 вблизи камеры ускорителя. Для этого регулировалось положение двух массивных железных пластин — отклоняющих насадок, между которыми проходил пучок, выходящий из окна вакуумной камеры ускорителя. Движение пластин осуществлялось вручную с помощью больших медных штурвалов при включенном питании обмоток ускорителя, но выключенном ВЧ-поле. Так как уровень излучения в этом месте даже при выключенном ВЧ-поле очень высок, нужно было спешить, поворачивая штурвалы, которые буквально сопротивлялись движению в сильнейшем магнитном поле, и стремительно убегать от камеры ускорителя, установив насадки и закрепив фотобумагу на входе/выходе МЛ-4 и входе СП-37. Все это делалось под гулом и струями довольно горячего воздуха, шедшими от камеры охлаждения обмоток ускорителя. Покинув радиационную зону, надо было сделать секундную экспозицию включением ВЧ и затем забрать листы облученной фотобумаги. На проявленной фотобумаге хорошо просматривался след пучка и контуры полюсов МЛ-4. Многократное выполнение этой процедуры позволяло установить пучок по оси МЛ-4 с выходом на нужную точку магнита СП-37. Затем между линзой и магнитом выкладывались полиэтиленовые блоки замедлителя полной длиной около полутора метров, а вокруг подторможенного пучка устанавливались свинцовые кирпичи для снижения фона от рассеяния пучка в замедлителе. За коллиматором в лаборатории № 4 была собрана нужная аппаратура (рис. 2), и в течение нескольких сеансов в декабре 1965 – январе 1966 года были проведены измерения интенсивности пучка, его энергетической дисперсии и радиального профиля.

При этом регулированием толщины замедлителя устанавливалась величина энергии, а набором секций коллиматора изменялся диаметр получаемых пучков. При интенсивности первичного пучка протонов около  $3 \cdot 10^{11} \text{ с}^{-1}$  и энергетической дисперсии  $\sigma_E = 2,8 \text{ МэВ}$  для

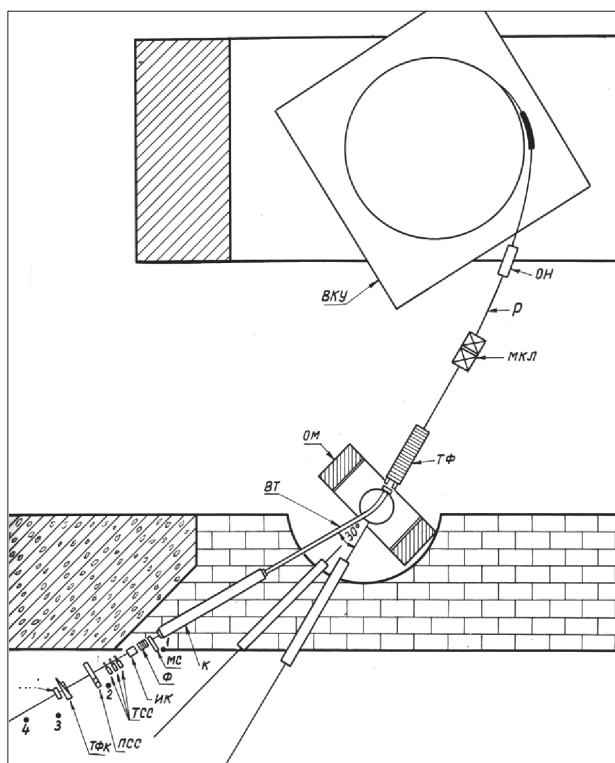


Рис. 2. Общая схема формирования протонного пучка и расположения регистрирующей аппаратуры при первых измерениях: ВКУ — вакуумная камера ускорителя; ОН — отклоняющие насадки;  $p$  — выведенный протонный пучок с энергией 670 МэВ; МКЛ — магнитная квадрупольная линза; ТФ — тормозящий фильтр из полиэтилена; ОМ — отклоняющий магнит; ВТ — вакуумный тракт для транспортировки заторможенных протонов; К — коллиматор в защитной стене; МС — мониторный счетчик; Ф — фильтр из полиэтилена; ИК — ионизационная камера; ТСС — телескоп из трех сцинтилляционных счетчиков; ТФК — тормозящий фильтр из алюминия, состоящий из двух клиновидных частей; 1-4 — точки, где измерялись дозы рассеянного излучения. Из [3]

энергии 135 МэВ была получена полная интенсивность  $(6 \div 9) \cdot 10^6 \text{ с}^{-1}$  и плотность  $(2 \div 3) \cdot 10^6 \text{ с}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$ . Для энергии протонов 108 МэВ интенсивность пучка была примерно в 1,5 раза меньше, а при энергии 180 МэВ — в 2 раза больше, чем для 135 МэВ. Интенсивность пучка определялась при измерении тока плоскопараллельной ионизационной камеры или непосредственной регистрации счета телескопа сцинтилляционных счетчиков при сниженной интенсивности первичного пучка. При энергии 135 МэВ энергетическая дисперсия рав-

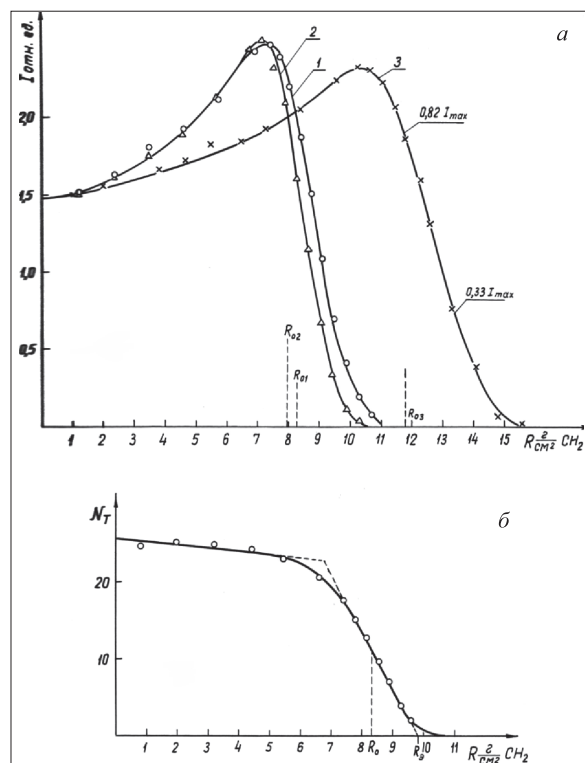


Рис. 3. Результаты первых измерений: а) кривые Брэгга для заторможенных протонов с энергией 108 и 135 МэВ: 1 и 2 — при диаметре коллиматора 20 мм, кривая 2 — после откачки вакуумного тракта; 3 — при диаметре коллиматора 30 мм и без откачки; б) интегральная кривая пробега протонов в фильтре, установленном в телескопе счетчиков. Из [3]

нялась  $\sigma_E = 10$  МэВ, а при 180 МэВ — 9 МэВ и уменьшалась до 7,2 МэВ при наличии вакуума между замедлителем и регистрирующей аппаратурой. Интенсивность заторможенного пучка с энергией 135 МэВ обеспечивала накопление дозы в максимуме кривой Брэгга со скоростью приблизительно  $20 \div 30$  рад/мин. Кривые Брэгга и радиальные распределения плотности пучка были измерены при нескольких значениях энергии и диаметров коллиматоров (рис. 3 и 4). Полученные результаты показывали достижимость параметров пучка, нужных для клинического использования. Однако измерение суммарной дозы рассеянного излучения в районе регистрирующей аппаратуры, выполненное М.М. Комочковым, показало при работе ускорителя величину  $20 \div 40$  мбэр/ч, недопустимую для облучаемого пациента. Значительно уменьшить дозу, создав дополнительную защиту в этом



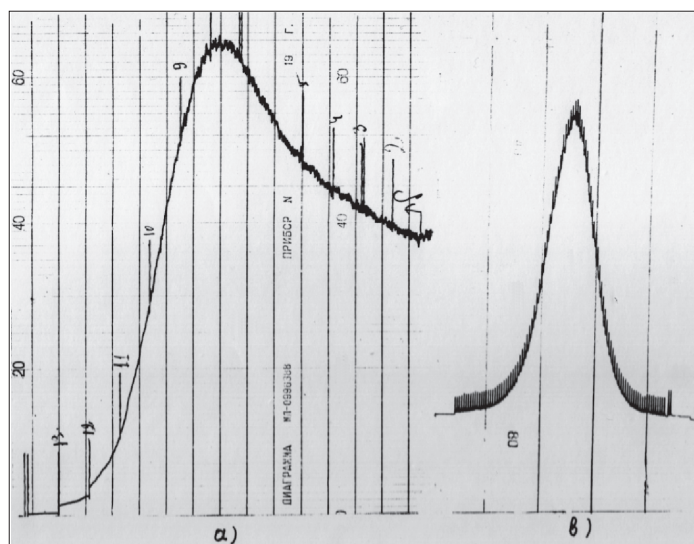


Рис. 4. Результаты первых измерений при энергии 135 МэВ: а) кривая Брэгга, снятая с помощью автоматически наращиваемого алюминиевого фильтра; б) радиальная зависимость поглощенной дозы, снятая с помощью управляемого сцинтилляционного счетчика, передвигавшегося перпендикулярно пучку. Из [3]

месте, было невозможно. Это означало необходимость вывода пучка в удаленное помещение за дополнительной защитой.

Результаты измерений [3] были доложены на директорском совещании ЛЯП, где было принято решение о неотложном проведении дальнейших работ с целью создания условий для терапии И. Я. Поморанчука на протонном пучке синхроциклотрона.

Работать в этом направлении взялись только два научных сотрудника — О. В. Савченко и В. И. Комаров. Столь небольшое число добровольцев объясняется тем, что необходимая работа была практически несовместима с продолжением научных исследований, проводимых в то время сотрудниками лаборатории, и очевидно требовала отложить их на время не менее года. С другой стороны, работа с протонными пучками высокой интенсивности могла проводиться только при получении радиационных доз, ограниченных сверхпринятыми нормативами. Такой дополнительный риск для здоровья тоже не способствовал энтузиазму. В результате все неотложные работы начального этапа пришлось проводить двоим, в то время как

усилиями дирекции лаборатории подбирались кандидатуры молодых инженеров и научных сотрудников для комплектования кадров нового направления работ в ОИЯИ. Ответственным руководителем планируемых работ был назначен кандидат физико-математических наук Олег Васильевич Савченко. В кратчайший срок он подготовил проект работ по созданию медико-биологического комплекса [4].

Проект включал два основных блока: строительство экспериментально-клинического помещения и создание фокусирующего протонного канала для транспортировки подторможенного протонного пучка в это помещение (рис. 5). Предлагалось оборудовать специализированное помещение за двухметровой бетонной стеной корпуса ускорителя, чтобы обеспечить достаточно низкий радиационный фон в месте расположения пациента. Для сохранения интенсивности подторможенного пучка при его транспортировании на расстояние около 30 м предлагалось создать систему из семи фокусирующих магнитных линз и вакуумного тракта с полной длиной 26 м. В качестве линз предлагались квадрупольные триплеты с полной конструктивной длиной 1,5 м и градиентом магнитного поля до  $\sim 800$  Э/см. Такие линзы были разработаны в конструкторском бюро ЛЯП А. А. Кропиным, и задача состояла в срочном их изготовлении. Проект был одобрен дирекциями ЛЯП и ОИЯИ. Началась подготовка технических заданий для выполнения работ в конструкторском бюро, экспериментальных мастерских, электротехническом отделе лаборатории, строительной организации и Центральных мастерских ОИЯИ. Одновременно началось изготовление и наладка необходимой измерительной аппаратуры. Все дальнейшие работы по реализации заданий курировались Венедиктом Петровичем Желеповым и проводились в самом максимальном темпе.

Подготовкой аппаратуры и разработкой ионно-оптической схемы фокусирующего канала занимался В. И. Комаров. При различных значениях тока возбуждения в магнитном квадрупольном триплете были измерены градиенты магнитного поля вдоль оси триплета и определены эффективные длины секций триплета и эффективное расстояние между ними. Эти значения использовались для расчета оптимальных параметров фокусирующего канала. Расчеты проводились на ЭВМ БЭСМ-3М, работавшей в Лаборатории высоких энергий, непосредственно в кодах машины, поскольку такие программные способы вычислений, как алгол или фортран, еще не были доступны. Были проанализированы две основные эквивалентные

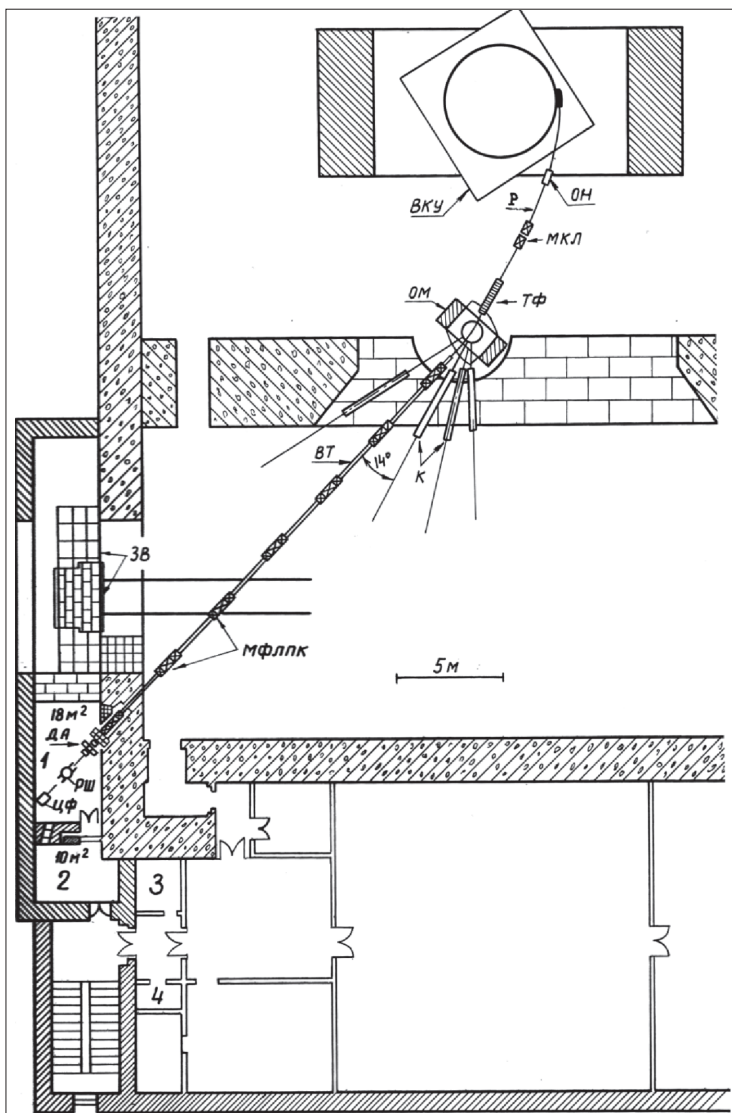


Рис. 5. Общая схема формирования протонного пучка и расположения экспериментально-клинического помещения в корпусе синхроциклотрона: ВКУ — вакуумная камера ускорителя; ОН — отклоняющие насадки;  $p$  — выведенный протонный пучок с энергией 660 МэВ; МКЛ — магнитная квадрупольная линза для фокусировки первичного пучка; ТФ — тормозящий полиэтиленовый фильтр; ОМ — отклоняющий магнит; К — коллиматоры; ВТ — вакуумный тракт; МФЛПК — магнитные фокусирующие линзы протонного канала; ЗВ — защитные ворота; ДА — дозиметрическая аппаратура; РШ — ротационный штатив; ЦФ — цилиндр Фарадея; 1 — комната для облучения пациента; 2 — комната врача-оператора; 3 — комната для медицинского осмотра пациента

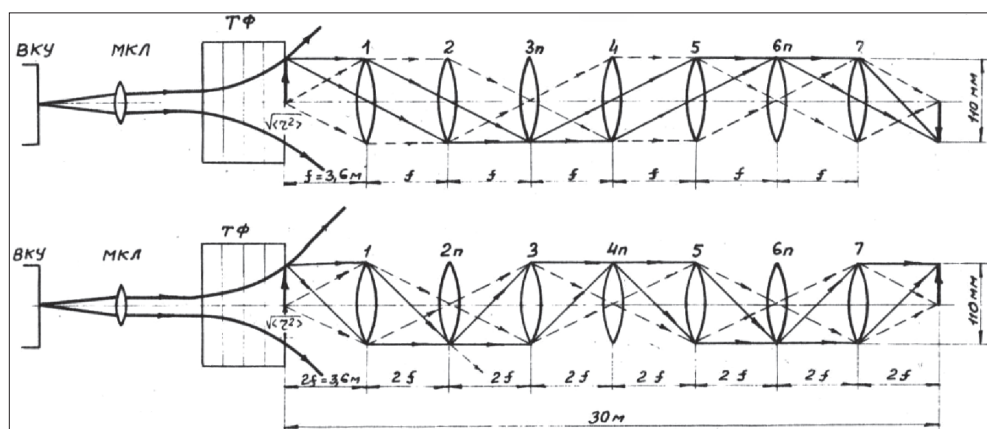


Рис. 6. Эквивалентные оптические схемы магнитного фокусирующего канала для двух вариантов размещения фокусирующих и полевых линз: МКЛ — линза фокусировки первичного пучка; ТФ — тормозящий фильтр;  $f$  — фокусное расстояние отдельной линзы

оптические схемы канала (рис. 6) и различные последовательности включения полярности секций. Эти факторы определяют зависимость коэффициента захвата протонов каналом от величины возбуждающего тока. Максимальное расчетное значение коэффициента захвата при внутреннем диаметре вакуумопровода 11 см было найдено равным  $\sim 0,04$ .

Комплект квадруполей был срочно изготовлен в Центральных мастерских ОИЯИ и смонтирован сотрудниками опытно-экспериментального производства ЛЯП под руководством К. А. Байчера. Он же руководил работами по монтажу вакуумопровода канала и бурению бетонной стены корпуса для установки в ней коллиматора и замыкающего триплета канала. Энергия Константина Алексеевича и его увлеченность выполняемой задачей позволили закончить все работы по установке канала в самые краткие сроки. Так же слаженно работали сотрудники электротехнического отдела, руководимые В. И. Смирновым, обеспечив своевременное электропитание канала. В результате к осени 1966 года удалось подготовить испытания канала, его оптимальную настройку. Строительство специализированных помещений и установка оборудования в процедурном помещении (рис. 7) уже завершались в конце года, здесь проявлялась энергичная деятельность зам. директора ЛЯП Н. Т. Грехова. Другой заместитель директора, Л. И. Лapidус, организовывал взаимодействие с медицинскими учреждениями. Их работу в Дубне курировал президент

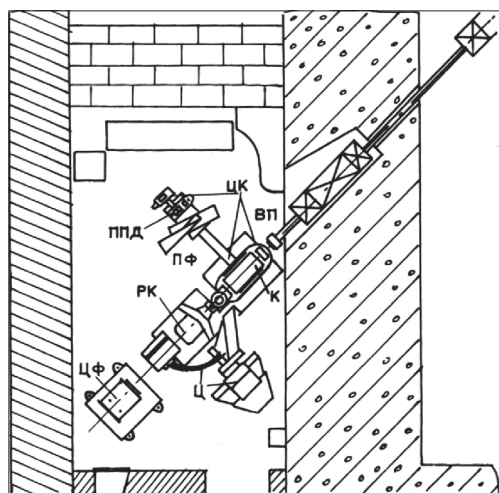


Рис. 7. Схема расположения канала, дозиметрической, юстировочной и вспомогательной аппаратуры в процедурном помещении корпуса синхроциклотрона: ВП — вакуумопровод; К — коллиматорная система; РК — ротационное кресло; Ц — рентгеновские и оптические центраторы; ЦФ — цилиндр Фарадея; ПФ — подвижный фантом; ИК — ионизационные камеры; ППД — полупроводниковые кремниевые детекторы

Академии медицинских наук Н. Н. Блохин. Прочная связь с сотрудниками московского Института экспериментальной и клинической онкологии АМН СССР установилась сразу же. В Дубну неоднократно приезжал А. И. Рудерман; О. В. Савченко постоянно обсуждал вопросы, связанные с дозиметрией и процедурами облучения, с докторами М. Ш. Вайнбергом и Б. В. Астраханом. Успешно шла подготовка нужной дозиметрической аппаратуры. Сознание срочности и нужности нашей работы проявлялось всеми. К несчастью, декабрь 1966 года стал последним в жизни И. Я. Померанчука. Мы испытали тяжелое чувство утраты и сожаления о том, что наши усилия не смогли помочь Исааку Яковлевичу. Но много позже Лев Иосифович Лапидус выразил нашу общую благодарность ему словами: «... на всю жизнь сохраняю в памяти его „спасибо“ за наши инициативные действия по организации исследования возможности лечения онкологических больных с помощью ускоренных протонов в последний год жизни И. Я. Померанчука. Его внимание и личный контакт с В. А. Кириллиным были очень важны для развития этого направления в нашей стране» [5].

В начале 1967 года были определены основные параметры созданного пучка. Внешний вид фокусирующего канала показан на рис. 8. Включение линз канала на порядок величины увеличивало полную интенсивность пучка на выходе канала (рис. 9), а плотность потока возрастала в 40–50 раз. Были измерены основные характеристики полученного пучка. На выходе пучок имел диаметр 4–5 см, угловую расходимость  $\pm 1^\circ$  и полную интенсивность  $4,5 \cdot 10^8 \text{ с}^{-1}$  при энергии

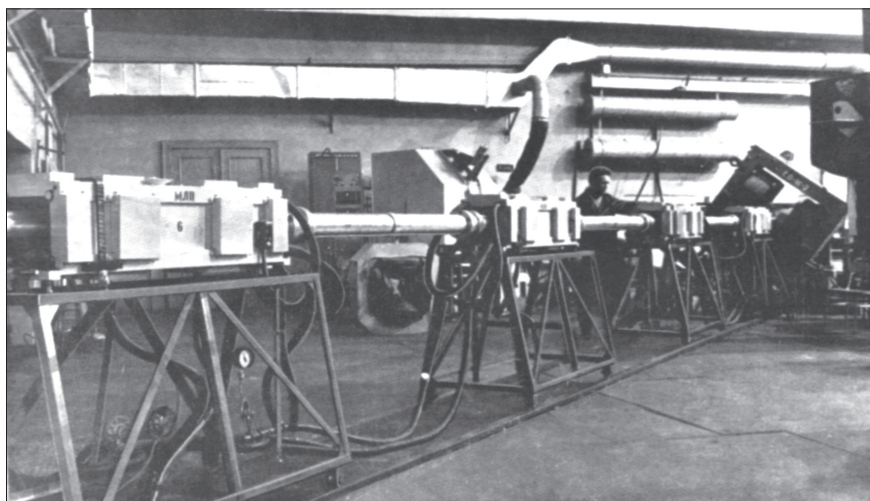


Рис. 8. Внешний вид протонного канала

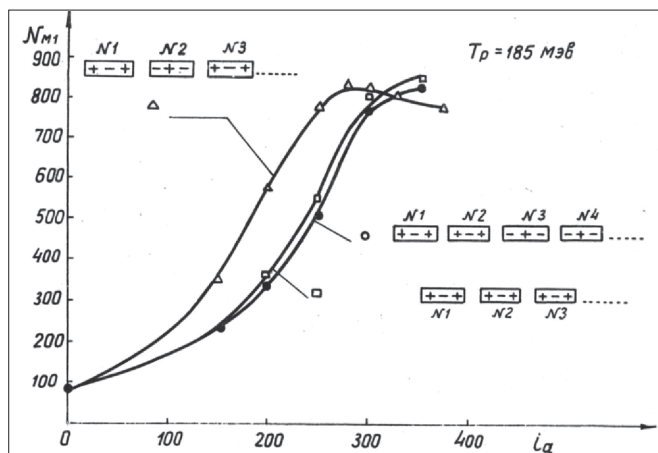


Рис. 9. Относительное увеличение полной интенсивности заторможенного пучка протонов на выходе протонного канала в зависимости от тока возбуждения при различных способах включения линз. Кривая  $\Delta$  соответствует способу, при котором плоскости фокусировок последовательно чередуются (верхняя схема рис. 6)

160 МэВ. Были измерены кривые Брэгга при различных настройках канала (рис. 10, 11). Мощность дозы излучения в брэгговском максимуме составляла около 150 рад/мин [6–9].

Еще в 1966 году был организован сектор медицинского протонного пучка ЛЯП под руководством О. В. Савченко. В него, кроме самого

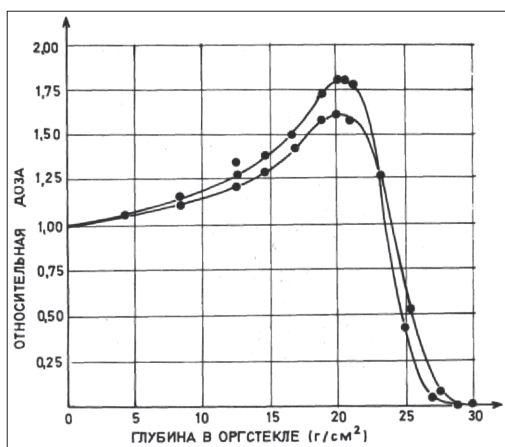


Рис. 10. Кривые Брэгга для пучка с энергией 185 МэВ. Верхняя кривая получена при установке щелевых коллиматоров до и после отклоняющего магнита

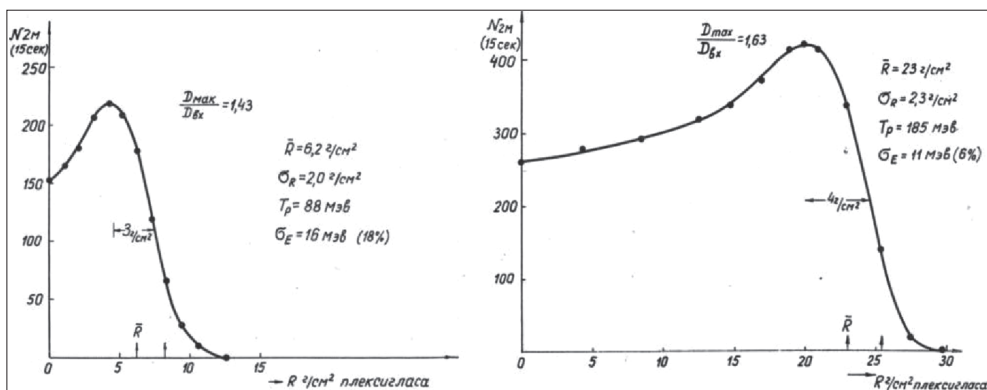


Рис. 11. Кривые Брэгга заторможенного пучка на выходе фокусирующего канала при оптимальных значениях его параметров: энергии протонов 88 и 185 МэВ

Савченко, вошли три техника и механика из состава сектора Л. М. Сороко. В. И. Комаров остался в секторе Сороко, поскольку планировал вернуться к физическим исследованиям после окончания мобилизационного периода создания медико-биологического комплекса. Вскоре были приняты на работу в секторе выпускники физических и физико-технических институтов Москвы Б. Б. Бугарчев, а затем В. И. Абазов, А. Г. Молоканов, Г. П. Решетников, В. П. Стекольников, Е. С. Кузьмин. В 1967 году с участием сотрудников отдела электроники ЛЯП был создан первый комплект дозиметрической аппаратуры и сняты изодозные карты на гомогенном тканеэквивалентном фантоме [10] (рис. 12). Было продемонстрировано преимущество дози-

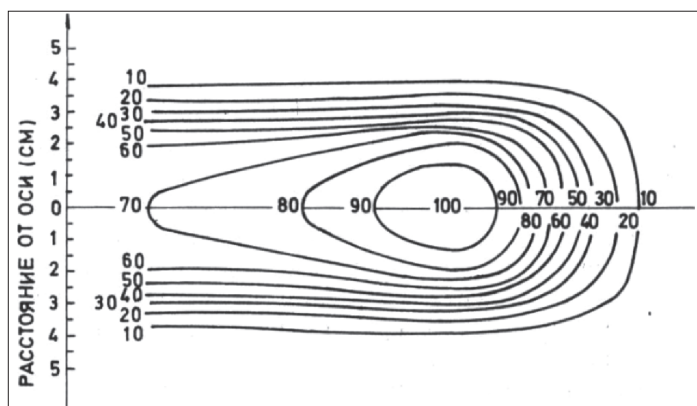


Рис. 12. Изодозная карта протонного пучка с энергией 167 МэВ в гомогенном тканеэквивалентном фантоме (диаметр коллиматора 50 мм)

метрических характеристик протонного пучка ЛЯП ОИЯИ по сравнению с получаемыми при других видах излучения, используемых в лучевой терапии [8] (рис. 13). Этот объем работ и облучение животных позволили в том же году провести первые клинические облучения больных и получить информацию об эффективности терапии различных онкологических заболеваний на протонном пучке. В работе [11] суммировалось: «Результаты клинических исследований показали целесообразность использования протонов высокой энергии для облучения злокачественных опухолей. Протонная терапия приводит к существенно меньшим, чем при традиционных методах лучевой терапии, общим лучевым нагрузкам, не вызывая общих реакций, и сулит более благоприятные клинические результаты. Изменения опухолевых тканей и непосредственные реактивные явления адекватны поглощенной дозе излучения и могут служить основой при планировании лучевого лечения рака различных локализаций».

Следует отметить, что выполнение начальных работ по созданию медико-биологического комплекса происходило при высоком уровне энтузиазма всех участников работ (рис. 14–18).

В августе 1971 года создание медицинского протонного пучка в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ было отмечено медалью ВДНХ СССР (рис. 19).

Развитие работ на протонном пучке ЛЯП ОИЯИ в начале 1970-х годов описано в ряде публикаций [12, 13]. В течение этого начального периода регулярно, два раза в неделю, на ускорителе проводились се-



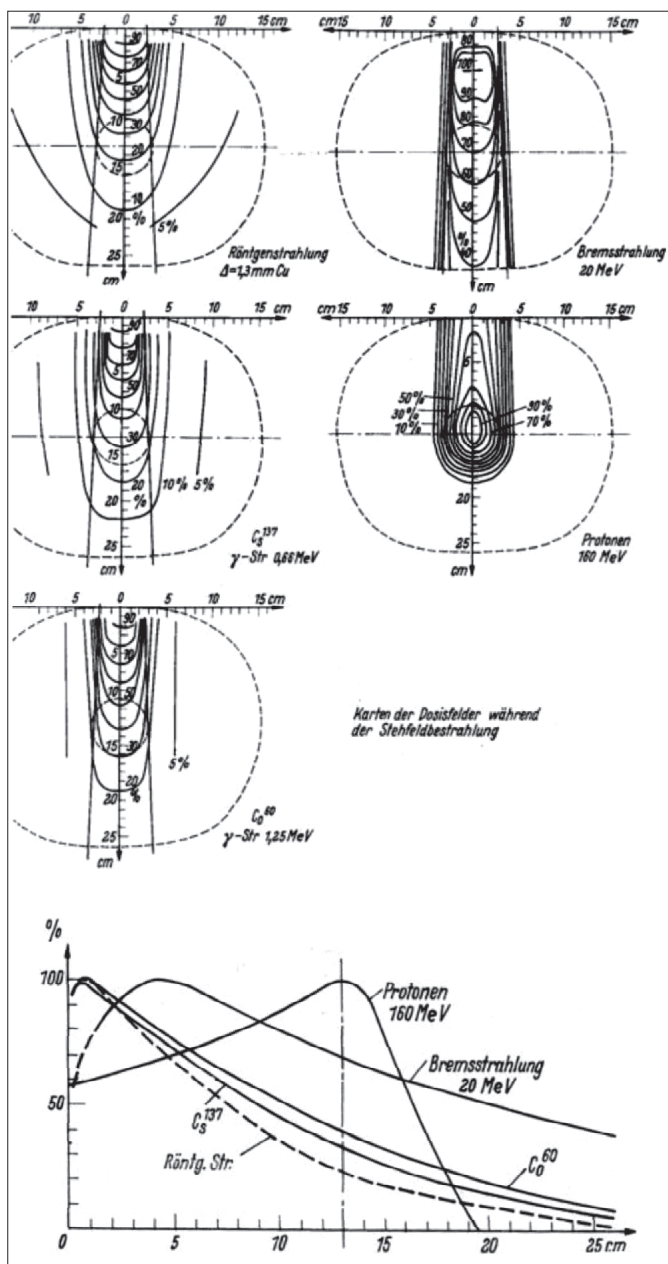


Рис. 13. Сравнительные дозиметрические характеристики при различных видах излучения, используемых в лучевой терапии

ансы облучения пациентов и лучевое лечение было проведено 84 пациентам [13, 14].

Работа была приостановлена в 1974 году при реконструкции синхротрона, но в то время под руководством О. В. Савченко шла

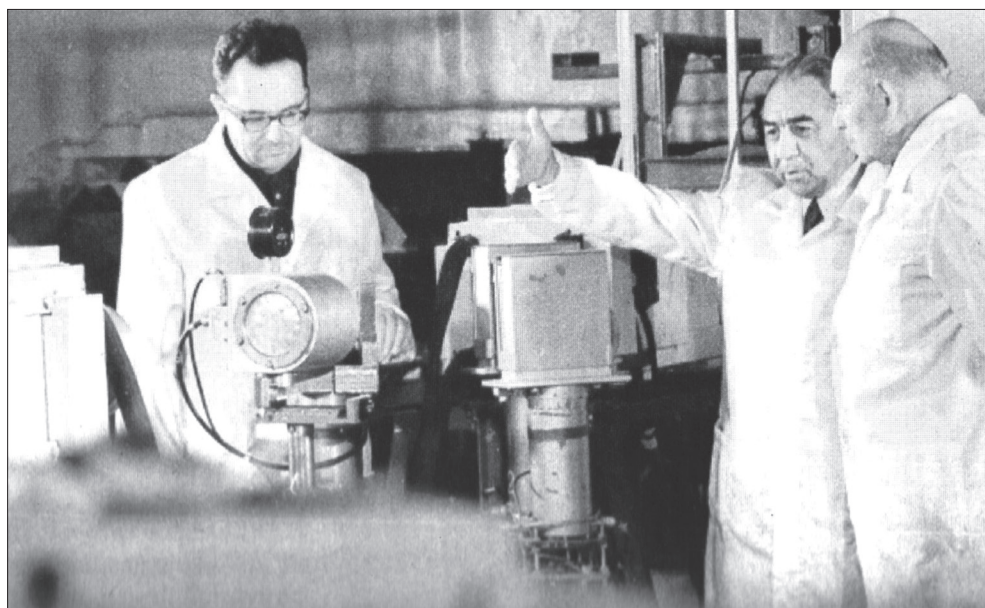


Рис. 14. В процедурной. О. В. Савченко, В. П. Джелепов, А. И. Рудерман



Рис. 15. Активные создатели медицинского пучка — коллектив механических мастерских производственно-технического отдела ЛЯП

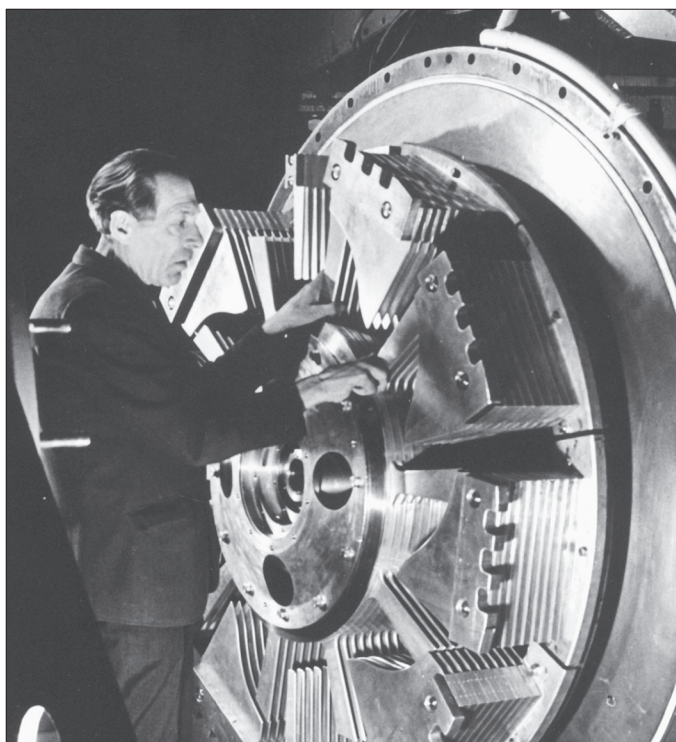


Рис. 16. Начальник производственно-технического отдела К. А. Байчер

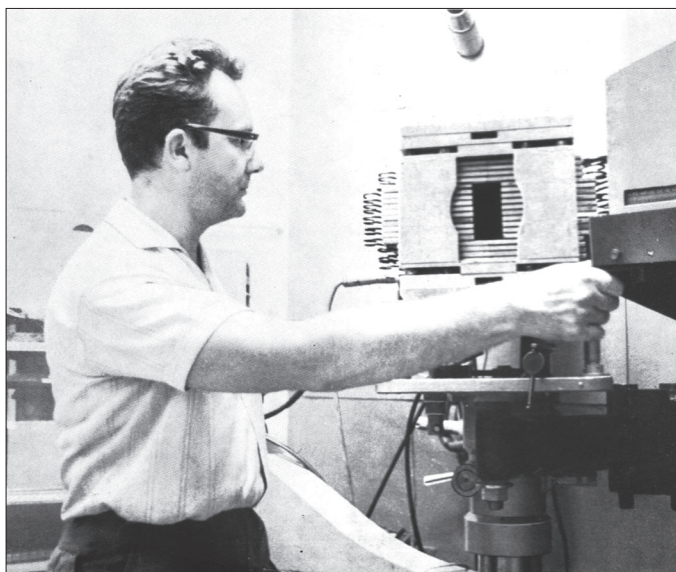


Рис. 17. Лидер создания медико-биологического комплекса О. В. Савченко



Рис. 18. Создатели и пользователи медико-биологического комплекса (справа налево) — А. И. Рудерман, Л. И. Лapidус, В. П. Джелепов, О. В. Савченко, М. Ш. Вайнберг, С. П. Ярмоненко



Рис. 19. Медаль ВДНХ СССР (1971) за создание медицинского протонного пучка на синхроциклотроне ОИЯИ

подготовка нового шестиканального комплекса, который был открыт в 1985 году (рис. 20). Описание этого и следующего Медико-технического комплекса выходит за рамки настоящей публикации. Краткий обзор этой успешной деятельности лаборатории вплоть до настоящего времени можно найти в [15].

В заключение имеет смысл напомнить, что новые возможности, появившиеся в лаборатории при создании протонного канала, были использованы и для физических исследований. Канал позволял собирать в 4-й лаборатории систему детекторов для регистрации частиц, генерируемых протонным пучком в мишени непосредственно вблизи ускорителя, там, где при медицинских сеансах располагается

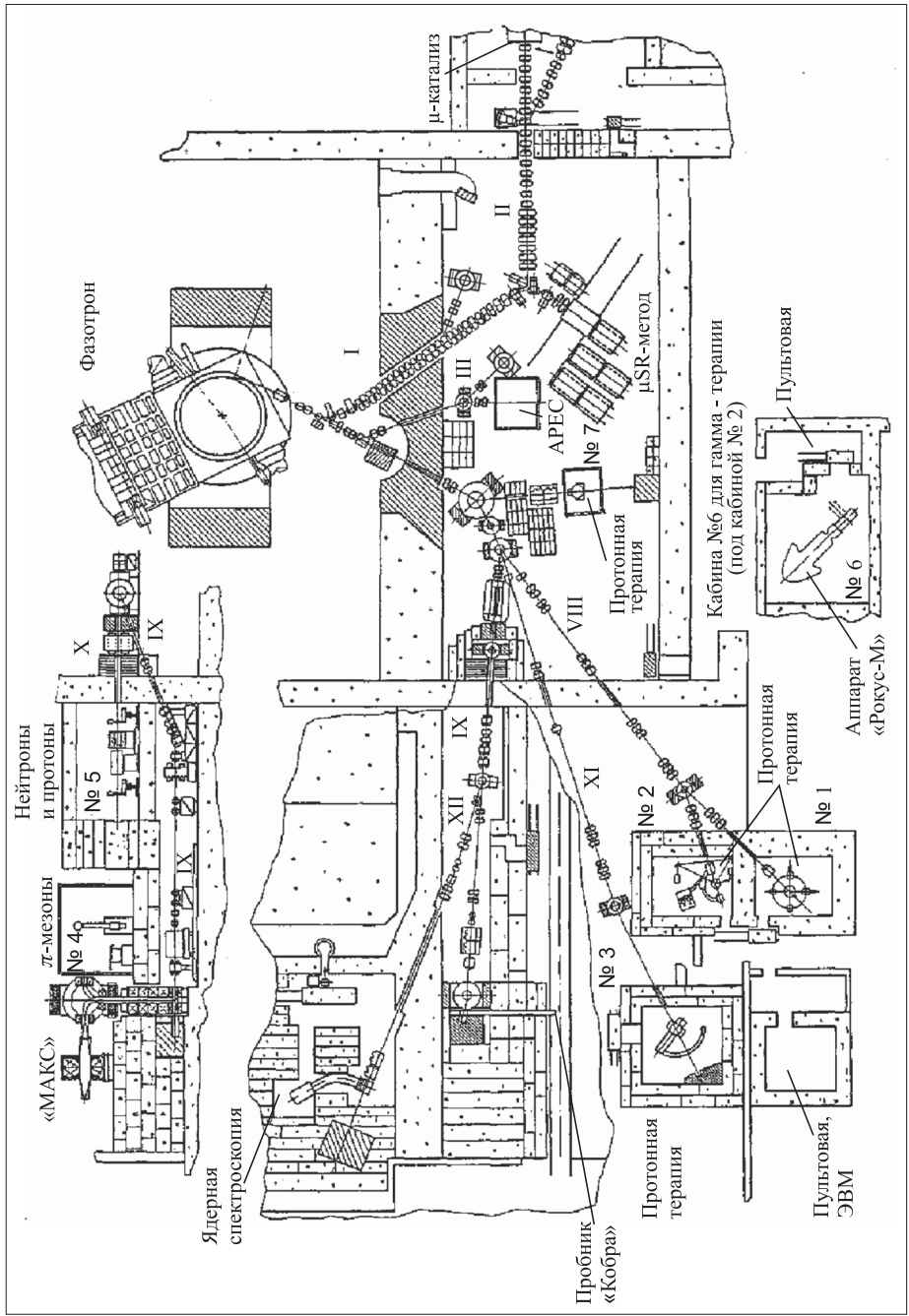


Рис. 20. Общая схема расположения шестиканального медико-биологического комплекса в 1985 году

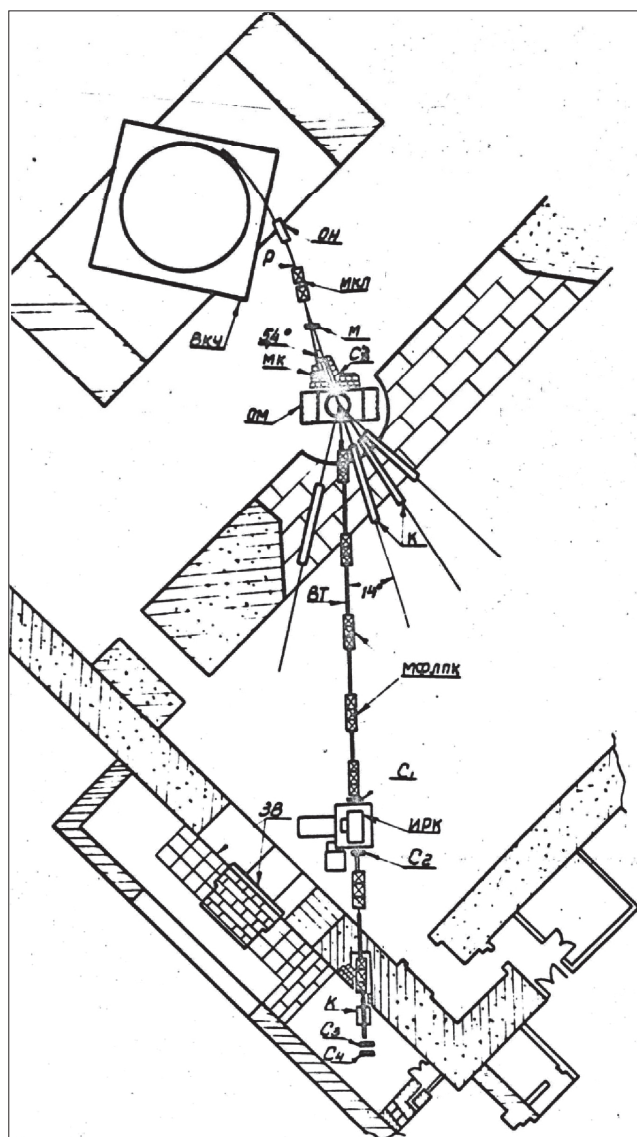


Рис. 21. Схема расположения детекторов для проведения физических экспериментов на протонном канале: С1–С4 — сцинтилляционные счетчики измерения полной энергии и удельных потерь энергии регистрируемых частиц; ИРК — изотропная разрядная камера, газоразрядная трековая камера для измерения координат треков частиц и их ионизирующей способности

замедлитель (рис. 21). Таким способом обеспечивалась эффективная регистрация частиц при их надежной идентификации и значительном подавлении фона, при высокой светимости в экспериментах. Это позволяло исследовать процессы с весьма низкими дифференциаль-

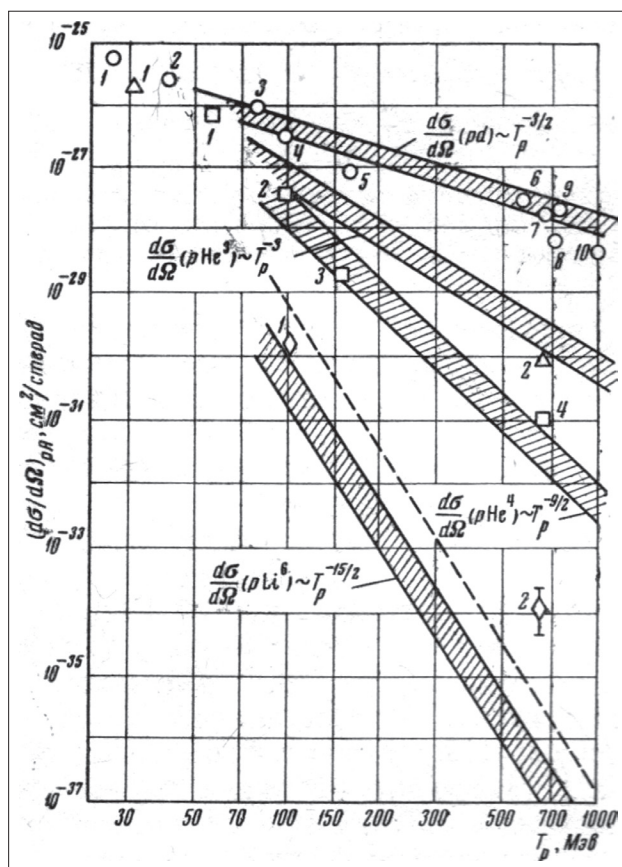


Рис.22. Энергетическая зависимость дифференциального сечения упругого рассеяния быстрых протонов назад. Измерения [19] группы ЛЯП на пучке медико-биологического комплекса:  $\Delta 2$  —  $p^3\text{He}$ ;  $\square 4$  —  $p^4\text{He}$ ;  $\diamond 2$  — верхняя граница сечения  $p^6\text{Li}$

ными сечениями вплоть до  $\sim 0,1$  нб/ср. Особый интерес в 1960–1970-х годах вызывало исследование упругого рассеяния быстрых протонов назад легкими ядрами и малонуклонными группами в ядрах. Этот интерес возник в связи с открытием группой М. Г. Мещерякова квазиупругого выбивания дейтронов протонами с энергией 675 МэВ [16]. Феномен был интерпретирован Д. И. Блохинцевым как проявление рассеяния частиц высокой энергии на флуктуациях плотности ядерного вещества, флуктонах [17]. Возникал интригующий вопрос о возможности существования более тяжелых, трех- и четырехнуклонных флуктонов. Чтобы ответить на него, надо было измерить сечения

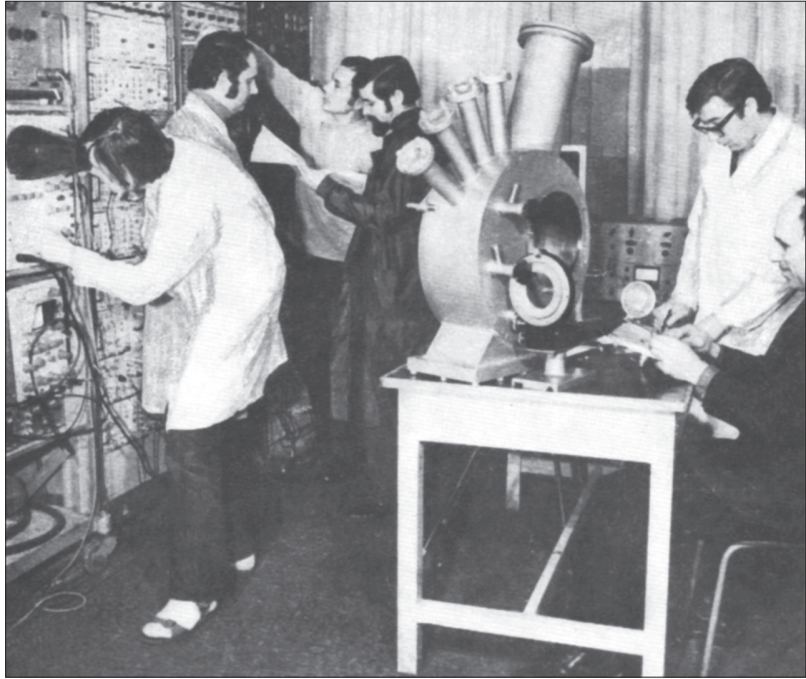


Рис.23. Экспериментаторы на сеансе физических измерений с использованием магнитного фокусирующего канала (слева направо): З. Теш, Т. Штиллер, В.И. Комаров, Г. Мотц, А. Г. Молоканов, Г. Е. Косарев

рассеяния назад протонов на ядрах  $^3\text{He}$  и  $^4\text{He}$ . Такое измерение было сделано В. И. Комаровым и О. В. Савченко в 1968 году с использованием протонного канала [18, 19] (рис. 22), за чем последовало открытие квазиупругого выбивания из ядер  $^3\text{He}$ - и  $^4\text{He}$ -фрагментов [20]. Целая серия экспериментов в этом направлении была затем проведена на канале группой физиков ЛЯП и немецких физиков [21] (рис. 23).

Подводя итог, можно сказать, что успешная работа, проведенная в высоком темпе при создании медико-биологического комплекса на синхроциклотроне ОИЯИ, и полвека спустя остается достойным примером научно-технической активности, обусловленной высокой мотивацией и четкой организацией работ.

Автор заранее приносит извинения сотрудникам, отделам и учреждениям, упоминание вклада которых, возможно, оказалось недостаточным либо упущенным. Настоящая публикация обязана своим появлением В. А. Беднякову, проявившему интерес к истокам медико-биологических исследований в Лаборатории ядерных проблем.



## Список литературы

1. *Wilson R. R.* Radiobiological Use of Fast Protons // *Radiology*. 1948. V.41. P.481.
2. *Рудерман А. И.* Начало протонной терапии в СССР // *Воспоминания о И. Я. Померанчуке*. М.: Наука, 1988. С. 181.
3. *Василевский И. М., Комаров В. И., Савченко О. В.* Формирование пучка протонов с энергией 100 ÷ 200 МэВ для изучения возможности использования протонов в лучевой терапии онкологических больных и предварительные результаты дозиметрии. Препринт ОИЯИ Б1-2749. Дубна, 1966.
4. *Савченко О. В.* Проект экспериментально-клинического помещения и фокусирующего протонного канала в корпусе синхроциклотрона Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ для проведения медико-биологических исследований по теме «Изучение возможности использования протонных пучков в лучевой терапии онкологических больных». Препринт ОИЯИ Б1-2748. Дубна, 1966.
5. *Ланидус Л. И.* И. Я. Померанчук в Дубне, которая тогда так не называлась // *Воспоминания о И. Я. Померанчуке*. М.: Наука, 1988. С. 116.
6. *Джелепов В. П., Комаров В. И., Савченко О. В.* Создание возможностей для проведения на синхроциклотроне Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ исследований по лучевой терапии и другим медико-биологическим проблемам. Препринт ОИЯИ 16-3491. Дубна, 1967.
7. *Джелепов В. П., Комаров В. И., Савченко О. В.* Вывод протонного пучка синхроциклотрона с энергией 100–200 МэВ для медико-биологических исследований // *Медицинская радиология*. Т. 4. М., 1969. С. 54.
8. *Вайнберг М. Ш., Комаров В. И., Савченко О. В.* Сравнительные дозиметрические характеристики статического облучения для протонного пучка ЛЯП ОИЯИ и других используемых в лучевой терапии видов излучения // *Материалы Симпозиума по клинической дозиметрии*. Л., 1969. С. 27.
9. *Vainberg M. S., Komarov V. I., Savchenko O. V.* Ein Vergleich der dosimetrischen Charakteristika für das medizinische Protonenbündel des Laboratoriums für Kernprobleme des Vereinigten Kernforschungsinstituts (LJaP OIJaI) bei der Stehfeldbestrahlung und für Quantenstrahlungen // *Radiobiologia · Radiotherapia*. 1970. Bd. 11. S. 1.
10. *Борейко В. Ф., Бугарчев Б. Б., Вейнберг М. Ш., Валуев Ю. М., Джелепов В. П., Калинин А. И., Комаров В. И., Краснобородов Б. С., Савченко О. И., Стекольников И. П., Шаранов Б. Н.* Создание возможности для проведения на синхроциклотроне Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ исследований по лучевой терапии и другим медико-биологическим проблемам // *Радиационная медицина: Тез. докл. на Всесоюзн. науч.-техн. конф.* М.: Атомиздат, 1968.
11. *Блохин Н. Н., Гольдин Л. Л., Джелепов В. П., Рудерман А. И., Астрахан Б. В., Бугарчев Б. Б., Вайнберг М. Ш., Комаров В. И., Ломанов М. Ф., Ми-*

накова Е. И., Оносовский К. К., Савченко О. В., Хорошков В. С. Применение протонных пучков в СССР для медико-биологических целей // Proc. of Fourth United Nations International Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy. Geneva, 1971.

12. Abazov V. I., Astrakhan B. V., Blokhin N. N., Blokhin S. I., Bugarchov B. B., Dzhelepov V. P., Goldin L. L., Kiseleva V. N., Komarov V. I., Kleinbock Y. L., Khoroshkov V. S., Lomanov M. F., Minakova E. I., Molokanov A. G., Onosovsky K. K., Pavlonsky L. M., Ruderman A. I., Reshetnikov G. P., Salamov R. F., Shmakova N. L., Savchenko O. V., Stekolnikov V. P., Shimchuk G. G., Veinberg M. S., Vajnsou A. A., Yarmonenko S. P. JINR Commun. E-5854. Dubna, 1971.

13. Медицинский протонный пучок ЛЯП ОИЯИ / Под ред. В. П. Дзелепова и А. И. Рудермана. Сообщение ОИЯИ 7287. Дубна, 1973.

14. Дзелепов В. П., Абазов В. М., Комаров В. И., Кузьмин Е. С., Решетников Г. П., Савченко О. В., Череватенко Е. П., Рудерман А. И., Астрахан Б. В., Вайнберг М. Ш. Параметры медицинского протонного пучка Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ и исследования по его клиническому применению // Протонные пучки высоких энергий и лучевая терапия злокачественных опухолей. Дубна, 1975. С. 21.

15. На пучке первого ускорителя ОИЯИ // Дубна: наука, сотрудничество, прогресс. 2017. № 49.

16. Ажгирей Л. С., Взоров И. К., Зрелов В. П., Мещеряков М. Г., Неганов Б. С., Шабудин А. Ф. Выбивание дейтронов из ядер Li, Be, C и O протонами с энергией 675 МэВ // ЖЭТФ. 1957. Т. 33. С. 1185.

17. Блохинцев Д. И. О флуктуациях ядерного вещества // ЖЭТФ. 1957. Т. 33. С. 1295.

18. Комаров В. И., Савченко О. В. Упругое  $p\text{He}^4$  рассеяние назад при энергии протонов 665 МэВ. Препринт ОИЯИ P1-3720. Дубна, 1968.

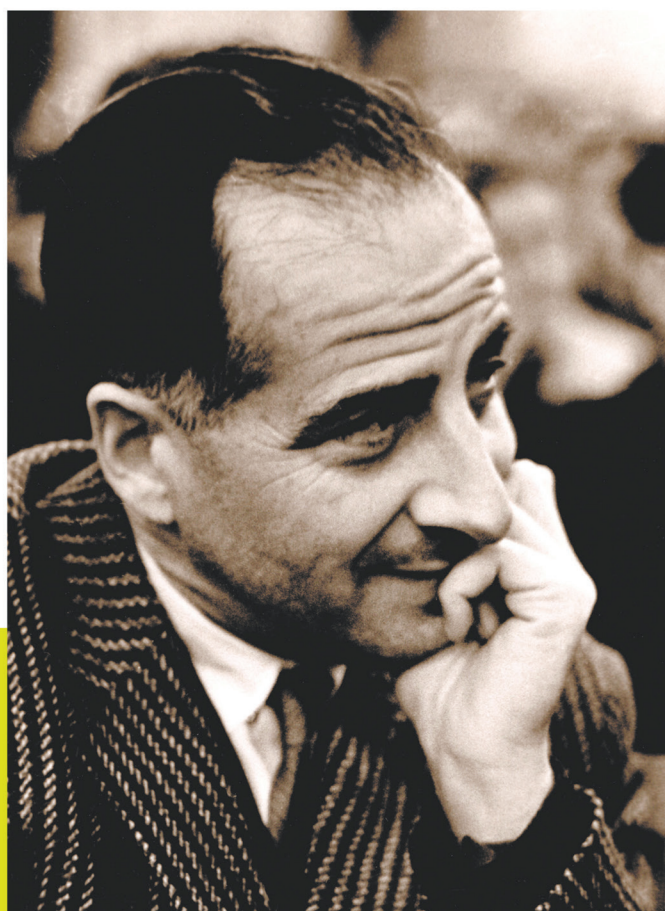
19. Комаров В. И., Савченко О. В. Упругое рассеяние быстрых протонов назад на легких ядрах // ЯФ. 1970. Т. 12. С. 1229.

20. Комаров В. И., Косарев Г. Е., Савченко О. В. Выбивание быстрых  $\text{He}^3$  и  $\text{He}^4$  фрагментов из легких ядер протонами с энергией 665 МэВ // ЯФ. 1970. Т. 11. С. 711.

21. Komarov V. I., Kosarev G. E., Kuzmin E. S., Molokanov A. G., Reshetnikov G. P., Savchenko O. V., Tesch S. Production of Fast Fragments by Bombarding Light Nuclei with Intermediate-Energy Protons // Nucl. Phys. A. 1976. V. 256. P. 362.

---

Препринт ОИЯИ P18-2018-29. Дубна, 2018.



**В. И. Комаров**

**К 110-летию  
со дня рождения  
Б. М. Понтекорво**

## К 110-летию со дня рождения Б. М. Понтекорво

---

Выдающиеся ученые остаются в памяти людей благодаря своим достижениям. Такие достижения сохраняются на века, и время не стирает их сияние. Но выдающиеся ученые были прежде всего людьми, и научные достижения делались не памятниками, а вполне живыми людьми. И даже много веков спустя остается загадкой, что же позволило этим колоссам подняться над океаном заурядных людей. Поэтому нам, молекулам этого океана, полезно представить как можно более достоверно, как же выглядели колоссы вблизи. Нельзя ли таким взглядом уловить что-то полезное для человека, активно живущего сегодня? А поскольку время безвозвратно стирает облик ушедшего человека, надо сохранять даже самые заурядные моменты общения с выдающимися людьми, не стесняясь тем, что вблизи них мы сами были не колоссами, а вполне рядовыми особями. Мне повезло общаться с Бруно Максимовичем Понтекорво в течение примерно тридцати лет, у меня сложился драгоценный для меня образ этого человека, и я был бы не прав, ничего не рассказав о встреченном мною выдающемся ученом как о личности. Я сознательно не буду говорить о нем как об ученом — об этом сказано невероятно много, и мои замечания уже ничего значительного не могли бы добавить. Лучше я вспомню Бруно таким, каким я сам его видел, хотя мои заметки и в этом ракурсе — тоже ничтожная капля в море уже сказанного.

Впервые я увидел Бруно Максимовича летом 1957 года. Я приехал в Дубну студентом физфака МГУ на преддипломную практику. В Москве бушевал Первый Всемирный фестиваль молодежи и студентов, но я заранее решил, что мне интереснее увидеть крупнейший в мире ускоритель заряженных частиц, чем иностранных студентов, и поспешил в Дубну. Я не знал тогда, что и физики высоких энергий предпочитают брать отпуск в разгар лета, так что появился в Лаборатории ядерных проблем, когда почти все ведущие физики были в отпусках и попасть на синхротрон было совсем непросто. Зато спортивная жизнь ОИЯИ кипела вокруг, и нас, дипломников, охотно знакомили с ходом соревнования между двумя основными лабораториями — ЛВЭ (Лаборатория высоких энергий) и ЛЯП (Лаборатория ядерных проблем). Жарким летним днем наши кураторы пригласи-

ли нас на стадион Института поболеть за футбольную команду ЛЯП. Мы расположились на дощатых трибунах стадиона и с интересом разглядывали спортсменов. Бросался в глаза спортивного вида мужчина среднего возраста, носивший на ногах гетры и вполне фирменного вида бутсы. В большинстве игроки были значительно моложе и били по мячу потрепанными баскетбольными кедами. «Обрати внимание, — подсказал мне Игорь Фаломкин. — Это наш начальник отдела Бруно Максимович Понтекорво. Он патриот нашей лаборатории и считает, что мы обязаны выиграть». Игра шла остро, и было видно, что Бруно, несомненно, более техничен, чем большинство игроков. Все же игра окончилась вничью, и каждая команда осталась убежденной в том, что их лаборатория сильнее: ЛЯП — потому, что их синхроциклотрон уже дал свои научные результаты на мировом уровне, а ЛВЭ — потому, что их синхрофазотрон вот-вот должен был вступить в строй с энергией примерно в 20 раз выше, чем в ЛЯП.

Вскоре мы узнали о Понтекорво как о руководителе дипломной работы одного из наших однокурсников. Не знаю, почему именно Станиславу Ячменеву повезло получить такого руководителя — в нашей среде он никак не выделялся способностями или усердием. Но тому он получил, на наш взгляд, завидную. Мы жили в одной комнате общежития и взаимно были в курсе всех трудностей и успехов. Успехи у Стаса получались совсем не с дипломной работой. Уже нашим первым летом дипломной практики он познакомился в электричке из Москвы с запрудненской девушкой и пришел в Дубну из Запрудни пешком к тому времени, когда мы садились за завтрак. Не удивительно, что летом 1958 года, когда почти все уже получили нужные для защиты данные, у Стаса ничего не было готово. Чтобы выйти из этой аварийной ситуации, Бруно Максимович дал дипломнику задачу измерить эффективность нового сцинтиллятора. Этот сцинтиллятор привез из-за границы в Москву знакомый «выездной» физик. Несколько граммов этой якобы рекордно сцинтиллирующей жидкости разделили на две части: одну — химикам для анализа, другую — дубненским экспериментаторам для измерения эффективности сцинтилляций. Стасу надо было приготовить маленький контейнер для установки на ФЭУ. Он склеил коробочку из тонких пластинок плекса. Получив время на ускорителе, Стас принес образец в корпус синхроциклотрона и направился через лабораторный зал первого корпуса, чтобы начать измерения. По дороге он запнулся на железных плитах зала и упал с коробочкой в руках. Она разбилась вдребезги, оросив

плиты драгоценной жидкостью. Ускорительное время не понадобилось. Узнав об этом, Бруно не прогнал злосчастного дипломника, а переформулировал тему диплома на безобидный обзор, потому что никакого времени для серьезной работы до защиты уже не было. Очевидно, только авторитет руководителя позволил принять этот «труд» к защите. Надо признать, что мы, остальные дипломники, получили большое впечатление от поступка Бруно Максимовича.

В первые годы работы в ОИЯИ я видел Бруно практически только на семинарах ЛЯП. Там докладывались новые результаты экспериментов на синхроциклотроне, и в аудитории не оставалось свободных мест. Бруно Максимович появлялся к началу доклада, входя в конференц-зал через дальнюю от докладчика дверь, и слушал оттуда, прислонившись к стене. Это место оставалось его излюбленной позицией все годы пребывания в ЛЯП. Когда я захожу теперь в конференц-зал, мне кажется, что я вижу силуэт Бруно на стене около этой двери. Бруно Максимович слушал докладчика очень внимательно, но, как правило, уходил почти сразу после доклада и части его обсуждения. Первое его выступление в качестве докладчика, которое я увидел, очень отличалось от привычного — он говорил очень коротко, довольно быстро, несмотря на свой тогда еще очень слабый русский язык, и оставлял впечатление человека, стеснявшегося отнимать время у слушателей. Его желание сэкономить наше время показалось мне сразу же необычным и совершенно излишним для человека с его научным авторитетом. Было досадно, что он так спе-



шит оставить нас наедине с нашими тривиальными и не имеющими какой-то цены мыслями. «Почему он так уверен в ценности нашего персонального времени? Стоит ли оно такой заботы?» — подумал я, впервые услышав его, и это ощущение не покидало меня и позже и всегда оставляло легкое недоумение. Позже я просто привык к тому, что Бруно Максимович относится к времени своих собеседников как к значительной ценности, которую никак нельзя рассеивать впустую. Досадно было и то, что он явно стеснялся качества своего русского языка. «Нам бы так заботиться о своем родном языке», — замечал я про себя, слыша, как наш замечательный итальянец извиняется за каждую свою незначительную оговорку на русском языке.

Бруно выступал на семинарах ЛЯП в 1950–1960-х годах неоднократно, так что семинар с обсуждением возможности осцилляций в пучках нейтрино не вызвал особенно острого интереса в Институте. У меня не сохранился журнал моего присутствия на семинарах с 1957 года, и я не помню деталей семинаров, на которых, в отличие от публикации, где рассматривались переходы между нейтрино и антинейтрино, обсуждались уже переходы между мюонными и электронными нейтрино, благо существование такой пары только что стало известным. Но вот свое впечатление от первой «осцилляционной» публикации я хорошо помню. Может быть, потому, что это происходило в короткий период моей работы, связанный с исследованием слабых взаимодействий. Чисто административным образом директор ЛЯП, принимая меня на работу в ОИЯИ в 1959 году, направил меня в группу В. С. Евсеева, изучавшего ядерный захват мюонов. Мне пришлось поневоле участвовать в эксперименте, которым одновременно с работой американских физиков было впервые показано несохранение четности в мюон-ядерном взаимодействии. Так что вопросы переходов с участием мюонных лептонов были уже знакомы мне. Просматривая публикации ОИЯИ, я обратил внимание на препринт Р-95 «Обратные бета-процессы и несохранение лептонного заряда» с авторством Б. Понтекорво. В тоненькой брошюрке большого формата, принятого тогда издательским отделом ОИЯИ, автор обсуждал возможность осцилляций интенсивности нейтринного пучка. «Странные же люди занимаются физикой, — подумал я. — Само существование этих нейтрино экспериментально показано всего в одном прямом эксперименте, настолько слабо взаимодействуют они с веществом, а уже возникло желание увидеть осцилляции между этими частицами ничтожной интенсивности взаимодействия.

Может быть, лучше было бы видимое в бета-распаде несохранение импульса, интерпретированное как испускание нейтрино, изучить более убедительно, чем фантазировать об осцилляциях этого подозрительного объекта». Конечно, я предпочел думать это сугубо про себя. Вот уж типичная реакция начинающего научного сотрудника! Однако, наверное, не я один не сумел оценить свежесть и смелость этой идеи Понтекорво. Во всяком случае, активного обсуждения ее я не припомню, настолько неактуальной казалась она, а возможная экспериментальная проверка вовсе выглядела фантастично.

Лично познакомился я с Бруно Максимовичем заметно позже, в 1964 году, когда он посетил очередной семинар ЛЯП и подошел к доске семинаров, где меня в это время расспрашивали о деталях только что доложенной мною работы. Речь шла о треках заряженных частиц, зарегистрированных О. В. Савченко и мной в условиях начальной стадии размножения первичной ионизации. Дело происходило в то время, когда только что появились первые наблюдения стримерных треков. Наша работа предшествовала этому, но была принята в печать начальником издательского отдела М. М. Лебедеко с большой задержкой, вызванной его осторожностью по отношению к новым результатам и явным отсутствием интереса к приоритету Института. Кончилось это тем, что на соответствующую государственную премию нас никто и не выдвинул, в отличие от авторов, наблюдавших стримерные треки. К обсуждению методической работы Бруно Максимович присоединился здесь вопреки своему обыкновению. Он одобрил нашу работу и сказал, что сам некогда занимался проблемой регистрации заряженных частиц в газоразрядных счетчиках. Несколько смущенно он добавил, что эти его работы практически никто не вспоминает, хотя в них ему удалось одному из первых зарегистрировать частицы на уровне пропорционального размножения первичной ионизации. Он заметил, что, конечно, авторы доклада продвинулись вперед в этом вопросе — перешли от счетчика к трековому прибору.

Вообще Бруно был очень экономен и аккуратен в научных дебатах. Мне вспоминается довольно редкий случай его негативной реакции при обсуждении научного результата. Инцидент произошел на защите диссертации В. С. Евсеева по поводу заявленного им обнаружения линейчатой структуры нейтронных спектров при захвате мюонов сложными ядрами. Диссертант претендовал на докторскую степень, но это крайне не понравилось одному из авторитетных сотрудников



ЛЯП О. А. Займидороге. У него давно были напряженные отношения с Евсеевым, и здесь он вполне разрядился от этого напряжения. Он прямо указал на вопиющую неубедительность полученных данных, поскольку диссертант имел в своих экспериментах только интегральные спектры протонов отдачи при упругом рассеянии нейтронов, а получить из них дифференциальные спектры исходных нейтронов крайне трудно. В результате, полученные диссертантом линии нейтронных спектров совершенно недостоверны. Неизвестно, сумел бы Займидорога убедить членов ученого совета в своей правоте, если бы Бруно не взял слово. Он очень коротко, но спокойно присоединился к мнению Займидороги о линиях в нейтронных спектрах, но, тем не менее, подчеркнул значимость других результатов диссертации. Ведь кроме «обнаружения» линий в спектрах нейтронов Евсеев вполне достоверно наблюдал эффект несохранения четности в изученной реакции захвата мюонов. А результаты такого уровня достигаются нечасто. Резюмируя, Бруно предложил принять работу в качестве диссертации на степень кандидата физ.-мат. наук. Выступление Бруно закрыло дальнейшие дебаты, и Евсееву была уверенно присуждена кандидатская степень.

Мои научные интересы были далеки от интересов Бруно, так что значительно заинтересовать его результатами своих экспериментов я не мог. Тем не менее он неоднократно положительно отзывался о них. Для меня было исключительно важно, что он поддержал мою интерпретацию результатов поиска прямого выбивания протонной пары из ядер протонами в кинематике сугубо коллективного взаимодействия. В то время взаимодействия такого типа, названные позже кумулятивными, находились в центре внимания больших научных коллективов, и мне было непросто отстаивать свой взгляд на проблему. Приходилось конкурировать с активными группами, руководимыми директором ЛВЭ А. М. Балдиным, с коллективом Г. А. Лексина в ИТЭФ и др. Но, как мне казалось, Бруно Максимовичу импонировало именно это мое противостояние, как проявление вполне независимой концепции, и это меня воодушевляло. Удалось, совместно с немецким физиком Х. Мюллером, довести концепцию до уровня феноменологической модели, названной моделью возбуждаемых кластеров, и Бруно Максимович неоднократно поддерживал получение мною докторской степени за упомянутые работы. По-видимому, интерес к ядерным реакциям всегда сохранялся у Бруно, несмотря на могучее увлечение нейтринной физикой. Эпохальные достижения



Бруно в этой области не должны полностью затенять для нас весь спектр его достижений. Они образуют единый научно-человеческий монумент.

Бруно Максимович удивлял нас в лаборатории своей личной скромностью и невзыскательностью. Почти все время своей работы в ЛЯП он занимал должность начальника научного отдела и работал в небольшом кабинете недалеко от директорского. При этом у него не было сотрудника в должности секретаря начальника отдела. Административно-технические вопросы находились в ведении заместителя начальника отдела, а вопросы подготовки научных статей и общения с большим количеством научных коллег в Институте и за его пределами требовали достаточно квалифицированной помощи компетентного сотрудника. К тому же надо было хорошо понимать далеко не совершенный русский язык Бруно Максимовича. Поэтому он не вводил у себя должность секретаря. Решение этой проблемы возникло в 1956 году, когда на должность секретаря директора лаборатории была принята Ирина Григорьевна Покровская. Выяснилось, что ее участие в подготовке статей на русском языке вполне устраивало Бруно, и его статьи неизменно принимались требовательными редакциями научных журналов без каких-либо критических замечаний. Друзья Бруно, московские теоретики, зная уровень его русского



языка, в течение многих лет предполагали помощь молодого способного физика, не подозревая, что физическое образование помощника Бруно состояло в курсе физики средней школы. Природной сообразительности и гуманитарного высшего образования оказалось достаточно. Трудность состояла в другом — в высокой загруженности Ирины Григорьевны обязанностями секретаря директора лаборатории. В результате Бруно Максимовичу приходилось работать над очередной статьей, сидя рядом с секретарем директора в его приемной в промежутки времени, не занятые у Ирины Григорьевны телефонными звонками и делами сотрудников, ждавших приема у директора. Поскольку таких промежутков было мало, приходилось работать над статьей и после 18 часов, когда ослабевал поток звонков и сотрудников, стремившихся на прием. Несмотря на столь неблагоприятные условия работы, Бруно Максимович всегда оставался внешне спокойным и невозмутимым. Директор нашей лаборатории Венедикт Петрович Джелепов понимал трудность ситуации и пытался хоть как-то улучшить ее — он обращался в администрацию Института с просьбой дать Ирине Григорьевне по совместительству должность секретаря академика. Сейчас трудно понять отказ администрации со ссылкой на то, что академики, работавшие в других лабораториях Института, не имели академических секретарей. Надо вспомнить, что такие академики, в отличие от Понтекорво, были директорами

лабораторий. Так или иначе, но многие работы Понтекорво были написаны в приемной директора ЛЯП.

В начале 1970-х годов в моих отношениях с Бруно Максимовичем появился новый элемент. В это время моей супругой стала несравненная Ирина Григорьевна Покровская, которая еще с 1950-х годов была в самых теплых дружеских отношениях с семьей Понтекорво. Естественно, она привлекла и меня к этой дружбе, ставшей частью нашей жизни. Вспоминая то время, я удивляюсь, насколько просто и естественно произошло это для меня. Бруно Максимович ничем не подавлял и никак не преуменьшал меня. Это был человек, рядом с которым не надо было все время напрягать умственные способности, думая о том, как наилучшим образом подать себя. Надо было просто быть самим собой, следуя его замечательному примеру. Бруно Максимович остался в моей памяти человеком, с которым легко общаться: никаких двусмысленностей и зауми, но много дружелюбного внимания и желания помочь. Стоило ему услышать от Ирины Григорьевны о моем интересе к рисованию, как он сразу спросил меня, где же я достаю краски. В те времена это был естественный вопрос, поскольку на всю Москву было два-три магазина художественных материалов. Услышав, что скромные наборы акварельных красок можно купить в магазине школьных товаров, что я и делал, он предложил съездить в Москву: «У меня есть хорошо знакомые художники, имеющие доступ в профессиональные магазины». Через несколько дней мы катили на его «Волге» в Москву. Оказавшись в сказочном царстве художников, я, стараясь не задерживать Бруно, ринулся к полкам, и вскоре мы загрузили заметную часть багажника коробками масляных красок, кистей, растворителей и т. п. Бруно Максимович добродушно подтрунивал над моей жадностью, а я оправдывался тем, что полезно, на всякий случай, иметь запас на будущее. У меня, наверное, голова закружилась от приобретенного изобилия, потому что в ней не возник вопрос, а на чем я буду использовать это богатство, — я не купил ни картонов, ни холстов. В результате, когда в ближайшее воскресенье поехали на Валдай двумя машинами — Володя Флягин с Диной и Ирина со мной, выяснилось, что делать эскизы я могу только на негрунтованных крышках почтовых ящиков. Володя сочувственно рассматривал мои первые опыты с масляными красками: «В яркости красок ты следуешь Рокуэллу Кенту», а Бруно Максимович тоже весело иронизировал, увидев вскоре в Дубне мою валдайскую продукцию: «Мои друзья — известные художники, но наверняка они не

знают, что почтовые ящики могут быть так полезны в их работе. Едем в худмаг еще раз — запасетесь и сможете расходувать ваше красочное изобилие».

И совсем исключительно важной для меня и Ирины оказалась помощь Бруно при освоении азов автомобильного вождения. Мы проходили автокурсы в левобережной части города, в школе, распорядившейся только одним потрепанным тяжелым грузовиком. Практиковаться и на нем доставалось мало, но мы все же приобрели опыт вождения грузовиков с двойной «перегазовкой». Когда мы делились впечатлениями с Бруно Максимовичем, было довольно весело рассказывать, как, например, Ирина Григорьевна сдавала экзамен на выезд из ворот задним ходом. Делать это приходилось, открыв дверцу и став на ступеньку грузовика, при этом рулить, глядя через плечо назад и не забывая о «перегазовке», чтобы двигатель не заглох. После успешной сдачи экзамена на автокурсах надо было наконец осваивать наш новенький вазовский «фиат» (с маркой «Лада»). Лучшего, чем Бруно Максимович, инструктора по автовождению невозможно представить, особенно в сравнении со старым шофером, нашим учителем в автошколе. Мы рассказывали, как тот любил, поучая нас, приговаривать: «Не зевай по сторонам, но смотри и на лампочки на панельке, это тебе не кампутер, лампочки не мигают, но сразу объясняют, что к чему». Бруно был спокоен и терпелив, так что мы не раз объездили с ним всю Дубну с окрестностями, прежде чем решились на полную самостоятельность. Вскоре он стал присоединяться к нам на своей «Волге», когда мы вошли во вкус поездок выходного дня по всему Подмосковию.

Как исконные провинциалы, мы поначалу долго не рисковали соваться в Москву. Бруно Максимович посмеивался над моей сверхосторожностью и сказал, что ее надо преодолевать практикой: «Отвезите для начала меня в Москву». Ехали спокойно. Начиная со въезда в Москву, Бруно подсказывал мне, на что обращать внимание. Раза два я не вовремя трогался или останавливался на знак светофора, но обошлось. Так мы без эксцессов добрались до центра, проехали между Александровским садом и Манежем и повернули влево на Моховую. И здесь, у фасада Манежа, я, подняв глаза, увидел вверху громадными буквами написанное «СТОП». Разумеется, я резко остановился. «Что вы делаете?! Здесь нельзя останавливаться!» Я судорожно дернул машину вперед, и мы проскочили мимо зазевавшегося постового. Фасады старых зданий Московского университета и по-



ворот направо, на Горького. В самом начале улицы мы останавливаемся около дома, где находилась квартира Понтекорво. Я вытираю пот со лба. «Спасибо, приехали, — говорит Бруно. — Нам повезло, постовой не остановил нас у Манежа. А то, видите ли, меня здесь все ближайшие гаишники знают как постоянного нарушителя правил, а тут еще и нового нарушителя привез обучать».

Однажды мы договорились двумя машинами съездить в Ленинград, там летом проводился очередной симпозиум по ядерной физике. Ехали не спеша, с ночевкой на полпути в палатках. В те времена автокемпингов практически не было, так что можно было спокойно провести ночное время «на лоне природы». Погода была прекрасная, и мы получили большое удовольствие, сидя вечером у костра, а утром ободряясь чаем. После такой ночевки большой зал какого-то студенческого общежития, в котором поселили меня с Ириной Григорьевной, был нам совсем не в радость. Но и не в огорчение — благо можно было сколько угодно наслаждаться прогулками в петербургских белых ночах. Бруно Максимович, зайдя за нами вечером, удивился не одному десятку железных коек с пружинами в нашем зале и сказал, что просто обязан похвалиться своим ночлегом: «Его стоит специально посмотреть, потому что гостиница Дома ученых располагается в исторически известном дворце. Можно посмотреть, как

спали российские придворные». Мы приехали в ленинградский Дом ученых, и Бруно провел нас в свой трехкомнатный номер. Спальной была большая, но уютная комната с высоченным потолком и громадным альковом, окруженным мраморными статуэтками, коврами и фарфоровыми вазами. Спать предполагалось на вершине из пуховых перин. «Да, — сказал Бруно Максимович, — придворные люди раньше понимали, а крупные ученые понимают сейчас, как создавать уют в постелях».

Бруно в наших разговорах нередко восхищался Крымом, говоря, что его Южный берег никак не уступает знаменитым средиземноморским ривьерам. Не удивительно, что мы не раз встречались в Крыму и разъезжали на своих автомобилях по любимым местам. Большинство из них было в гористой местности, вплоть до серпантинов. И здесь я заметил одну необычность в стиле автовождения Бруно: он время от времени срезал левые повороты, оказываясь на встречной полосе движения. Когда я сказал ему об этом, он даже удивился: «Зачем же я буду удлинять путь, если впереди, даже далеко, нет встречной?» — «Можно ее и не заметить». — «Это очень маловероятно». — «Да. Но и МЮ-Е-ГАММА тоже очень маловероятен, но Вы же его ищете». Бруно рассмеялся: «У нас с вами разное представление о маловероятности».

Ирина познакомила Бруно Максимовича со своей мамой, Евгенией Афанасьевной Поликарповой, которая одиноко жила в маленьком доме на Севастопольском шоссе Кореиза. Сама Ирина Григорьевна провела в этом доме часть детства и юность и, принимая гостя, не могла не рассказать о проведенных в нем годах войны. В сентябре 1941 года здесь прощались с Григорием Георгиевичем Поликарповым, уходившим добровольцем на фронт, несмотря на непризывной возраст. Вскоре в Кореиз вошли немцы, и лишь весной 1944 года семья Поликарповых узнала, что он пропал в боях без вести. Нам было неизвестно тогда, что Г. Г. Поликарпов погиб около Керчи уже в октябре 1941 года. Посетив Кореиз, было невозможно не заехать в соседнюю Алупку, где Ирина подвела нас в центре города к дереву, вблизи которого она стояла осенним днем 1941 года, когда новые хозяева приводили в исполнение смертный приговор повешением двум местным школьникам, обвиненным в содействии партизанам.

Разумеется, в наших совместных с Бруно поездках по Крыму мы посетили и научные учреждения физического профиля. Проехав по Севастопольскому шоссе за Симеиз, мы остановились на берегу

Голубого залива, где располагался филиал Московского геофизического института. Здесь для исследования физики волн был построен внушительных размеров ангар с водным каналом, напоминавшим по форме типичные камеры синхротронов. Могучие вентиляторы создавали вдоль канала ветер ураганной силы, генерируя в канале волны. Сотрудники института продемонстрировали нам несколько режимов действия установки. Зрелище было внушительным, и, побеседовав с доброжелательными сотрудниками, мы удовлетворенно покинули установку. По дороге к своим машинам мы с энтузиазмом обсуждали стоимость этой дорогой установки, но относительно ее эффективности сошлись на том, что она вряд ли может с нужной точностью воспроизводить естественный процесс генерации морских волн ввиду слишком большого различия граничных условий. Поэтому между собой мы присвоили установке по аналогии с синхротронами и циклотронами название «сельдетрон».

Более содержательным был визит в Крымскую астрофизическую обсерваторию. Это было серьезное научное учреждение с несколькими телескопами и лабораториями. Полукилометровая высота над уровнем моря и защищенность от ветра и пыли лесным массивом при удаленности от населенных пунктов обеспечивали обсерваторию отличными условиями для научной работы. Дирекция обсерватории была приятно удивлена визитом ученого с мировым именем и познакомила Бруно с приборами и сотрудниками института. Были обеспечены квалифицированные гиды. Мне запомнилось, с каким уважением Бруно Максимович слушал целую лекцию ведущей сотрудницы отдела солнечной астрономии. Она была увлечена рассказом о физике Солнца, не избегая и популярной информации и не подозревая, что ее слушает человек, знающий о природе Солнца в определенных вопросах во многом больше, чем знает она сама. Конечно, она поняла это, хотя и с запозданием, когда Бруно стал расспрашивать ее о деталях ее собственных исследований Солнца. Дальнейший разговор носил характер дискуссии двух увлеченных своим делом специалистов.

Нас устроили в очень удобной и стерильно чистой гостинице. После ужина в институтской столовой мы вышли для прогулки, которая проходила как в дремучем лесу. Дорожки были первоклассные, но абсолютно темные. Мы в первые минуты даже не осознали особенность этой местности — здесь совершенно отсутствовали какие-либо источники света, как рядом, так и вдали. «Это наша специфи-



ка», — шутили сотрудники, когда мы наутро вспомнили о прогулке в темноте.

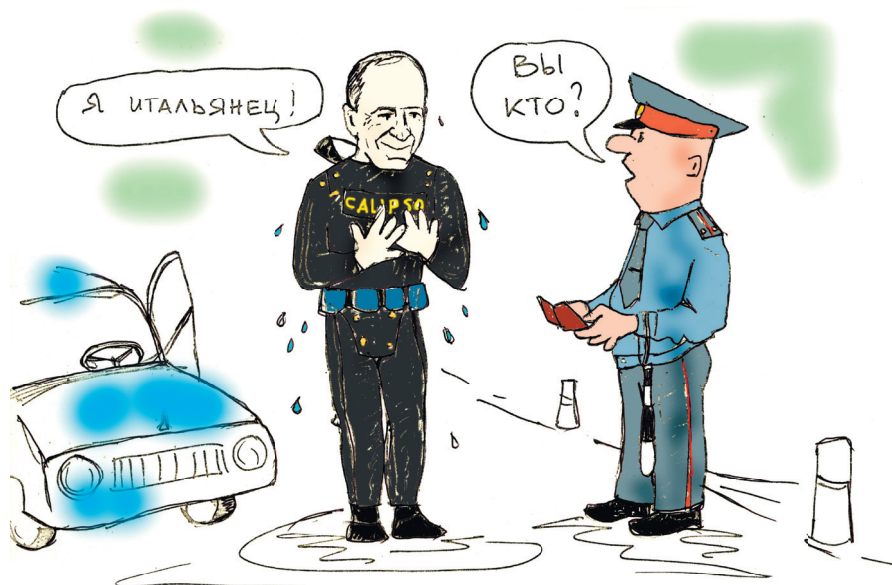
К Голубому заливу мы приехали еще раз уже в конце одной из крымских поездок. Нам расхвалили это место как райское для подводных охотников. Но была уже довольно прохладная осенняя погода, и температура воды сильно снизилась. Все же надо было лезть в воду, говорят же, что охота пуще неволи. Оставалось надеяться, что спасут гидрокостюмы «калипсо». Бруно, как азартный поклонник подводной охоты, имел с собой целый арсенал снаряжения, среди которого нашелся и «калипсо» моего размера. Мы облачились в гидрокостюмы, вооружились ружьями, масками и дыхательными трубками и пошли на погружение в холодную воду. Первое ощущение не из приятных, но вскоре вода в костюме прогревается и становится вполне комфортно. К сожалению, ожидаемого изобилия «дичи» не оказалось. По-видимому, недавний шторм сделал воду слишком мутной, так что не менее получаса блужданий под водой увенчалось лишь не-



сколькими мелкими скумбриями. Лязгая зубами на ветру, мы все же вскипятили чай на газовой плитке и утешали себя планами, что на следующий год приедем сюда в хорошую погоду.

В этом году хорошая охота у нас уже получилась на Тарханкуте. Там нам повезло: и погода была отличной, и рыба была в изобилии. Мы радовались, что незадолго до поездки «открыли» для себя это место: кто-то вблизи Симеиза посочувствовал нам с нашей небогатой добычей, сказав: «Да-а, это вам не Тарханкут». Услышанное запало в сознание, и мы сели за карту. Действительно, место скалистое, пустынное — стоит его разведать, поехав туда. Правда, от ближайшего шоссе далековато, но дорога, проселочная, обозначена. Едем. Проселочная дорога привела нас почти к морю, но уже вблизи берега остановил «кирпич» на невзрачном шлагбауме. Вышли из машин, ощупали ногами объезд метрах в двадцати и проехали осторожно по булыжникам и полыни. Дальше та же, еще более запущенная дорога привела нас к скалистому берегу. Бруно осторожно вел «Волгу» между камнями и впадинами, а наша «Лада» следовала за ним, как маленькая лодка за крейсером. Придирчиво разглядывали берег, пока не увидели то, что надо, — микробухточку между скалами и достаточно ровную площадку вблизи. Машины встали вдоль берега нос к носу, рядом уместились две палатки, и через несколько минут мы уже сидели за завтраком. Неожиданно послышались голоса — к нам по камням добиралась тройка ребят, мальчишек лет по 12–15. Они вежливо поздоровались и спросили, не помешают ли нам своей подводной охотой. Бруно легко разговорился с ними, и выяснилось, что они коренные одесситы и заядлые подводники. Это было видно и по их снаряжению. Бруно спросил, почему они так задержались сегодня с охотой. «Шли от поселка, но дело не в этом, а в том, что кефаль надо брать в 12 часов пополудни». Бруно был очень впечатлен таким профессиональным знанием и подходом к делу, так что у нас установились очень дружеские и деловые отношения. Вода была прозрачной и легко волновала подвижные полотна водорослей. Рыбы было действительно много, нас посетила даже кефальная свадьба — в воде возник вращавшийся рыбий кокон трехметрового размера. Крупную невесту едва было видно за десятками суетливых поклонников. Всплыв на поверхность воды, мы поделились впечатлением и досадой от того, что такое множество рыбы не вызывает даже мысли стрелять в нее. Вернулись к погоне за отдельными особями, только когда свадьба удалилась от нас.

Добыча была хорошей, мы увлеклись и погружались в море еще и после обеда. Так что развели маленький костерок из сушняка, когда уже начало темнеть. После ужина мы мирно беседовали за чаем, когда вдруг в полной темноте напротив нас беззвучно возникли, освещенные нашим костром, три лица под капюшонами. «Ваши документы!» Только теперь мы разглядели маскхалаты и автоматы наперевес. Молча полезли в палатки за документами. Старший внимательно разглядел паспорт Ирины и мой. «А в чем, собственно, дело?» — спросил я. «Находиться здесь после десяти вечера запрещено. Вам придется доночевать уже на нашей заставе». И тут его голос дрогнул — он взял в руки третий документ. После минутного молчания он показал его своим спутникам. Они так же молча рассмотрели его. После этого старший передал Ирине и мне наши паспорта, а третий документ как-то смущенно вернул Бруно. Откозырнул, и все трое исчезли в темноте так же быстро и бесшумно, как появились. «Что за волшебный документ у Вас?» Бруно рассмеялся, передавая его мне. На темно-красной обложке книжицы крупные буквы золотой краски гласили: «Почетный пограничник СССР». — «У меня уже была похожая встреча на берегу Тихого океана около Владивостока. Вы бы видели, как радовались патрульные, когда выловили в воде человека



Шарж Михаила Биленького

в заграничном подводном снаряжении и с лицом иностранца. На заставе тоже взволновались, пока разбирались, кого задержали. Потом у нас установились дружеские отношения — мы не раз погружались вместе, но уже там, где охота за крабами самая лучшая. И на прощание мне торжественно вручили это удостоверение».

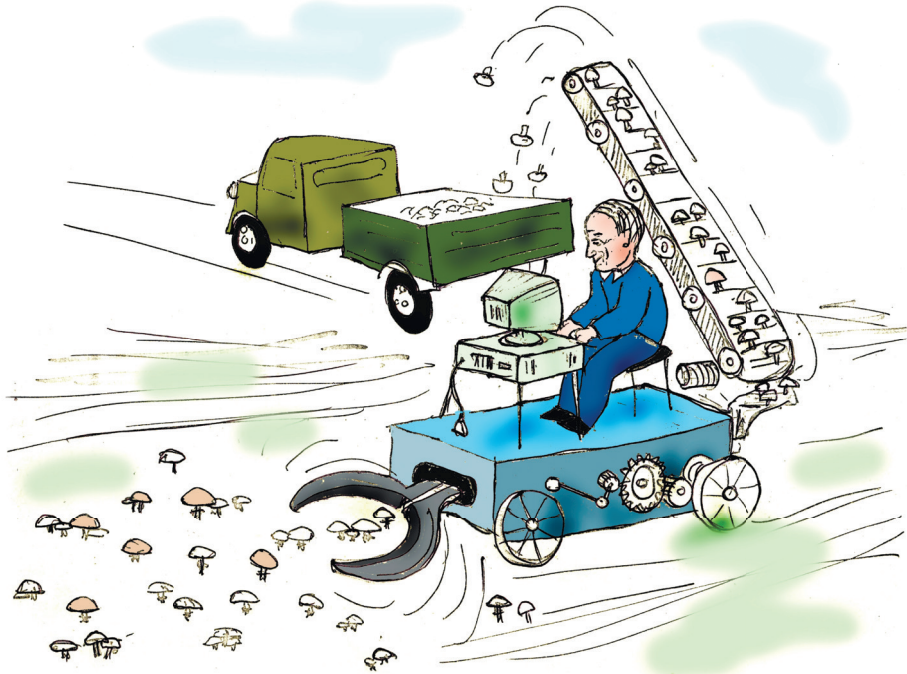
В Дубне мы тоже не раз ездили по округе в поисках мест, подходящих для рыбной охоты. Теперь уже всех поездок и не вспомнить. Запомнилась поездка, начавшаяся с визита в Кашин. Этот старый русский городок стоит на заметной речке с чистой прозрачной водой, но она оказалась неглубокой и порядочно заросшей. Утешение мы получили только от прогулки по старым торговым рядам в центре города, где было в изобилии своеобразной примитивной керамики. Приобрели матрешек и петушков для подарков друзьям в Дубне и Москве. Но более сильное впечатление мы получили от примечательных старых православных храмов. Бруно с большим интересом осматривал иконы, комментируя их разительное отличие от католических икон в малых итальянских городах. Сходство просматривалось только со старой итальянской живописью византийского стиля.

Проехав к Волге, мы переправились паромом и вскоре остановились в Калязине напротив знаменитой колокольни, стоящей в воде далеко от берега. Городская улица круто спускалась здесь с центральной площади, как бы намереваясь нырнуть в реку к колокольне. Это был печальный памятник эпохи индустриализации. Переночевали в неуютной городской гостинице, типичном явлении советских времен с неизбежным туалетом в коридоре. Запомнилась гостиница беспокойством, которое мы все трое испытывали, поглядывая в окно ночью: на месте ли шикарный багажник на крыше «Волги». Бруно был всегда совершенно равнодушен к рядовым удобствам и покупкам, но определенно ценил полезные вещи нового времени, такие как качественные ласты, багажники на крыше авто или кассетные магнитофоны для автомашин. Новый багажник на «Волге» был полон походным снаряжением, но не имел замка. Оставалось положиться на честность местного обывателя. Все обошлось, и мы утром удовлетворенно двинулись к реке Нерль. Река в устье оказалась глубокой, и подъезд к воде был удобным, но сама вода, к сожалению, была совершенно мутной. Вместо рыбной охоты нам оставалось использовать остаток выходного дня для экскурсии в ближайший замечательный город — Углич.

Вспоминаются, среди многих других, поездки в Переславль-Залесский и в самое Пошехонье, в Спас-Угол — родину М. Е. Салтыкова-Щедрина. Однажды мы с Бруно были на берегу р. Хотча вместе с Биленькими — Софьей, Милей и их сыном Мишей. Бруно Максимович с улыбкой наблюдал, как Миша настойчиво требовал у меня разъяснения того, как я добиваюсь на своих эскизах эффекта удаленности изображаемых объектов — Миша был очень инициативным и любознательным ребенком, ему было важно научное объяснение эффекта, в то время как мне и в голову не приходило анализировать этот процесс. Позже Миша не раз изображал дядю Бруно на своих юмористических эскизах. Когда подросла наша дочь Лада, мы всегда брали в поездки и ее. Она была общительным человеком и нередко вступала в беседы с Бруно Максимовичем. Ему нравилось удивлять ее, например, тем, что он умеет водить автомашину, не держась за руль. Надо было видеть ее изумление, когда он посадил ее в «Волге» за своим сидением и, подняв руки над рулем, вел машину, незаметно касаясь руля коленями.

Вообще, он любил шутить и разыгрывать своих друзей. Однажды мне довелось лететь с Бруно Максимовичем рейсом Москва–Ереван. Наши места были рядом. Тем же рейсом летел московский друг Бруно, Аркадий Мигдал, сидевший двумя рядами впереди через проход. Когда наступило время трапезы, Бруно наклонился к стюардессе и сказал тихо, что наш друг очень не любит мясные блюда и просил передать, чтобы ему мясо не приносили. Надо было видеть первую реакцию Аркадия, когда он обнаружил, что у всех соседей на подносах ароматный люля-кебаб, а у него только гарнир к нему. Но он не был бы выдающимся теоретиком, если бы быстро не сообразил, в чем дело. Стюардесса, извиняясь, принесла ему горячую часть блюда, и конец трапезы был веселым.

Другим излюбленным видом отдыха были прогулки по грибы. Собственно сбором обычных грибов Бруно не увлекался — поиск подберезовиков и даже белых представлялся ему скучноватым занятием, и он предпочитал, пока мы блуждали по лесу, слушать классическую музыку с магнитофона, сидя в машине. Высокое качество воспроизведения обеспечивала аудиосистема, установленная им в «Волге». Энтузиазм грибника у Бруно был специфическим — ему нравились только странного вида грибы, которые у нас считаются заведомо несъедобными. Он утверждал, что они точь-в-точь совпадают с излюбленным видом грибов в Италии. Длинные ножки белого



Шаржи Михаила Биленького



Шарж Михаила Биленького

цвета вызывали у нас устойчивый страх совпадением внешнего вида этих грибов с видом смертельно ядовитых белых поганок. Хорошо еще, что росли такие грибы, как и шампиньоны, только на торфе животного происхождения. Чтобы убедить нас в доброкачественности «итальянских» грибов, Бруно организовал нашу поездку вместе с семьей Биленьких к Талдому. Там, у въезда в город, располагался большой животноводческий совхоз, коровье стадо которого за многие годы покрыло торфом широкие выгоны. Вот где было изобилие шампиньонов, среди которых попадались и экзотические «итальянцы». В тот раз с нами поехала и супруга Бруно Максимовича Марианна — предполагалось опробовать грибной сбор, пожарив его после поездки дома, и она бралась сделать это. Всей компанией мы собрались в коттедже Понтекорво, и Бруно заверил нас, что кулинарный продукт не грозит нам гибелью, потому что каждую порцию он обязуется опробовать сперва сам, следуя средневековому обычаю на приемах у римских пап. Грибы оказались действительно очень вкусными. Жаль, что Ирина и я тогда так и не освоили их сбор самостоятельно.

В зимнее время мы увлекались лыжными прогулками, как и почти все население Дубны. Маршруты разнообразились и порою были до-

вольно длинными. В окрестностях Дубны — до Волдыни или вверх по р. Дубне до Юдино. Добирались и до яхромских мест с Парамоновым оврагом. Наверное, многое продвинулось в понимании нейтринных осцилляций во время интенсивных обсуждений Бруно Понтекорво и Самуила Биленького на лыжне. Разумеется, я не вмешивался в эти обсуждения в силу своей некомпетентности. Но бывали случаи, когда я пробовал заинтересовать Бруно своей проблемой возбуждения малонуклонных систем в ядрах. Однажды я слишком увлекся на лыжне попыткой объяснения механизма таких возбуждений, который был мне и самому еще не вполне ясен. При этом я хотел заодно показать, что импульсные спектры нуклонов в ядрах принципиально ограничены сверху. «Ну что это у вас все принцип неопределенности и принцип неопределенности, а что более конкретно за ним?» — прервал меня Бруно, потеряв терпение. Мне тогда не удалось ясно выразить простую мысль, что физические понятия на границе их применимости теряют определенность.

В конце 1980-х здоровье Бруно резко ухудшилось. В это же время он получил возможность выезжать за рубеж и довольно часто пользовался этим. Наша страна тогда тоже серьезно заболела. Под флагом так называемой «перестройки» научная работа покатила вниз, все более заменяясь словесными баталиями. Стало и не до приятных и полезных встреч. Мое общение с Бруно практически окончилось. Уже не слышался по утрам при встрече в ЛЯП обычный вопрос Бруно: «Что нового?» Вопрос, означавший — что нового в науке. Из этого времени вспоминается только открытое партийное собрание в ЛЯП, из тех, что организовывал партсекретарь лаборатории В.М. Цупко-Ситников. Он попросил Бруно Максимовича рассказать о текущих политических событиях. Бруно Максимович, как член партии, не мог отказаться от такой просьбы, несмотря на очевидно плохое состояние здоровья. Сообщение Бруно Максимовича звучало явным диссонансом процветающему тогда осуждению коммунизма. Так, он напомнил о практически неизвестном у нас факте победы китайской компартии над извечным врагом Китая — голодом. При сообщении об этой победе нашим людям, общавшимся с «гласностью» и пустующими прилавками продуктовых магазинов, можно было бы и задуматься.

Я помню тот солнечный сентябрьский день, когда Бруно Максимович, накануне ухода из жизни, пришел в лабораторию попрощаться. Он выглядел крайне измученным. Печально глядя на золотистые





облетающие березы, видные из окна директорской приемной, он сказал Ирине Григорьевне: «Какая красота!»

Бруно Понтекорво ушел в вечность. Но инициированная им громадная научная машина двинулась в ход. Началось половодье исследований в любимой им физике нейтрино. Пришло сознание того, что ранее почти неуловимая частица составляет одну из основ существующего мира, и эту основу надо глубоко понимать. Ныне тысячи ученых и технических специалистов работают над этим.

---

Сообщение ОИЯИ Р1-2023-39. Дубна, 2023.

## Секретарь трех корифеев науки

С приближением юбилейной даты Ирины Григорьевны Покровской, около полувека проработавшей в Лаборатории ядерных проблем, я попросил ее поделиться воспоминаниями для нашего институтского еженедельника. Она согласилась, но совсем слабое зрение не позволяло ей писать. Вот что она мне продиктовала.



Солнечным июньским днем 1955 года я ехала в вагоне электрички, направляясь в неизвестное мне учреждение со слегка таинственным названием «Волга». Я только что окончила Высшие центральные курсы стенографии Министерства высшего образования СССР, получив диплом стенографа высшей квалификации. «И что же я буду стенографировать в этой глубокой провинции?» — раздумывала я, глядя на проносившиеся за окном леса. Городок, куда я добралась из Дмитрова уже автобусом, был тихим и пустынным, невысокие дома

уютно располагались между стройными соснами. В отделе кадров совсем нового административного здания начальник Вениамин Семенович Шванев обратился по телефону к директору: «Михаил Григорьевич, я оформляю сейчас вашего нового секретаря. Это требует времени, она придет на работу... Как сейчас? У нее еще нет формы и пропуска... Направить сейчас? Я объясню, как дойти, она будет через пятнадцать минут». Я направилась к проходной института по указанному пути. Уже около проходной услышала за собой тяжелые уверенные шаги, меня обогнал крупный мужчина крепкого телосложения:

- Я Мещеряков. Вы ко мне?
- Да.
- Ирина Григорьевна, следуйте за мной

Он открыл дверь, пропуская меня, и сказал дежурному: «Со мной». Мы пошли по тротуару вдоль дороги, где за старыми соснами было видно только три здания. «Самое дальнее здание — это 1-й

корпус, наш ускоритель, — пояснял Михаил Григорьевич, — ближе 2-й корпус, электротехнический, а уже здесь 3-й корпус, администрация и научно-инженерные сотрудники. Здесь Вы и будете работать». В кабинете директора он пригласил меня сесть за массивный большой стол, а сам устроился в кресле напротив.

— Так откуда Вы, Ирина Григорьевна?

— Из Крыма.

— Из Крыма? Где же Вы жили?

— Я родилась в Мисхоре.

— В Мисхоре? Так это сказочные места, мы любим их и отдыхаем там всей семьей...

И завязалась оживленная беседа об излюбленных местах, хорошо известных обоим. Затем Михаил Григорьевич поднял трубку телефона: «Мы уже побеседовали, и завтра она выходит на работу. Вы говорите, нужно время для ее оформления? Оформляйте». И уже в другом тоне: «Завтра она должна быть на работе». И повесил трубку.

На следующий день я приступила к своим обязанностям. А их оказалось немало, институт кипел вокруг недавно созданного ускорителя, ставшего мировым рекордсменом по достигнутым энергиям. Научные сотрудники и инженеры были в основном 25–30-летнего возраста, и их энергия подкреплялась сознанием значимости исполняемой работы. И все это происходило в стране, переживавшей энтузиазм послевоенного восстановления. Здесь, в Институте ядерных проблем АН СССР, работали поистине вдохновенно, — все было впервые и все обещало открытия. В приемной Михаила Григорьевича постоянно находились сотрудники, вызванные им или пришедшие в надежде на срочное решение возникших задач. И он решал их быстро и уверенно. Михаил Григорьевич был харизматичным и категоричным человеком. Но ему не требовалось повышать голос или тем более стучать кулаком по столу. Его аргументы, очевидно, были весомы и понятны. Было интересно видеть, с каким лицом выходил очередной сотрудник из его кабинета. В основном удовлетворенным и даже слегка удивленным скоростью, с которой М.Г. справлялся с трудными ситуациями. Моя работа оказалась интересной, интенсивной и насыщенной событиями.

Новая неожиданная задача появилась вскоре, когда в приемную вошел незнакомый мне сотрудник и, вежливо представившись, произнес с очень сильным акцентом: «Айрина ГригорЕвна, я еще не очень сильный в русском языке. Но я сейчас пишу статью о своем

учителе Энрико Ферми, который недавно умер. Он был великий ученый, но его мало знают здесь. Поэтому я должен написать на русском языке. Мне нужна помощь человека, который хорошо владеет русским языком, чтобы корректировать текст. Мне сказали, что Вы отлично владеете русским языком. Давайте попробуем с Вами, может быть, у нас получится». И мы попробовали в тот же день, потому что тогда как-то не принято было откладывать на завтра. Сначала мне было трудно, но я вскоре приспособилась. Бруно Максимович произносил очередную фразу на своей версии русского языка, которую я стенографировала. «Все же понадобилась стенография, — подумала я. — Но как же я разберусь в этих физических понятиях, чтобы изложить их по-русски?» Однако вскоре я поняла, что по-настоящему ясные мысли выражаются ясными, простыми и лаконичными высказываниями. Логика мысли, если она есть, выстраивает логику предложения. И в результате мы «обкатывали» очередное предложение, повторяя его много раз в разной форме, пока Бруно Максимович не удовлетворялся ясностью фразы, а я — правильностью и даже красотой русского выражения. Так была написана с моей помощью первая статья, которая вышла в УФН уже через четыре месяца после начала моей работы в институте. И за этой статьей последовали все остальные, написанные Бруно Максимовичем вплоть до середины 1970-х



годов, когда с ним начал сотрудничать Самуил Михелевич Биленький. Правда, и позже я помогала в подготовке научно-популярных статей.

Приятно вспоминать некоторые детали и курьезы нашей совместной работы. Так, например, Бруно Максимович постоянно помогал себе, сопровождая слова жестикующей. И не раз получалось, что слово «снижается» сопровождалось поднятием руки, а «поднимается» — опусканием. Разумеется, я, не перебивая, стенографировала движение руки. Много-много позже, когда мы уже навсегда прощались с Бруно Максимовичем, приехавший на траурную церемонию Лев Борисович Окунь сказал мне: «Мы очень благодарны Вам за помощь, оказанную Бруно. Ведь мы в начале его пребывания в Союзе помогали ему при подготовке статей, приезжая в Дубну. Но это было чрезвычайно тяжело и занимало много времени. И вдруг что-то изменилось, и мы несколько лет недоумевали, как ему удастся посылать в редакции статьи, в которых самые требовательные редакторы не находили дефектов языка или смысловых неточностей и принимали статьи сразу. Мы были уверены, что Бруно помогает кто-то из способных дубненских физиков, окончивших физфак МГУ».

Работать с Бруно Максимовичем было интересно и приятно, даже несмотря на то, что многое надо было делать спешно и к тому же в ус-



ловиях постоянной занятости на моей основной должности секретаря директора. Эта должность и сама по себе в те времена требовала исключительной отдачи. Мне приходилось помогать Бруно Максимовичу и в обычных секретарских делах, потому что он категорически не хотел заводить себе официального секретаря, хотя исполнял должность начальника отдела. Он полагал, что постоянное разъяснение секретарю многочисленных нюансов в отношениях с московскими физиками, дубненскими учеными и вообще с людьми, интересующимися его научной работой, требовало бы от него слишком много неэффективных усилий. Так или иначе, но в научные и научно-популярные журналы было направлено множество статей, не говоря еще и о моем участии в подготовке двухтомного собрания сочинений Энрико Ферми в издательстве «Наука». Понадобилась бы очень большая статья, чтобы описать совершенно выдающегося человека, каким был Бруно Максимович, не только великий ученый, но и человек с исключительным отношением к людям, — трудно представить человека более дружелюбного и настроенного на помощь всем, кому он мог помочь.

В 1956 году был создан Объединенный институт ядерных исследований, и наш ИЯП АН СССР вошел в него в статусе Лаборатории ядерных проблем. Одновременно дирекция переехала в новый корпус, который выглядел одиноким бастионом науки, так как рядом еще не было ни корпуса ЛЯР слева, ни корпуса ЛТФ справа. Директором ЛЯП был назначен Венедикт Петрович Джелепов, бывший ранее заместителем М. Г. Мещерякова.

Энергии и инициативы Венедикта Петровича хватило бы на нескольких хороших директоров. Он знал в лаборатории все и всех. Научных сотрудников знал лично и беседовал с ними постоянно, обсуждение актуальных научных вопросов часто происходило с глазу на глаз — на стене висела доска, на которой приглашенный сотрудник чертил графики, приводил цифровые данные, отвечая на вопросы директора. Интересно, что первый же директор, сменивший Венедикта Петровича, убрал доску, а все последующие ее не восстанавливали. Он достаточно глубоко вникал во все научные проблемы лаборатории, несмотря на исключительно широкий их спектр. А обсуждение своих работ проводил лично, как правило, в составе всей научной группы, и обсуждения продолжались часами, независимо от времени суток. Венедикт Петрович систематически приходил на



ускоритель во время сеансов и составлял мнение о научных группах, непосредственно наблюдая их работу.

Особенностью Венедикта Петровича было его постоянное и активное внимание к личным жизненным проблемам сотрудников. Не было важных вопросов такого рода, в которых он не принимал бы ведущего участия. Он был хорошо знаком со многими светилами нашей медицины и часто обращался к ним с просьбой помочь в лечении тяжело заболевшего сотрудника, членов его семьи. Это было не просто, если вспомнить, что в то время только почта и единственная телефонная линия ЛЯП–Москва были доступными средствами общения. Мне было особенно приятно участвовать в организации таких контактов и видеть их положительные результаты. Удивительно, сколько времени и усилий вкладывал он, чтобы достижения отдельных сотрудников, да и всей лаборатории, получали достойную оценку. В целом в лаборатории создавалась такая атмосфера, в которой все мы чувствовали себя под заботливой родительской опекой. И все это в энергичной, деловой обстановке.

Типичная картина директорской приемной выглядела так: я держала в руке поднятую трубку московского телефона, при этом непрерывно трезвонил дубненский аппарат, а на столе в пишущей машинке белела недопечатанная страница научной работы, автор которой страдальчески сидел в углу: он уговорил меня неотложно напечатать статью, потому что в машбюро не могли понять, что эта статья создаст научную революцию. На столе лежали пачки писем и недоредак-



тированная стенограмма очередной статьи Бруно Максимовича. Шло очередное директорское совещание. Дверь открывалась, и Венедикт Петрович раздраженно спрашивал: «Так где же, наконец, Петрухин?» Одновременно открывалась дверь в приемную, и в ней показывался Бруно Максимович, пытаясь понять, закончила ли я стенограмму. (Его кабинет находился рядом с директорским.) Такова была типичная рабочая обстановка. Забавно, что на запрос Венедикта Петровича в администрацию Института о полставке по совместительству для секретаря академика Понтекорво отдел кадров отвечал категорическим отказом, ссылаясь на то, что у остальных дубненских академиков нет «академических» секретарей (остальные академики были директорами лабораторий и владели русским языком от рождения).

Венедикт Петрович руководил лабораторией вплоть до последних дней так называемой «перестройки», последние годы которой превратили научные центры страны в гнезда выживания. Лихорадило и ОИЯИ, шли непрерывные заседания в попытках перестроить структуру Института и руководство этой структурой. Приняли решение менять и чуть ли не выбирать директоров лабораторий. Проводили с директорского поста и многоопытного заслуженного директора ЛЯП В.П. Желепова. Новый директор начал с того, что собрал научных сотрудников в конференц-зале и сообщил им, что у него достаточных финансовых ресурсов нет и они должны позаботиться о себе сами. Начинались 1990-е годы...

С тех пор многое изменилось в лучшую сторону. Оглядываясь назад и обращаясь к ученым нового поколения, я хотела бы пожелать им не забывать своих славных предшественников, чтобы усваивать лучшие качества их таланта.

---

Дубна: наука, содружество, прогресс.  
2021. 27 мая. № 21

# Структура нуклонов и $NN$ -взаимодействия в непертурбативной КХД как насущная задача физики XXI века

---

Обсуждается проблема структуры нуклонов и их взаимодействия в концепции непертурбативной КХД как подход к исследованию преобразования токовых кварков в конституентные и к поиску механизма такого преобразования, создающего основную массу нуклона. Обращается внимание на возможности, которые дает изучение центральных нуклон-нуклонных соударений в этом аспекте.

Современная физика оперирует сотнями элементарных частиц. Первые параметры идентификации частицы — среднее значение и дисперсия ее массы. При этом масса нуклонов определяет массу объектов окружающего нас мира. Естественно, что проблема возникновения массы является первостепенной фундаментальной проблемой физики частиц. Открытие механизма генерации массы, предложенного Браутом, Энглером и Хиггсом, триумфально подтвержденное в экспериментах, оказалось крупнейшим достижением физики частиц последних десятилетий. Этот механизм стал широко известным научным фактом. Если спросить, как генерируются массы элементарных частиц, большинство физиков наверняка ответит: механизмом Хиггса. И это будет неправильный ответ. Неправильный потому, что механизм хиггсовского бозона генерирует массы только лептонов и токовых кварков и не имеет отношения к массе конституентных кварков, образующих нуклоны [1]. А эта масса составляет не менее 80 % массы видимой Вселенной (адроны, лептоны и электромагнитное поле) и еще большую долю массы на Земле.

Для описания генерации массы нуклонов не существует достоверного и общепринятого подхода. Известно лишь, что такая генерация обусловлена спонтанным нарушением киральности вакуума, но вопрос о механизме перехода «легкого», 5 МэВ-ного, токового кварка в «тяжелый», 300 МэВ-ный, конституентный кварк остается совершенно открытым. Каким образом взаимодействие с вакуумом трех токовых кварков высокого импульса преобразует их кинетическую энергию в массу конституентных кварков, слипающихся в нуклон, —

неизвестно. Очевидно, что фундаментальность такого перехода не уступает фундаментальности механизма Хиггса.

Открытие механизма этого перехода, безусловно, требует знания структуры нуклона и динамики взаимодействия конstituентных кварков в концепции *непертурбативной* квантовой хромодинамики (НПКХД). Такая КХД достигла значительных успехов. Эффективные киральные лагранжианы позволили воспроизвести все основные свойства легких мезонов и их взаимодействия при низких энергиях [2,3]. Наиболее успешное, последовательное и универсальное микроскопическое описание легких барионных систем, достигнутое в киральной модели конstituентных кварков [4], одновременно воспроизводит барионные спектры и барион-барионные взаимодействия при низких энергиях. Фазовые сдвиги  $NN$ -рассеяния, энергии связи легчайших ядер, волновая функция и формфакторы дейтрона, массы и каналы сильного распада дибарионных резонансов, сечения гиперон-нуклонных взаимодействий и даже определенные свойства пентакварков [5] оказались доступны этой модели. Однако НПКХД не имеет прямого вывода из основных постулатов КХД и ее достижения не указывают на механизм перехода токовых кварков в конstituентные.

Неконструктивна в этом отношении и информация о структуре нуклонов, получаемая при высоких энергиях в концепции пертурбативной КХД. Грандиозные усилия приложены к настоящему времени для выяснения структуры нуклонов в этой концепции, но успешно полученная при этом «высокоэнергетическая» структура нуклонов очень далека от «низкоэнергетической». Достаточно вспомнить, что основная масса данных имеет вид одномерных партонных распределений, в то время как распределения кварков в основном состоянии нуклона, безусловно, имеют пространственно-трехмерный характер. В последние десятилетия интенсивно развивается теория обобщенных кварковых распределений, являющихся функцией трех переменных [6], и делаются попытки связать «высокоэнергетические» и «низкоэнергетические» распределения для единого описания во всей энергетической области (см., например, [7]).

Но проблема состоит не только в размерности распределений. Различие имеет более принципиальный характер: «высокоэнергетические» данные имеют дело с токовыми кварками, а «низкоэнергетические» — с конstituентными. Получить информацию о распределениях конstituентных кварков непосредственно из распределений

токовых можно было бы, лишь зная связь токовых кварков с их глюонным и кварк-антикварковым окружением в конституентных кварках. Однако такая информация отсутствует. Поэтому изучение кварковой структуры нуклонов в «низкоэнергетической» области остается вполне специальной и самодостаточной проблемой. Ее решение очевидно требует получения новых экспериментальных данных, и наиболее эффективным направлением является их получение в широкой области энергий, включающей как «низкоэнергетическую», так и «высокоэнергетическую».

В этом аспекте большое достоинство имеет создаваемый в ОИЯИ комплекс NICA, энергетически перекрывающий обе интересующие области. Переход мезон-барионной фазы материи к кварк-глюонной фазе традиционно изучается в соударениях тяжелых ядер. Однако для исследования НПКХД-структуры нуклонов такие соударения создают весьма существенные осложнения:

- малая кварковая плотность ядер по сравнению с плотностью нуклонов требует высоких энергий соударения для достижения интересующих барионных и энергетических плотностей;
- флуктуации нуклонной плотности в начальном состоянии ядер приводят к значительному разбросу локальных барионных и энергетических плотностей в промежуточном состоянии;
- большое число нуклонов, участников соударения, создает сложный динамический сценарий соударения, в частности, с присутствием смешанных мезон-барионной и кварк-глюонной фаз.

Поэтому исследование элементарного процесса перехода между конституентными и токовыми кварками в нуклон-нуклонных соударениях имеет кардинально более определенные начальные условия и является более доступным для интерпретации, чем в соударениях тяжелых ядер.

Проект NICA предусматривает создание установки для исследования нуклон-нуклонных соударений (SPD) [8]. Одной из приоритетных целей работы этой установки может стать именно исследование структуры нуклонов в «низкоэнергетической» области, т.е. в области НПКХД, а также при переходе в пертурбативную область. Оптимальные условия исследований создаются в кинематике соударений, обеспечивающей перекрытие центральных кварковых областей нуклонов [9]. Соударения с большими прицельными параметрами, определяемые мезон-барионными процессами, неэффективны для исследования кварковых степеней свободы возникающих состояний.

Поэтому особое значение имеет выделение соударений с прицельными параметрами порядка и менее радиуса кварковой области нуклонов, т. е.  $r_c \approx 0,4$  фм. Соответствующий критерий центральности обсуждался недавно в работе [10].

Следует подчеркнуть, что неупругие центральные соударения нуклонов имеют значительную вероятность, не исчезающую с ростом энергии. Еще Р. Фейнман в работе 1969 года [11] обратил внимание на то, что постоянная с энергией часть полного неупругого поперечного сечения соударения адронов определяется событиями с высокой множественностью рождаемых частиц. Высокая множественность широко используется сейчас как критерий центральности соударения. Поэтому обсуждаемую Фейнманом не исчезающую с энергией часть полного неупругого сечения соударения нуклонов можно связать с соударением их кварковой сердцевинки.

Полное сечение центрального соударения нуклонов находится на уровне  $\sigma_{cNN}^{inel} = \pi r_c^2 = 5$  мб. При соударении протонов, в силу сохранения барионного числа, в конечном состоянии возникают нуклонные пары:  $pp$ ,  $np$ ,  $nn$ . Поэтому каждое соударение сопровождается почти изотропным испусканием по крайней мере одного протона с вероятностью, близкой к 100%. В результате при почти изотропной эмиссии дифференциальное сечение испускания одного протона под углом, близким к  $90^\circ$ , составляет около  $\sigma_{cNN}^{inel}/4\pi = 0,4$  мб/ср.

Многочисленные экспериментальные данные показывают, что для широкого круга процессов, а также угловых и энергетических условий измерения эмиссия протонов сопровождается испусканием дейтронов с отношением около  $3 \cdot 10^{-3}$ . Если использовать для идентификации центральности соударения регистрацию дейтрона под углом, близким к  $90^\circ$  [10], интересующий нас процесс происходит с дифференциальным сечением  $\approx 1$  мкб/ср, вполне достаточным для проведения корреляционных и поляризационных измерений.

Центральные  $NN$ -соударения открывают широкий диапазон исследования структуры и динамики взаимодействия нуклонов в режиме непертурбативной КХД. Объектом исследования являются характеристики реакции

$$p + p \rightarrow d(90^\circ) + M, \quad (1)$$

где  $M$  — система мезонов с примесью барион-антибарионных пар при достаточно высоких энергиях.

Первостепенный интерес представляет поиск эффектов перехода конституентных кварков в токовые. Существенно, что область такого перехода должна находиться в пределах энергетического диапазона SPD (4–28 ГэВ). Действительно, согласно уже давно мотивированным оценкам [12], характерный импульс спонтанного нарушения киральности имеет величину, близкую к  $P_\chi \approx 1,2$  ГэВ/с. Если переход происходит при разрушении всех шести сталкивающихся конституентных кварков, необходимая для этого полная энергия в с.ц.м. составляет  $\sqrt{s_{NN}} \approx 12$  ГэВ. Это означает, что в центральных  $NN$ -соударениях в области от энергии перекрытия кваркового содержания нуклонов ( $\sqrt{s_{NN}} \approx 3$  ГэВ) до  $\approx 12$  ГэВ создается фазовое состояние, в котором действующими степенями свободы являются конституентные кварки, голдстоуновские бозоны и глюоны. Такое состояние можно назвать *конституент-кварковой фазой* сильновзаимодействующей материи.

Изучение энергетической зависимости процессов центрального соударения нуклонов может оказаться эффективным средством наблюдения обсуждаемого фундаментального перехода конституентных кварков в токовые. Можно ожидать, что такой переход проявится в энергетической зависимости импульсных и множественных распределений частиц, образующихся в определенных каналах конечного состояния, в их корреляциях и поляризационных характеристиках.

Заметим, что в течение последнего десятилетия возник значительный интерес к изучению центральных  $pp$ -соударений при высоких энергиях. Однако используемые энергии в сотни ГэВ [13] и ТэВ [14] слишком велики для наблюдения обсуждаемого перехода конституентных кварков в токовые, в то время как уникальные условия для такого наблюдения, вероятно, сможет обеспечить SPD.

Среди первоочередных задач должно быть также изучение дибарионных резонансов. Их КХД-спектроскопия возникла уже в пионерской работе [15] 1960-х годов. Легкие дибарионные резонансы с массами 2,1–2,2 ГэВ [16, 17] первоначально рассматривались как слабосвязанные  $N\Delta(1238)$ -пары. Возникшие при этом трудности применения мезон-барионного описания дибарионных резонансов еще более возросли после наблюдения [18] относительно тяжелого резонанса с массой 2,38 ГэВ, близкой к массе  $\Delta(1238)$ -пары. Это стимулировало успешное рассмотрение дибарионных резонансов в рамках киральной модели конституентных кварков [19]. КХД-природа более

тяжелых дибарионных резонансов не вызывает сомнения. Само существование таких резонансов с массой 3,0 ГэВ [20] и 2,65 ГэВ [21] показано в уже проведенных экспериментах. Изучение дибарионных резонансов в режиме центральных  $NN$ -соударений может стать перспективной программой исследования механизмов реакций, определяемых степенями свободы НПКХД. Чувствительность процессов генерации пионов в  $NN$ -соударениях в ГэВ-ной области энергий к таким механизмам была показана в работах В. И. Кукулина (в частности, в [22]). Центральные соударения могут стать испытательным стендом для НПКХД-моделей механизма реакций, определяемых взаимодействием киральных конституентных кварков.

Среди задач первой очереди следует назвать также исследование ожидаемой зависимости параметров рождаемых мезонов и мезонных корреляций от энергетической и барионной плотностей в  $NN$ -соударениях [23, 24].

Ограничившись кратким указанием экспериментов, инициируемых современными теоретическими ожиданиями, следует упомянуть и возможность проявления совершенно новых неожиданных эффектов, как это часто бывает при открытии новой экспериментальной области.

Обсуждая предлагаемые эксперименты с использованием центральных нуклон-нуклонных соударений, нужно иметь в виду, что программа SPD с самого начала проекта была ориентирована на поляризационные исследования спиновой структуры нуклона [25].

В целом создание SPD откроет возможности для широкой программы исследования структуры нуклонов в НПКХД. Возможности SPD для проведения поляризационных исследований в этом аспекте трудно переоценить. Накопление эмпирической информации и развитие адекватных феноменологических моделей может стать базой для создания строгой НПКХД-теории барионов. Такая программа требует, с одной стороны, интенсифицировать теоретическую работу в обсуждаемой проблематике, а с другой — привлечь экспериментаторов к подготовке соответствующих опытов на SPD. Первым шагом в решении обсуждаемой задачи должно стать осознание ее фундаментальности.

Автор благодарен В. А. Беднякову, А. В. Куликову, Е. А. Строковскому и Д. А. Циркову за интерес к проблеме и полезные обсуждения. Неоценима поддержка, оказанная В. И. Кукулиным, недавно безвременно ушедшим из жизни.

## Список литературы

1. *Roberts C.D.* Insights into the Origin of Mass // *J. Phys.: Conf. Ser.* 2020. V. 1643. P. 012194.
2. *Volkov M.K.* Effective Chiral Lagrangians and Nambu–Jona-Lasinio Model // *Phys. Part. Nucl. Lett.* 1993. V. 24. P. 82.
3. *Arriola E.R.* Pion Structure at High and Low Energies in Chiral Quark Models // *Acta Phys. Polon. B.* 2002. V. 33. P. 4443.
4. *Valcarce A., Garcilazo H., Fernandez F., Gonzalez P.* Quark-Model Study of Few-Baryon Systems // *Rep. Prog. Phys.* 2005. V. 68. P. 965.
5. *Dong Y., Shen P., Huang F., Zhang Z.* Selected Strong Decays of Pentaquark State  $P_c(4312)$  in a Chiral Constituent Quark Model // *Eur. Phys. J. C.* 2020. V. 80. P. 341.
6. *Diehl M.* Generalized Parton Distributions // *Phys. Rep.* 2003. V. 388. P. 41.
7. *Boffi S., Pasquini B., Traini M.* Linking Generalized Parton Distributions to Constituent Quark Models // *Nucl. Phys. B.* 2003. V. 649. P. 243.
8. *Abazov V.M. et al. (SPD NICA Collab.).* Conceptual Design of the Spin Physics Detector. 2021. arXiv:2102.00442.
9. *Komarov V.I.* On the Possibility of Revealing the Transition of a Baryon Pair State to a Six-Quark Confinement State // *Phys. Part. Nucl. Lett.* 2018. V. 15. P. 69.
10. *Komarov V.I., Baimurzinova B., Kunsafina A., Tsirkov D.* Centrality Criteria of the Inelastic Nucleon–Nucleon Collisions // *Phys. Part. Nucl. Lett.* 2020. V. 17. P. 290.
11. *Feynman R.* Very High-Energy Collisions of Hadrons // *Phys. Rev. Lett.* 1969. V. 23. P. 1415.
12. *Manohar A., Georgi H.* Chiral Quarks and the Non-Relativistic Quark Model // *Nucl. Phys. B.* 1984. V. 234. P. 189.
13. *Welsh K., Singer J., Heinz U.* Initial State Fluctuations in Collisions between Light and Heavy Ions // *Phys. Rev. C.* 2016. V. 94. P. 024919.
14. *Nachman B., Mangano M.* Observables for Possible QGP Signatures in Central  $pp$  Collisions // *Eur. Phys. J. C.* 2018. V. 78. P. 343.
15. *Dyson F., Xuong N. H.*  $Y = 2$  States in  $SU(6)$  Theory // *Phys. Rev. Lett.* 1964. V. 13. P. 815.
16. *Arndt R.A., Roper D., Workman R.L., McNaughton M.W.* Nucleon–Nucleon Partial-Wave Analysis to 1.6 GeV // *Phys. Rev. D.* 1992. V. 45. P. 3995.
17. *Komarov V.I., Tsirkov D., Azaryan T., Bagdasarian Z., Dymov S., Gebel R., Gou B., Kacharava A., Khoukaz A., Kulikov A., Kurbatov V., Lorentz B., Macharashvili G., Mchedlishvili D., Merzliakov S., Mikirtytchians S., Ohm H., Papenbrock M., Rathmann F., Serdyuk V., Shmakova V., Ströher H., Trusov S., Uzikov Y., Valdau Y.* Evidence for Excitation of Two Resonance States in the Isovector Two-Baryon System with a Mass of 2.2 GeV/ $c^2$  // *Phys. Rev. C.* 2016. V. 93. P. 065206.



18. *Clement H.* On the History of Dibaryons and Their Final Observation // *Prog. Part. Nucl. Phys.* 2017. V. 93. P. 195.
19. *Dong Y., Shen P., Huang F., Zhang Z.* Theoretical Study of the  $d^*(2380) \rightarrow \pi\pi$  Decay Width // *Phys. Rev. C.* 2015. V. 91. P. 064002.
20. *Andersen H.L., Dixit M.S., Evans H.J., Klare K.A., Larson D.A., Sherbrook M.V., Martin R.L., Kessler D., Nagle D.E., Thiessen H.A., Hargrove C.K., Hincks E.P., Fukui S.* Forward Differential Cross Sections for the Reaction  $pp \rightarrow \pi^+n$  in the Range 3.4–12.3 GeV/c // *Phys. Rev. D.* 1971. V. 3. P. 1536.
21. *Tsirkov D., Komarov V., Azaryan T., Dymov S., Kunsafina A., Kurbatov V., Kurmanaliyev Z., Uzikov Y.* Recent Dibaryon Studies at ANKE // *Eur. Phys. J. Web Conf.* 2019. V. 199. P. 02016.
22. *Kukulin V.I., Obukhovskiy I.T., Pomerantsev V.N., Faessler A.* Two-Component Dressed-Bag Model for NN Interaction: Deuteron Structure and Phase Shifts up to 1 GeV // *Int. J. Mod. Phys. E.* 2002. V. 11. P. 1.
23. *Hatsuda T., Kunihiro T.* Character Changes of Pion and  $\sigma$  Meson at Finite Temperatures // *Phys. Lett. B.* 1987. V. 185. P. 304.
24. *Blaschke D., Kalinovsky Yu.L., Radzhabov A.E., Volkov M.K.* Scalar  $\sigma$  Meson at Finite Temperature in Nonlocal Quark Model // *Phys. Part. Nucl. Lett.* 2006. V. 3. P. 92.
25. *Arbuzov A. et al. (SPD NICA Collab.).* On the Physics Potential to Study the Gluon Content of Proton and Deuteron at NICA SPD // *Prog. Part. Nucl. Phys.* 2021. P. 103858.

---

Письма в ЭЧАЯ. 2022. Т. 19, № 1(240). С. 40–45.

## Краткая научная автобиография

- 1957–1958 Дипломная практика на синхроциклотроне и защита дипломного проекта в ЛЯП в секторе М. Г. Мещерякова, в группе Л. М. Сороко, Ю. К. Акимова, О. В. Савченко. Результаты проекта изложены в статье, ставшей *первой методической публикацией ОИЯИ* в журнале «Nuclear Instruments and Methods» [1].
- 1959 Диплом с отличием физфака МГУ о получении специальности физика. Поступление на работу в Лабораторию ядерных проблем ОИЯИ. Направление директором лаборатории в группу В. С. Евсеева вопреки заявке М. Г. Мещерякова.
- 1959–1960 Участие в эксперименте В. С. Евсеева по ядерному захвату мюонов и первое наблюдение несохранения четности в этом процессе [3]. Аналогичный результат с *открытием указанного несохранения четности* был практически одновременно и независимо опубликован группой американских физиков.
- 1961 Возвращение в группу Л. М. Сороко и участие в эксперименте по исследованию АВС-эффекта [4, 5].
- 1961–1965 Работа под руководством О. В. Савченко по развитию трековой методики [7]. *Предложение В. И. Комарова усилить первичную ионизацию в газе импульсным электрическим полем для регистрации трека с помощью электронно-оптического преобразователя* [9, 10, 16]. Реализация изотропной разрядной камеры — предшественницы стримерных камер. Использование камеры в экспериментах на синхроциклотроне [11, 17, 20, 25].
- 1966–1969 Участие в работе немногочисленной группы, начавшей медико-биологические исследования на протонном пучке синхроциклотрона [12]. *Проектирование и ввод в эксплуатацию специализированного протонного пучка* под руководством О. В. Савченко [12, 18, 21, 24, 27, 35, 40, 167–169]. Работа отмечена в 1971 году медалью ВДНХ СССР.
- 1967 *Измерение малых сечений рассеяния быстрых протонов назад ядрами  ${}^3\text{He}$  и  ${}^4\text{He}$*  [19, 25]. *Предложение В. И. Комаровым экспериментов по квазиупругому выбиванию ядер  ${}^3\text{H}$ ,  ${}^3\text{He}$  и  ${}^4\text{He}$  из более тяжелых атомных ядер рассеянием назад быстрых протонов. Экспериментальное обнаружение трех- и четырехнуклонных короткодействующих корреляций в атомных ядрах. Исследование процессов, показавших присутствие в ядрах*

- трех- и четырехнуклонных кластеров, способных воспринимать передачи импульса, кардинально превышающие фермиевские импульсы нуклонов [31, 33, 34, 38, 42, 52].
- 1971 Защита кандидатской диссертации «Упругое и квазиупругое рассеяние назад протонов с энергией 665 МэВ легкими ядрами». *Предложение эксперимента по поиску квазиупругого выбивания из ядер протонных пар протонами, рассеянными назад* [43]. Организация научной группы и создание установки для регистрации совпадения протонной пары вперед и протона назад (реакция  $A(p, 3p)X$ ) [44].
- 1972–1979 *Обнаружение реакции  $A(p, 3p)X$*  [47, 54, 61]. Изучение ее и сопровождающих кумулятивных реакций [46, 48–50, 52]. *Интерпретация полученных данных концепцией возбуждения малонуклонных кластеров* [53]. *Разработка совместно с Х. Мюллером феноменологической модели возбужденных кластеров* [60, 67–70], способной описывать кумулятивную эмиссию нуклонов и мезонов, а также подпороговое рождение  $K^+$ -мезонов и антипротонов [139, 141].
- 1972–1976 Параллельно экспериментам на синхроциклотроне работа в должности ученого секретаря ЛЯП.
- 1981 Защита докторской диссертации «Протон-ядерные взаимодействия при средних энергиях и больших передачах энергии и импульса кластерам».
- 1982–1984 Неоднократные попытки продолжать исследования короткодействующих нуклон-ядерных взаимодействий, в частности, в сотрудничестве с АРЕС [62] и при модернизации МИС. В обоих случаях был выполнен значительный объем методической работы. Невозможность работы в ранее выбранном и результативном направлении была обусловлена отсутствием кадровой и финансовой поддержки этого направления дирекцией ЛЯП. В результате вынужденное включение в программу Л. Л. Неменова по работе с ультрарелятивистскими позитрониями (УРП) для перехода в дальнейшем к поиску атомно-связанных  $\pi^+\pi^-$ -пар.
- 1984–1986 Участие в измерениях вероятности взаимодействия УРП с ядрами [73] и рекордно малой вероятности распада пиона с эмиссией атомно-связанного УРП [76].

- 1986 *Обнаружение кулоновской корреляции  $\pi^+\pi^-$ -пар* в множественном рождении пионов при взаимодействии 70-ГэВ протонов с ядрами [77, 80]. Начало поиска дипионного атома [75, 78, 79].
- 1993 *Наблюдение дипионного атома и оценка времени его жизни* [85, 89]. Участие в подготовке проекта DIRAC в ЦЕРН и дальнейшая работа (1993–2003) в рамках этого проекта [120, 131, 135, 142, 150, 156].
- 1990–2015 Избрание по конкурсу на должность начальника создаваемого отдела физики промежуточных энергий (НЭОФПЭ). Эту должность оставил в 2001 году в связи с действовавшим тогда ограничением по возрасту и перешел на должность главного научного сотрудника. В течение многих лет был руководителем нескольких научных тем первого приоритета в Проблемно-тематическом плане ОИЯИ и руководителем семинара по физике промежуточных энергий.

Изменение научно-организационной обстановки в начале 1990-х годов позволило вернуться к исследованию короткодействующих нуклон-ядерных взаимодействий: в 1990 году В.И.К. *предложил проект эксклюзивного изучения безмезонного развала дейтрона протонами в кумулятивной кинематике* [83, 84]. Для выполнения проекта на создававшемся в Юлихе (ФРГ) протонном синхротроне COSY В.И. Комаровым организована значительная международная группа ученых, вошедшая в сотрудничество ANKE [87]. *Две детекторные группы, предложенные и созданные для этого сотрудниками ЛЯП ОИЯИ, кардинально развили исходный проект спектрометра ANKE* [90, 94, 112, 122]. Передняя детекторная группа [125, 137] стала необходимой для подавляющего большинства экспериментов ANKE. На ней была начата программа исследования безмезонного развала дейтрона протонами в кумулятивной кинематике. Вследствие отставания ввода в эксплуатацию заднего детектора был впервые изучен вариант с испусканием вперед  $s$ -волнового дипротона, предложенный Ю.Н. Узиковым [133]. Измерена энергетическая зависимость дифференциального сечения [134] и анализирующая способность процесса на поляризованном протонном пучке [140]. Выполнен большой объем работ по изготовлению заднего детектора [96–98, 107, 116], он был изготовлен и собран на спектрометре ANKE. Однако невыполнение Б.Залихановым его обязательств по запуску про-



Участники рабочего совещания сотрудничества ANKE в Лаборатории ядерных проблем

волочных камер детектора привело к тому, что своевременный запуск детектора в эксплуатацию не был выполнен. Это кардинально ограничило экспериментальные возможности установки ANKE вплоть до ее закрытия около 2015 года.

2005 В. И. К. предложил исследование рождения пиона в  $pp$ -соударениях с эмиссией  $s$ -дипротона [146, 148]. Определены параметры  ${}^3P_2d$  дибарионного резонанса, и впервые наблюден  ${}^3P_0s$  резонанс [164, 165]. Еще в 1996 году В. И. К. предложил исследование реакций нового типа — мезонное охлаждение когерентно возбужденных малонуклонных систем [91, 93]. Первое исследование реакции такого типа было проведено на ANKE в 2018 году: когерентное возбуждение дейтрона в  $d^*(2380)$ -состояние с восстановлением дейтрона испусканием пионной пары [169]. Этот процесс оказался первым случаем возбуждения дибарионного резонанса путем мезонного обмена в  $t$ -канале.

2007 В. И. К. инициировал на ANKE поиск реакции обратного фоторасщепления дипротона, которая была обнаружена и исследо-



вана в 2010 году [149, 153]. Обработка данных, полученных на ANKE в 2010–2013 годах, показала *существование нового дибарионного резонанса с массой 2,65 ГэВ* [179]. Кроме работы в проектах, инициированных дубненской группой под руководством В. И. К., активно участвовал в ряде других проектов сотрудничества ANKE (1993–2003), в частности, в исследовании подпорогового рождения  $K$ -мезонов [106, 123].

2018 Присуждение премии им. В. П. Джеллепова за пионерский вклад в создание первого канала для протонной терапии на синхротроне ОИЯИ.

2018–2023 Сказанное выше показывает, что основным направлением работы В. И. К. являлось исследование короткодействующих нуклон-нуклонных и нуклон-ядерных взаимодействий. Развитие КХД концепции убеждает в том, что в основе таких взаимодействий лежат состояния, в которых основными степенями свободы являются конstituентные кварки, обменивающиеся киральными бозонами. Такие конституент-кварковые состояния являются промежуточными между адронными и кварк-глюонными. В работе [167] было предложено *реализовывать такие состояния путем неупругих центральных нуклон-нуклонных соударений при сравнительно невысоких энергиях* (с. ц. и. энергия порядка 3–10 ГэВ). В этих условиях полностью разрушаются барионные степени свободы, но сохраняются конституент-квар-

ковые. Критерии центральности соударения рассматривались в работе [173], из которой видно, что в необъятно большом объеме данных о взаимодействии нуклонов существует значительная специфическая область конститuent-кварковых состояний, в которой практически отсутствуют экспериментальные данные. В работах [176, 180] обращалось внимание на актуальность и фундаментальную важность исследования взаимодействия конститuentных кварков как ключевого пункта в решении проблемы происхождения нуклонной массы. В работе [177] указывалось на близость конститuent-кварковых состояний, возникающих в неупругих центральных нуклон-нуклонных соударениях, и в космологической эволюции на стадии образования нуклонных масс. Это позволяет ставить вопрос о возможности моделирования этой космологической стадии в экспериментах с неупругими центральными нуклон-нуклонными соударениями невысокой энергии [177].

*В. И. К. обращает внимание на то, что в настоящее время ОИЯИ имеет кардинальное преимущество на мировом уровне в возможности исследования нуклон-нуклонной структуры и взаимодействий в области непертурбативной КХД. Возможное использование установки BM@N комплекса NICA позволяет начать такие исследования уже задолго до ввода в эксплуатацию планируемой установки SPD.*

Декабрь 2023 г.

## Список публикаций за 1959–2023 годы

1. *Акимов Ю. К., ..., Комаров В. И. и др.* Разделение частиц по величине ионизации в нескольких сцинтилляционных счетчиках. ОИЯИ, Р-380. Дубна, 1959; ПТЭ. 1960. № 4. С. 71; Nucl. Instr. Meth. 1960. V.7. P. 37.
2. *Евсеев В. С., ..., Комаров В. И. и др.* Слоистый сцинтилляционный детектор для регистрации быстрых нейтронов в присутствии  $\gamma$ -квантов. ОИЯИ, Р-470. Дубна, 1960; Acta Phys. Pol. 1960. V. XIX. P. 675; ПТЭ. 1961. № 1. С. 68.
3. *Евсеев В. С., ..., Комаров В. И. и др.* Асимметрия в угловом распределении нейтронов, испускаемых при захвате  $\mu^-$ -мезонов в кальции. ОИЯИ, Р-759. Дубна, 1961; Acta Phys. Pol. 1962. V. XXI. P. 313; ЖЭТФ. 1961. Т. 41, вып. 7. С. 306.
4. *Акимов Ю. К., ..., Комаров В. И. и др.* Поиск аномалий в спектрах ядер  ${}^3\text{H}$ , испущенных в реакции  $p + d \rightarrow {}^3\text{H} + \pi^+ + \pi^0$  при энергии протонов 670 МэВ. ОИЯИ, Д-714. Дубна, 1961; Nucl. Phys. 1962. V. 30. P. 258.
5. *Акимов Ю. К., ..., Комаров В. И. и др.* пп-аномалии в спектре ядер  ${}^3\text{H}$  из реакции  $pd \rightarrow {}^3\text{H}\pi^+\pi^0$  при энергии протонов 670 МэВ // ЖЭТФ. 1961. Т. 40, вып. 5. С. 1532.
6. *Комаров В. И., Савченко О. В., Сороко Л. М.* Формирование пучка медленных  $\pi$ -мезонов, образованных на выведенном пучке протонов с энергией 670 МэВ. ОИЯИ, 1325. Дубна, 1963.
7. *Бутслов М. М., ..., Комаров В. И. и др.* Люминесцентная камера со сцинтиллятором, набранным из пластмассовых нитей. ОИЯИ, 1618. Дубна, 1964; ПТЭ. 1965. № 3. С. 84.
8. *Комаров В. И., Савченко О. В.* Простой генератор коротких импульсов с амплитудой до 70 кВ. ОИЯИ, 1429. Дубна, 1963.
9. *Бутслов М. М., Комаров В. И., Савченко О. В.* Изотропная разрядная камера для регистрации треков релятивистских заряженных частиц. ОИЯИ, Р-1219. Дубна, 1964; ПТЭ. 1965. № 3. С. 75; ЖЭТФ. 1964. Т. 46, № 6. С. 2245.
10. *Комаров В. И., Савченко О. В.* Изотропная разрядная камера с водородным и гелиевым наполнением. ОИЯИ, Р-1764. Дубна, 1964; Nucl. Instr. Meth. 1965. V. 34. P. 289.



11. *Комаров В. И., Петрухин В. И., Савченко О. В.* Измерение отношения времен жизни  $\pi^+$ - и  $\pi^-$ -мезонов. ОИЯИ, Р-2802. Дубна, 1966.
12. *Василевский И. М., Комаров В. И., Савченко О. В.* Формирование пучка протонов с энергией 100–200 МэВ для изучения возможности использования протонов в лучевой терапии онкологических больных. ОИЯИ, Б1-2749. Дубна, 1966.
13. *Савченко О. В., Комаров В. И.* Об одной возможности постановки эксперимента по захвату  $\mu^-$ -мезонов в газообразном водороде. ОИЯИ, Б1-2746. Дубна, 1966.
14. *Савченко О. В., Комаров В. И.* О возможности измерения продольной поляризации нейтронов, испускаемых при  $\mu^-$ -захвате ядрами. ОИЯИ, Б1-2750. Дубна, 1966.
15. *Савченко О. В., Комаров В. И.* Измерение интенсивности  $\pi$ -мезонных пучков различной энергии, образованных на выведенном пучке протонов синхроциклотрона ЛЯП ОИЯИ и оценка предполагаемых интенсивностей  $\pi$ -мезонных пучков от релятивистского циклотрона. ОИЯИ, Б1-2747. Дубна, 1966.
16. *Комаров В. И., Савченко О. В., Сороко Л. М.* Исследование параметров теневого прибора ИАБ-451 с целью изучения возможности его использования для регистрации треков быстрых заряженных частиц. ОИЯИ, Б2-2815. Дубна, 1966.
17. *Комаров В. И., Савченко О. В., Федяев Н. С.* Метод регистрации остановок мюонов в газе изотропной разрядной камеры. ОИЯИ, 2741. Дубна, 1966; Nucl. Instr. Meth. 1967. V. 50. P. 105.
18. *Джеленов В. П., Комаров В. И., Савченко О. В.* Создание возможностей для проведения на синхроциклотроне ЛЯП ОИЯИ исследований по лучевой терапии и другим медико-биологическим проблемам. 1. Формирование пучка протонов с энергией 100–200 МэВ. ОИЯИ, 16-3491. Дубна, 1967.
19. *Комаров В. И., Савченко О. В.* Упругое  $p^4\text{He}$  рассеяние назад при энергии протонов 665 МэВ. ОИЯИ, Р1-3720. Дубна, 1968.
20. *Комаров В. И., Савченко О. В.* Измерение вероятности испускания тяжелых заряженных частиц при захвате  $\mu^-$ -мезонов ядрами неона. ОИЯИ, Р1-3721. Дубна, 1968; ЯФ. 1968. Т. 8, вып. 2. С. 415.
21. *Борейко В. Ф., ..., Комаров В. И. и др.* Создание возможностей для проведения на синхроциклотроне ЛЯП ОИЯИ исследований по лучевой терапии и другим медико-биологическим проблемам // Всесоюз. науч.-техн. конф. «XX лет производства и применения

- изотопов и источников ядерных излучений в народном хозяйстве СССР»: Тез. докл. М.: Атомиздат, 1968.
22. *Косарев Г. Е., Комаров В. И., Савченко О. В.* Квазиупругое рассеяние протонов с энергией 665 МэВ  $\alpha$ -частичными ассоциациями в легких ядрах. ОИЯИ, Р1-4227. Дубна, 1969.
  23. *Комаров В. И., Косарев Г. Е., Савченко О. В.* Выбивание быстрых  $^3\text{He}$  фрагментов из легких ядер протонами с энергией 665 МэВ. ОИЯИ, Р1-4373. Дубна, 1969.
  24. *Джелепов В. П., Комаров В. И., Савченко О. В.* Вывод протонного пучка синхроциклотрона с энергией 100–200 МэВ для медико-биологических исследований // Мед. радиология. 1969. №4. С. 54.
  25. *Косарев Г. Е., Комаров В. И., Савченко О. В.* Упругое рассеяние быстрых протонов назад на легких ядрах. ОИЯИ, Р1-4876. Дубна, 1969; ЯФ. 1970. Т. 12, вып. 6. С. 1229.
  26. *Косарев Г. Е., Комаров В. И., Савченко О. В.* Выбивание быстрых He-3 и He-4-фрагментов из легких ядер протонами с энергией 665 МэВ // ЯФ. 1970. Т. 11. С. 711.
  27. *Вейнберг М. Ш., Комаров В. И., Савченко О. В.* Сравнение дозиметрических характеристик медицинского протонного пучка ЛЯП ОИЯИ при стационарно-полевом облучении и  $\gamma$ -облучении // Radiobiol. Radiother. 1970. Т. 11. С. 1.
  28. *Бутслов М. М., ..., Комаров В. И. и др.* Уменьшение искажений в электронно-оптических преобразователях, работающих в режиме многократной фокусировки. ОИЯИ, Б1-13-5467. Дубна, 1970.
  29. *Комаров В. И.* Упругое и квазиупругое рассеяние назад протонов с энергией 665 МэВ легкими ядрами. Автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук. ОИЯИ, 1-5720. Дубна, 1971.
  30. *Комаров В. И.* Упругое и квазиупругое рассеяние назад протонов с энергией 665 МэВ легкими ядрами. Дис. ... канд. физ.-мат. наук. Дубна, 1971.
  31. *Комаров В. И.* Прямые реакции при взаимодействии нуклонов средней энергии с ядрами // Тр. IV Междунар. конф. по физике высоких энергий и структуре ядра, Дубна, 1971. Дубна, 1972. С. 93.
  32. *Косарев Г. Е., ..., Комаров В. И. и др.* Энергетическая зависимость сечения упругого рассеяния назад протонов дейтонами в интервале 360–670 МэВ. ОИЯИ, Р1-6343. Дубна, 1972; ЯФ. 1972. Т. 16, № 2(8). С. 242.

33. Косарев Г.Е., Комаров В.И., Савченко О.В. Экспериментальное исследование упругого и квазиупругого рассеяния назад протонов с энергией 670 МэВ легкими ядрами // Материалы Международ. семинара по исследованию атомного ядра с помощью заряженных частиц, Кюлунгсборн, ГДР, 1971.
34. Комаров В.И. Квазиупругое выбивание нуклонных пар протонами высокой энергии из легких ядер. ОИЯИ, Б1-1-6866. Дубна, 1972.
35. Джелепов В.П., ..., Комаров В.И. и др. Применение протонных пучков в СССР для медико-биологических целей // Peaceful Uses of Atomic Energy. V. 13. Vienna: Intern. Atomic Energy Agency, 1972.
36. Вишняков В.В., ..., Комаров В.И. и др. Определение профиля пучков частиц ускорителей при помощи ионизационной камеры с проволочными электродами. ОИЯИ, 13-6971. Дубна, 1973; ПТЭ. 1973. №6. С. 21.
37. Косарев Г.Е., ..., Комаров В.И. и др. Энергетическая зависимость сечения выбивания быстрых дейтронов из Li, Be и C протонами с энергией 380–665 МэВ. ОИЯИ, Р1-7352. Дубна, 1973.
38. Комаров В.И. Прямые реакции выбивания быстрых фрагментов протонами высокой энергии // ЭЧАЯ. 1974. Т. 5, вып. 2. С. 419.
39. Косарев Г.Е., ..., Комаров В.И. и др. Спектры быстрых ядер гелия-3, трития и гелия-4, образующихся при взаимодействии протонов с энергией 665 МэВ с легкими ядрами. ОИЯИ, Р1-7784. Дубна, 1974.
40. Джелепов В.П., ..., Комаров В.И. и др. Параметры медицинского протонного пучка Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ и исследования по его клиническому применению // Протонные пучки высоких энергий и лучевая терапия злокачественных опухолей. Дубна, 1975. С. 21.
41. Молоканов А.Г., ..., Комаров В.И. и др. О механизме генерации быстрых ядер гелия и трития протонами с энергией 665 МэВ на легких ядрах. ОИЯИ, Е1-8248. Дубна, 1975.
42. Косарев Г.Е., ..., Комаров В.И. и др. Образование быстрых фрагментов при взаимодействии протонов средних энергий с легкими ядрами // Nucl. Phys. A. 1976. V.256. P. 362.
43. Косарев Г.Е., ..., Комаров В.И. и др. Поиск реакции выбивания двух быстрых протонов из ядра  $^{12}\text{C}$  протонами с энергией 640 МэВ. ОИЯИ, Е1-9460. Дубна, 1976.

44. Косарев Г.Е., ..., Комаров В.И. и др. Установка для поиска реакции выбивания протонных пар протонами с энергией 640 МэВ. ОИЯИ, Р13-9638. Дубна, 1976.
45. Журавлев Н.И., ..., Комаров В.И. и др. Аппаратура для исследования прямых ядерных реакций. ОИЯИ, 13-10391. Дубна, 1977.
46. Косарев Г.Е., ..., Комаров В.И. и др. Инклюзивные спектры и угловое распределение протонов, испускаемых назад при взаимодействии протонов 640 МэВ с ядрами. ОИЯИ, Е1-10573. Дубна, 1977; Phys. Lett. В. 1977. V.69. P.37.
47. Косарев Г.Е., ..., Комаров В.И. и др. О наблюдении прямой ядерной реакции  $^{12}\text{C}(p, 3p)$  при энергии 640 МэВ. ОИЯИ, Е1-11354. Дубна, 1978.
48. Косарев Г.Е., ..., Комаров В.И. и др. Наблюдение корреляции между двумя быстрыми протонами в протон-ядерных взаимодействиях при 640 МэВ. ОИЯИ, Е1-11564. Дубна, 1978; Phys. Lett. В. 1978. V.80. P.30.
49. Косарев Г.Е., ..., Комаров В.И. и др. Спектры и угловые распределения протонов, испускаемых назад при взаимодействии протонов 640 МэВ с ядрами // Proc. of the 1977 Eur. Symp. on Few-Part. Processes in Nucl. Phys., Potsdam, 1977. P.185.
50. Косарев Г.Е., ..., Комаров В.И. и др. Инклюзивные двойные дифференциальные сечения эмиссии протонов назад в протон-ядерных взаимодействиях при 640 МэВ. ОИЯИ, Е1-11513. Дубна, 1978.
51. Комаров В.И., Теш З. Вычисление факторов поглощения для ядерных реакций под действием протонов промежуточных энергий. ОИЯИ, Б1-2-11863. Дубна, 1978.
52. Гудима К.К., ..., Комаров В.И. и др. Протон-ядерные взаимодействия при 640 МэВ, сопровождающиеся эмиссией назад быстрых протонов. ZfK-383. 1979; Nucl. Phys. А. 1979. V.326. P.297.
53. Комаров В.И., Мюллер Г. ОИЯИ, Р2-12208; Е2-12439. Дубна, 1978; Письма в ЖЭТФ. 1979. Т.29, вып. 8. С. 504.
54. Косарев Г.Е., ..., Комаров В.И. и др. Квазисвободное выбивание протонных пар в реакции  $\text{C}(p, 3p)$  при 640 МэВ. ОИЯИ, Е1-12393. Дубна, 1979; J. Phys. G. 1979. V.5, No.12. P.1717; Proc. of Intern. Symp., Gaussig, GDR, 1979. ZfK-382. P.90.
55. Комаров В.И. О свойствах малонуклонных систем при высоких возбуждениях. ОИЯИ, Е1-12749. Дубна, 1979.

56. Косарев Г.Е., ..., Комаров В.И. и др. Двухчастичные дифференциальные сечения испускания протонов в протон-ядерных взаимодействиях при 640 МэВ. ОИЯИ, E1-12973. Дубна, 1979; ЯФ. 1980. Т. 32. С. 313.
57. Комаров В.И. Взаимодействие протонов средней энергии с ядрами, сопровождающееся высокими передачами импульса малонуклонным группам // Материалы XIV Зимней школы ЛИЯФ. Л., 1979. С. 71.
58. Комаров В.И. Эффекты нуклонного ассоциирования в реакциях при средних энергиях // Тр. Междунар. конф. по экстремальным состояниям в ядерных системах. Дрезден, 1980. ZfK-430. С. 110.
59. Комаров В.И. Эффекты нуклонного ассоциирования в реакциях при средних энергиях // Тр. Междунар. шк. по структуре ядра, Алушта, 1980. Дубна, 1980. С. 377.
60. Комаров В.И., Мюллер Г. Эмиссия быстрых нуклонов назад в адрон-ядерных взаимодействиях и высокоимпульсная структура. ОИЯИ, P1-80-677. Дубна, 1980.
61. Косарев Г.Е., ..., Комаров В.И. и др. Квазисвободное выбивание протонной пары из ядра углерода протонами с энергией 640 МэВ. 1980. ZfK-429; ЯФ. 1980. Т. 32, вып. 6(12). С. 1476.
62. Баранов В.А., ..., Комаров В.И. и др. Детектор заряженных частиц спектрометра АРЕС. ОИЯИ, 13-81-381. Дубна, 1981.
63. Комаров В.И. Протон-ядерные взаимодействия при средних энергиях и больших передачах энергии и импульса кластерам. Дис. ... д-ра физ.-мат. наук. Дубна, 1981; Автореф. дис. ... д-ра физ.-мат. наук. ОИЯИ, 1-81-750. Дубна, 1981.
64. Косарев Г.Е., ..., Комаров В.И. и др. Трехплечный сцинтилляционный спектрометр для изучения ядерных реакций при средних энергиях // Nucl. Instr. Meth. 1982. V.197. P.335.
65. Комаров В.И., Мюллер Г., Теш З. Возбуждение кластеров в адрон-ядерных столкновениях при средних и высоких энергиях. Росендорф, 1983. ZfK-502.
66. Кюн Б., ..., Комаров В.И. и др. Возбуждение кластеров в адрон-ядерных соударениях // Contributions to the 10th Intern. Conf. on Few-Body Problems in Physics, Karlsruhe, 1983. P. 188.
67. Комаров В.И., Мюллер Г., Теш З. Кумулятивные адрон-ядерные реакции при средних и высоких энергиях // Proc. of the 6th Balaton Conf. on Nucl. Phys., 1983. P.173.

68. Комаров В. И., Мюллер Г., Теш З. Зависимость возбуждения кластеров от массового числа ядра-мишени в адрон-ядерных соударениях. Россендорф, 1984. Zfk-528.
69. Комаров В. И., Мюллер Г., Теш З. Феноменологический анализ испускания быстрых протонов назад при взаимодействии частиц высокой энергии с ядрами // Contributions to the 10th Intern. Conf. "Particles and Nuclei". Heidelberg, 1984. V. II. P. 120.
70. Комаров В. И., Мюллер Г., Теш З. Возбуждение кластеров в адрон-ядерных соударениях при средних и высоких энергиях // Fortsch. Phys. 1985. V. 33, No. 11-12. P. 595.
71. Комаров В. И. Флуктуационная модель Д. И. Блохинцева и экспериментальные исследования на синхроциклотроне ЛЯП ОИЯИ // Тр. семинара, посвящ. 75-летию со дня рождения Д. И. Блохинцева. Дубна, 1986. С. 159.
72. Комаров В. И. Сравнительный анализ реакций квазисвободного выбивания кластеров // Proc. of the 8th Balaton Conf. on Nucl. Physics, 1987. P. 225.
73. Афанасьев Л. Г., ..., Комаров В. И. и др. Измерение сечения взаимодействия ультрарелятивистских атомов позитрония с углеродом. ОИЯИ, P1-88-741. Дубна, 1988; ЯФ. 1989. Т. 50. С. 7.
74. Комаров В. И. Проявляется ли динамическая стохастичность в дифференциальных сечениях рождения адронов? ОИЯИ, Д1-89-134. Дубна, 1989.
75. Иванов М. А., ..., Комаров В. И. и др. Пропорциональная камера с малым количеством вещества в рабочем объеме. ОИЯИ, 13-89-278. Дубна, 1989; ПТЭ. 1990. № 4. С. 69.
76. Афанасьев Л. Г., ..., Комаров В. И. и др. Измерение вероятности распада  $\pi^0$ -мезона на  $\gamma$ -квант и атом позитрония // ЯФ. 1990. Т. 51. С. 1040; Phys. Lett. B. 1990. V. 236. P. 116.
77. Афанасьев Л. Г., ..., Комаров В. И. и др. Наблюдение эффекта кулоновского взаимодействия в пионных парах из реакции  $p + Ta \rightarrow \pi^+ + \pi^- + X$  при энергии протонов 70 ГэВ. ОИЯИ, P1-90-149. Дубна, 1990; ЯФ. 1990. Т. 52. С. 1046.
78. Афанасьев Л. Г., ..., Комаров В. И. и др. Экспериментальная установка «Позитроний» и ее точностные характеристики. ОИЯИ, P13-90-527. Дубна, 1990.
79. Афанасьев Л. Г., ..., Комаров В. И. и др. Широкоапертурный сцинтилляционный годоскоп на ФЭУ-85. ОИЯИ, 13-91-251. Дубна, 1991.

80. *Afanasyev L. G., ..., Komarov V.I. et al.* Observation of the Coulomb Interaction Effect in the Pion Pairs from the Reaction  $p + \text{Ta} \rightarrow \pi^+ + \pi^- + X$  at 70 GeV // Proc. of Intern. Workshop, Marburg, 1990. World Sci., 1991. P.76; Phys. Lett. B. 1991. V.255. P.146.
81. *Зрелов П. В., ..., Комаров В. И. и др.* Моделирование эксперимента по изучению процессов подпорогового рождения  $K^+$ -мезонов. ОИЯИ, P10-92-369. Дубна, 1992.
82. *Buescher M., ..., Komarov V.I. et al.* A Dedicated 0 deg Facility for Threshold Particle Production Studies at COSY // Phys. Scr. 1991. V.48. P.50.
83. *Schult O. B., ..., Komarov V.I. et al.* Possibility of Exclusive Study of the Deuteron Breakup with Polarized Protons and Deuterons at COSY // Proc. of the Intern. Workshop "Dubna Deuteron-91". Dubna, 1992. P.212.
84. *Komarov V.I.* Exclusive Deuteron Break-up Study with Polarized Protons and Deuterons at COSY // Proc. of the 105th Intern. WE-Heraeus-Seminar on Hadronic Processes at Small Angles in Storage Rings. Konf. FZ Juelich, 1993. V.12. P.281.
85. *Afanasyev L. G., ..., Komarov V.I. et al.* Observation of Atoms Consisting of  $\pi^+$  and  $\pi^-$  Mesons // Phys. Lett. B. 1993. V.308. P.200.
86. *Akishin P.G., ..., Komarov V.I. et al.* Determination of the Main Parameters of the Backward Spectrometer at the 0 deg Facility. JINR, E13-93-339. Dubna, 1993.
87. *Dshemuchadze S., ..., Komarov V.I. et al.* Status of Preparation of the Deuteron Breakup Experiment at COSY // Proc. of the Intern. Symp. "Dubna Deuteron-93". Dubna, 1994. P.61.
88. *Afanasyev L. G., ..., Komarov V.I. et al.* Wide Aperture Scintillation Hodoscope with FEU-143 Photomultipliers. JINR, E13-93-234. Dubna, 1993; ПТЭ. 1994. Т.37, №3. С.25.
89. *Afanasyev L. G., ..., Komarov V.I. et al.* Experimental Estimation of the Lifetime of Atoms Formed by  $\pi^+$  and  $\pi^-$  Mesons // Phys. Lett. B. 1994. V.338. P.478.
90. *Schult O. W.B., ..., Komarov V.I. et al.* Experiments at COSY // Proc. of the Intern. Conf. on Nucl. React. Mechanism, Varenna, 1994. P.535.
91. *Komarov V.I., Mueller H., Petrus A. Yu.* High Excitation of the Few-Nucleon Systems Accompanied by the "Meson Cooling" // Proc. of the Symp. "Dubna Deuteron-93". Dubna, 1994. P.67.
92. *Buescher M., ..., Komarov V. et al.* Investigation of Nuclear-Medium Effects on Elementary Particle Reactions with the 0 deg Facility at

- COSY Juelich // Proc. of the Intern. Conf. "Physics with GeV-Particle Beams", Juelich, 1994. P.439.
93. *Komarov V.I., Petrus A. Yu., Mueller H.* Excitation of Few-Nucleon Systems Accompanied by "Meson Cooling" // Proc. of the Intern. Conf. "Physics with GeV-Particle Beams", Juelich, 1994. P.456.
  94. *Borgs W., ..., Komarov V.I. et al.* Concept of the 0 deg Facility at TP2 in COSY // IKP KFA Ann. Rep. 1991. Berichte des FZ Juelich 2590. 1992. P.21.
  95. *Sistemich K., ..., Komarov V.I. et al.* Status of the 0 deg Facility // IKP KFA Ann. Rep. 1992. Berichte des FZ Juelich 2726. 1992. P.9.
  96. *Mueller H., ..., Komarov V.I. et al.* Development of the Backward Detector System for the 0 deg Facility // IKP KFA Ann. Rep. 1992. Berichte des FZ Juelich 2726. 1992. P.26.
  97. *Ivanov V.V., ..., Komarov V.I. et al.* Performance of the Backward Spectrometer for the 0 deg Facility // IKP KFA Ann. Rep. 1992. Berichte des FZ Juelich 2726. 1992. P.28.
  98. *von Horn L., ..., Komarov V.I. et al.* Testing of a Module of the Multiwire Drift Chamber for the 0 deg Facility Backward Detector // IKP KFA Ann. Rep. 1992. Berichte des FZ Juelich 2726. 1992. P.30.
  99. *Schult O.W.B., ..., Komarov V.I. et al.* Possibilities for Medium Energy Physics Study at Small Angles with the Zero Degree Facility in COSY // IKP KFA Ann. Rep. 1992. Berichte des FZ Juelich 2726. 1992. P.17.
  100. *Sistemich K., ..., Komarov V.I. et al.* The Preparation of the 0 deg Facility // IKP KFA Ann. Rep. 1993. Berichte des FZ Juelich 2879. 1993. P.30.
  101. *Kulikov A.V., ..., Komarov V.I. et al.* Development of the Forward Detector for the 0 deg Facility // IKP KFA Ann. Rep. 1993. Berichte des FZ Juelich 2879. 1993. P.57.
  102. *Sistemich K., ..., Komarov V.I. et al.*  $K^+$  Production in Nuclei with Protons at Energies below the  $NN$  Threshold // Proc. of the 105th Intern. WE-Heraeus-Seminar, Bad Honnef, 1993. P.1.
  103. *Sistemich K., ..., Komarov V.I. et al.* Status of the 0 deg Facility // IKP KFA Ann. Rep. 1994. Berichte des FZ Juelich 3035. 1994. P.41.
  104. *Mueller H., ..., Komarov V.I. et al.* Subthreshold Production of  $K$  Mesons at the 0 deg Facility // IKP KFA Ann. Rep. 1994. Berichte des FZ Juelich 3035. 1994. P.47.
  105. *Buescher M., ..., Komarov V.I. et al.* Expected Missing-Mass Resolution in the Deuteron-Fragmentation Experiment at the ZDF and



- Conditions for Studies of the  $p'p' \rightarrow pp\phi$  Process // IKP KFA Ann. Rep. 1994. Berichte des FZ Juelich 3035. 1994. P. 63.
106. *Schult O. W. B., ..., Komarov V.I. et al.* Plans for the Investigation of Subthreshold  $K^+$  Production in  $p + A$  Collisions // Nucl. Phys. A. 1995. V. 583. P. 629.
  107. *Kulikov A. V., ..., Komarov V.I. et al.* The Preparation of the Backward Detector System for the 0 deg Facility // IKP KFA Ann. Rep. 1994. Berichte des FZ Juelich 3035. 1994. P. 64.
  108. *Amaglobeli N., ..., Komarov V.I. et al.* Simulation of Cherenkov Counters for the 0 deg Facility // IKP KFA Ann. Rep. 1994. Berichte des FZ Juelich 3035. 1994. P. 65.
  109. *Kacharava A., ..., Komarov V. et al.* Subthreshold  $K^+$  Production in  $pd$  Collisions. HEPI TSU 12-94, 1994.
  110. *Lado A. V., ..., Komarov V.I. et al.* The Mechanisms of the  $pd \rightarrow {}^3\text{H}_\Lambda K^+$  Reaction. JINR, E4-95-178. Dubna, 1995; J. Phys. G. 1995. V. 21. P. L69.
  111. *Kacharava A. K., ..., Komarov V.I. et al.* Beam Test of Cherenkov Counter Prototype for ZDF Setup. JINR, E1-95-380. Dubna, 1995; Nucl. Instr. Meth. A. 1996. V. 376. P. 356.
  112. *Kacharava A. K., ..., Komarov V.I. et al.* Feasibility of Deuteron Break-Up Study at COSY 0 deg Facility (ANKE). JINR, E1-96-42. Dubna, 1996.
  113. *Kacharava A. K., ..., Komarov V.I. et al.* Simulation of Deuteron Break-Up at  $T_p = 2.5$  GeV for ANKE Facility. JINR, E1-96-270. Dubna, 1996.
  114. *Komarov V. et al.* First Module of the Forward Proportional Chambers of the ANKE Spectrometer // IKP KFA Ann. Rep. 1995. Berichte des FZ Juelich 3200. 1996. P. 67.
  115. *Kacharava A. K., ..., Komarov V.I. et al.* Feasibility of the Use of Cherenkov Counters in  $pd$  Studies at the COSY 0 deg Facility (ANKE) // IKP KFA Ann. Rep. 1995. Berichte des FZ Juelich 3200. 1996. P. 69.
  116. *Komarov V. et al.* BD Hodoscope Performance // IKP FZ Ann. Rep. 1996. Berichte des FZ Juelich 3365. 1997. P. 67.
  117. *Buescher M., ..., Komarov V.I. et al.*  $K^+K^-$  Pair Identification at the ANKE Setup // IKP FZ Ann. Rep. 1996. Berichte des FZ Juelich 3365. 1997. P. 69.
  118. *Kacharava A., ..., Komarov V.I. et al.* Deuteron Breakup Simulation at 2.5 GeV for the ANKE Facility // IKP FZ Ann. Rep. 1996. Berichte des FZ Juelich 3365. 1997. P. 78.

119. *Kacharava A., ..., Komarov V.I. et al.* Expected Conditions of the Forward Detector Operation of the ANKE. JINR Commun. E1-97-324. Dubna, 1997.
120. *Adeva B., ..., Komarov V. et al.* First Observation of  $\pi K$  Atom and Its Lifetime Measurement. CERN/SPSC 2000-032. Geneva, 2000.
121. *Barsov S., ..., Komarov V. et al.* First Results from Subthreshold  $K^+$  Production Measurements at ANKE // Nucl. Phys. A. 2000. V.675. P.439.
122. *Barsov S., ..., Komarov V. et al.* ANKE, a New Facility for Medium Energy Hadron Physics at COSY // Nucl. Instr. Meth. A. 2000. V.675. P.439.
123. *Koptev V., ..., Komarov V. et al.* Forward  $K^+$  Production in Subthreshold  $pA$  Collisions at 1 GeV // Phys. Rev. Lett. 2001. V.87. P.0301.
124. *Abaev V., ..., Komarov V. et al.* Spin-Triplet Final-State Dominance in the  $pp \rightarrow pnp^+$  Reaction at 492 MeV // Phys. Lett. B. 2001. V.521. P.158.
125. *Chiladze B., ..., Komarov V. et al.* The Forward Detector of the ANKE Spectrometer. Scintillation and Cherenkov Hodoscopes // Part. Nucl., Lett. 2002. No. 4. P.95.
126. *Rathmann F., ..., Komarov V. et al.* The Polarized Internal Gas Target for the Deuteron Break-Up Experiment of ANKE at COSY-Juelich // Czechosl. J. Phys. 2002. V.52. A1.
127. *Buescher M., ..., Komarov V. et al.* Identification of  $K^+$ -Mesons from Subthreshold  $pA$  Collisions with ANKE at COSY-Juelich // Nucl. Instr. Meth. A. 2002. V.481. P.378.
128. *Komarov V.* Some Open Questions in Study of the Proton-Light Nucleus Interaction // Proc. of Workshop on Proton-Deuteron Interaction Studies. Dubna, 2002. P.39.
129. *Uzikov Yu., ..., Komarov V. et al.* Singlet-to-Triplet Ratio in the Deuteron Breakup Reaction  $pd \rightarrow pnp$  at 585 MeV // Phys. Lett. B. 2002. V.524. P.303.
130. *Kleber V., ..., Komarov V. et al.*  $a_0(980)$ -Resonance Production in  $pp \rightarrow dK^+K^0$  Reaction Close to Threshold // Phys. Rev. Lett. 2003. V.87. P.022301.
131. *Adeva B., ..., Komarov V. et al.* DIRAC: A High Resolution Spectrometer for Pionium Detection // Nucl. Instr. Meth. A. 2003. V.515. P.467.

132. Komarov V. *et al.* Proton-Induced Deuteron Breakup at GeV Energies with Forward Emission of a Fast Proton Pair // Phys. Lett. B. 2003. V. 553. P. 179.
133. Uzikov Yu., ..., Komarov V. *et al.* Short-Range NN Properties in the Processes  $pd \rightarrow dp$  and  $pd \rightarrow (pp)n$  // Eur. Phys. J. A. 2003. V. 18. P. 317.
134. Dymov S., ..., Komarov V. *et al.* Proton Induced Deuteron Break-Up with Emission of a Fast Forward Proton Pair // Phys. Scr. 2003. V. 104. P. 26.
135. Adeva B., ..., Komarov V. *et al.* Detection of  $\pi^+\pi^-$  Atoms with the DIRAC Spectrometer at CERN. arXiv0409053. 2004.
136. Barsov S., ..., Komarov V. *et al.* Near-Threshold Production of  $\omega$ -Meson in the  $pn \rightarrow d\omega$  Reaction // Eur. Phys. J. A. 2004. V. 21. P. 521.
137. Dymov S., ..., Komarov V. *et al.* The Forward Detector of the ANKE Spectrometer. Tracking System and Its Use in Data Analysis // Part. Nucl., Lett. 2004. V. 1, No. 2. P. 40.
138. Komarov V., Mueller H., Sibirtsev A. Subthreshold Antiproton Production in Proton–Carbon Reactions // J. Phys. G. 2004. V. 30. P. 921.
139. Mueller H., Komarov V. Subthreshold Antiproton Production in  $pC$ ,  $dC$  and  $\alpha C$  Reactions // J. Phys. G. 2004. V. 30. P. 1379.
140. Yaschenko S., ..., Komarov V. *et al.* Measurement of the Analyzing Power in  $pd \rightarrow (pp)n$  with a Fast Forward  $^1S_0$  Proton Pair // Phys. Rev. Lett. 2005. V. 94. P. 072304.
141. Mueller H., Komarov V. Target Mass Number Dependence of Subthreshold Antiproton Production in Proton-, Deuteron- and Alpha-Particle-Induced Reactions // J. Phys. G. 2005. V. 31. P. 285.
142. Adeva B., ..., Komarov V. *et al.* First Measurement of the  $\pi^+\pi^+$  Atom Lifetime // Phys. Lett. D. 2005. V. 619. P. 50.
143. Wronska A., ..., Komarov V. *et al.* Near-Threshold  $\eta$ -Meson Production in the  $dd \rightarrow He\eta$  Reaction // Eur. Phys. J. A. 2005. V. 26. P. 421.
144. Chiladze D., ..., Komarov V. *et al.* Determination of Deuteron Beam Polarizations at COSY // Phys. Rev. ST Accel. Beams. 2006. V. 9. P. 050101.
145. Chiladze D., ..., Komarov V. *et al.* Vector and Tensor Analyzing Power in Deuteron–Proton Breakup Reactions at Intermediate Energies // Phys. Lett. B. 2006. V. 637. P. 170175.
146. Dymov S., ..., Komarov V. *et al.* Production of the  $^1S_0$  Diproton in the  $pp \rightarrow pp\pi^0$  Reaction at 0.8 GeV // Phys. Lett. B. 2006. V. 635. P. 270.

147. *Tsirkov D., ..., Komarov V.I. et al.* Energy Dependence of the Cross Section for  $pp \rightarrow \{pp\}_s$  at Intermediate Energies at ANKE // IKP FZ-Juelich Ann. Rep. 2008. Juelich, 2008.
148. *Kurbatov V., ..., Komarov V. et al.* Energy Dependence of Forward  $^1S_0$  Diproton Production in the  $pp \rightarrow pp\pi^0$  Reaction // Phys. Lett. B. 2008. V.661. P.22.
149. *Komarov V. et al.* Observation of Inverse Diproton Photodisintegration at Intermediate Energies // Phys. Rev. Lett. 2008. V.101. P.10250.
150. *Adeva B., ..., Komarov V. et al.* Evidence for  $\pi K$  Atoms with DIRAC // Phys. Lett. B. 2009. V.674. P.11.
151. *Chiladze D., ..., Komarov V. et al.* The  $dp \rightarrow ppn$  Reaction as a Method to Study Neutron–Proton Charge-Exchange Amplitudes // Eur. Phys. J. A. 2009. V.40. P.23.
152. *Dymov S., ..., Komarov V. et al.* Observation of an “ABC” effect in Proton–Proton Collisions // Phys. Rev. Lett. 2009. V.102. P.192301.
153. *Tsirkov D., ..., Komarov V. et al.* Energy Dependence of the  $pp \rightarrow \{pp\}_s\gamma$  Reaction Cross Section in the  $\Delta(1232)$  Isobar Range // IKP FZ-Juelich Ann. Rep. 2009. Juelich, 2009.
154. *Dymov S., ..., Komarov V. et al.* Deuteron Breakup  $pd \rightarrow \{pp\}_s n$  with Forward Emission of a Fast  $^1S_0$  Diproton // Phys. Rev. C. 2010. V.81. P.044001.
155. *Tsirkov D., ..., Komarov V. et al.* Energy Dependence of Hard Bremsstrahlung Production in Proton–Proton Collisions in the  $\Delta(1232)$  Region // J. Phys. G. 2010. V.37. P.105005.
156. *Adeva B., ..., Komarov V. et al.* Determination of  $\pi\pi$  Scattering Lengths from Measurement of  $\pi^+\pi^-$  Atom Lifetime // Phys. Lett. B. 2011. V.704. P.24.
157. *Tsirkov D., ..., Komarov V. et al.* Differential Cross Section and Analyzing Power of the  $pp \rightarrow \{pp\}_s\pi^0$  Reaction at 353 MeV // Phys. Lett. B. 2012. V.712. P.370.
158. *Комаров В.И., Куликов А.В.* Процессы с дипротонными конечными состояниями при промежуточных энергиях // Новости ОИЯИ. 2012. №2. С.11.
159. *Mchedlishvili D., ..., Komarov V. et al.* The Neutron–Proton Charge-Exchange Amplitudes Measured in the  $dp \rightarrow ppn$  Reaction // Eur. Phys. J. A. 2013. V.49. P.49.
160. *Dymov S., ..., Komarov V. et al.* Measurement of Spin Observables in the Quasifree  $np \rightarrow \{pp\}_s\pi^-$  Reaction at 353 MeV // Phys. Rev. C. 2013. V.88. P.014001.

161. *Shmakova V., ..., Komarov V. et al.* First Measurement of Spin Correlations in the  $np \rightarrow d\pi^0$  Reaction // *Phys. Lett. B.* 2013. V. 726. P. 634.
162. *Dymov S., ..., Komarov V. et al.* Analyzing Power and Spin Correlations in Deuteron–Proton Charge Exchange at 726 MeV // *Phys. Lett. B.* 2015. V. 744. P. 391.
163. *Dymov S., ..., Komarov V. et al.* Coherent Pion Production in Proton–Deuteron Collisions // *Phys. Lett. B.* 2016. V. 762. P. 102.
164. *Komarov V. et al.* Evidence for Excitation of Two Resonance States in the Isovector Two-Baryon System with a Mass of 2.2 GeV/ $c^2$  // *Phys. Rev. C.* 2016. V. 93. P. 065206.
165. *Komarov V.I., Kulikov A. V., Tsirkov D. A.* First Observation of the  $J^P = 0^-$  Resonance in Proton–Proton Interaction // *JINR News.* 2017. No. 2. P. 20.
166. *Комаров В.И.* Как начиналось создание медико-биологического комплекса на протонном пучке синхроциклотрона ОИЯИ. ОИЯИ, P18-2018-29. Дубна, 2018.
167. *Komarov V.I.* On the Possibility of Revealing the Transition of a Baryon Pair State to a Six-Quark Confinement State. arXiv:1704.06161 v1 [nucl-exp]; JINR, E1-2017-24. Dubna, 2017; *Phys. Part. Nucl. Lett.* 2018. V. 1. P. 69.
168. *Barsov S., ..., Komarov V. et al.* Measurement of the Analyzing Power in  $pd$  Elastic and  $pn$  Quasi-Elastic Scattering at Small Angles. arXiv: 1808.01792 [nucl-ex]. 2018; *Eur. Phys. J. A.* 2018. V. 54. P. 225.
169. *Komarov V. et al.* Resonance-Like Coherent Production of a Pion Pair in the Reaction  $pd \rightarrow pd\pi\pi$  in the GeV Region. arXiv: 1805.01493 [nucl-ex]; *Eur. Phys. J. A.* 2018. V. 54. P. 206.
170. *Mchedlishvili D., ..., Komarov V. et al.* Deuteron Analyzing Powers in Deuteron–Proton Elastic Scattering at 1.2 and 2.27 GeV // *Nucl. Phys. A.* 2018. V. 977. P. 14.
171. *Frisch C., ..., Komarov V. et al.* Experimental and Theoretical Study of Deuteron–Proton Elastic Scattering for Proton Kinetic Energies between  $T_p = 882.2$  MeV and  $T_p = 918.3$  MeV // *Phys. Lett. B.* 2018. V. 784. P. 277.
172. *Tsirkov D., ..., Komarov V.I. et al.* Recent Dibaryon Studies at ANKE // *Eur. Phys. J. Web Conf.* 2019. V. 199. P. 62016.
173. *Комаров В.И. и др.* Критерии центральности неупругих нуклон-нуклонных соударений. ОИЯИ, P1-2019-58. Дубна, 2019.
174. *Комаров В.И.* Пионерские исследования короткодействующих протон-ядерных взаимодействий на дубненском синхро-

- циклотроне // Дубна: наука, содружество, прогресс. 2019. 5, 12, 19 дек. № 47–49.
175. *Комаров В.И.* Первое наблюдение дибарионного резонанса // Дубна: наука, содружество, прогресс. 2020. 20 февр. № 6. С. 7.
176. *Akhunzyanov R. R., ..., Komarov V.I. et al.* Conceptual Design of the Spin Physics Detector. JINR, Dubna, SPD NICA. arXiv: 2102.00442. 2022. P. 45.
177. *Komarov V.I.* Is It Possible to Simulate the Cosmological Stage of the Nucleon Mass Generation? arXiv: 2303. 12452. 2023.
178. *Комаров В.И.* Структура нуклонов в непертурбативной КХД — перспективная задача физики XXI века // Новости ОИЯИ. 2021. № 1. С. 33.
179. *Tsirkov D., ..., Komarov V.I. et al.* Resonant Behavior of the  $pp \rightarrow \{pp\}_s \pi^0$  Reaction at the Energy  $\sqrt{s} = 2.65$  GeV // Phys. Rev. C. 2023. V. 107. P. 015202.
180. *Комаров В.И.* Структура нуклонов и NN-взаимодействия в непертурбативной КХД как насущная задача физики XXI века // Письма в ЭЧАЯ. 2022. Т. 19, № 1. С. 40; Phys. Part. Nucl. Lett. 2022. V. 19, No. 1. P. 54; arXiv:2303.11505.
181. *Комаров В.И.* К 110-летию со дня рождения Б.М.Понтекорво. ОИЯИ, P1-2023-39. Дубна, 2023.

## Приложение. Физика и поэзия

Недавно, выбрасывая старые залежавшиеся бумаги, я наткнулся на пожелтевшую от давности тетрадку школьного формата. К моему удивлению, в ней среди черновых заметок и формул курсовых работ сохранилось и несколько стихотворений. Я никогда не был особым поклонником искусства стихосложения — эти стихи были просто следами отдыха от студенческого труда. Увидев их, я улыбнулся и сказал себе: «Надо же, мне тогда и в голову не приходило, что через несколько лет я буду в Дубне свидетелем дебатов в Доме ученых ОИЯИ на тему „Что важнее — физика или лирика?“. Не ясно ли было, что хорошая физика сама по себе — лирика, а поэтические глашатаи явно путают физику с бухгалтерией?» Сказав это, я не выбросил стихотворения, а добавил к ним небольшое посвящение и предлагаю их вашему вниманию.

### ПОСВЯЩЕНИЕ

К...

Прекрасным дамам поэтам славным  
Пристало вновь  
Венком сонетов воспеть по странам  
Свою любовь.  
НС и ГНУСом\*, а не поэтом  
Трудился я,  
Статьи, расчеты, а не сонеты —  
Судьба моя.  
И все же скромный цветков увядших  
Примите дар,  
Как след, чуть видный на днях озябших,  
От юных чар.  
Пусть строками пожухлых лоций  
Споют они,  
Как все мы были полны эмоций  
В былые дни...  
2020

---

\*НС и ГНУС — научный сотрудник и главный научный сотрудник соответственно.

\*\*\*

Неладно то устроено на свете,  
Что девы парням снятся по ночам.  
Неладно то, что в марте теплый ветер  
Вздыхает тоже по ее очам.

Чудесный взгляд, короткий или вечный?  
Толчок в груди, и теплою волной  
Меня подхватывает взгляд твой встречный,  
Так сказочно овладевая мной.

А я не знал, что вешний мир прекрасен,  
Когда мотался в тусклой суете,  
Что не на дне живем, а на Парнасе,  
Плывущем на огромной высоте.

И тут я вспоминаю о поэте  
С невольной завистью к его словам — лучам.  
Ах, как чудесно сделано на свете,  
Что девы парням снятся по ночам.

*10 марта 1954 г.*

\*\*\*

Фиалка милая, опять весна\*.  
Мы снова встретились в лесах с тобой.  
Три года минуло, три поколения  
Весной родилось и увяло в зной.

И снова плавает сквозь туман  
Дыханье хвои и листьев прель,  
И сквозь торжественный весны орган  
Горлицы жалоба и птичья трель.

Но не встречает нас наш верный друг,  
Всегда приветливый веселый клен.  
Его меж нами нет — я вижу вдруг:  
Повергнут бурей на землю он.

Фиалка милая, опять весна...  
Мы снова встретились в лесах с тобой,

---

\* Навеяно событиями личной жизни.



И только друг наш клен — виденьем сна  
Нам улыбается, совсем живой.

*5 апреля 1955 г.*

\*\*\*

И я читал дискуссию в газете\* —  
Любви, мол, разум сдерживает пыл.  
Но я ее совсем недавно встретил  
И беззаветно пылко полюбил.

Она стройна как вешняя лоза,  
Глаза как солнца луч среди печали,  
Я увидал бесценные глаза,  
Они мне все в минуту рассказали.

Зовите же всех умников сюда,  
Читайте мне газеты всего света,  
Вы не докажете мне никогда,  
Что девушка есть лучшая, чем эта.

*15 апреля 1954 г.*

\*\*\*

Очи черные, весною  
Вы сильнее темноты —  
Чем темнее, тем полнее  
Ваше море красоты.

В этом море я немею,  
Нет и воздуха глотнуть,  
И хоть плавать я умею,  
Мне придется утонуть.

Но скажу вам по секрету,  
Ничего не утая:  
Погибая в море этом,  
С нею счастлив буду я.

*20 мая 1954 г.*

---

\* См. «Комсомольскую правду» за 1954 год.

\*\*\*

Украина! Солнечные степи\*,  
Плывут поля,  
Дым паровозный уносит ветер  
За тополя.  
Остановиться бы на рассвете,  
Где нет жилья,  
Уйти б от поезда в степи эти,  
Где не был я.  
Где слышен грохот нашествий грозных  
Через века.  
Где скрип далекий колес обозных  
И рев быка.  
И я, потомок славян и гуннов,  
Вернулся в край,  
Где переварен котлом чугунным  
И ад, и рай.  
Украина! Солнечные степи,  
Плывут поля.  
Уносит прошлое теплый ветер  
За тополя.  
*1 июля 1955 г.*

---

\* Сложилось в грохочущем тамбуре поезда Москва–Севастополь. Незабываемый аромат паровозного дыма еще проступает между строк стихотворения.

## Содержание

От автора . . . . .	3
Пионерские исследования короткодействующих протон-ядерных взаимодействий на дубненском синхроциклотроне . . . . .	4
Первое наблюдение дибарионного резонанса . . . . .	18
Памяти Льва Иосифовича Лapidуса. К 95-летию со дня рождения	21
Несколько памятных встреч . . . . .	32
Как начиналось создание медико-биологического комплекса на протонном пучке синхроциклотрона ОИЯИ. . . . .	35
К 110-летию со дня рождения Б. М. Понтекорво . . . . .	59
Секретарь трех корифеев науки . . . . .	82
Структура нуклонов и $NN$ -взаимодействия в непертурбативной КХД как насущная задача физики XXI века. . . . .	89
Краткая научная автобиография. . . . .	97
Список публикаций за 1959–2023 годы. . . . .	103
Приложение. Физика и поэзия . . . . .	118

**КОМАРОВ Владимир Иванович**  
**ФИЗИКА В КРУГУ ДРУЗЕЙ И КОЛЛЕГ**

Редактор *Е. В. Калининкова*  
Верстка *И. Г. Андреевой, В. А. Жбанковой*  
Обложка *В. О. Тамоновой*

Формат 70 × 100/16. Бумага офсетная. Печать цифровая.  
Усл. печ. л. 10,03. Уч.-изд. л. 7,37. Тираж 150 экз. Заказ 60816

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований  
141980, г. Дубна, Московская обл., ул. Жолио-Кюри, 6.  
E-mail: [publish@jinr.ru](mailto:publish@jinr.ru)  
[www.jinr.ru/publish/](http://www.jinr.ru/publish/)



Владимир Иванович Комаров (р.1935) – физик-экспериментатор, доктор физико-математических наук, ветеран Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ. Начал работу в ОИЯИ в 1957 г. с дипломной практики на синхроциклотроне лаборатории. Получив диплом с отличием на физическом факультете Московского университета, был принят в 1959 г. на работу в ЛЯП ОИЯИ, где работал в должностях от младшего до главного научного сотрудника. Научные эксперименты периодически совмещал с административной работой в должности ученого секретаря лаборатории либо руководителя научного отдела. Проводил экспериментальную работу на протонных ускорителях Дубны, Протвино, ЦЕРН и Юлиха (Германия). Результаты изложены в более чем 180 научных публикациях, написанных лично им либо в соавторстве с коллегами.

В предлагаемом читателям сборнике научно-мемуарных очерков иллюстрируется, как в лаборатории складывалась традиция работы, приводящей к значительным научным результатам.