

НА ПЕРЕДНЕМ КРАЕ НАУКИ

На пути к четвёртому поколению

Юбилей — событие многозначительное. С одной стороны, это повод вспомнить основные вехи жизни и подвести некие итоги, с другой — реально и критически посмотреть на сегодняшнюю ситуацию и, наконец, произвести ревизию планов на будущее. 25 января отметил 70-летие академик Геннадий Николаевич Кулипанов. Центральная тема нашего интервью обозначилась сама собой. Ведь если перефразировать великого пролетарского поэта, «мы говорим Кулипанов, подразумеваем — синхротронное излучение, мы говорим синхротронное излучение, подразумеваем — Кулипанов». Сам же Геннадий Николаевич применительно к любимому объекту и инструменту своего научного творчества предпочитает другую цитату: «Светить всегда, светить везде...»

В начале

С Маяковским по жизни физик Кулипанов идёт со школьных лет.

— С 5-го класса я учился в 99-й средней школе, в центре Новосибирска, — вспоминает Геннадий Николаевич. — Директором школы был Михаил Терентьевич Митасов — могучая фигура, личность! Он был не физик и не химик — он был литератор и любовь к Маяковскому, которого сам любил и умел читать, постарался всем нам привить: «Р-р-разворачивайтесь в марше, словесной не место кляузе!...» Сегодня на юбилеях своих друзей часто читаю Маяковского. Очень люблю «Рассказ литейщика Ивана Козырева о вселении в новую квартиру». С актёрской точки зрения это очень выигрышное произведение.

Кстати, сценическое мастерство будущий академик три года оттачивал в знаменитом в 60-е годы студенческом театре НЭТИ. Но потом физика взяла своё.

Когда в декабре в Новосибирск приезжал Жорес Иванович Алфёров, в программе его визита было посещение НГТУ. Там два академика выяснили, что один закончил НЭТИ, а другой ЛЭТИ (с ударением на «И», как говорили в Ленинграде), и у обоих в дипломе записана специальность «инженер-электрик». Только у Кулипанова кафедра называлась «электронные приборы», у Алфёрова — «электровакуумные». Но это и понятно — Нобелевский лауреат учился ещё в «дотранзисторные» годы, когда полупроводниковая эпоха, которая сегодня немислима без его открытий, только маячила на горизонте.

— В годы моей учёбы НЭТИ быстро развивался, и наша кафедра была сначала на радиотехническом факультете, потом на приборостроительном, потом на факультете радиоэлектроники, — рассказывает Геннадий Николаевич. — Несколько деканов потом меня пытались убеждать, что именно их факультет я закончил. На это отвечаю: факультеты были разные, но кафедра одна и та же. И я на всю жизнь благодарен этой кафедре и её преподавателям.

ИЯФ навсегда

Научная биография академика Кулипанова неразрывно связана с Институтом ядерной физики.

— Мы приехали в ИЯФ после четвёртого курса на собеседование — Валя Горбунов, который учился со мной в одной группе, первым сюда позвонил и договорился, что нас будут ждать. К нам, пятерым четверокурсникам, вышли четыре научных сотрудника: Александр Николаевич Скринский, Вениамин Александрович Сидоров, Станислав Георгиевич Попов и Олег Нежевенко (он окончил НЭТИ годом раньше и уже работал здесь). Побеседовали. Меня, кстати, спросили, почему с кафедры «электронные приборы» иду в Институт ядерной физики. Я набрался наглости и сказал, что электроника является основой развития современной ядерной физики. Ещё какие-то вопросы мне задавали. Помню один — про катодный повторитель, — улыбается академик.

Дипломная работа пятикурсника Кулипанова была посвящена исследованию сильнооточного разрядника. Для работы ускорителя требуется коммутировать, т.е. подавать в нужный момент ток в катушки,



создающие магнитное поле, и своевременно его отключать. Токи до 40 килоампер, миллисекундной длительности. Коммутаторы были разных видов, и работу одного из них — вакуумного разрядника с внешним поджигом — поручили исследовать студенту. В использовании эти коммутаторы, на самом деле, не пошли, поскольку к тому времени уже появились полупроводниковые твердотельные тиристоры.

— Руководителем дипломной работы у меня был Станислав Георгиевич Попов, — рассказывает Геннадий Николаевич. — А главными учителями могу назвать Александра Николаевича Скринского и Бориса Валериановича Чирикова. Моя кандидатская диссертация была экспериментально сделана на накопителе ВЭП-1 и посвящена исследованию нелинейных резонансов и стохастической неустойчивости, которая была гениально предсказана в своё время Борисом Валериановичем. Он же был оппонентом на защите.

Сибирский источник

Синхротронное излучение и его свойства были предсказаны теоретически ещё до появления ускорителей. Оно образуется при торможении движущихся с околосветовыми скоростями заряженных частиц, когда постоянное магнитное поле заставляет их двигаться по круговым орбитам. Можно сказать, что в установках первого поколения, созданных для экспериментов в физике высоких энергий, синхротронное излучение было побочным продуктом. Но возможности этого «отхода производства» оказались колоссальными. Первым ускорителем, специально построенным для получения синхротронного излучения (такие установки называются источниками СИ второго поколения) был американский Tantalus, введённый в строй в 1968 году. В Новосибирске исследование с исполь-

зованием синхротронного излучения начались в начале 70-х.

— В 1971 году, когда мы строили ВЭПП-3, немцы на старом синхротроне DESY продемонстрировали, что на синхротронном излучении можно снять рентгенограмму мышицы лягушки и получить информацию о её структуре за 12 минут, а не за 24 часа, как на рентгеновских трубках. Этот факт мгновенно стал известен и послужил тому, что в DESY (Deutsches Elektronen Synchrotron — ведущий исследовательский центр Германии в области физики высоких энергий) создали специальный отдел Европейской микробиологической лаборатории и на накопителе DORIS, который создавался в то же время, что и ВЭПП-3, стали готовиться к экспериментам на синхротронном излучении, — вспоминает академик Г.Н. Кулипанов.

Наш накопитель заработал в 1972 году. Зная о западногерманских исследованиях в этом направлении, мы вывели пучок рентгеновского излучения. Узнав об этом, сюда приехали биологи из Москвы, и в 1973 году был осуществлён первый в мире рентгено-структурный анализ тяжёлых цезиевых солей ДНК. На обычной рентгеновской трубке это не получается — ДНК разваливается быстрее, чем получается «картинка». Профессор М.А. Мокульский из Института молекулярной генетики на ВЭПП-3 провёл первые в мире эксперименты по аномальному рассеянию на разных длинах волн, что на трубке вообще нельзя делать.

Академик Глеб Михайлович Франк, основатель Института теоретической и экспериментальной биофизики, что в Пущино, очень интересовался структурой мышцы. Он говорил: «Вы мне сделайте «кино» с разрешением в 30 миллисекунд, и мы вам сразу расскажем, как мышца работает». И в 1973 году на нашем накопителе Альвина Ан-

древна Вазина сняла картинку уже не за 12 минут, как на немецком синхротроне, а за 10 секунд. А с помощью детектора, тоже сделанного у нас в институте, один кадр стал получаться за 2 миллисекунды. В 1974 году в DESY эти результаты вызвали настоящую сенсацию. В то время мы были на переднем фронте науки и часто определяли уровень мирового развития в этой области.

В 80-х годах мировое сообщество осознало, что источники синхротронного излучения — это инфраструктура для развития и биологии, и химии, и физики, и катализа, и материаловедения, и других наук.

— В Советском Союзе в то время тоже была создана государственная программа Минэлектронпрома, Минсредмаша и Академии наук. Мы построили накопительные кольца «Сибирь-1» и «Сибирь-2» для Курчатовского института. В принципе, их относят ещё к источникам СИ второго поколения, но за счёт ряда последовательных модернизаций их характеристики уже вплотную приблизились к третьему поколению. (Источники третьего поколения — это те же накопительные кольца, но имеющие электронные пучки очень малых размеров. В их конструкции предусмотрены прямолинейные участки, предназначенные для установки специальных устройств, генерирующих СИ — вигглеров и ондуляторов).

Но тут начались 90-е годы. И в тот момент, когда весь мир принялся строить специализированные ускорители стоимостью в миллиард долларов и больше, такие как APS (Advanced Photon Source), Аргоннская лаборатория, США), европейская установка ESRF (European Synchrotron Radiation Facility) в Гренобле и самая дорогая и мощная машина SPring-8 в Японии (со всем оборудованием — порядка 2 млрд долларов), мы долго оставались, — сожалеет академик Кулипанов. — Сейчас ситуация изменилась, и долгосрочные программы создания инфраструктуры фундаментальной науки стало возможно хотя бы обсуждать.

От эволюции — к революции

Нужно сказать, ускорительное сообщество проделало гигантскую работу по совершенствованию источников синхротронного излучения. В любом техническом устройстве всегда есть некий параметр, характеризующий эффективность его работы. В автомобиле, например, это скорость или расход бензина на 100 км. Такой же параметр есть у источников синхротронного излучения — яркость источника. Именно она позволяет снимать информацию за более короткое время с лучшим пространственным и спектральным разрешением.

— Если мы говорили, что в рентгеновских трубках это занимало часы, на старых синхротронах — минуты и секунды, то на накопительных кольцах — уже наносекунды, — поясняет Геннадий Николаевич. — Сегодня команда Бориса Петровича Толочко, куда входят специалисты из ИХТТМ, ИГиЛ и ИЯФ, делает один кадр рентгеновского «кино» взрывных процессов за одну наносекунду. Всем известен закон Мура, описывающий

прогресс компьютеров — быстродействие увеличивалось примерно в два раза за два года, в тысячу раз за двадцать лет. А яркость источников СИ возрастала на три порядка, в тысячу раз, каждые 10 лет. Так что можно сказать, что ускорительное сообщество работало более эффективно.

Но это в каком-то смысле эволюция. Однако уже в 90-е годы многие осознавали, что современные источники, даже самые продвинутые, — не полностью пространственно когерентные. Что это даёт? Например, пространственно когерентный источник позволяет получать голограмму от некристаллических объектов, снимать информацию о структуре объекта, не потребовав его кристаллизации. Сегодня, когда биологи снимают ДНК или белки, встаёт очень важная задача — преобразовать перестроить их в кристаллическую форму. А живой белок или живая ДНК — это отнюдь не кристалл. А голография позволяет его снимать, как говорится, «живьём».

В 90-х годах стало ясно, что невозможно создать полностью пространственно когерентный источник на базе накопителей. Всё упирается в так называемый эмиттанс — фазовый объём электронного пучка. При многократном — миллионы раз — пролёте по кругу первоначально плотный, компактный пучок как бы «разбалтывается», и светимость его катастрофически падает.

— И тогда было предложено два решения, — рассказывает академик Кулипанов. — Одно из них — это рентгеновский лазер на свободных электронах, идея которого родилась в ИЯФе, ещё в 1979 году (Е.Л. Салдин, А.М. Кондратенко, Я.С. Дербенёв). А второе предложение прозвучало в 1997 году (Г.Н. Кулипанов, Н.А. Винокуров, А.Н. Скринский) — перейти от накопительных колец к линейным ускорителям-рекуператорам, в которых неизрасходованная мощность электронного пучка возвращается в ускоритель и используется повторно. Поэтому источник СИ четвёртого поколения (мы его называем MARS — Multiturn Accelerator Recuperator Sours) проектируется как раз на этой основе.

Интересно, что когда я сделал доклад на конференции в Японии в 1997 году, только человека четыре задали вопросы. В то время как раз в Аргонне машина заработала, в Японии — мощный энтузиазм наблюдался повсеместно, а тут вдруг... Зачем? Непонятно. Но некоторые люди осознали. И уже через год на конференции в США Джеф Крафт из Джефферсоновской лаборатории, услышав моё сообщение, сказал: «Сейчас, может быть, только Кулипанов и я понимаем, о чём идёт речь. Но уверен, что через несколько лет специальные конференции будут проводиться на эту тему». Так и случилось — они регулярно проводятся раз в два года.

Под знаком «мегасайенс»

Стратегические планы академика Кулипанова связаны с созданием больших установок, установок «мегасайенс» (к этому названию уже привыкли), которые, по мнению учёного, сегодня составляют каркас инфраструктуры мировой науки. Не все эту точку зрения разделяют.

— Даже по Нобелевским премиям видно, что сейчас основная