

## НА ПУТИ К ЧЕТВЕРТОМУ 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 5го 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 немыслима 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 сильноточного 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 использование 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 называют источниками СИ второго поколения) был американский Tantalus, введённый в строй в 1968 году. В Новосибирске исследования с использованием синхротронного излучения начались в начале 70%х.

— В 1971 году, когда мы строили ВЭППЗ, немцы на старом синхротроне DESY продемонстрировали, что на синхротронном излучении можно снять рентгенограмму мышцы 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 микробиологии чешской лаборатории и на накопитель DORIS, который создавался в то же время, что и ВЭППЗ, 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 рентгеноструктурный 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 ВЭППЗ 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 Андреевна 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 раз вития 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 надолго остановились, — сожалеет академик Кулипанов. — Сейчас ситуация изменилась, и долгосрочные программы создания инфраструктуры фундаментальной науки стало возможно хотя бы обсуждать.

### **От эволюции — к революции**

Надо 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 возросла 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 — предварительно перевести 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... За чем? Непонятно. Но некоторые люди осознали. И уже через год на конференции в США Джеф Крафт из Джефферсоновской лаборатории, выслушав 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 информация в фундаментальной науке поставляется установками «мегасайенс», — рассуждает Геннадий Николаевич. — Это не только источники СИ и ЛСЭ, которые касаются меня, но и астрофизические лаборатории, и установки со встречными пучками, и нейтронные источники, и лаборатории сильных магнитных полей...

Как правило, подобные лаборатории экстракласса создаются либо одна на большую страну, такие как США или Япония, либо в международной кооперации. (Хотя надо признать, что эффективность реализации международных проектов гораздо хуже, чем у национальных — слишком много возникает согласований). Но обязательно нужен ещё какой-то бэкграунд, некий средний уровень. Поэтому параллельно создаются и установки классом ниже, стоимостью меньше. Скажем, SPring-8 стоит более

миллиарда долларов, но кроме неё в Японии работают ещё 10 источников СИ, по преимуществу в государственных университетах.

Кроме того, что создание инфраструктуры из установок «мегасайенс» требует заметных денег, необходимо значительное время и большие усилия для подготовки и реализации самого проекта.

За последние два года Министерство образования и науки провело ревизию всех установок «мегасайенс» в стране. Была создана рабочая группа, которая проанализировала их работу и рассмотрела проекты создания новых. Источник СИ четвёртого поколения MARS на базе ускорителя-рекуператора тоже внесён в список шести национальных проектов, намеченных к реализации в ближайшие годы. Местом будущей установки предварительно определена Гатчина. Хотя у меня есть полуторагодовой давности фотография одного документа, где написано «MARS, Сколково, июль 2010 г.». Так что я не знаю, куда она дальше двинется. На самом деле, привязать готовый проект к местности — задача куда более простая, чем его разработать. Главное, что желание построить такую установку есть — и у нас, и у Курчатовского института...

Мы также сделали хороший проект источника СИ для Новосибирска, не четвёртого поколения, но «три плюс» — ещё на базе накопителя. Но он тоже требует денег — миллиардов пять рублей. Поскольку стоимости очень большие, а первоочередной задачей ИЯФа является создание супер чарм-тау фабрики, надеяться, что две мегаустановки будут построены в одном институте, невозможно.

В какой-то степени наш тера-герцевый лазер на свободных электронах — прототип MARSa. Сейчас это двухоборотный ускоритель-рекуператор, но надеемся, что до конца года начнёт функционировать четырёхоборотный. Но ЛСЭ мы строим на собственные деньги. Корейцам построили компактный лазер на свободных электронах — деньги потратили сюда. В Университете Дюк построили лазер на накопителе — тоже сюда. Это неправильно, на самом деле, особенно учитывая, что зарплата в институте не самая высокая. С другой стороны, построить MARS без нас никто не может. Это реальность. И не оттого, что мы что-то первые придумали и сказали — просто не так много сегодня организаций в России, которые способны это сделать — на пальцах могу сосчитать. Поэтому проект источника СИ мы развиваем. На состоявшемся в конце января заседании рабочей группы Минобрнауки его реализация была на какое-то время отложена. Но мы не оставляем усилий и надеемся, что такие машины в России будут построены.

**Ю. Плотников, «НВС»  
Фото В. Новикова**

**Источник:**

Плотников Ю. На пути к четвертому поколению // [Наука в Сибири](#). – 2012. – N 7. – С. 8–9.