

Б.С.Ратнер

К истории одного открытия

Событие, которое произошло 11 января 1948 г. в одном из помещений старого здания Физического института имени П.Н.Лебедева на Миусской площади не получило широкой огласки, хотя, несомненно открывало новый этап в развитии отечественной ядерной физики. В этот день был запущен первый в СССР и третий в мире ускоритель заряженных частиц, основанный на принципе автофазировки, открытом Владимиром Иосифовичем Векслером в 1944 году.

История этого открытия, одного из крупнейших в физике XX века, представляет значительный интерес. Автор открытия - В.И.Векслер, бывший воспитанник детдома, затем электромонтер, окончил в 1931 г. экстерном Московский энергетический институт, став инженером-электротехником. Несколько лет он проработал во Всесоюзном электротехническом институте, где защитил кандидатскую диссертацию. Академик С.И.Вавилов обратил внимание на молодого талантливую учёного и в 1936 г. пригласил Векслера в докторантуру ФИАН, где тот включился в исследования космических лучей, проводимые под руководством академика Д.В.Скобельцына. С огромной энергией, свойственной ему, приступил Векслер к совершенно новой для него деятельности. Особое внимание уделял он усовершенствованию пропорциональных счетчиков - одного из основных приборов в руках исследователей космических лучей того времени. Изучением механизма работы газоразрядных счетчиков он занимался, еще работая в ВЭИ. Эксперименты проводились в горах, сначала на Эльбрусе, а позже на Памире. Транспортировка оборудования, его наладка и осуществление исследований потребовали необычайных усилий. Творческий и организационный талант Векслера проявился здесь в полной мере и он становится руководителем экспедиций. Серьёзные недостатки исследований, связанные с малой интенсивностью космических лучей и неопределённостью спектра частиц натолкнули В.И.Векслера на мысль об использовании ускорителей для изучения высокоэнергичных частиц. Но, в то время, получение на ускорителях релятивистских частиц, т.е. частиц, обладающих скоростями, сопоставимыми со скоростью света, представлялось неразрешимой задачей. Исключение составлял бетатрон, пригодный лишь для ускорения электронов на энергию до 100 МэВ. Дальнейшему росту энергии препятствовали сильная зависимость массы ускорителя от энергии ускоренных частиц и увеличение потерь на излучение. Несколько лет потратил Векслер на поиски решения проблемы. Дополнительным толчком, вскоре, послужило решение С.И.Вавилова построить в ФИАНе огромный циклотрон. Для его разработки была создана "циклотронная бригада", в которую вошли Векслер, Вернов, Грошев, Фейнберг и Черенков. В горячих спорах, при обсуждении различных вариантов, пришли к выводу о невероятной трудности постройки подобного ускорителя. Тем не менее работа началась и только с началом войны была прекращена. Во время войны ФИАНу была поручена важная оборонная тематика, но мысли о создании ускорителя нового типа, по-видимому, не покидали Векслера, В 1944 г. он предлагает оригинальный ускоритель - микротрон, в котором "вредный" эффект роста массы электрона с увеличением его энергии, не мешает процессу ускорения. Для этого необходимо, чтобы увеличение периода обращения электрона в магнитном поле было кратным частоте ускоряющего электрического поля. Микротрон позволил получать

электроны большой энергии¹.

Анализируя работу придуманного им ускорителя, Векслер открыл совершенно новое явление, которое он назвал автофазировкой. Если период обращения частицы в магнитном поле зависит от ее энергии, а энергия частицы зависит от фазы ускоряющего электрического поля, то период обращения должен быть связан с фазой. Это и обуславливает возможность автофазировки. Оказалось, что частицы при ускорении сами автоматически будут подстраиваться к вполне определенной фазе, зависящей только от основных параметров ускорителя: амплитуды ускоряющего напряжения, скорости изменения магнитного поля и частоты обращения частиц. Две работы, посвященные автофазировке, были опубликованы весной 1944 г. в "Докладах Академии наук СССР", а в 1945 г. - в советском журнале "Journal of Physics". В конце 1944 года их представили на конкурс научных работ ФИАНа. Жюри решило работу не премировать так как "если работа В.И.Векслера правильная, то не нам давать ему премию, а если неправильная, то тем более не давать... Но работа интересная, её нужно поддержать, пускай еще немного поработает...". Вот, что пишет академик Е.Л.Фейнберг, входивший тогда в состав жюри: "Идея была ошеломляющей, (хотя теперь она кажется кое-кому простой), и мало кто поверил в её осуществимость. Ведь Векслер не имел никакого опыта работы с ускорителями и, соответственно, никакого авторитета в этой области".

Сделав открытие, Векслер решил подтвердить его на практике, построив ускоритель, работающий на принципе автофазировки. Это было очень смелое решение, поскольку приборы такого масштаба, технически крайне сложные, включающие большие магниты, объемы, которые надо было откачивать до высокого вакуума, мощные высокочастотные устройства физиками ФИАНа никогда не создавались. По-видимому и Векслер не сразу оценил трудность задачи, решив построить первый ускоритель - то, что впоследствии было названо синхротроном - силами двух человек: Бориса Львовича Белоусова, незадолго до этого окончившего физфак МГУ и молодого теоретика Матвея Самсоновича Рабиновича, принятого в аспирантуру теоретического отдела ФИАНа. Он, по словам его руководителя Е.Л.Фейнберга, в очень короткие сроки провел расчеты, которые подтвердили справедливость принципа автофазировки для реальных условий. Им, в основном, была создана теория кольцевых резонансных ускорителей, опубликованная в печати в 1946 г.

В июне 1946 г. я пришел в маленькую группу Б.Л.Белоусова после пяти лет службы в армии. О ядерной физике имел весьма смутные представления, так как окончил электромеханический факультет МЭИ в 1941 г. Группа Белоусова состояла из инженера Э.Г.Горжевской и лаборанта Игоря Кедрова. Она располагалась в большой светлой комнате на втором этаже старого здания ФИАНа на Миусской площади. Посередине комнаты стоял на фундаменте небольшой магнит будущего ускорителя. Добиться его изготовления оказалось нелегкой задачей. Большого труда стоило с помощью С.И.Вавилова уговорить директора Трансформаторного завода создать столь непривычное для завода изделие. В комнате, у окна, стоял письменный стол Векслера, за которым он никогда не сидел. В то время он был заместителем директора института С.И.Вавилова, читал лекции в МГУ и имел нескольких аспирантов, занимавшихся исследованиями космических лучей.

К этому времени Белоусовым была проделана большая работа: изготовлена высоковакуумная установка, спаяна с помощью стеклодувов Института физпроблем вакуумная камера, опробовано проводящее покрытие для неё и многое другое.

Работоспособность Белоусова была огромной и к делу он относился с фанатизмом. К сотрудникам, относившимся к работе спокойно, он испытывал недоверие. К этому времени, Векслеру стало ясно, что построить ускоритель малыми силами не удастся. Сомнения в правильности идеи автофазировки исчезли после того, как в США известный физик Э. Мак-Миллан, не знавший об открытии Векслера, предложил в 1946 г. идею синхротрона. Осенью 1946 г. англичане Говард и Барнес переделали изготовленный в США бетатрон в синхротрон и впервые экспериментально подтвердили правильность принципа автофазировки. В том же году в компании "Дженерал Электрик" был создан синхротрон на 70 МэВ. Примерно, в это же время, в СССР создание синхротрона было включено в общий план проблемы изготовления собственной атомной бомбы. Благодаря такому решению отпадали трудности в преодолении многих проблем на пути создания ускорителя - кадровых, финансовых, приобретения оборудования и т.д.

Одновременно, на плечи Векслера ложилась огромная ответственность. Работа включалась в тематику Первого главного управления, которое возглавлял Берия и приобретала статус высшей секретности. На Векслера постоянно оказывалось давление с целью ускорить ход работы. Бессмысленность такого давления была очевидна для всех, кто знал Векслера - подгонять его не было никакой надобности. Новый статус дал возможность запросить в Академии наук в августе 1946 г. 40 штатных единиц (всего в ФИАНе числилось 270 человек персонала). На 1 января 1947 г. в эталонной лаборатории (так называли группу Векслера) числилось 19 сотрудников. Летом 1946 г. с приходом новых сил, работа пошла еще быстрее. Было решено предварительно ускорять электроны в бетатронном режиме до 3 МэВ. Впоследствии оказалось, что осуществление этой стадии ускорения электронов потребовало наибольших усилий. Самостоятельно изготовили сердечник магнита, необходимый для вихревого ускорения. Он был собран из нескольких сотен проволок пермаллоя. Были начаты измерения асимметрии магнитного поля в зазоре магнита. Подбиралась форма спадания магнитного поля вдоль радиуса. Поняли, не без труда, значение фазовой асимметрии магнитного поля (здесь большую роль сыграл теоретик Э.Л.Бурштейн). Был найден прецизионный способ ее измерения (в журнале *Review of Scientific Instruments* этот способ был опубликован только год спустя, естественно не нами).

Поздней осенью 1946 г. приступили к запуску ускорителя. Незадолго до этого произошло событие, взволновавшее лабораторию. На имя вице-президента Академии наук академика Бардина, курировавшего работу Уральского филиала АН, пришла телеграмма из Свердловска от группы, собирающей бетатрон: "Видим пучок". На Векслера немедленно посыпались упреки в том, что у него мальчишки занимаются столь сложной работой и лаборатория была срочно укреплена двумя маститыми заместителями заведующего - А.П.Комаром, руководившим свердловской группой и П.А.Черенковым. Надо сказать, что Борис Белоусов очень ревниво относился к своему детищу и старался не подпускать к нему новое начальство. Вскоре выяснилось, что в Свердловске за пучок был ошибочно принят газ, светившийся в плохо откачанной камере. Кстати, пучок там был получен только в 1951 г. Это подтвердили специально приезжавшие в Свердловск А. П. Комар и я.

Попытки запуска бетатронной ступени ускорителя, продолжавшиеся около двух месяцев, успеха не имела. Электроны совершали в камере один оборот, но гамма - лучей, верного признака работы ускорителя, зарегистрировать не удавалось. Много усилий было потрачено на поиски пучка. Основная трудность заключалась в том, что существовал ряд факторов, способных препятствовать ускорению. Нужно было найти основной, решающий. Между тем не было полной уверенности ни в том, что получен

достаточно хороший вакуум (в то время вакуумметры с трудом измеряли минус пятую степень рт.ст.), ни в нужном сопротивлении проводящего слоя камеры, ни в достаточном объёме рабочей области и т.д.

Для лаборатории настали тяжёлые дни. Векслер пробовал консультироваться у различных специалистов. Помню, как в лабораторию приезжал крупнейший авторитет в области электрических машин Д.Ефремов, как привозили немецкого физика Макса Штеенбека, разбиравшегося в работе бетатрона. Все было напрасно. Между тем, высокое начальство требовало от Векслера скорейшего запуска синхротрона. В лаборатории побывали зампред. Совнаркома Первухин, заместитель Берии Ванников, нарком электропромышленности Кабанов, нарком радиопромышленности Алексенко и многие другие. Позже, Векслер рассказывал мне о таком эпизоде. На совещании у Берии, куда он был вызван для объяснений, один из генералов, желая угодить начальству, заявил, что Векслер читает лекции студентам (вместо того, чтобы усиленно работать), на что получил неожиданный ответ матом: "Что же, ... я тебя поставлю лекции читать?". Здесь надо сказать, что Векслер никогда не переносил на своих сотрудников давление, оказываемое на него. Он был всегда спокоен и дружелюбен.

Спустя некоторое время он принимает кардинальное и весьма смелое решение - прекратить попытки запуска синхротрона и немедленно приступить к постройке нового ускорителя со значительно большей рабочей областью и лучшими характеристиками. Такое решение было связано с откладыванием запуска синхротрона почти на год и содержало значительный элемент риска.

На Трансформаторном заводе, где теперь было создано специальное конструкторское бюро по ускорителям, был заказан новый магнит, со специальными обмотками для компенсации асимметрии магнитного поля и сердечником, позволяющим осуществлять начальное ускорение в бетатронном режиме. На стекольном заводе были изготовлены части ускорительной камеры эллиптического сечения, которые спаивали стеклодувы ФИАНа братья Воронковы. В лаборатории сконструировали новую улучшенную вакуумную установку. Был смонтирован новый агрегат электропитания магнита, рассчитанный на частоту в 150 герц. В короткий срок было построено специальное здание для лаборатории с залом для ускорителя, машинным залом, помещением для конденсаторной батареи и несколькими лабораторными комнатами.

Осенью 1947 г. начался монтаж второго варианта синхротрона, а 28 декабря вечером мы собрались для его запуска. Первое же включение напряжения на инжектор, которое произвел Борис Белоусов, сидевший около ускорителя (забыли поставить защитную стену между магнитом и пультом) оказалось успешным. Защелкали механические счетчики, регистрировавшие импульсы от расположенных в разных местах счетчиков Гайгера, на экране осциллографа возник импульс от излучения с энергией около 3 МэВ. Пучок сразу выключили и бросились качать Владимира Иосифовича. Через две недели, после небольших переделок в высокочастотном генераторе, был получен пучок электронов, ускоренных в синхротронном режиме до энергии в 30 МэВ. Таким образом, сложнейшая задача создания первого отечественного синхротрона была решена под руководством Векслера сравнительно небольшим коллективом менее, чем за два года. Удивительно короткий срок, особенно если учесть полное отсутствие опыта создания подобных ускорителей в нашей стране. Интересно отметить, что Мак-Миллан, через год после Векслера открывший принцип автофазировки, запустил свой ускоритель тоже на год позже него.

Основной причиной столь выдающегося успеха коллектива явилось умение Векслера руководить людьми. Он предоставлял им максимум инициативы и одновременно, постоянно следил за их работой, помогая им в нужный момент ценным советом или

критическим замечанием. Векслера отличала большая доброжелательность к людям и огромная увлеченность, которая передавалась, практически, всем работавшим с ним. К сожалению, трагически сложилась судьба Б.Л.Белоусова. Во время борьбы с так называемым "космополитизмом" в 1948 г. его отстранили от работы в ФИАНе. В течение года он не мог устроиться на работу. Наконец, А.Алиханян взял его в группу, работавшую на горе Алагез. Здесь он вскоре погиб, заблудившись во время прогулки в горах.

Работы по созданию кольцевых электронных ускорителей велись в те годы и в других лабораториях. Кроме упомянутой выше свердловской группы, ими занялись в Томском политехническом институте. В 1950 г. состоялась встреча с его сотрудниками, на которой мы поделились с ними опытом.

Синхротрон на 30 МэВ многие годы служил источником гамма - лучей при изучении фотоядерных реакций, а В.И.Векслер продолжал создавать новые ускорители на большие энергии и работать над новыми принципами ускорения частиц.

¹ В последние годы в разных странах были построены модифицированные микротроны на энергию до 1 ГэВ, на которых проводятся многочисленные физические исследования