

*А. А. Коломенский*

## **В. И. ВЕКСЛЕР И УСКОРИТЕЛИ\***

---

Деятельность В. И. Векслера оставила глубокий след в развитии ряда областей физики: космических лучей, физики ядра, физики высоких энергий, физики плазмы. Он сыграл выдающуюся роль в становлении этих научных направлений в нашей стране в целом, будучи первым академиком-секретарем Отделения ядерной физики АН СССР. Но главным делом жизни В. И. Векслера были, несомненно, разработки новых методов ускорения частиц и создание действующих ускорителей. Я буду больше касаться именно этой стороны деятельности В. И. Векслера, с которым встретился в 1946 г. и с тех пор общался с ним в течение двадцати лет вплоть до его кончины в 1966 г. Большую часть того времени я работал в качестве его непосредственного сотрудника и был участником руководимых им работ и исследований.

Летом 1946 г. я был отозван из армии по рекомендации межведомственной комиссии под председательством Д. В. Скобельцына и направлен в МГУ на кафедру, возглавлявшуюся им же. Там проходили переквалификацию физики разных профилей, которых набралось несколько десятков человек, с целью подготовки физиков-ядерщиков. На них тогда по очевидным причинам оказался большой спрос.

Понятно, что, занимаясь на спецкафедре, мы интересовались, где и как развивается физика в московских институтах. В частности, у меня в ФИАНе оказались знакомые — довоенные товарищи по учебе в университете. От них я впервые услышал о В. И. Векслере как об известном «космике», который пару лет назад вдруг взял да и изобрел какой-то фантастический прибор, с помощью которого можно получать частицы огромных энергий, чуть ли не космических.

Одним из элементов нашей переподготовки было выполнение чего-то вроде дипломной работы в одном из институтов. И так получилось, что всего через два-три месяца после этих разговоров, т. е. осенью 1946 г., я в силу стечения обстоятельств попал для этой цели именно в ФИАН, в лабораторию В. И. Векслера, где и остался работать. Надо сказать, что лекции на спецкафедре читали С. Н. Вернов, В. И. Векслер, М. А. Марков, И. М. Франк (все — будущие академики). Каждый

---

\*Воспоминания о В. И. Векслере. М., 1987. С. 126–134.

из них стремился наряду с изложением фактического материала проводить своего рода агитацию за «свою» область науки.

На меня, во всяком случае, произвели большое впечатление тот энтузиазм и убежденность, с которыми В. И. Векслер говорил о физике ускорителей и их роли, особенно в перспективе. Замечу, что манера его чтения была несколько своеобразной. Сначала он сравнительно неторопливо и, как говорится, «пальцеобразно» излагал качественную физическую суть явления, а затем в быстром темпе писал на доске формулы, в том числе довольно громоздкие, часто беря их прямо из журнала или книги. Это он делал почти без комментариев, не очень заботясь, видимо, о степени усвоения формул слушателями. Чувствовалось, что эта формальная или «формульная» часть привлекала его гораздо меньше, чем первая, «интуитивная», которую он читал с блеском.

Мне запомнилась первая личная встреча с В. И. Векслером в 1946 г., которую он назначил, чтобы поговорить о теме работы. В комнату, где я находился, быстро вошел или, лучше сказать, вбежал человек невысокого роста с красиво посаженной головой и высоким лбом. Мы поздоровались, и он сразу заговорил так, как если бы мы были давно знакомы и продолжали прерванный разговор. Владимир Иосифович сказал, что главное сейчас — это создание электронного синхротрона на 30 МэВ и я должен буду как можно быстрее войти в курс этого дела. Однако он подчеркнул, что его очень интересуют также возможности кратного резонанса ускорителя — электронного циклотрона. Принцип этого ускорителя (который спустя несколько лет стали называть микротроном) был открыт В. И. Векслером в 1944 г., и это был первый из предложенных им резонансных ускорителей.

Мы начали обсуждать различные схемы ускорения в постоянных во времени магнитных полях, и Владимир Иосифович тут же начал прикидывать их параметры, быстро исписывая мелком доску, округляя и зачеркивая различные цифры. «Чушь собачья» — бормотал он иногда и начинал писать снова. Несколько озадаченный, я сначала больше молчал, но затем, постепенно осваиваясь, начал вставлять свои замечания, заражаясь темпераментом Владимира Иосифовича. Как потом выяснилось, вообще его любимой манерой доискаться до истины было устроить ожесточенный спор, что требовало, как правило, большого напряжения сил и мобилизации мозговых ресурсов. Высказав какую-нибудь мысль, порой парадоксальную, он горячо отстаивал ее, отыскивая все новые аргументы в ответ на возражения и часто переходя в «контратки». В данном случае его совершенно не смущало, что я был только начинающий физик, не обремененный эрудицией и конкретными знаниями. Он говорил со мной как с равным, хотя в душе, наверное, ду-

мал не столько о том, чтобы убедить меня, сколько о своей логике и ходе мыслей.

С легкой руки Владимира Иосифовича исследования по микротрону стали на некоторое время одним из основных направлений моей работы, в процессе которой была развита адекватная теория на основе исчисления конечных разностей, что в 1949 г. стало предметом моей кандидатской диссертации. Замечу, что исследования по микротрону попутно привели к концепции так называемого стохастического ускорения, к которой В. И. Векслер проявил большой интерес, и первая теория стохатрона была развита в те же годы мной совместно с Э. Л. Бурштейном.

Период разработки и сооружения первых советских синхротронов — электронных и протонных, — длившийся примерно 10–12 лет (1945–1957 гг.), был трудным, можно сказать, героическим временем. Под руководством В. И. Векслера в ФИАНе закладывались, по существу, основы новой области науки и техники — физики частиц высоких энергий. Это происходило в условиях послевоенного времени, когда приобретение необходимых материалов и оборудования, как и разработка даже несложной аппаратуры, оказывалось часто труднейшим делом. Я не буду касаться исполненной драматизма истории разработки и создания в тех условиях первых советских синхротронов на 30 и 250 МэВ небольшим коллективом энтузиастов. Об этом говорится в воспоминаниях других участников этих работ.

Следует отметить только, что в то же время мы начали разрабатывать гораздо больший электронный синхротрон на 1 ГэВ или больше и вскоре столкнулись с серьезной проблемой влияния синхротронного излучения на динамику электронов. Но это уже отдельная большая тема.

Параллельно мы уже с 1947 г. начали поисковые расчеты протонных ускорителей на большие энергии. Было ясно, что благодаря автофазировке магнитное поле на орбите и частоту ускоряющего электрического поля можно изменять по самым разным законам. Ключ к решению состоял в том, что при определенной связи этих законов обеспечивалось примерное постоянство радиуса орбиты, что позволяло иметь кольцевой, а не сплошной магнит, как в циклотроне или фазотроне. Это могло поставить сооружение протонного ускорителя на миллиарды электронвольт на реальную почву. Именно в то время нами было придумано название синхрофазотрон как системы, соединяющей в себе черты синхротрона и фазотрона.

В те годы мой рабочий день часто начинался с того, что называлось «свистать всех наверх», когда секретарь Владимира Иосифовича

Вера Дубровина вызывала нас — обычно М. С. Рабиновича и меня — в его рабочий кабинет, находившийся на втором этаже двухэтажного лабораторного корпуса, а наши комнаты располагались на первом. «Удалось разобраться?» — спрашивал обычно шеф, имея в виду вчерашние споры, и подчас мы вынуждены были отвечать, что «нет, не успели, поскольку вопрос возник только вчера вечером» и т. д. «Жаль, — говорил Владимир Иосифович, — а у меня появилась еще одна идея!». «Бейте меня — я опять ускоритель выдумал», — любил шутить он, сообщая нам очередной предлагаемый им вариант.

В одно такое утро Владимир Иосифович сказал нам: «Вот что, молодые люди, ваши любительские упражнения по протонному ускорителю надо кончать. Начинается настоящее большое дело, и нужно срочно готовить физическое обоснование проекта машины на 10 млрд электронвольт. Принято решение о ее сооружении». Началась новая полоса жизни, посвященная созданию крупнейшего в мире ускорителя, который получил тогда условное название КМ («кольцевой магнит»): напряженная работа над проектом, полные остроты дискуссии с Е. Г. Комаром, А. Л. Минцем и др., частые поездки в Ленинград и Харьков. Было намечено место размещения будущего ускорителя — район поселка Дубна. Как-то Владимир Иосифович взял туда с собой М. С. Рабиновича и меня. Мы долго бродили по слегка заболоченному лесу и слушали, как Владимир Иосифович вслух рассуждал, где можно разместить энергетическое хозяйство, проложить подъездную железнодорожную ветку, построить лабораторный корпус. Масштаб предстоящего сооружения произвел на нас глубокое впечатление. Становилось все яснее, какой тяжелый груз личной ответственности взял на себя В. И. Векслер, который был душой и сердцем всех работ.

Вскоре по инициативе В. И. Векслера мы начали также разработку модельного протонного синхрофазотрона на 180 МэВ (установка МКМ) с целью получения экспериментального опыта, необходимого при создании и запуске большой машины. Исследования на МКМ, сооруженной в ФИАНе и запущенной в 1953 г., возглавил В. А. Петухов.

Прошло несколько лет, прежде чем мы подошли вплотную к запуску синхрофазотрона, который длился примерно в течение 1957–1958 гг. Все то время я прожил и проработал в Дубне, приезжая в Москву только на «побывку» раз в неделю — в воскресенье. Эти поездки происходили, как правило, в автомашине ЗИЛ вместе с Владимиром Иосифовичем, который проводил в ней своеобразные и довольно бурные «производственные совещания». На них подводились итоги за неделю, если мы ехали из Дубны, и обсуждалась программа предстоящих работ, если ехали в Дубну. В тот период часто обнаруживались разного

рода трудности или, как мы их тогда называли, «черепахи»: то с инъекцией, то с вакуумом, то с влиянием опасных гармоник, то с насыщением магнитных полюсов и т. д.

Обстановка была напряженная, и Владимир Иосифович не щадил ни себя, ни сотрудников. Нередко мы оставались ночевать на раскладушках прямо в огромном пультовом зале установки. Нервы были на пределе. Но Владимир Иосифович, сам в общем-то человек импульсивный, обычно находил в себе силы оставаться внешне спокойным и морально поддерживал своих помощников. Большую часть своей неистощимой энергии он обращал при этом на «выколачивание» помощи со стороны внешних организаций или на проведение в жизнь дельных предложений по форсированию запуска. В этой связи хотелось бы отметить роль Л. П. Зиновьева, экспериментальную интуицию которого Владимир Иосифович высоко ценил.

Огромный труд по сооружению и запуску синхрофазотрона в конечном счете завершился успехом, и в 1958 г. В. И. Векслер сделал об этом сенсационное сообщение на Международной конференции по мирному использованию атомной энергии в Женеве. Уместно вспомнить, что когда в Дубне был Н. Бор, то, стоя на смотровой площадке над гигантским магнитом, он сказал В. И. Векслеру: «Чтобы задумать и построить такое сооружение, нужна была очень большая смелость». Эта смелость фактически дала не только дубненский синхрофазотрон: опыт его проектирования и сооружения позволил заложить физико-технические основы целого нового направления и создать предпосылки для создания следующих поколений синхротронов — протонных и электронных — в разных научных центрах нашей страны.

С конца 40-х годов наряду с развитием традиционных методов ускорения мы по инициативе В. И. Векслера начали заниматься новыми — так называемыми коллективными (или, как тогда их называли, когерентными) методами ускорения. Фактически с 1950 г. центр тяжести научных интересов В. И. Векслера переместился именно сюда — в область ускорения за счет плазменных эффектов и взаимодействия одних коллективов частиц с другими.

Одним из толчков к этим исследованиям послужили наши занятия (наряду с синхротронами) линейными волноводными ускорителями в связи с задачей получения электронов больших энергий. Решался также вопрос об инжекторе для синхрофазотрона, в качестве которого был выбран линейный ускоритель с дрейфовыми трубками. Анализ показал, что возможности «линейных» систем существенно ограничиваются пробоем и «нерациональным» распределением поля в пространстве. Эти и другие недостатки линейных ускорителей заставили В. И. Векс-

лера искать выход. В предложенной им схеме ускорения сгустка, обдуваемого плазмой или электронным пучком, сильное поле при определенных условиях возникает там, где нужно, — в месте нахождения сгустка. Вопросы пробоя, холодной эмиссии ставятся там по-другому, и предел ускоряющего поля может быть в принципе заметно поднят.

В те годы В. И. Векслер начинает читать в университете курс «Прохождение заряженных частиц через вещество». Он много размышляет о характере и величине энергетических потерь при таком прохождении. В 1950 г. очень кстати выходят две книги, в которых этот вопрос рассматривался с разных сторон: Н. Бор «Прохождение атомных частиц через вещество» с приложением, написанным его сыном О. Бором, «Влияние взаимодействия атомов на прохождение атомных частиц через вещество» и книга А. Власова «Теория многих частиц». Они надолго становятся настольными книгами В. И. Векслера и нашими. Его внимание привлекают возможности обращения эффекта энергетических потерь частиц. Обращение черенковских потерь было рассмотрено И. Е. Таммом в 1939 г. для электрона, мимо которого проносится увлекающая его среда с коэффициентом преломления, превышающим единицу.

В. И. Векслер поставил вопрос конкретно: какова может быть на практике эта среда, движущаяся с релятивистской скоростью? И ответ был им найден: этой средой может быть электронная плазма с наложенным продольным магнитным полем. В. И. Векслер поручил мне развить теорию прямого и обращенного эффекта Черенкова в такой плазме, что я и сделал в 1950–1951 гг. Задача отличалась определенной сложностью и громоздкостью, ибо плазма с наложенным магнитным полем приобретает свойства анизотропного гиротропного двоякопреломляющего кристалла. Отмечу, что решение указанной задачи определило некоторое направление моих работ, связанных с исследованием прохождения частиц через анизотропные и гиротропные среды и вообще с электродинамикой этих сред. Результаты этих работ нашли в дальнейшем разные применения, в том числе в астрофизике и физике Солнца.

В самый разгар наших занятий коллективными методами в 1952 г. пришел шведский журнал «Arkiv för Fysik» с короткой статьей Х. Альфвена и О. Вернхольма о возможности ускорения протона в сгустке электронов, образованном в перемещающемся фокусе профилированного (вогнутого) катода. Впоследствии О. Вернхольм присутствовал на Первой советской конференции по ускорителям в 1955 г. и сообщил, что определенных результатов ими получено не было и работы по это-

му направлению в Швеции были прекращены. Однако появление статьи шведских физиков подхлестнуло нашу деятельность. В. И. Векслером были предложены еще радиационное ускорение (за счет светового давления на сгусток), ударное ускорение, ускорение ионов релятивистскими электронными кольцами.

Доложенные В. И. Векслером в 1956 г. в Женеве на Первой Международной конференции по ускорителям идеи по коллективным методам ускорения вызвали большой интерес и послужили толчком к развитию соответствующих исследований в разных странах. Поднятый В. И. Векслером комплекс вопросов, связанных с коллективным ускорением, привлек внимание ряда наших физиков, сделавших в него вклад, среди которых были В. П. Силин, Г. А. Аскарьян, Б. М. Болотовский, М. Л. Левин, В. Н. Цытович, Л. М. Коврижных, А. Н. Лебедев и др. Цикл работ по теории и эксперименту в области радиационного метода проводился под руководством В. И. Векслера и М. С. Рабиновича во второй половине 50-х годов. Затем центр исследований по коллективному ускорению переместился в Дубну, где В. И. Векслер вместе с В. П. Саранцевым начали развертывать энергичную деятельность по исследованию метода релятивистских колец. Основной размах эти работы приняли, к сожалению, уже после кончины В. И. Векслера. Новые возможности для развития коллективных методов ускорения открылись в конце 60-х и особенно в 70-х годах в связи с созданием импульсных сверхсильноточных электронных ускорителей. На их основе в моей лаборатории в ФИАНе были развернуты соответствующие исследования, во многом идейно связанные с предложениями В. И. Векслера.

Говоря о деятельности В. И. Векслера, мы с полным правом можем говорить о «научной школе Векслера», имея в виду и его выдающуюся роль в подготовке и воспитании многочисленных научных кадров разного профиля. Созданные непосредственно В. И. Векслером, его учениками и учениками его учеников научные коллективы впоследствии отпочковывались, расходились по разным институтам и развивались самостоятельно. Вслед за лабораторией ускорителей ФИАНа В. И. Векслер в середине 50-х годов основал и стал директором Лаборатории высоких энергий (ЛВЭ) Объединенного института ядерных исследований (ОИЯИ) в Дубне. После кончины В. И. Векслера ЛВЭ некоторое время возглавлял И. В. Чувило, а затем А. М. Балдин.

Протонный синхрофазотрон ЛВЭ впоследствии был применен для ускорения других ионов и послужил базой для развития нового научного направления — так называемой релятивистской ядерной физики. В ЛВЭ В. И. Векслер начал развивать также коллективные методы



ускорения, и впоследствии из ЛВЭ выделился Отдел новых методов ускорения (ОНМУ), возглавляемый его учеником В. П. Саранцевым, основной задачей которого стала разработка указанного выше метода колец.

Большое влияние оказала деятельность В. И. Векслера на становление научно-педагогической работы в области ускорения и физики высоких энергий на физическом факультете Московского государственного университета. В 1949 г. В. И. Векслер организовал там и возглавил кафедру ускорителей, предназначенную в первую очередь для подготовки кадров физиков-ускорительщиков, в которых тогда была особая необходимость.

В начале 1949 г. Владимир Иосифович пригласил меня в свой кабинет и предложил работать на вновь образованной кафедре — читать курс «Ускорители» для студентов отделения ядерной физики физфака. Мне казалось в то время, что любое отвлечение от научной деятельности, в частности от напряженной работы по разработке синхрофазотрона, было невозможно, и я пытался отказаться. В ответ Владимир Иосифович не стал, как часто бывало, горячиться, а как-то подчеркнуто спокойно сказал: «Вы по молодости просто не понимаете, какую незаменимую пользу принесет педагогическая деятельность — и в первую очередь Вам и Вашей работе. Что же касается Вашей занятости, то попробуйте сравнить ее с моей». На следующий день я пришел к Владимиру Иосифовичу, чтобы сказать о своем согласии, и тем самым стал для начала первым его сотрудником по кафедре, которую он возглавлял до 1961 г. Потом он передал заведование мне, а кафедра стала называться кафедрой ядерных взаимодействий и ускорителей. Сам же В. И. Векслер в связи с перемещением центра его интересов в Дубну организовал там новую кафедру — элементарных частиц, которая послужила основой филиала ОЯФ в Дубне и базировалась на установках, имевшихся в лабораториях ОИЯИ. Эту кафедру В. И. Векслер возглавлял до 1966 г. После смерти Владимира Иосифовича ее заведование перешло к Б. М. Понтекорво.

Организованная В. И. Векслером в ФИАНе эталонная лаборатория, впоследствии именовавшаяся лабораторией ускорителей, в 60-х годах разбилась на ряд лабораторий, развивающих различные направления физики, зародившиеся первоначально по инициативе и при участии В. И. Векслера. В конечном счете эти лаборатории оказались в составе трех различных академических институтов: ФИАНа, ИЯИ АН СССР и ИОФ АН СССР.

Владимир Иосифович, будучи крупнейшим ученым и организатором науки, менее всего походил на ученого «сухаря» и педанта. Все,



кому посчастливилось работать и встречаться с ним, хорошо знают, какой это был интересный человек и собеседник, большой любитель и знаток литературы и искусства. Бывая с ним за рубежом, я при посещениях картинных галерей не раз убеждался в незаурядной эрудиции Владимира Иосифовича по вопросам живописи, особенно периода импрессионизма. К числу характерных человеческих черт Владимира Иосифовича относилась его необыкновенная, прямо-таки детская в своей непосредственности любовь к кино. Вечно занятый по горло разными делами, он в обычной московской обстановке мог лишь редко позволить себе это развлечение. Но в командировках, куда он сравнительно часто ездил, особенно в Ленинграде, такая возможность возникала чаще. Хорошо помню, как, наседавшись и наговорившись с сотрудниками НИИЭФА или завода, голодные и усталые мы под его нажимом отправлялись в поисках какого-нибудь «боевика» в кинотеатр, нередко расположенный «у черта на куличках».

После перенесенного в 1965 г. тяжелого инфаркта Владимир Иосифович, несмотря на болезнь, продолжал живо интересоваться делами моей лаборатории, и мы обменивались письмами. В середине сентября 1966 г. я позвонил ему домой в Дубну, где он отдыхал. Трубку снял С. Н. Вернов, который на мой вопрос ответил, что Владимир Иосифович чувствует себя гораздо бодрее и может поговорить сам. После взаимных приветствий Владимир Иосифович сказал: «Накопилось много такого, что следовало бы обсудить, и теперь я в состоянии это сделать. Знаете что, отложите-ка свои дела и приезжайте через два дня в Дубну. Сначала мы поговорим, потом Вы побываете в лаборатории, и затем снова зайдете ко мне домой». Я, естественно, согласился, но... этот разговор с Владимиром Иосифовичем оказался последним. Вскоре мне сообщили о том, что его в тяжелом состоянии перевезли в Московскую больницу и через несколько дней Владимира Иосифовича не стало.