

КОНФЕРЕНЦИИ И СИМПОЗИУМЫ

**Научная сессия Отделения физических наук
Российской академии наук и объединенное заседание
Ученых советов ФИАНа, ОИЯИ, ИЯИ РАН
и Научного совета по ускорителям заряженных частиц,
посвященная 100-летию
академика Владимира Иосифовича Векслера**

(5 марта 2007 г.)

5 марта 2007 г. в конференц-зале Физического института им. П.Н. Лебедева РАН состоялись Научная сессия Отделения физических наук Российской академии наук и объединенное заседание Ученых советов ФИАНа, ОИЯИ, ИЯИ РАН и Научного совета по ускорителям заряженных частиц, посвященные 100-летию академика Владимира Иосифовича Векслера. На сессии были заслушаны доклады:

1. **Болотовский Б.М., Лебедев А.Н.** (Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва). *Академик В.И. Векслер.*

2. **Долбилкин Б.С., Ратнер Б.С.** (Институт ядерных исследований РАН, Москва). *В.И. Векслер и развитие ядерной физики в Советском Союзе.*

3. **Никитин В.А.** (Объединенный институт ядерных исследований, г. Дубна, Московская обл.). *Исследования на Синхрофазотроне.*

4. **Коваленко А.Д.** (Объединенный институт ядерных исследований, г. Дубна, Московская обл.). *От синхрофазотрона к Нуклотрону.*

Краткое содержание докладов публикуется ниже.

PACS numbers: 29.20.Hm, 29.20.Lq

Академик В.И. Векслер

Б.М. Болотовский, А.Н. Лебедев

Владимир Иосифович Векслер родился 4 марта 1907 г. в Житомире. Отцом В.И. Векслера был молодой и талантливый художник Давид Петрович Штеренберг. Еще до рождения ребенка Штеренберг вынужден был эмигрировать, поэтому новорожденный получил фамилию матери, которую и сохранил на всю жизнь.

В Россию Штеренберг вернулся после революции 1917 г. и быстро добился известности, сопровождаемой, правда, модными по тем временам обвинениями в



Владимир Иосифович Векслер
(04.03.1907 – 22.09.1966)

формализме. Отец очень любил сына, несколько раз возил его в Германию для лечения от предполагаемого заболевания туберкулезом.

Достигнув 14-летнего возраста, Володя, не согласный с обстановкой в семье отчима, ушел в детский дом-

коммуны им. А.В. Луначарского. В нем он прожил 5 лет. Здесь формировался его характер, здесь он нашел друзей, которым остался верен на всю жизнь.

Состав старшей группы, в которой учился Векслер, оказался очень сильным (все получили высшее образование), но после окончания девятилетки весь выпуск решил пойти сначала на производство. Вместе с несколькими товарищами Владимир поступил на ситценабивную фабрику учеником монтера в электромеханическую мастерскую. Уже тогда он проявлял редкую сообразительность и интерес к работе, увлекался техникой и физикой, даже сам собрал радиоприемник — для того времени вещь не простую. Руководство фабрики решило направить его на дальнейшую учебу в Институт народного хозяйства им. Г.В. Плеханова. Позднее, в связи с реорганизацией института, Векслер перешел на заочное отделение Московского энергетического института и одновременно поступил на работу младшим лаборантом во Всесоюзный электротехнический институт (ВЭИ). В 1931 г. он закончил Московский энергетический институт, получив диплом инженера по специальности "рентгентехник" и перешел в ВЭИ на работу в лабораторию рентгеноструктурного анализа в должности научного сотрудника.

Этот институт был основан в 1921 г. по решению Совета труда и обороны. Его первоначальное название — Государственный экспериментальный электротехнический институт. Он создавался для решения прикладных задач, для развития электротехнической промышленности, но с самого начала в нем большое внимание уделялось перспективным экспериментальным исследованиям и разработке теории электромагнитных процессов. Тематика исследований, проводившихся в ВЭИ, была очень разнообразна: линии высокого напряжения и высоковольтное оборудование, устойчивость электрических цепей, физика газового разряда, распространение электромагнитных и звуковых волн и многое другое. В институте работали и с ним сотрудничали известные ученые — П.А. Флоренский, Л.И. Мандельштам, И.Е. Тамм, Б.А. Введенский, П.А. Круг, С.И. Вавилов, Г.С. Ландсберг.

В лаборатории Векслер занялся проблемой детектирования рентгеновского излучения. Классический метод регистрации рентгеновского излучения на фотопластинке был к тому времени хорошо изучен и повсеместно применялся. Владимир Иосифович разрабатывал другой способ регистрации рентгеновского излучения, в котором вместо фотопластинки использовалась ионизационная камера. За несколько лет он создал достаточно чувствительные камеры и добился того, что точность измерений рентгеновского излучения с помощью ионизационных камер могла конкурировать с точностью фотографических измерений, при этом ионизационная камера позволяла вести непрерывный контроль за интенсивностью рентгеновского излучения. Все придуманные им установки он собирал и монтировал сам. Векслер не удовлетворялся чисто технической, так сказать, аппаратной стороной задачи. Он изучил и теоретическую основу работы ионизационной камеры: теорию газового разряда, теорию тормозного излучения и особенности взаимодействия рентгеновских квантов с атомами газа, наполняющего камеру. Некоторые из созданных им приборов (например, цилиндрический пропорциональный газовый счетчик) нашли широкое применение при изучении космических лучей.

В 1935 г. Векслер защитил кандидатскую диссертацию и вскоре стал заведующим лабораторией. В институте Владимир Иосифович быстро приобрел авторитет. В своей области он знал и физику рентгеновского излучения, и аппаратуру, которая использовалась для измерений его интенсивности, внес большой вклад в разработку этой аппаратуры. Но он также хорошо знал и другие разделы электромагнитной науки — и теорию, и эксперимент.

Жизнь в 1930-е годы была не легкой, она медленно налаживалась после гражданской войны и разрухи. В институте не хватало измерительных приборов, осциллографы были на вес золота. Многое приходилось делать своими руками. Бытовые условия тоже желали много лучшего. Семья Векслера жила в темной и сырой комнате, в старом доме, перестроенном из конюшни. Зимой стены промерзали. Супруга В.И. Нина Александровна заболела туберкулезом, дочка Катя каждую зиму болела воспалением легких. Заработанных денег хватало в основном на еду. Сохранилось свидетельство тех времен — приказ директора ВЭИ от 29 января 1935 г. Этим приказом награждались отличившиеся сотрудники ВЭИ "за высокие показатели в производственной работе за 1934 год". Кто-то получил радиоприемник, кто-то патефон, кто-то ордер на пошивку пальто... Научный сотрудник группы рентгеновских лучей тов. В.И. Векслер награждался отрезом на костюме.

В 1937 г. Владимир Иосифович перешел на работу в Физический институт Академии наук (ФИАН). Фактически он был приглашен в ФИАН по инициативе молодых сотрудников лаборатории атомного ядра И.М. Франка, П.А. Черенкова, Л.В. Грошева и др. Они знали о работах Векслера, были о них высокого мнения и считали, что созданные им приборы и методики измерений необходимо использовать в экспериментах по изучению атомного ядра и космических лучей. Сначала Франк предложил Владимиру Иосифовичу сделать доклад о своих работах для небольшой группы сотрудников ФИАНа, занимавшихся ядерной физикой. После доклада Векслера спросили, не хочет ли он перейти на работу в ФИАН. Перспектива исследовательской работы в области ядерной физики, да еще в ФИАНе, где трудились многие замечательные физики, увлекла Векслера, тем более что это не была для него совсем уж неизвестная область и в предстоящих исследованиях он мог использовать опыт, наработанный в ВЭИ.

Директором и создателем ФИАНа был академик С.И. Вавилов. Его специальностью была физическая оптика. Но будучи человеком широкого кругозора, он заботился и о том, чтобы в институте разрабатывались перспективные направления. К их числу он, один из немногих в то время, относил физику атомного ядра, включая и физику космических лучей. Руководить этой тематикой С.И. Вавилов пригласил академика Д.В. Скобельцына. В то время, в 1936 г., Скобельцын работал в ФИАНе в качестве консультанта, приезжая еженедельно из Ленинграда.

Познакомившись с Векслером и побеседовав с ним, Вавилов высоко оценил его возможности. И.М. Франк в своих воспоминаниях о Векслере пишет: "Талантливость Владимира Иосифовича была настолько очевидна, что таким опытным руководителем, как Сергей Иванович Вавилов, не могла не быть замечена". Чтобы облегчить переход Векслера в ФИАН, Вавилов предложил ему

поступить в докторантуру ФИАНа и даже взял на себя научное руководство.

В те годы существовала Эльбрусская комплексная научная экспедиция. В ее состав входила группа физиков, занятых исследованием космического излучения. Измерения проводились на базах, расположенных на высоте от 2200 до 4200 м. Подготовка аппаратуры, ее монтаж и наладка осуществлялись в Москве, в ФИАНе. В начале лета аппаратура доставлялась в горы, и начинались измерения. В конце августа измерения заканчивались. Векслер сразу же был назначен руководителем группы по исследованию космических лучей в составе этой экспедиции, которая работала в течение четырех довоенных лет — с 1937 г. по 1940 г.

О космических лучах в те годы было мало что известно. В частности, о составе космических лучей существовали весьма скудные представления. Некоторые физики придерживались мнения, что космические лучи состоят из электронов. Результаты измерений на Эльбрусе позволили расширить представления о космическом излучении: было обнаружено большое количество вторичных частиц — медленных мезонов. В 1940 г. Векслер защитил докторскую диссертацию "Тяжелые частицы в составе космических лучей". Одним из его оппонентов был Скобельцын. Он высоко оценил и методику, разработанную диссертантом, и полученные им результаты. В отзыве Скобельцын писал: "... можно констатировать, что в представленной диссертации мы имеем выдающуюся работу... Обнаруженное (автором) впервые в мире новое явление — наличие в большом числе вторичных медленных мезотронов — в настоящее время констатировано также и другими наблюдателями. Этот результат представляет, несомненно, большой интерес, в особенности, поскольку он, видимо, совершенно не укладывается в рамки того круга явлений, которые могут быть предсказаны принятой в настоящее время теорией".

В отзыве Скобельцын особо отметил высокую эрудицию Векслера — знание им ядерной физики и физики космических лучей. Векслер всего четыре года занимался исследованием космических лучей, а уже настолько хорошо ориентировался в проблеме, что это специально отметил человек с многолетним опытом, хорошо знакомый с состоянием дел и обычно скупой на похвалу. И на протяжении всей своей жизни если Владимир Иосифович начинал заниматься чем-либо, то быстро вникал в суть проблемы и выходил на передний край исследования.

Война прервала проведение Эльбрусской экспедиции. ФИАН был эвакуирован в Казань. Физики переключились на военную тематику. Первоначально Векслер с группой сотрудников стал разрабатывать установку, которая позволила бы определить местоположение самолета по шуму, исходящему от его мотора. Была создана аппаратура, которой оснащались армейские рупоры-звукоулавливатели. Правда, вскоре появились радиолокаторы. Они определяли положение самолета с гораздо большей точностью и к тому же не так зависели от погоды, как акустические методы наблюдения. Звукоулавливатели были сняты с вооружения. Однако в гидроакустике применение идеи Векслера, основанной фактически на характерном для ядерной физики методе совпадений, оказалось плодотворным.

Предложение о разработке гидроакустического варианта В.И. Векслер и Е.Л. Фейнберг сделали в 1944 г. Фейнберг показал, что гидролокация подводных объектов может осуществляться с помощью системы гидрофонов, при этом следует учитывать корреляцию сигналов, поступающих от разных гидрофонов. Векслеру и Фейнбергу было выдано авторское свидетельство на пеленгатор, который впоследствии получил название коррелятора. В дальнейшем корреляционные методы обработки информации нашли широкое применение.

В трудных условиях эвакуации Владимир Иосифович занимался не только решением прикладных задач в помощь фронту. Он сознавал, что не меньшее значение имеет и развитие фундаментальной науки — физики атомного ядра, физики космических лучей, физики высоких энергий. В частности, он считал необходимым продолжить высокогорные исследования по физике космических лучей. База на Эльбрусе попала в опасную прифронтную зону, надо было искать другое место. И оно было найдено в Средней Азии, в центре Восточного Памира, в урочище Чечекты, на высоте 3860 м над уровнем моря. Здесь находилась Памирская биостанция Академии наук, на этой же площадке было решено организовать и высотную станцию по изучению космических лучей. К ее созданию приступили в 1944 г., и тогда же были проведены первые измерения. Организатором и руководителем всех работ был Векслер. В 1946 г. началось строительство большого здания для экспедиции ФИАНа, а уже летом 1947 г. стало возможным проводить измерения круглый год.



В.И. Векслер с женой Ниной Александровной Сидоровой на Памире. Чечекты, 1947 г.

Векслер был руководителем Памирской экспедиции в 1944–1946 гг., затем передал руководство экспедицией и лабораторией космических лучей ФИАНа Н.А. Добротину. Сам же он к тому времени уже полностью переключился на физику ускорителей (об этом речь пойдет ниже).

Эксперименты, которые проводились на Памирской станции ФИАНа под руководством Векслера, позволили существенно расширить наши знания о составе космических лучей и взаимодействии элементарных частиц при высоких энергиях. До этих исследований бытовало мнение, что космические лучи состоят из электронов высокой энергии. Когда такой электрон попадает в вещество, он образует так называемую электронно-фотонную лавину, развитие которой было достаточно подробно рассмотрено в ряде теоретических работ. Измерения на Памире привели к открытию нового типа ливней, точнее говоря, к пониманию того факта, что развитие ливня определяется как электромагнитными, так и ядерными взаимодействиями. В таких ливнях происходило не только "размножение" электронов и фотонов, но и множественное рождение других частиц, которые активно взаимодействовали с атомными ядрами вещества. Впоследствии эти ливни получили название электронно-ядерных.

По существу, исследование ядерных каскадов открыло новое научное направление — физику высокой энергии, что отнюдь не одно и то же с ядерной физикой. Для целей ядерной физики необходимы энергии первичных частиц на уровне единиц или десятков мегаэлектронвольт. Они обеспечивались в то время разнообразными высоковольтными ускорителями, а также изобретенными в 1930-х годах циклотронами, получившими распространение в разных лабораториях мира, в том числе и в СССР. Однако в своем классическом варианте циклотрон мог обеспечить только нерелятивистскую энергию, даже и сейчас при довольно изощренных методах фокусировки он позволяет достигнуть лишь одного-двух гигаэлектронвольт. Уже в описываемые годы была видна заманчивая область более высоких энергий, обещавшая принципиально новую физику, однако для этого необходимы были энергии частиц, достижимые только в космических лучах, интенсивность которых не только очень мала, но еще и экспоненциально падает с энергией. Неудивительно, что для человека с характером и способностями Векслера создание "искусственных" космических лучей, свободных от этого "природного недостатка", стало делом всей последующей жизни.

Пожалуй, по складу характера Владимир Иосифович был изобретателем-одиночкой, хотя и щедро делившимся идеями с окружающими. Так или иначе, но в коллективе физиков-космиков некоторое время ходили слухи, что он занят каким-то очень специальным делом. Прямых соавторов в этом у него не было. Даже самое первое обсуждение предлагавшихся идей было встречено не очень серьезно — уж слишком они выпадали из общего круга интересов.

Как упоминалось, ФИАНОм, вернувшись к тому времени в Москву, руководил С.И. Вавилов — человек, обладавший великолепной эрудицией и чутьем нового. В данном случае, лишь бегло ознакомившись с идеями Векслера, он мгновенно освободил его от всех остальных дел и отправил в дом отдыха, обязав за две недели написать соответствующую статью. Векслер опубли-

ковал в *Докладах АН СССР* две статьи, первая из которых относилась к изобретению электронного (читай: релятивистского) циклотрона, а вторая открыла вообще новую эпоху в физике высоких энергий и ускорителей.

Новый ускоритель — микротрон был основан на простой и изящной идее. Существенный недостаток классического циклотрона — постепенное отставание с ростом энергии частоты обращения от частоты ускоряющего поля — был использован во благо. Заметив, что период обращения в однородном магнитном поле линейно зависит от полной энергии, В.И. Векслер предложил обеспечить на каждом обороте настолько большой ее прирост, чтобы частица отставала от поля ровно на один период, повторяя тем самым условия ускорения на предыдущем обороте. Правда, осуществить эту идею можно только для сильно релятивистских частиц (электронов). Кроме того, чтобы обеспечить достаточно большой сдвиг фазы, требовалась мощная микроволновая электроника, в то время только начавшая развиваться (отсюда приставка "микро" в названии "микротрон"). Да и магнитное поле не могло быть большим, вследствие чего возрастал размер ускорителя. Впрочем, в дальнейшем усилиями Института физических проблем и ФИАНа эти недостатки были преодолены, и на основе изящной схемы был создан вполне работоспособный ускоритель электронов средних энергий, сыгравший важную роль во многих прикладных задачах. Более того, замена единственного ускоряющего промежутка на линейный ускоритель, помещенный в разрез магнита, с сохранением принципа пропуска нескольких периодов на одном обороте привела к концепции так называемых рециркуляторов. К ним относится, например, один из лучших электронных ускорителей мира СЕВАФ (США).

Полагаем, что именно микротрон натолкнул Векслера на его главное открытие — принцип автофазировки. Во всяком случае, не мог Владимир Иосифович не понимать, что в микротроне крайне обостряется проблема отклонения от строго резонансных условий, ибо частица, даже чуть-чуть недополучившая энергию на одном из оборотов (т.е. недостаточно ушедшая по фазе), мгновенно выпадала бы из описанной идеальной схемы. Наверное, именно так и родилась идея автоматического поддержания фазы.

В современной трактовке принцип фазовой устойчивости проще всего связать с явлением захвата частиц волной. Если фазовая скорость волны равна скорости попутной частицы, то последняя в своей системе отсчета чувствует почти постоянное поле, близкое к потенциальному. При достаточно большой амплитуде горбы потенциальной энергии удерживают частицу в ложбине между ними, обеспечивая постоянство фазы в среднем по периоду колебаний (так называемых синхротронных колебаний) в потенциальной яме. Если такая внутренняя устойчивость обеспечена, то скорость волны можно увеличивать во времени и пространстве, и все захваченные частицы будут ускоряться. Очевидные ограничения — невозможность превышения скорости света и нежелательность слишком резких рывков — составили так называемые условия Векслера. Остальное же — обеспечение достаточно медленных волн поля и перенос основного принципа на циклические ускорители — с физической (конечно, не с технической!) точки зрения вообще было тривиально, имело второстепенное значе-

ние. Сразу же были предложены варианты применения принципа к ускорителям с постоянным магнитным полем (фазотроны или синхроциклотроны), с переменным полем (синхрофазотроны и синхротроны) и вообще без магнитного поля (линейные ускорители).

Характерная для Владимира Иосифовича аргументация, всегда отдававшего предпочтение качественным соображениям перед строгой теорией, и кажущаяся простота принципа не могли не вызвать некоторого скепсиса. Обстановка вокруг идей Векслера, пожалуй, хорошо иллюстрируется решением жюри конкурса научных работ ФИАНА: "Если работа В.И. Векслера правильна, то не нам давать ему премию, а если неправильная, то тем более премии не давать... Но работа интересная, ее нужно поддержать".

Фиановские легенды утверждают, что очень известный физик даже доказал невозможность автофазировки чуть ли не в тот день, когда был запущен первый синхротрон. Соответствующие теоретические представления были развиты благодаря советам Е.Л. Фейнберга и работам учеников Владимира Иосифовича — Э.Л. Бурштейна, А.А. Коломенского и М.С. Рабиновича, но полное признание пришло только после драматического события: независимой публикации аналогичной идеи Э. Макмилланом из Лоуренсовской лаборатории в США.

Мы называем это событие драматическим не только из-за персональных переживаний Векслера. Еще свежа была в памяти ФИАНа не очень чисто плотная история с экспериментальным открытием Л.И. Мандельштамом и Г.С. Ландсбергом комбинационного рассеяния, странным образом лишенным Нобелевской премии в пользу индийского физика. Кстати, начиная именно с этого события, а также с открытия излучения Вавилова — Черенкова и работ Векслера, несколько высокомерно-нисходительное отношение Запада к советской физике быстро стало меняться.

Всеми этими обстоятельствами и был, вероятно, обусловлен несколько суховатый стиль письма, посланного Владимиром Иосифовичем по совету С.И. Вавилова в редакцию "The Physical Review". Векслер писал: "В двух статьях, появившихся в 1944 г. под вышеуказанным названием ("О некоторых новых методах ускорения релятивистских частиц"), автор настоящей публикации указал на два новых принципа ускорения релятивистских частиц, которые обобщают резонансный метод... Таким образом, названные выше статьи полностью охватывают содержание заметки Макмиллана, в которой нет ссылки на мои исследования".

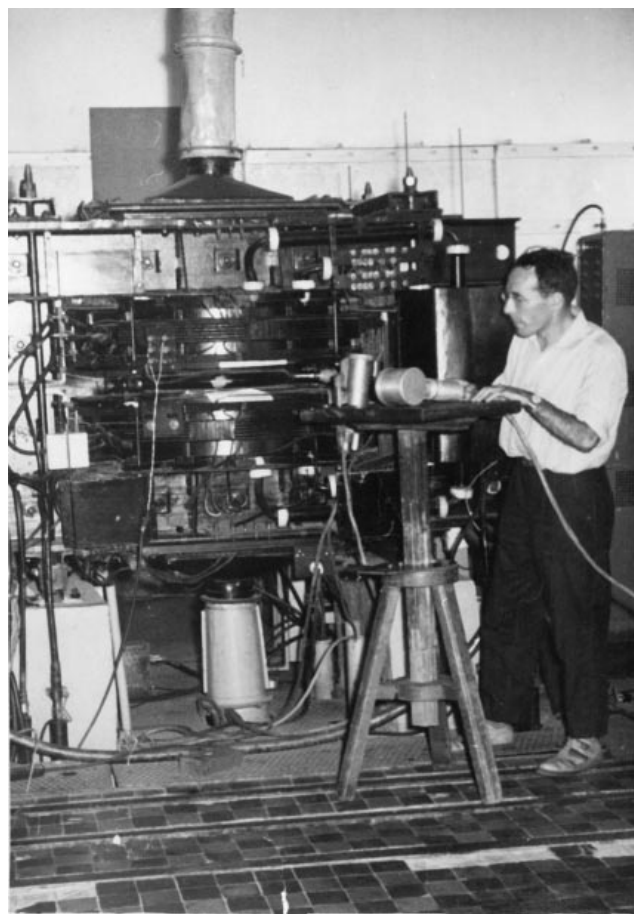
К чести Макмиллана, ответ последовал незамедлительно: "Я хотел бы объяснить те обстоятельства, которые сложились вокруг моей заметки, ... для того, чтобы прояснить произведенное ею неприятное впечатление. В 1944 г. и практически в течение всего 1945 г. журналы, в которых была опубликована Ваша работа, были мне недоступны... Поэтому, когда я послал свою заметку в сентябрьский выпуск "Phys. Rev.", я совсем не подозревал о Вашей работе... Хочу снова заверить Вас, что мое невнимание к Вашей работе было непреднамеренным и что, узнав о ней, я хотел бы подтвердить, что Ваше открытие предшествовало моему".

Знаменитый Э. Лоуренс, получивший в 1939 г. Нобелевскую премию за изобретение циклотрона, выступил со специальным заявлением о приоритете В.И. Векслера,

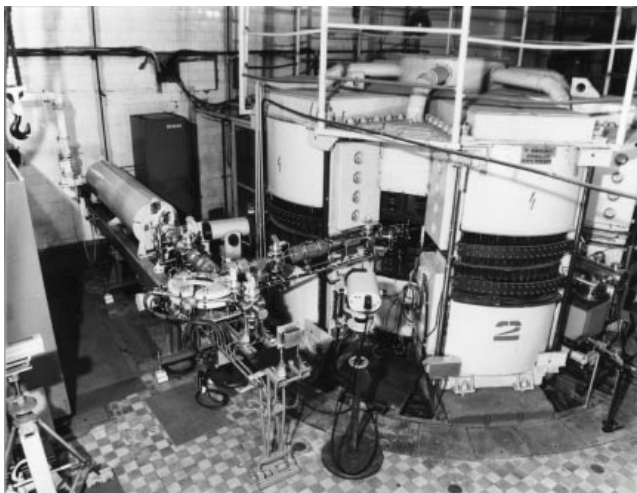
подчеркнув, что в развитии науки есть своя логика, приводящая к почти одновременному рождению открытий в разных частях света.

Кроме приоритетных вопросов, драматизма добавляла и общая обстановка в ядерной физике. В середине 1940-х годов ускорители довольно естественно стали частью ядерных проектов и в СССР, и в США со всеми вытекающими отсюда положительными и отрицательными следствиями. С одной стороны, иначе вряд ли тогда могли быть осуществлены столь дорогостоящие и сложные проекты, особенно в послевоенном СССР. С другой стороны, неизбежная секретность надолго прервала обмен информацией в области ядерной физики. Наверное, именно этим объясняется, почему Нобелевский комитет прошел мимо открытия Векслера — Макмиллана, хотя впоследствии справедливость была частично восстановлена присуждением им почти столь же почетной премии "Атом для мира".

Со свойственным ему оптимизмом и энтузиазмом Владимир Иосифович еще в военное время пытался соорудить первый синхротрон силами института. Под руководством Б.Л. Белоусова установка действительно была построена, но при монтаже и запуске возникли трудности, которые неизменно возникают во всяком новом деле, в частности возникли трудности с созданием необходимого магнитного поля. Первый магнит оказался низкого качества. Его пришлось заменить, и это задержало запуск. Ускоритель начал работать в



Первый ускоритель синхротрон С-3, ускорявший электроны до энергии 30 МэВ. (Б.С. Ратнер во время работы на ускорителе.)



Ускоритель С-25 — синхротрон, ускорявший электроны до энергии 250 МэВ.

середине января 1948 года. Он разгонял электроны до энергии 30 МэВ. Одновременно в ФИАНе приступили к сооружению, но уже с привлечением промышленности, синхротрона на энергию 250 МэВ. Он был запущен в 1949 г., что сразу позволило начать эксперименты по фотомезонной физике. Так было положено начало руководимой Векслером лаборатории под несколько таинственным названием "Эталонная", быстро ставшей самой крупной в ФИАНе. Между прочим, тогдашние сотрудники Владимира Иосифовича отмечают, что он охотно делился с ними своими идеями и соображениями, но категорически отказывался от включения своей фамилии в список авторов публикуемых статей. Может быть, отчасти такой стиль общения и руководства способствовал тому, что в лаборатории выросла плеяда блестящих самостоятельных экспериментаторов в совершенно новой области физики, отмеченных впоследствии несколькими Государственными премиями.

В этой связи несколько слов следует сказать и о синхротронном излучении, столь модном сейчас в исследованиях по физике твердого тела, биологии, нанотехнологиям и т.д. Теоретически предсказанное еще в начале прошлого века, оно экспериментально наблюдалось лишь на относительно небольших бетатронах в длинноволновой области спектра. Хотя для В.И. Векслера как ускорительщика синхротронное излучение в первую



Гигантский ускоритель протонов в Дубне — синхрофазотрон на 10 млрд электронвольт.

очередь было препятствием для повышения энергии ускорителей, оно сразу после запуска синхротрона стало объектом самостоятельного изучения и использования (в частности, для измерения размеров сгустка в ускорителе).

Известность и авторитет Векслера быстро росли, и еще до физического запуска синхротрона он возглавил проект гигантского по тем временам протонного синхротрона (синхрофазотрона) на энергию 10 ГэВ, запущенного в 1957 г. в Дубне. (Ближайший по энергии американский ускоритель — Бэватрон был рассчитан лишь на 6,3 ГэВ.) Даже сейчас это сооружение поражает своими масштабами, обусловленными господствовавшими тогда представлениями о методах удержания ускоренных частиц в кольцевой вакуумной камере. Достаточно сказать, что вес электромагнита, остающийся самым большим в мировой практике, составляет 36 тыс. т, а запасенная магнитная энергия была бы достаточна, чтобы поднять этот гигантский вес на высоту около метра. Недаром Н. Бор даже через несколько лет, когда уже были освоены и более высокие энергии, стоя на смотровой площадке синхрофазотрона, сказал: "Чтобы задумать и построить такое сооружение, нужна была очень большая смелость". Именно этим качеством Векслер и обладал, как мало кто другой.

Сопутствующие инженерные трудности были успешно преодолены благодаря прекрасно организованному сотрудничеству самых разнопрофильных научных и производственных организаций. Запуск синхрофазотрона стал признанным в мире триумфом советской науки, а сообщение о нем Векслера на Международной конференции по мирному использованию атомной энергии (Женева 1958 г.) произвело сенсацию. В 1959 г. за эту работу В.И. Векслеру вместе с Л.П. Зиновьевым, Д.В. Ефремовым, Е.Г. Комаром, Н.А. Моносоном, А.М. Столовым, А.Л. Минцем, Ф.А. Водопьяновым, С.И. Рубчинским, А.А. Коломенским, В.А. Петуховым и М.С. Рабиновичем была присуждена Ленинская премия. В 1958 г. В.И. Векслер (член-корреспондент с 1946 г.) избирается действительным членом АН СССР.

Синхрофазотрон (в то время самый большой ускоритель в мире) до сих пор находится в строю, и на нем был выполнен целый ряд работ мирового уровня. Естественно, интересы Владимира Иосифовича все больше смещались в Дубну, где он основал Лабораторию высоких энергий и провел всю оставшуюся и столь короткую жизнь (он скончался 22 сентября 1966 г.). Память о нем в этом прекрасном городе — не только ускорительные установки Объединенного института ядерных исследований, но и красивейшая набережная, названная именем Векслера. Кстати, его имя носит и улица в Европейском центре ядерных исследований (CERN).

Во второй половине 1950-х годов нам, молодым сотрудникам ФИАН, выпало счастье быть свидетелями зарождения идей Векслера, которые в те годы не без оснований рассматривались как фантастические. В опубликованных впоследствии статьях их официальное обоснование начиналось с того, что магнитное поле ускорителя, технически крайне дорогое, используется весьма неэффективно, так как присутствует даже там, где частиц нет и оно совсем не нужно. Следовательно, электромагнитное поле целесообразно создавать только в непосредственной окрестности ускоряемых частиц с

помощью дополнительных зарядов и токов. Более правдоподобна история о том, как И.Е. Тамм однажды обронил, что эффект Черенкова обратим: если достаточно быстрая частица в среде теряет энергию и тормозится, то покоящаяся частица при обдуве ее быстрой средой должна ускоряться. Само по себе это очевидно, но суть идеи состоит в том, что увлекающая сила пропорциональна квадрату заряда, как и должно быть для радиационных процессов. Поэтому на сгусток из N одинаковых частиц должна действовать сила, пропорциональная N^2 , тогда как масса сгустка возрастает только как N . Поскольку число частиц может быть весьма велико, темп ускорения резко увеличивается. Из-за характерной зависимости от числа частиц, типичной для этого класса физических процессов, метод получил название когерентного (впоследствии — коллективного) ускорения.

С самого начала было ясно, что единственной материальной средой, обдувающей электронный сгусток, может быть только сильноточный электронный пучок. Однако по тем временам его требуемые параметры казались немислимыми. Несколько лучшие перспективы имело когерентное рассеяние достаточно мощной электромагнитной волны на сгустке квазинейтральной плазмы. В этом случае достижимая энергия была бы относительно невелика, но отчасти это искупалось бы большим количеством ускоряемых частиц. Наконец, еще один механизм, предложенный В.И. Векслером, состоял в ударной передаче энергии сгустка большого числа электронов малому числу протонов, также сконцентрированных в компактный сгусток.

Физические возможности, открываемые использованием коллективного ускорения, были настолько разнообразны, что, по воспоминаниям А.А. Коломенского и М.С. Рабиновича, практически каждая неделя начиналась с заявления несколько смущенного Владимира Иосифовича: "А я опять изобрел ускоритель...". Метод коллективного ускорения вместе с идеологически близкими предложениями Я.Б. Файнберга и А.М. Будкера произвели буквально сенсацию на первом Международном симпозиуме по ускорителям в CERNе. С этого момента стали восстанавливаться контакты между ускорительщиками разных стран. Неожиданность идеи была настолько велика, что вызвала недоумение у одного из патриархов физики, получившего, к вящей радости аудитории, мгновенный и довольно экспрессивный ответ Владимира Иосифовича: "А это у нас каждому студенту известно".

В несколько эйфорийной атмосфере этих предложений как-то отступало на второй план, что даже сколь угодно малый сгусток — это не элементарная частица, что ему обязательно свойственны внутренние степени свободы. Очевидным было только требование удержания его как целого. Даже в этих рамках техническое осуществление коллективного ускорения оказалось далеко не простым. Первоначальный энтузиазм многочисленных лабораторий быстро сменился пониманием того, что требуются долговременные и терпеливые исследования в совершенно новой области коллективного взаимодействия очень большого числа частиц, до некоторой степени аналогично тому, как это происходило в управляемом термоядерном синтезе. Самыми настойчивыми оказались одна американская и одна немецкая лаборатории и, конечно, лаборатория Век-

слера в Дубне. Под руководством ближайшего из учеников Векслера, В.П. Саранцева, было сооружено и опробовано несколько модификаций смекотрона, названного так из-за сходства ускоряющего электронного сгустка с кольцом дыма, выпускаемого курильщиком. Работы долгое время оставались секретными и были опубликованы только после кончины Векслера в 1966 г.

Несмотря на колоссальные пройденные и предстоящие трудности, проблематика коллективных методов ускорения не теряет актуальности и, безусловно, еще заявит о себе, но, к сожалению, уже без Владимира Иосифовича. Наиболее впечатляющие достижения были получены в последнее время на базе возбуждения плазменных волн большой амплитуды мощным коротким лазерным импульсом (так называемое кильватерное ускорение).

Векслер сделал в жизни удивительно много, сочетая работу физика-экспериментатора, изобретателя и организатора науки. Напомним лишь о созданных им двух крупнейших лабораториях — в Москве и в Дубне, отделе новых методов ускорения в Объединенном институте ядерных исследований, Отделении ядерной физики АН СССР, которое он возглавил, об организации двух научных журналов *Ядерная физика* и *Атомная энергия*, а также о деятельности в директорате Объединенного института ядерных исследований. В этом маленьком человеке с довольно хрупким здоровьем жили удивительная энергия и настойчивость. Да, он не был голубем, как сказал один из его учеников. Он мог ошибаться, иногда был предвзят, мог и ненароком обидеть. Но он всегда находил в себе силы публично признать свои ошибки, даже в споре с младшим научным сотрудником. Только после его смерти выяснилось, что он помогал материально (тайно!) нескольким студентам, будучи сам крайне неприспособленным в жизни. Имея за плечами трудную юность, он, как и его супруга, был комсомольцем 1920-х годов в лучшем смысле этого слова и, как многие из того поколения, испытывал впоследствии серьезные внутренние конфликты. Здесь трудно описать сколько-нибудь подробно жизнь и деятельность В.И. Векслера. Для этого больше подошла бы книга. Надеемся, что она будет написана.

PACS number: 25.20. – x

В.И. Векслер и развитие ядерной физики в Советском Союзе

Б.С. Долбилкин, Б.С. Ратнер

1. Введение

Отмечая 100-летие со дня рождения академика В.И. Векслера (4 марта 1907 г.), кратко проследим его становление как выдающегося ученого. Оно тесно связано с развитием в нашей стране физики ядра и элементарных частиц — он был одним из первых исследователей космических лучей в середине 30-х годов. После войны Векслер возглавил большие коллективы, в частности ФИАНа и ОИЯИ, изучающие проблемы микромира на ускорителях, построенных за десятилетие 1948–1957 гг. на основе открытого им в 1944 г. принципа автофазировки. Первый отечественный ускоритель