

КОНФЕРЕНЦИИ И СИМПОЗИУМЫ

**К 120-летию со дня рождения академика Д.В. Скобельцына**

*Совместное заседание научной сессии Отделения физических наук Российской академии наук и учёных советов Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук и Научно-исследовательского института ядерной физики им. Д.В. Скобельцына Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, 28 ноября 2012 г.*

PACS number: 01.10.Fv

DOI: 10.3367/UFNr.0183.201304e.0423

28 ноября 2012 г. в конференц-зале Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук (РАН) состоялось Совместное заседание научной сессии Отделения физических наук РАН и учёных советов ФИАН и НИИЯФ МГУ, посвящённое 120-летию со дня рождения академика Д.В. Скобельцына.

Объявленная на web-сайте ОФН РАН [www.gpad.ac.ru](http://www.gpad.ac.ru) повестка заседания содержала следующие доклады:

1. **Месяц Г.А.** (Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва). *Вступительное слово.*
2. **Садовничий В.А.** (Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва). *Академик Д.В. Скобельцын и Московский университет.*
3. **Далькаров О.Д.** (Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва). *Исследования космических лучей в ФИАНе.*

4. **Панасюк М.И., Романовский Е.А.** (Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д.В. Скобельцына Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, Москва). *Академик Д.В. Скобельцын — основатель школы ядерной физики в МГУ.*

5. **Михайлин В.В.** (Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д.В. Скобельцына Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, Москва). *Синхротронное и ондуляторное излучения и их применение в спектроскопии.*

6. **Топтыгин И.Н.** (Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, Санкт-Петербург). *О петербургском периоде жизни Д.В. Скобельцына.*

Статьи, написанные на основе докладов 1, 2, 4–6, публикуются ниже.



Дмитрий Владимирович Скобельцын  
(24.11.1892 – 16.11.1990)

**Академик Д.В. Скобельцын и ФИАН**

Г.А. Месяц

Дмитрий Владимирович Скобельцын родился в Санкт-Петербурге 24 ноября 1892 г. в старинной дворянской семье. Его отец, Владимир Владимирович Скобельцын, был профессором физики в Политехническом институте.

Дмитрий Владимирович получил хорошее образование, владел тремя языками. В 1910 г. он окончил Тенишевское коммерческое училище, известное своими гуманитарными традициями и высоким уровнем обучения, в 1915 г. окончил физико-математический факультет

Г.А. Месяц. Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва, РФ. E-mail: mesyats@pran.ru, mesyats@sci.lebedev.ru

Петроградского университета. Дмитрий Владимирович был оставлен при кафедре физики, где готовился к преподавательской деятельности, а с 1916 г. он начал работать в Политехническом институте в Петербурге. В 1925 г., совмещая научные интересы с преподаванием, Д.В. Скobelцын начал исследования в Ленинградском физико-техническом институте. Его первые эксперименты были посвящены эффекту Комптона.

Работы Дмитрия Владимира на поэзии по эффекту Комптона, на несколько лет опередившие время, стали основой для понимания механизма поглощения гамма-квантов и первым экспериментальным подтверждением формулы Клейна – Нишины – Тамма — зависимости между энергией фотона и коэффициентом поглощения, полученной на основе релятивистского уравнения Дирака. Эти работы дали также количественный метод изучения спектров гамма-лучей.

В 1927–1929 гг. Д.В. Скobelцын сделало важное открытие в области космических лучей. Его эксперименты с камерой Вильсона в магнитном поле показали наличие в составе космических лучей заряженных частиц высокой энергии (по сравнению с энергией частиц при радиоактивном распаде), которые появляются в виде ливней. Эти результаты послужили началом интенсивных исследований природы и состава космических лучей.

До появления работ Д.В. Скobelцына интерес к космическим лучам был невелик. Никто не подозревал, что в составе космических лучей присутствуют частицы высоких энергий, взаимодействие которых с веществом приводит к возникновению принципиально новых явлений.

Это открытие сразу же выдвинуло космические лучи в число важнейших проблем современной физики и положило начало физике высоких энергий. Под руководством Д.В. Скobelцына в СССР начались масштабные эксперименты по исследованию космических лучей на высокогорных научных станциях (Памир, Тянь-Шань) и в стрatosфере с помощью зондов и ракет.

В 1928 г. Дмитрий Владимирович был приглашён в Кавендишскую лабораторию для чтения лекций. В апреле 1929 г. он получил стипендию Рокфеллеровского комитета Радиевого института Парижского университета, в котором он проводил экспериментальные исследования гамма-лучей и космических лучей совместно с Фредериком и Ирен Жолио-Кюри.

После возвращения в СССР Д.В. Скobelцын продолжил исследования космических лучей с помощью камеры Вильсона в магнитном поле. Он наблюдал следы положительно заряженных частиц, которые по свойствам походили на электроны. Оказалось, что это позитроны, которые были открыты в космических лучах практически в то же самое время. На полученных им фотографиях Д.В. Скobelцын впервые наблюдал рождение пар и "частицы, движущиеся вверх" (позитроны), хотя и не сумел их интерпретировать в терминах теории Дирака. Этот факт был интерпретирован в знаменитой работе Блэккета и Оккиалини в 1933 г., где выражено признание пионерской роли Д.В. Скobelцына. К. Андерсон, открывший позитрон, также ссылался на работы Д.В. Скobelцына.

В 1934 г. Д.В. Скobelцыну присваивается учёное звание профессора по кафедре "физика" и учёная степень доктора физико-математических наук (без защиты диссертации).

Работы Дмитрия Владимира по каскадным множественным процессам явились первыми и послужили основой для дальнейшего развития этой области

физики. Его роль как основателя физики высоких энергий отмечалась Резерфордом, Гейзенбергом, Дираком и Фредериком Жолио-Кюри.

В 1936 г. была опубликована монография Д.В. Скobelцына *Космические лучи*. Как в российской, так и в иностранной литературе трудно найти книгу по космическим лучам, в которой не цитировались бы результаты Д.В. Скobelцына или не ссылались на его работы. В 1936 г. Д.В. Скobelцын получил премию им. Д.И. Менделеева АН СССР.

Летом 1934 г. по решению правительства СССР ряд академических институтов начал переезд из Ленинграда в Москву. Ещё до переезда в Москву на базе руководимого с 1932 г. С.И. Вавиловым физического отдела Физико-математического института им. В.А. Стеклова АН СССР был образован Физический институт АН СССР (ФИАН), которому по предложению С.И. Вавилова в 1934 г. было присвоено имя выдающегося русского физика П.Н. Лебедева. С.И. Вавилов хотел, чтобы новый институт носил "полифизический" характер, т.е. чтобы в нём были представлены все основные направления физических исследований, возглавляемые ведущими учёными соответствующих специальностей. В частности, дальновидность и прозорливость С.И. Вавилова проявились в том внимании, которое он уделял развитию в ФИАНе работ по ядерной физике, несмотря на бытовавшее тогда скептическое отношение многих физиков к этой науке из-за кажущейся её бесполезности с точки зрения практического приложения. Ещё в Ленинграде С.И. Вавилов собирает группу молодых физиков, которые после переезда в Москву входят в состав лаборатории физики атомного ядра, возглавляемой самим С.И. Вавиловым. В 1935 г. консультантом по ядерной физике и космическим лучам в этой лаборатории становится Д.В. Скobelцын, который, продолжая оставаться сотрудником Физико-технического института в Ленинграде, ежемесячно до 1937 г. приезжает в Москву в ФИАН. В 1938 г. он переезжает в Москву и полностью переходит на работу в ФИАН. В 1940 г. С.И. Вавилов передаёт Д.В. Скobelцыну заведование лабораторией атомного ядра.

В предвоенные годы ученик Д.В. Скobelцына С.Н. Вернов выполнил обширную программу высотных исследований космических лучей с помощью запусков шаров-радиозондов на различных геомагнитных широтах. Анализ широтной зависимости потоков космических лучей показал, что большую часть их энергии несут заряженные частицы, отклоняемые магнитным полем. В этих исследованиях было обнаружено, что первичные космические лучи в основном состоят из электрически заряженных частиц. В феврале 1939 г. Д.В. Скobelцын был избран членом-корреспондентом АН СССР.

В 1940 г. Д.В. Скobelцын начал преподавать на физическом факультете Московского государственного университета и создал кафедру "Атомное ядро и радиоактивность". Лекции читались по двум специальностям: "атомное ядро" и "космические лучи".

Во время войны Д.В. Скobelцын, находясь в эвакуации вместе с ФИАНом в Казани, руководил целым рядом работ оборонного и прикладного характера. В то же время он продолжал теоретические работы по космическим лучам, главным образом по каскадным процессам и широким атмосферным ливням.

Как известно, фактическая работа по Атомному проекту началась в СССР в 1942 г. 19 мая 1944 г. заместитель председателя Совета Народных Комиссаров СССР М.Г. Первуухин обратился к И.В. Сталину с запиской "О

проблеме урана", в которой он предлагал привлечь к работам профессора Д.В. Скobel'цына с группой его молодых сотрудников из ФИАНа. Уже 26 мая 1944 г. И.В. Курчатов пишет М.Г. Первухину о том, что он провёл переговоры по этому вопросу с профессором Скobel'цыным и выяснил, что тот согласен принять участие в работе, включив её в план деятельности лаборатории атомного ядра ФИАНа на 1944 г. Благодаря этому в середине 1944 г. в ФИАНе была создана руководимая И.М. Франком научная группа, которая начала заниматься экспериментальным и теоретическим изучением научных проблем ядерных реакторов совместно с Лабораторией № 2 (нынешним Национальным исследовательским центром "Курчатовский институт").

С осени 1945 г. после применения США атомной бомбы в войне с Японией работа по реализации советского Атомного проекта пошла в очень быстром темпе. В конце 1945 г. Д.В. Скobel'цын приступил к организации в МГУ научно-учебного центра для подготовки специалистов по ядерной физике, в котором учёба должна быть связана с научной работой на собственной современной научно-исследовательской базе. В 1946 г. при МГУ создаётся Второй научно-исследовательский физический институт (НИФИ-2, преобразованный в 1957 г. в Научно-исследовательский институт ядерной физики), директором которого назначается (и остаётся им в течение 15 лет) Д.В. Скobel'цын. В 1946 г. он избирается академиком АН СССР.

С 1946 по 1948 гг. Д.В. Скobel'цын был командирован в Нью-Йорк для работы советником-экспертом в Представительстве СССР в ООН.

Д.В. Скobel'цын был крупным общественным деятелем. С 1954 по 1974 гг. он являлся депутатом Верховного Совета, сначала РСФСР, а затем СССР, в 1950–1974 гг. возглавлял Комитет по Ленинским премиям "За укрепление мира между народами". С 1951 г. он являлся членом Советского комитета защиты мира. В 1955 г. возглавил делегацию СССР на первой Международной конференции в Женеве по мирному использованию атомной энергии и был вице-президентом этого представительного форума. Д.В. Скobel'цын — один из организаторов и активных деятелей Пагуошского движения учёных за мир.

Проведение ядерных исследований в последние два года войны охватило и физику космических лучей, представлявших в то время единственный источник частиц высокой энергии. В трудных условиях военного времени Д.В. Скobel'цын и В.И. Векслер начали подготовку к экспедиции на Памир, которая состоялась в сентябре 1944 г. Весной 1946 г. было принято правительственные Постановление о значительном расширении в ФИАНе исследований по ускорителям и космическим лучам, в том числе о строительстве Памирской научной станции для работ по космическим лучам и создании Долгопрудненской научной станции. В дальнейшем экспедиции на Памир проводились ежегодно вплоть до начала 1960-х годов. Позднее развитие работ на Памире стало сдерживаться рядом обстоятельств, что привело к решению перевести их на Тянь-Шань.

Новая общая картина явлений, происходящих в космических лучах (в частности, представление о том, что широкие атмосферные ливни являются продуктом сложного ядерно-каскадного процесса, а не чисто электронно-фотонными лавинами), была изложена Дмитрием Владимировичем в речи на Общем собрании АН СССР в феврале 1950 г. Таким образом, физика космических лучей стала, по сути, разделом ядерной физики в обла-

сти высоких энергий. В 1952 г. за выдающиеся заслуги по физике Д.В. Скobel'цын был награждён Золотой медалью им. С.И. Вавилова АН СССР.

В 1951 г. после смерти Сергея Ивановича Вавилова директором ФИАН был назначен Д.В. Скobel'цын.

На посту директора ФИАН особенно ярко проявились исключительная эрудиция и интуиция Д.В. Скobel'цына, его огромный авторитет и принципиальность. Стиль его работы — глубокое проникновение в физическую суть самых сложных проблем — благотворно сказывался на работе научных коллективов ФИАН. Д.В. Скobel'цын поддерживал не только работы по направлениям, близким к его специальности, но и активно помогал развитию новых разделов физики. Так, он активно поддерживал работу В.И. Векслера по ускорителям заряженных частиц, был одним из первых, кто оценил значение квантовой электроники, радиоастрономии и др., и это очень способствовало бурному развитию в ФИАНе соответствующих исследований.

Многие выдающиеся работы, которыми по праву гордится отечественная физика, были выполнены в ФИАНе в период, когда Дмитрий Владимирович возглавлял институт. Его дружественно-критическое участие и поддержка в немалой степени способствовали этому. Среди выдающихся работ ФИАН, помимо уже упомянутых, можно назвать открытия сверхкороны Солнца и внешнего радиационного пояса Земли, самофокусировки и светогидравлического эффекта, конденсации экзитонов, формулировку принципа суперсимметрии квантовых полей, разработку полупроводниковых диодов, транзисторов и солнечных батарей, методов лазерного стимулирования химических реакций и лазерного разделения изотопов и др. В этот период достижения учёных ФИАН были отмечены двумя Нобелевскими (5 лауреатов), восемью Ленинскими (18 лауреатов) и шестью Государственными (37 лауреатов) премиями.

Д.В. Скobel'цын был директором ФИАН до 1973 г. Период директорства Дмитрия Владимировича оказался исключительно важным для развития института. Численность сотрудников за это время выросла во много раз, несмотря на то что в тот же период из ФИАН выделилось несколько лабораторий, явившихся основой вновь образованных институтов, таких как Акустический институт, Институт ядерных исследований АН СССР, Лаборатория высоких энергий Объединённого института ядерных исследований, Институт физики полупроводников СО АН СССР и Институт спектроскопии АН СССР. В эти институты перешло более 500 научных сотрудников и инженеров ФИАН. В тот же период в ФИАНе были созданы Тянь-Шаньская высокогорная научная станция по изучению космических лучей, Крымская научная станция, радиоастрономическая станция в Пущино, особое конструкторское бюро в Троицке. Были построены также новые здания для лабораторий и служб ФИАН.

Дмитрий Владимирович прекрасно понимал, что сила ФИАНа заключается именно в его комплексности и многосторонности, поэтому он поддерживал необходимый баланс интересов.

Д.В. Скobel'цын прожил долгую жизнь — почти 100 лет — и оказал влияние на многих выдающихся учёных, которые считали его своим учителем. Его жизнь интересна не только специалистам, занимающимся проблемой космических лучей. Дмитрию Владимировичу Скobel'цыну довелось пережить революции и войны, стать творцом революционных изменений в физике, принимать активное участие в подготовке кадров в

Атомном проекте и начинать научные исследования в космосе. Круг его научных интересов охватывал физику элементарных частиц и атомного ядра, физику космических лучей.

Д.В. Скobel'цыну было присвоено звание Героя Социалистического Труда СССР, он был награждён шестью орденами Ленина и двумя орденами Трудового Красного Знамени, являлся лауреатом Государственной и Ленинской премий СССР, был членом многих международных научных сообществ. Д.В. Скobel'цын, безусловно, является одним из великих учёных нашей страны.

PACS numbers: 01.60.+q, 01.65.+g, 98.70.Sa  
DOI: 10.3367/UFNr.0183.201304g.0426

## Академик Д.В. Скobel'цын и Московский университет

В.А. Садовничий

24 ноября исполнилось 120 лет со дня рождения академика Дмитрия Владимировича Скobel'цына — патриарха отечественной ядерной физики, учёного с мировым именем, Героя Социалистического Труда, лауреата Ленинской и Государственной премий СССР, основателя первой в СССР экспериментальной кафедры по физике атомного ядра, отделения ядерной физики физического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова (МГУ) и Научно-исследовательского института ядерной физики (НИИЯФ) МГУ, носящего с 1993 г. его имя.

С именем Д.В. Скobel'цына связаны важные вехи в истории физики. Его пионерские работы по наблюдению треков заряженных частиц с помощью камеры Вильсона в магнитном поле заложили экспериментальные основы квантовой электродинамики. Открытие Д.В. Скobel'цыным ливней космических лучей, состоящих из генетически связанных высокоэнергичных частиц, положило начало новому направлению в физике высоких энергий. Длительное время он был научным руководителем большого цикла экспериментальных исследований в физике космических лучей, развитие которых в последующие годы привело к получению результатов первостепенной научной значимости.

Педагогическая и научная деятельность Дмитрия Владимировича Скobel'цына в Московском университете началась в 1940 г., когда по инициативе директора Физического института им. П.Н. Лебедева АН СССР (ФИАН) академика Сергея Ивановича Вавилова на физическом факультете МГУ была открыта кафедра "Атомное ядро и радиоактивность". Её заведующим был назначен Д.В. Скobel'цын — один из наиболее выдающихся учёных Советского Союза, с именем которого связаны важные вехи в истории ядерной физики.

Создание в МГУ новой кафедры было обусловлено тем, что фундаментальные открытия в области ядерной физики, сделанные в начале 1930-х годов, положили начало бурному развитию этой области знания. Именно

ядерная физика становится одним из главных направлений среди естественных наук. Ею в СССР занимаются в институтах Ленинграда и Харькова. С созданием в 1934 г. в Москве Физического института имени Петра Николаевича Лебедева были заложены основы для развития там экспериментальных и теоретических исследований по ядерной физике, а для этого необходимо было подготовить физиков-ядерщиков. Д.В. Скobel'цын после своего переезда в 1938 г. из Ленинграда в Москву возглавил в ФИАНе лабораторию атомного ядра, которая тесно сотрудничала с теоретическим отделом ФИАНа, руководимым Игорем Евгеньевичем Таммом.

В МГУ в те годы не было условий для проведения экспериментальных работ по физике атомного ядра. Поэтому студентов, которых привлекала ядерная физика, распределяли на наиболее близкие по тематике экспериментальные кафедры. Физики-теоретики выполняли теоретические работы по ядерной физике либо в МГУ, либо в ФИАНе под руководством И.Е. Тамма и его учеников.

Создание в 1940 г. Д.В. Скobel'цыным в МГУ экспериментальной кафедры по физике атомного ядра сыграло решающую роль в годы Великой Отечественной войны, когда начиная с осени 1942 г. был дан старт работам по советскому Атомному проекту.

Кафедра Д.В. Скobel'цына уже с октября 1943 г. возобновила подготовку специалистов по ядерной физике, привлекла к чтению лекций ведущих учёных из ФИАН и Лаборатории № 2, руководимой И.В. Курчатовым. На кафедре была создана лаборатория, в которой начались работы по физике космических лучей и ядерной спектроскопии.

Прекрасно понимая, что в военные годы без решения Государственного Комитета Обороны (ГКО) невозможно организовать в необходимых масштабах подготовку специалистов для работы над Атомным проектом, Д.В. Скobel'цын и И.В. Курчатов (который с ноября 1944 г. стал профессором МГУ) добились принятия в феврале 1945 г. правительенного постановления "О подготовке специалистов по физике атомного ядра". В Постановлении были зафиксированы плановые показатели по числу выпускаемых кафедрой специалистов, необходимость выделения помещения для организации практикума по ядерной физике, поручение Комитету по делам высшей школы о постройке для МГУ циклотрона, поручение армейским службам о досрочной демобилизации из рядов Советской армии в "распоряжение Д.В. Скobel'цына" группы выпускников физфака МГУ для переподготовки. Студенты, преподаватели и сотрудники кафедры освобождались от призыва в армию. Студентам была повышена стипендия.

Во исполнение этого постановления Д.В. Скobel'цын в 1945 г. организовал на 2-м курсе физфака особую группу, куда принимались также студенты 2-го и 3-го курса из других вузов, продолжил плановую подготовку студентов 3-го и 4-го курсов, организовал группу для переподготовки студентов, окончивших 5-й курс, открыл 1 сентября 1945 г. первый в стране практикум по ядерной физике.

В осеннем семестре 1945 г. Д.В. Скobel'цын прочитал для специалистов, проходивших дополнительную подготовку, курс лекций "Радиоактивный распад и ядерные реакции", который позднее был издан как учебное пособие. Курс лекций Д.В. Скobel'цына — великолепное учебное пособие по ядерной физике, написанное прекрасным учёным и педагогом. Этот учебник, безусловно, был лучшим в нашей стране в послевоенный

период и сыграл огромную роль в подготовке научных кадров.

В конце 1945 г. для работ по Атомному проекту кафедра направила первых 10 специалистов, прошедших переподготовку. Однако после Хиросимы и Нагасаки работа по реализации Атомного проекта существенно ускорилась, потребовалось увеличение выпуска специалистов. Было принято решение о создании специальных научно-исследовательских институтов и вузов для обеспечения работ по Атомному проекту.

22 декабря 1945 г. специальный комитет при Совете Народных Комиссаров СССР принимает решение об обеспечении МГУ новыми помещениями для организации, на базе кафедры, Института физики атомного ядра. Институт начал работу 1 февраля 1946 г., и в открытых документах получил название Второго научно-исследовательского института (НИФИ-2)<sup>1</sup>, а кафедра стала называться "кафедра строения вещества".

В конце 1945 г. Д.В. Скobel'цын приступил к организации в МГУ научно-учебного центра для подготовки специалистов по ядерной физике, в котором учёба должна быть связана с научной работой, проводимой на высоком уровне на собственной современной научно-исследовательской базе.

Д.В. Скobel'цын запланировал создание в институте циклотрона, электростатического генератора, аппаратуры для проведения исследования космических лучей с использованием шаров-зондов, новой электронной аппаратуры, новых альфа-, бета- и гамма-спектрометров, приобретение масс-спектрометров, создание современных практикумов для студентов. Здесь следует особо подчеркнуть, что в конце 1945 – начале 1946 гг. ни один из наших вузов не имел собственной экспериментальной базы для проведения исследовательских работ. Поэтому выдвинутая Д.В. Скobel'цыным задача оснащения университета соответствующей техникой была новой и только через несколько лет нашла воплощение и в других вузах страны.

Задача создания в системе высшей школы учебно-научного института нового типа была за несколько лет блестяще решена Д.В. Скobel'цыным и его сотрудниками.

Для качественной подготовки специалистов на кафедре строения вещества, а затем на отделении строения вещества Д.В. Скobel'цын впервые осуществил идею интеграции академической науки и образования, привлекая к чтению лекций, участию в семинарах, научному руководству ведущих профессоров и учёных.

В институте были созданы учебные лаборатории, на базе которых работали специальные практикумы: по ядерной физике и электронным приборам и по атомной физике. Эти практикумы — фактически современные учебные лаборатории по ядерной физике — полностью обеспечивали экспериментальную подготовку по ядерной физике как студентов данной специализации, так и студентов других специальностей физического факультета. Работой студентов в этих практикумах руководили сотрудники как МГУ, так и академических институтов.

В 1947 г. правительство было принято Постановление о строительстве новых зданий МГУ на Ленинских горах и об оснащении факультетов и институтов новым оборудованием. НИИЯФ выступил с предложением о строительстве более мощного циклотрона и соответствующего отдельного здания для него. Однако из-за

нехватки средств это предложение института не было включено в Постановление правительства. После возвращения Д.В. Скobel'цына из Нью-Йорка (где он 1946–1948 гг. работал в Представительстве СССР в ООН) летом 1948 г. ситуация изменилась. Заручившись поддержкой академиков И.В. Курчатова, Президента АН СССР С.И. Вавилова и ректора МГУ А.Н. Несмеянова, Д.В. Скobel'цын добивается подписания дополнительного Постановления Совета Министров СССР о строительстве специального корпуса ускорительных установок и корпуса для исследования широких атмосферных ливней космических лучей. Д.В. Скobel'цыну удалось убедить руководство страны также в необходимости выделения для МГУ дополнительных средств на научное оборудование.

Дмитрий Владимирович вникал во многие конкретные вопросы, связанные со строительством новых зданий. Так, в крыле НИИЯФ он планировал создание не только специальных аудиторий для спецкурсов, но и комнаты отдыха для преподавателей.

Подготовка к переезду МГУ в новые здания на Ленинских горах сопровождалась определёнными изменениями в структуре Московского университета. Так, Постановлением Совета Министров СССР 1951 г. была предусмотрена ликвидация шести научно-исследовательских институтов. Оставались три института: Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга (ГАИШ), НИФИ-2 и Институт антропологии. На всех больших факультетах было предусмотрено создание отделений, объединяющих большие группы родственных кафедр.

Д.В. Скobel'цын решительно выступил за сохранение на факультетах отделений, обеспечивающих подготовку по новым активно развивающимся научным направлениям, за сохранение и развитие в МГУ научно-исследовательских институтов. Ему удалось отстоять планирующееся к ликвидации отделение строения вещества физического факультета. Воссоздание ликвидированных ранее институтов и создание новых — лучшее подтверждение правильности взглядов Д.В. Скobel'цына о путях развития МГУ.

Д.В. Скobel'цын заботился о том, чтобы оставлять для работы в МГУ перспективных молодых учёных. Оставленные в НИИЯФ 120 специалистов составили ядро его научной школы, а всего за полтора десятилетия было подготовлено около полутора тысяч специалистов.

Д.В. Скobel'цын обладал широчайшей научной интуицией. Он чётко определил необходимость и возможность развития в институте новых научных направлений, таких как физика высокотемпературной плазмы, атомная физика, квантовая электроника и космофизика. Он организовал на отделении строения вещества подготовку специалистов по этим новым направлениям. Всё это способствовало быстрому развитию в нашей стране фундаментальных и прикладных работ по данным направлениям.

Характеристика Д.В. Скobel'цына как учёного, педагога, организатора научных исследований будет неполной, если не сказать о его деятельности как популяризатора науки. Ему принадлежит ряд статей по вопросам ядерной физики в Большой советской энциклопедии, статьи, посвящённые открытию радиоактивности, статьи, посвящённые выдающимся учёным-физикам.

Дмитрий Владимирович был очень внимательным к людям, доброжелательным человеком. Знал и любил литературу, музыку (говорят, благоговел перед произве-

<sup>1</sup> Позднее переименован в Научно-исследовательский институт ядерной физики (НИИЯФ).

дениями Моцарта и Баха). По воспоминаниям его коллег и учеников, он был необычным человеком, сохранившим до последних дней ясность ума, трезвость суждений и твёрдость в отстаивании своих взглядов.

Дмитрий Владимирович Скobel'цын относится к плеяде учёных, составляющих гордость Московского университета. С его именем связаны эпохальные достижения нашей страны по Атомному проекту и освоению космоса. Университет с благодарностью чтит память одного из своих великих сынов. И сегодня созданная им научная школа, его ученики, Институт, носящий его имя, успешно продолжают начатое им дело, которому он отдал столько знаний, сил и душевной энергии.

PACS numbers: 01.60. + q, 01.65. + g, 25.10. + s  
DOI: 10.3367/UFNr.0183.201304h.0428

## Академик Д.В. Скobel'цын — основатель школы ядерной физики в МГУ

М.И. Панасюк, Е.А. Романовский

В Московском государственном университете 1 февраля 1940 г. начала работу кафедра "Атомное ядро и радиоактивность". Её заведующим был назначен Дмитрий Владимирович Скobel'цын, избранный в 1939 г. членом-корреспондентом Академии наук (АН) СССР. Кафедра создавалась для подготовки специалистов по экспериментальной ядерной физике. С этой даты, по существу, и началось формирование научной школы ядерной физики в Московском государственном университете.

Подготовка студентов по теоретической ядерной физике проводилась на кафедре теоретической физики. С 1925 по 1930 гг. этой кафедрой заведовал Леонид Исаакович Мандельштам, а с 1930 по 1941 гг. — Игорь Евгеньевич Тамм. Кафедру теоретической физики и близкие к ядерно-физической тематике экспериментальные кафедры физического факультета в 1930-х — начале 1940-х годов закончила большая группа студентов, внёсших впоследствии выдающийся вклад в развитие ядерной физики. Среди них — М.А. Леонтович, Д.И. Блохинцев, И.М. Франк, М.А. Марков, Е.Л. Фейнберг, В.Л. Гинзбург, В.В. Владимирский, В.С. Фурсов, А.Д. Галанин, И.Н. Головин, А.С. Давыдов, С.З. Беленький, И.И. Левинтов, Ф.Л. Шапиро, Я.П. Терлецкий, Г.И. Будкер, А.Д. Сахаров.

Как известно, большое значение для дальнейшего развития исследований по ядерной физике в МГУ имел перевод в 1934 г. из Ленинграда в Москву Академии наук и преобразование физического отдела Физико-математического института АН СССР в Физический институт им. П.Н. Лебедева АН СССР (ФИАН). Директором ФИАН с 1934 по 1951 гг. был Сергей Иванович Вавилов, который пригласил в ФИАН из МГУ таких крупных физиков, как Л.И. Мандельштам, Н.Д. Папалекси, Г.С. Ландсберг, И.Е. Тамм, М.А. Леонтович, но после перевода все они остались по совместительству

**М.И. Панасюк, Е.А. Романовский.** Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д.В. Скobel'цына Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, Москва, РФ  
E-mail: panasyuk@sinp.msu.ru, besp@sinp.msu.ru

заведовать кафедрами и читать лекции для студентов на физическом факультете.

Временно С.И. Вавилов заведовал лабораторией атомного ядра ФИАН. В её состав входили Л.В. Грошев, Н.А. Добротин, И.М. Франк, П.А. Черенков. В 1935 г. после защиты в Ленинграде кандидатской диссертации С.Н. Вернов (по рекомендации академиков С.И. Вавилова и В.И. Вернадского) поступил в докторантуру ФИАН, где проводил исследования по физике космических лучей под руководством С.И. Вавилова и Д.В. Скobel'цына.

В 1938 г. Д.В. Скobel'цын по предложению С.И. Вавилова переходит на работу в ФИАН в качестве руководителя работ по ядерной физике и космическим лучам. В записке ФИАН "Об организации работ по исследованию атомного ядра при Академии наук СССР", посланной в Президиум АН СССР, отмечены достижения ФИАН в области физики атомного ядра, сформулировано предложение о создании на базе ФИАН центральной академической лаборатории, оснащённой мощным циклотроном, и о необходимости подготовки кадров физиков-ядерщиков. В конце ноября 1938 г. записка ФИАН обсуждалась на заседании Президиума АН СССР. Один из пунктов Постановления Президиума АН СССР содержал следующую директиву: "Поставить перед МГУ вопрос о создании экспериментальной кафедры исследования атомного ядра с соответствующей лабораторией" [1].

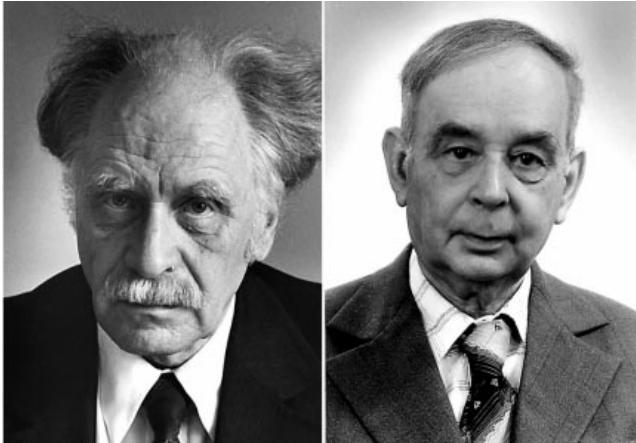
Деканом и председателем Учёного совета физического факультета МГУ в эти годы был А.С. Предводительев. От имени Совета факультета он обращается к Д.В. Скobel'цыну с просьбой "взять на себя труд по организации преподавания по атомному ядру и радиологии на физическом факультете МГУ", "сделать доклад на Совете факультета о планах развёртывания работы по организации кафедры по атомному ядру" и сообщает, что "вопрос об организации кафедры в ректорате решён положительно" [2].

Для создания в МГУ новой кафедры требовался приказ Всесоюзного комитета по делам высшей школы при Совете Народных Комиссаров СССР (ВКВШ при СНК СССР). В те годы студентам университетов и вузов вопросы ядерной физики излагались на лекциях по общей физике. В ВКВШ и в других учреждениях, в которых решался вопрос об организации кафедры, значимость ядерной физики понималась слабо. Д.В. Скobel'цыну и С.Н. Вернову пришлось затратить очень много усилий, чтобы вопрос о создании кафедры был решён положительно.

В весеннем семестре 1940 г. Д.В. Скobel'цын, а также профессора кафедры (по совместительству) С.Н. Вернов и И.М. Франк приступили к чтению лекций по двум кафедральным специальностям: "атомное ядро" и "космические лучи".

В июне 1941 г., перед самым началом Великой Отечественной войны, состоялся первый выпуск студентов кафедры "атомного ядра и радиоактивности". Дипломы получили 10 выпускников кафедры. Среди них — О.Н. Вавилов, Н.Л. Григоров, Г.Т. Зацепин, И.А. Крюков, Л.Г. Мищенко, И.В. Эстулин, которые позднее связывают свою научную деятельность с работой в ФИАНе или Научно-исследовательском институте ядерной физики (НИИЯФ) МГУ.

Первые выпускники кафедры получили достаточно хорошую подготовку по ядерной физике. Впоследствии выдающийся вклад в развитие ядерной и атомной физики внесли Г.Т. Зацепин — лауреат Ленинской и



Первые профессора кафедры "атомное ядро и радиоактивность": С.Н. Вернов (слева) и И.М. Франк.



И.В. Курчатов (слева), Д.В. Скобельцын (в центре) и Л.А. Арцимович.

Государственной премий; Н.Л. Григоров — лауреат Государственной премии СССР, заслуженный деятель науки; И.В. Эстулин; Г.Ф. Друкарёв.

Летом 1941 г. начинается эвакуация учебных и научных учреждений из Москвы. Сотрудники ФИАНа уезжают в Казань. В связи с этим в конце августа 1941 г. от работы в МГУ освобождаются профессора и преподаватели-совместители, а с 1 сентября на многих кафедрах МГУ занятия прекращаются. В октябре 1941 г. начинается эвакуация МГУ из Москвы.

28 сентября 1942 г. распоряжением Государственного Комитета Обороны (ГКО) был дан старт началу работ по советскому Атомному проекту. При АН СССР организуется специальная лаборатория атомного ядра. Распоряжением ГКО от 11 февраля 1943 г. на И.В. Курчатова возлагаются обязанности научного руководства работами.

Летом 1943 г. МГУ и ФИАН возвращаются в Москву. С 1 октября 1943 г. Д.В. Скобельцын восстанавливается в должности профессора и заведующего кафедрой "атомное ядро и радиоактивность" физического факультета МГУ по совместительству, а штатным профессором кафедры назначается С.Н. Вернов. В осеннем семестре 1943 г. Д.В. Скобельцын прочитал для студентов кафедры курс по физике атомного ядра в объеме 46 лекционных часов.

В 1944 г. Д.В. Скобельцын, С.Н. Вернов и И.М. Франк продолжили чтение лекций. В ноябре этого же года Д.В. Скобельцын привлекает для работы в качестве профессора кафедры И.В. Курчатова. На кафедре начинается плановая подготовка студентов для работ по Атомному проекту. 21 февраля 1945 г. было принято постановление ГКО "О подготовке специалистов по физике атомного ядра" [3]. Этим постановлением МГУ было предписано обеспечить выпуск специалистов по атомному ядру: в декабре 1945 г.— 10 человек, в 1946 г.— 25 человек и в дальнейшем — не менее 30 человек ежегодно. Ректорат МГУ был обязан предоставить кафедре Д.В. Скобельцына помещения площадью 200 м<sup>2</sup> для организации практикума по ядерной физике. Для увеличения числа выпускаемых МГУ специалистов-ядерщиков была предусмотрена досрочная демобилизация бывших студентов из рядов Советской Армии и организация на физическом факультете особой группы второго курса, в которую принимали также студентов второго и третьего курсов из других вузов. Студенты, подготов-

ленные по физике атомного ядра, требовались прежде всего для работы в Лаборатории № 2, где велись работы по Атомному проекту. Поэтому указанным Постановлением ГКО предусматривалось направление в Лабораторию № 2 части студентов-физиков МГУ. Как известно, в 1943 г. в Лаборатории № 2 под руководством И.В. Курчатова для работ по Атомному проекту был спроектирован и в 1944 г. введен в действие циклотрон с диаметром полюсов 73 см, а в 1945 г. началось проектирование и сооружение нового циклотрона с диаметром полюсов 150 см. Для выполнения исследований на этих циклотронах требовалась физики-ядерщики, поэтому для их подготовки в МГУ тем же постановлением ГКО была предусмотрена разработка предложений по постройке циклотрона для МГУ.

Для организации подготовки и переподготовки студентов по ядерной физике и проведения научных исследований Д.В. Скобельцын приглашает на кафедру и в кафедральную лабораторию новых сотрудников. К середине 1945 г. на кафедре, помимо Д.В. Скобельцына, И.В. Курчатова, С.Н. Вернова, И.М. Франка, работали В.И. Векслер, Л.В. Грошев, С.С. Васильев, Б.М. Исаев и В.С. Шпинель, а в кафедральной лаборатории — Н.Л. Григоров, Л.Я. Шавталов, С.П. Соколов, Л.М. Поперекова и др. Для создания учебного практикума по ядерной физике Д.В. Скобельцын назначает И.М. Франка ответственным за подбор учебных задач, а В.С. Шпинеля (работавшего до войны в Харьковском физико-техническом институте) — за организацию практикума. К работе привлекались также студенты-дипломники кафедры. Ядерный практикум был открыт к началу 1945/1946 учебного года.

В осеннем семестре 1945 г. для студентов кафедры Д.В. Скобельцын прочитал основной курс "Радиоактивный распад и ядерные реакции". Курс был рассчитан, прежде всего, на будущих экспериментаторов (хотя были необходим и теоретикам). В нём рассматривались основные, достаточно разработанные к тому времени, разделы физики атомного ядра. Процессы радиоактивного распада и ядерные реакции лежат в основе двух главных методов изучения ядра, и изложению этих вопросов в курсе уделялось основное внимание. Д.В. Скобельцын показывал, в ходе каких экспериментов получаются те

или иные результаты, как делается выбор между различными концепциями на основе опыта. Очень сильной стороной лекций Д.В. Скobel'цына был критический анализ излагаемого материала, в котором акцент делался на сравнении результатов теории и опыта и выявлении узловых нерешённых вопросов.

Слушатели курса Д.В. Скobel'цына И.Я. Барит и М.И. Подгорецкий составили и подготовили для тиражирования конспект его лекций (редактор — И.М. Франк). Конспект лекций Д.В. Скobel'цына был лучшим учебным пособием по ядерной физике в тот послевоенный период и сыграл большую роль в подготовке студентов-ядерщиков — выпускников 1947—1950 гг. К 250-летию МГУ в год 110-летия со дня рождения академика Д.В. Скobel'цына Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д.В. Скobel'цына подготовил и издал сборник *Академик Д.В. Скobel'цын и Московский университет*, где воспроизведен этот курс лекций [4].

В конце 1945 г. состоялся первый выпуск специалистов, прошедших дополнительную подготовку на кафедре Д.В. Скobel'цына. Среди них — И.Я. Барит, Г.Б. Жданов, М.И. Подгорецкий, И.С. Шапиро (будущий член-корреспондент АН СССР, который остался работать на кафедре) и др.

Как известно, с осени 1945 г., после атомной бомбардировки Хиросимы и Нагасаки, работа по реализации Атомного проекта пошла в очень быстром темпе. Постановлением ГКО от 20 августа 1945 г. создаётся Специальный комитет и Технический совет при нём, а также Первое главное управление (ПГУ) при СНК СССР.

22 декабря 1945 г. состоялось заседание Специального комитета при СНК СССР, на котором был рассмотрен проект постановления СНК СССР "О подготовке специалистов по физике атомного ядра и радиохимии". Д.В. Скobel'цын и И.В. Курчатов предложили организовать в МГУ научно-учебный центр для подготовки специалистов по ядерной физике и радиохимии, в котором учёба должна быть связана с научной работой, проводимой на высоком научном уровне на собственной современной научно-исследовательской базе.

28 января 1946 г. И.В. Сталиным было подписано постановление СНК СССР [5], на основании которого 31 января 1946 г. народный комиссар просвещения РСФСР В.П. Потёмкин обязал ректора МГУ И.С. Галкина организовать с 1 февраля 1946 г. при МГУ Институт физики атомного ядра (в открытых документах — Второй научно-исследовательский институт физики (НИФИ-2) МГУ). Директором института был назначен Д.В. Скobel'цын.

Таким образом, в конце 1945—начале 1946 гг. Скobel'цын приступил к организации в МГУ научно-учебного центра для подготовки специалистов по ядерной физике, в котором учеба должна была быть связана с научной работой на собственной современной научно-исследовательской базе. С.Н. Вернов писал: "Без научных исследований нельзя создавать базу для подготовки специалистов. В области ядерной физики масштабы исследований, как правило, весьма велики. Если ограничиться скромными рамками, то в этой области маловероятно получить успех. Это понял Д.В. Скobel'цын и поставил перед собой и нами задачу — создать НИФИ как крупное научно-учебное заведение" [6].

Здесь следует особо подчеркнуть, что в то время ни одно высшее учебное заведение страны не имело собственной современной экспериментальной базы для проведения исследовательских работ в области физики

ядра. Поэтому выдвинутая Д.В. Скobel'цыным задача оснащения вуза соответствующей техникой являлась новой и только через несколько лет нашла реальное развитие в других вузах страны.

С созданием НИФИ-2 (с 1957 г. институт стал называться Научно-исследовательским институтом ядерной физики МГУ (НИИФ МГУ), а в 1993 г. получил имя своего основателя — Д.В. Скobel'цына) кафедра "атомное ядро и радиоактивность" была преобразована в кафедру "строение вещества". Для размещения института и кафедры во исполнение постановления СНК было передано здание бывшей школы № 154 Ленинградского района г. Москвы в районе станции метро "Сокол". В начале 1946 г. ремонт и переоборудование школьного здания осуществлялся в очень скромном масштабе. Поэтому занятия со студентами некоторое время продолжались в помещениях на Моховой улице.

В феврале 1946 г. приказом по МГУ были назначены заместители директора института (С.Н. Вернов и С.С. Васильев). Д.В. Скobel'цын определил основные научные направления, которые должны развиваться в институте, структуру института и план приёма специалистов для руководства научными, учебными и вспомогательными подразделениями института, перечень лекционных курсов для студентов кафедры строения вещества. В это же время он приступил к чтению лекций по курсу "Радиоактивный распад и ядерные реакции" для студентов кафедры строения вещества. Однако в мае 1946 г. он по распоряжению Совета Министров (СМ) СССР командируется в ООН, в Нью-Йорк. Чтение курса лекций продолжил И.М. Франк. Когда Д.В. Скobel'цын работал в ООН, исполняющим обязанности директора института стал С.Н. Вернов, а исполняющим обязанности заведующего кафедрой — И.М. Франк. На их плечи и плечи работающих в те годы руководителей структурных подразделений института лёг груз очень большой и ответственной научно-организационной работы. Были созданы и начали работу в новых помещениях института лаборатории: космических лучей (заведующий — С.Н. Вернов), радиоактивных излучений (И.М. Франк), ядерной спектроскопии (Л.В. Грошев), ядерных реакций (С.С. Васильев), радиохимии (Б.В. Курчатов), дозиметрии (Б.М. Исаев), ядерного практикума (Л.Л. Барыш-Тищенко), производственные мастерские (А.С. Муратов), научно-техническая библиотека (А.С. Файн) и административные подразделения.

Под руководством С.Н. Вернова в институте совместно с лабораторией космических лучей ФИАНы были продолжены исследования по физике космических лучей. (Об исследованиях С.Н. Вернова в области космических лучей и его деятельности как учёного-организатора см., в частности, опубликованные в УФН материалы совместной сессии Отделения физических наук РАН и физического факультета МГУ, посвящённой 100-летию со дня рождения академика С.Н. Вернова [7—14].) В лаборатории ядерной спектроскопии начали сооружаться оригинальные β-спектрометры, в лаборатории ядерных реакций развернулось строительство первого в системе высшей школы СССР циклотрона.

Для студентов кафедры лекции читали С.Н. Вернов, В.И. Векслер, М.А. Марков, И.Я. Померанчук, И.М. Франк, Г.М. Франк, А.М. Балдин, В.А. Петухов, Л.В. Грошев, Е.С. Кузнецов, Б.М. Исаев, Б.В. Курчатов, Н.П. Руденко, А.А. Санин, Ф.Л. Шапиро. Руководителями дипломников были не только сотрудники института и кафедры, но и многие другие учёные из ФИАН, Института химической физики АН, Института теорети-

ческой и экспериментальной физики, Лаборатории № 2 и многих других институтов Москвы и Подмосковья.

Система привлечения крупных учёных к чтению лекций и организация в институте собственной экспериментальной базы для проведения научных исследований в университете оказались более эффективными, чем направление студентов в различные исследовательские центры, так как образование строилось по глубоко продуманному учебному плану на основе академической группы.

В институте были созданы учебные лаборатории, на базе которых работали специальные практикумы. Практикумы по ядерной физике и электронным приборам были открыты в 1946 г. Практикумы 2-НИФИ МГУ полностью обеспечивали экспериментальную подготовку по ядерной физике как студентов данной специализации, так и студентов других специальностей физического факультета. Практикум по электронным приборам ядерной физики был оборудован современной контрольно-измерительной аппаратурой, которая была разработана сотрудниками практикума и изготовлена по специальному заказу заводом "Физприбор". Практикумы 2-НИФИ, являющиеся современными учебными лабораториями по ядерной физике, были организованы в Советском Союзе впервые.

В 1947 г. Правительством СССР принято Постановление о строительстве новых зданий МГУ на Ленинских горах и об оснащении факультетов и институтов новым оборудованием. НИИЯФ выступил с предложением о строительстве более мощного циклотрона и соответствующего отдельного здания для него. Однако из-за недостатка средств это предложение института не было включено в текст Постановления правительства. После возвращения Д. В. Скobel'цына летом 1948 г. в Москву ситуация изменилась. Заручившись поддержкой академиков И. В. Курчатова, Президента АН СССР С. И. Вавилова и ректора МГУ А. Н. Несмеянова, Д. В. Скobel'цын добивается подписания дополнительного Постановления СМ СССР о строительстве специального корпуса ускорительных установок и корпуса для исследования широких атмосферных ливней космических лучей. В феврале 1949 г. кафедра строения вещества физического факультета МГУ приказом министра высшего образования СССР С. В. Кафтанова преобразуется в отделение строения вещества (ОСВ). Для студентов ОСВ были установлены повышенные стипендии. С ноября 1949 г. распоряжением директивных органов институт был отнесен к числу ведущих научно-исследовательских учреждений страны. Для научных сотрудников установлена наивысшая продолжительность отпусков, повышенены должностные оклады инженерно-технического персонала.

Правительство СССР отмечает первые успехи в деятельности института. В 1949 г. С. Н. Вернову присуждается Государственная премия СССР I степени "за экспериментальные исследования космических лучей в верхних слоях атмосферы", в 1950 г. Н. Л. Григорову, А. С. Муратову и Ю. Г. Шаферу — Государственная премия СССР "за разработку и изготовление прецизионного регистратора космических лучей", а в 1951 г. Д. В. Скobel'цыну, Г. Т. Зацепину и Н. А. Добротину — Государственная премия СССР "за открытие и изучение электронно-ядерных ливней и каскадного процесса в космических лучах". В 1952 г. Государственная премия СССР присуждается Д. И. Блохинцеву за учебник *Основы квантовой механики*.

1949 г. был отмечен также очень важным событием. В начале года был осуществлён запуск первого в системе высшего образования СССР циклотрона на энергию 4,2 МэВ по дейtronам. Большую помощь институту при создании циклотрона оказал И. В. Курчатов с сотрудниками. После пуска циклотрона началось развитие работ по исследованию ядерных реакций. В лаборатории ядерных реакций прошли производственную практику и выполнили дипломные работы большая группа студентов, получивших распределение на работу на атомные объекты страны.

В сентябре 1951 г. отделение строения вещества получило пополнение. В связи с преобразованием физико-технического факультета МГУ в Московский физико-технический институт (МФТИ) студенты пяти курсов специальности "строительство вещества" МФТИ были переведены на физический факультет. Практически все они были зачислены на отделение строения вещества.

После полувека функционирования на Моховой в старом здании факультет с 1 сентября 1953 г. вместе со всем университетом начал занятия в новых зданиях. Для физического факультета был выстроен отдельный корпус, около 20 % площадей которого с отдельным входом с южной стороны отдавалось по проекту отделению строения вещества и НИФИ-2.

Одновременно с этим для улучшения подготовки физиков на физическом факультете МГУ в декабре 1953 г. ЦК КПСС назначил комиссию по проверке работы физического факультета. Результатом работы комиссии послужило августовское 1954 г. постановление ЦК, в котором предусматривалось укрепление руководства факультетом и привлечение ряда ведущих физиков страны к преподаванию на факультете.

Деканом факультета в 1954 г. стал Василий Степанович Фурсов, направленный из Лаборатории № 2 (Институт атомной энергии им. И. В. Курчатова). К педагогической работе на физическом факультете МГУ подключились Л. А. Арцимович, Н. Н. Боголюбов, И. К. Кикоин, Л. Д. Ландау, М. А. Леонтович, И. Е. Тамм, А. С. Давыдов и др., ранее принимавшие участие в решении проблем создания ядерного оружия.

Как известно, все выпускники отделения строения вещества получали направление на работу по путёвке ПГУ, а затем — Министерства среднего машиностроения СССР. Для работы в НИФИ-2 и ОСВ по таким путёвкам за 1946–1960 гг. было направлено около 120 специалистов, которые составили основное ядро научной школы Д. В. Скobel'цына. Среди них — будущие доктора наук: И. В. Ракобольская, Л. И. Сарычева, Г. Б. Христиансен, В. С. Мурзин, В. С. Николаев, В. И. Зацепин, И. П. Иваненко, Ю. И. Логачёв, В. Г. Неудачин, И. Б. Теплов, А. Ф. Тулинов, Е. А. Романовский, А. А. Сорокин, В. Г. Шевченко, Р. А. Антонов, В. В. Балашов, Ю. В. Орлов, А. А. Петушкин, Б. А. Хренов, Л. Д. Блохинцев, Е. В. Горчаков, В. Я. Шестопёров, Н. Г. Гончарова, В. В. Комаров, Ю. В. Меликов, А. М. Попова, В. К. Гришин, Б. А. Тверской, В. Д. Письменный, Д. А. Славнов, Э. Н. Сосновец, Л. А. Тихонова, Ю. А. Фомин, В. А. Эльтеков, Н. В. Кравцов, Р. А. Нымник.

Д. В. Скobel'цын, обладавший широчайшей эрудицией и научной интуицией, очень чётко определял возможность и необходимость развития в институте новых ядерно-физических направлений. В начале 1950-х годов актуальной стала задача определения ряда ядерных констант методом электронного парамагнитного резонанса (ЭПР). Этими проблемами в ФИАНе занимался А. М. Прохоров. В НИИЯФе он вёл педагогиче-



Н.Г. Басов (слева), Д.В. Скобельцын (в центре) и А.М. Прохоров.

скую работу со студентами отделения строения вещества в рамках радиопрактикума. Дмитрий Владимирович поддержал идею А.М. Прохорова об организации в институте новой лаборатории радиоспектроскопии с ядерной тематикой, что совпало по времени с рождением квантовой электроники. Так как в лаборатории радиоспектроскопии института были созданы все условия для развития работ по квантовой электронике, Д.В. Скобельцын и А.М. Прохоров принял решение о переориентации её коллектива с решения ядерных задач на создание совместно с лабораторией колебаний ФИАНа квантовых парамагнитных усилителей. В институте стала развиваться руководимая А.М. Прохоровым школа по квантовой электронике.

Развитие исследований по управляемому термоядерному синтезу, радиоспектроскопии, квантовой электронике потребовало подготовки специалистов по атомной физике на физическом факультете. По инициативе Л.А. Арцимовича, поддержанной Д.В. Скобельцыным, в отделении строения вещества в 1954 г. создаётся кафедра атомной физики, которую возглавил Л.А. Арцимович. Для неё была необходима своя лаборатория, поэтому вскоре в лаборатории радиоспектроскопии была образована группа плазменных исследований. Научное руководство группой первое время осуществлял И.М. Подгорный, а затем Е.П. Велихов. Школа Л.А. Арцимовича – Е.П. Велихова активно развивается в институте и на отделении ядерной физики (ОЯФ) физического факультета.

По инициативе Д.В. Скобельцына в конце 1950-х годов под руководством С.Н. Вернова стали проводиться космофизические исследования. К чтению лекций для студентов по космофизической тематике Дмитрий Владимирович привлекал наиболее авторитетных специалистов, работавших в АН СССР, отраслевых институтах, а также в НИИЯФ. Сотрудники школы Д.В. Скобельцына – С.Н. Вернова внесли основополагаю-

щий вклад в исследования по физике космоса, отмеченный открытиями, наградами и премиями [15].

Необходимо ещё раз подчеркнуть, что именно в начальный период деятельности ОЯФ и НИИЯФ была подготовлена целая плеяда физиков-ядерщиков для работ по советскому Атомному проекту, воспитанная на лекциях Д.В. Скобельцына, С.Н. Вернова, И.Я. Померанчука, И.М. Франка, М.А. Маркова, А.М. Балдиной, Д.И. Блохинцева, Ф.Л. Шапиро, И.С. Шапиро, Л.В. Грошева, А.С. Давыдова, А.А. Санина и многих других выдающихся учёных нашей страны. Это выпускники ОЯФ — академики Е.Н. Аврорин, Е.П. Велихов, О.Н. Крохин, Л.П. Феоктистов, члены-корреспонденты АН СССР Ю.Н. Бабаев, В.И. Ритус, а также большая группа докторов, кандидатов наук и научных сотрудников, отмеченных высокими наградами в стране за участие в работах по Атомному проекту.

В заключение постараемся кратко подытожить основные черты школы Д.В. Скобельцына. Ученик Дмитрия Владимировича Сергей Николаевич Вернов сформулировал, что ученики получают от учителя: "Д.В. Скобельцын сам читал основной курс лекций для студентов. Он передал им не только свои глубокие и разносторонние знания, но и свой особый стиль научной работы: сочетание теории и эксперимента. Дмитрий Владимирович требовал от своих учеников, и в том числе от студентов, чтобы они не боялись трудностей теории, пытались понять самые сложные теоретические исследования, ничего не принимали на веру, не говорили с чужого голоса, ссылаясь на авторитеты. Мне представляется, что огромное число специалистов по ядерной физике, выпущенных в МГУ, вооружено методом школы Скобельцына. Характерным почерком этой школы является сочетание смелых экспериментов с детальным анализом, основанным на знании теории. Этими цennыми качествами, которыми в начале 30-х годов в нашей стране владел всего один человек — Дмитрий Владимирович Скобельцын, сейчас обладают сотни физиков его школы" [6].

Д.В. Скобельцын считал, что если студент или специалист хочет стать настоящим учёным, он должен всё своё время отдавать науке. Выступая перед студентами физического факультета МГУ, С.Н. Вернов образно сформулировал отношение Дмитрия Владимировича и его учеников к науке: "Забудьте о свободных днях в воскресенье, о свободных вечерах среди недели. Если вы хотите стать настоящими учёными, вы должны всё своё время отдавать науке — работать, думать, читать".

С.Н. Вернов неоднократно подчёркивал, что принципом Дмитрия Владимировича было "или не делать, или делать хорошо". И это, в первую очередь, относилось к науке. Д.В. Скобельцын отличал дела по организации научных исследований от дел по организации научных мероприятий. Он вникал, тщательно обсуждал со специалистами вопросы содержания и направленности читаемых на кафедре курсов лекций, постановки научного исследования, создания аппаратуры для его проведения, обработки результатов измерений, вопросы написания качественных публикаций. Для направления статей, подготовленных сотрудниками НИИЯФ МГУ, в печать, он ввёл такую же процедуру, которая ранее сформировалась в ФИАНе — статья до её отправления в печать должна быть доложена на семинаре (или конференции). Д.В. Скобельцын просматривал статью и, если видел необходимость её научной или литературной доработки, посыпал статью на дополнительное рецензирование специалистам.

Дмитрий Владимирович придавал очень большое значение пополнению библиотеки НИИЯФ необходимыми журналами и книгами. Д.В. Скобельцын по договорённости с руководством ПГУ (а затем Минсредмаша) организовал комплектацию иностранных журналов и книг для библиотеки института за счёт валютных средств этих организаций. Составление списков, необходимых для заказа журналов и книг, он поручил И.С. Шапиро и регулярно обсуждал все возникавшие вопросы.

Дмитрий Владимирович всегда считал, что вопросы организации научной работы и учебного процесса должны решаться с проявлением инициативы и напористости в достижении поставленной цели, а формальные вопросы должны также решаться хорошо, но без проявления излишней поспешности. Характерный пример. В 1957 г. НИФИ-2 был переименован в НИИЯФ. В связи с этим по инициативе партийного бюро (членом которого был С.Н. Вернов) С.Н. Верновым и одним из авторов настоящей статьи (Е.А. Романовским) был подготовлен проект нового положения об институте, одобренный юридическим отделом МГУ. Когда С.Н. Вернов предложил Дмитрию Владимировичу прочитать проект положения, тот ответил отказом. Он спросил, мешает ли отсутствие нового положения проведению научных исследований в институте. Сергей Николаевич ответил: "Нет, не мешает". — "И мне не мешает, — сказал Дмитрий Владимирович. — Положение об институте будем менять тогда, когда в МГУ возникнет необходимость в изменении положений". Положение о НИИЯФ МГУ было изменено лишь после получения МГУ автономии (1990 г.).

К сотрудникам института Дмитрий Владимирович относился с позиции мудрой доброжелательности. При возникновении каких-то спорных вопросов он находил справедливое решение, с которым все соглашались. Он не терпел и не допускал никаких склок в институте. Он говорил: "Там, где начинается склока, — кончается наука". Все вопросы в институте и в отделении ядерной физики Дмитрий Владимирович решал с позиции дела и высокой гражданской ответственности.

Г.Б. Христиансен писал, что все, кому довелось учиться у Д.В. Скобельцына или работать под его руководством, помнят "впечатления надёжности, прочности, мудрой доброжелательности, которые всегда возникали при общении с ним и которых так не хватает человеку в нашей современной, полной неожиданности жизни" [16].

## Список литературы

1. Вавилов С И, Левшин В Л "Записка ФИАН СССР в Президиум АН "Об организации работ по исследованию атомного ядра при Академии наук СССР"" , в сб. *Атомный проект СССР. Документы и материалы Т. 1 1938–1945 Ч. 1* (Под общ. ред. Л Д Рябева, Сост. Л И Кудинова) (М.: Физматлит, 1998) с. 36
2. *Записки архивариуса Т. 1, Вып. 1* (М.: ФИАН, 1992) с. 29
3. "Постановление ГКО № 7572сс/ов от 21.2.1945 г. "О подготовке специалистов по физике атомного ядра"" , в сб. *Атомный проект СССР. Документы и материалы Т. 1. 1938–1945 Ч. 2* (Под общ. ред. Л Д Рябева, Отв. сост. Л И Кудинова) (М.: Изд-во МФТИ, 2002) с. 223
4. Барит И Я, Подгорецкий М И (Сост.) "Радиоактивный распад и ядерные реакции. Конспект лекций, читанных академиком Скобельцыным Д.В. в 1945–1946 гг.", в сб. *Академик Д.В. Скобельцын и Московский университет* (Под ред. Б СИханова, М И Панасюка, Е А Романовского) (М.: УНЦ ДО, 2002) с. 27
5. Сталин И, Чадаев Я "Постановление СНК СССР № 225-96сс от 28.1.1946 г. "О подготовке инженеров-физиков и специалистов по физике атомного ядра и по радиохимии"" , в сб. *Атомный проект СССР. Документы и материалы Т. 2 Атомная бомба. 1945–1954 Кн. 2* (Под общ. ред. Л Д Рябева, Отв. сост. Г А Гончаров) (Саров: Изд-во РФЯЦ–ВНИИЭФ, 2000) с. 102
6. Вернов С Н "Д.В. Скобельцын как руководитель школы физиков и основатель НИИЯФ МГУ", в сб. *Воспоминания об академиках Д.В. Скобельцыне и С.Н. Вернове* (Под ред. М И Панасюка, Е А Романовского) (М.: Изд-во МГУ, 1995) с. 42
7. Ряжская О Г УФН **181** 187 (2011) [Ryazhskaya O G *Phys. Usp.* **54** 181 (2011)]
8. Матвеев В А УФН **181** 188 (2011) [Matveev V A *Phys. Usp.* **54** 182 (2011)]
9. Садовничий В А УФН **181** 191 (2011) [Sadovnichiy V A *Phys. Usp.* **54** 185 (2011)]
10. Трухин В И УФН **181** 195 (2011) [Trukhin V I *Phys. Usp.* **54** 189 (2011)]
11. Панасюк М И УФН **181** 197 (2011) [Panasyuk M I *Phys. Usp.* **54** 190 (2011)]
12. Дергачёв В А УФН **181** 210 (2011) [Dergachev V A *Phys. Usp.* **54** 202 (2011)]
13. Стожков Ю И, Базилевская Г А УФН **181** 218 (2011) [Stozhkov Yu I, Bazilevskaya G A *Phys. Usp.* **54** 210 (2011)]
14. Бережко Е Г, Крымский Г Ф УФН **181** 223 (2011) [Berezhko E G, Krymsky G F *Phys. Usp.* **54** 215 (2011)]
15. Садовничий В А, Ильченко В И (Общ. ред.) *Академик Сергей Николаевич Вернов. К 100-летию со дня рождения* (М.: Изд-во МГУ, 2010)
16. Христиансен Г Б "Ecce Homo", в сб. *Воспоминания об академиках Д.В. Скобельцыне и С.Н. Вернове* (Под ред. М И Панасюка, Е А Романовского) (М.: Изд-во МГУ, 1995) с. 55

PACS numbers: **01.65.+g**, 41.60.Ap, 41.60.Cr  
DOI: 10.3367/UFNr.0183.201304i.0433

## Синхротронное и ондуляторное излучения и их применение в спектроскопии

В.В. Михайлин

Синхротронное и ондуляторное излучения в настоящее время широко применяются во всех областях науки, где исследуется взаимодействие излучения с веществом. В теоретическом и экспериментальном исследовании синхротронного и ондуляторного излучений Московский университет изначально тесно взаимодействовал с Физическим институтом Академии наук. Открытие синхротронного излучения предсказали в 1944 г. Д.Д. Иваненко и И.Я. Померанчук. В статье, опубликованной в *Докладах АН СССР* [1] (и параллельно в *Physical Review* в США) Д.Д. Иваненко и И.Я. Померанчук высказали предположение, что причиной ограничения предельной энергии ускорения электронов в бетатроне (циклическом индукционном ускорителе) является магнитотормозное излучение, мощность которого пропорциональна четвёртой степени энергии ускоренной частицы. Это излучение в видимой области было обнаружено в 1947 г. на американском синхротроне General Electric (энергия 80 МэВ) в Брукхейвенской национальной лаборатории. Отсюда

**В.В. Михайлин.** Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д.В. Скобельцына Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, физический факультет Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, Москва, РФ  
E-mail: vvm@srd.sinp.msu.ru

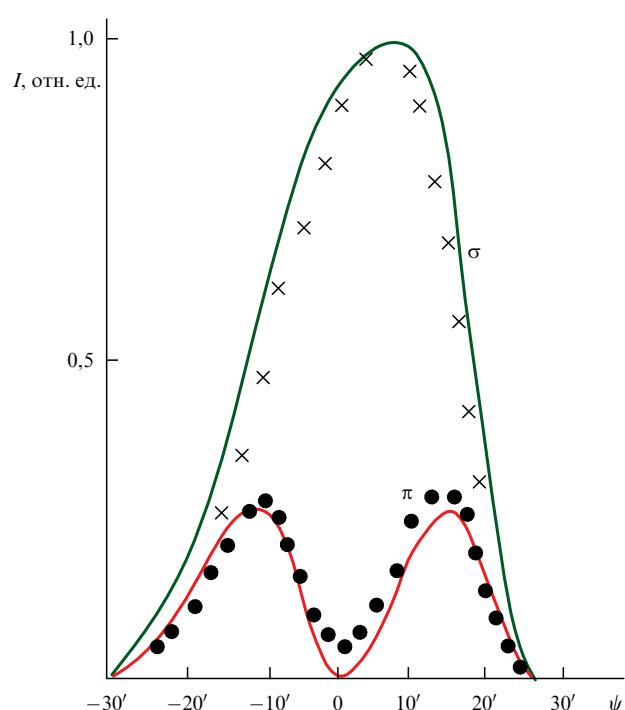


Рис. 1. Сравнение теоретических зависимостей (кривые) интенсивностей  $I$   $\sigma$ - и  $\pi$ -компонент линейной поляризации от угла  $\psi$  с экспериментальными (кружки и кресты) (по данным О.Ф. Куликова) [10].

магнитотормозное излучение релятивистских электронов (имеющих скорость, близкую к скорости света) получило название синхротронного. В 1948 г. Д.Д. Иваненко и А.А. Соколов опубликовали также в *Докладах АН СССР* статью "К теории светящегося электрона" [2], в которой привели расчёты соответствующих угловых и спектральных характеристик этого излучения. Последующие работы наших теоретиков заложили основы научной школы синхротронного излучения Московского университета [3–8]. В итоге в библиографическом списке работ физиков МГУ по исследованию синхротронного и ондуляторного излучений и их применению сегодня насчитывается более 1200 публикаций, несколько десятков докторских и кандидатских диссертаций.

Первыми у нас в стране экспериментальными проверками "теории светящегося электрона" были работы 1956 года: работа Ю.М. Адо и П.А. Черенкова по распределению энергии в спектре некогерентного излучения электронов, движущихся в синхротроне, [9] и работа Ф.А. Королёва, Е.М. Акимова, В.С. Маркова, О.Ф. Куликова "Экспериментальные исследования углового распределения и поляризации оптического излучения в синхрофазotronе" [10] (рис. 1), вышедшая уже после публикации теоретической работы А.А. Соколова и И.М. Тернова о поляризационных эффектах в излучении светящегося электрона [11].

Далее экспериментальное исследование свойств синхротронного излучения физики МГУ (О.Ф. Куликов, А.С. Яров и др.) проводили совместно с лабораторией высоких энергий Физического института им. П.Н. Лебедева АН СССР (ФИАН) (Ю.М. Александров, М.Н. Якименко и др.). Эти работы поддерживались директором ФИАН академиком Д.В. Скobel'цыным. Уже в 1967 г. при поддержке Д.В. Скobel'цына был построен первый канал вакуумно-ультрафиолетовой (ВУФ) спектроскопии на синхротроне ФИАН С-60 на энергию 680 МэВ.

В дальнейшем работы по спектроскопии твёрдого тела активно проводились и на других синхротронах и накопителях в СССР, в частности, в Институте ядерной физики СО АН СССР (ИЯФ) в Новосибирске и на накопителе "Сибирь-1" в Институте атомной энергии им. И.В. Курчатова (ИАЭ).

Но вернёмся назад, в 1940-е. Интересно, что ещё в 1948 г. А.М. Прохоров занялся изучением синхротронного излучения с целью получения когерентного электромагнитного излучения в сантиметровой и миллиметровой областях спектра. Он проводил серию успешных экспериментов по изучению когерентных свойств излучения релятивистских электронов, движущихся в однородном магнитном поле. Прохоров доказал, что синхротронное излучение можно использовать в качестве источника когерентного излучения в сантиметровом диапазоне, определил характеристики и уровень мощности источника. Эти исследования составили тему докторской диссертации А.М. Прохорова, которую он успешно защитил в 1951 г. Но всё же напомним, что основная мощность излучения сосредоточена в более жёстких областях спектра — вакуумной ультрафиолетовой и рентгеновской — и в них развиваются основные применения синхротронного излучения.

Синхротронное излучение (СИ) и ондуляторное излучение (ОИ) имеют общую природу, связанную с эффектом испускания электромагнитных волн ускоренными релятивистскими зарядами [3, 4]. Сегодня СИ — это мощный универсальный инструмент для исследований в различных отраслях науки [5–7]. Технический прогресс и развитие науки в последние десятилетия определили повышенный интерес к исследованиям по вынужденному излучению релятивистских электронов (индукционное СИ) (см., например, [8, 12–16]). Особенности вынужденного СИ при движении электронов по спирали рассмотрены в [17], а вынужденное СИ в фокусирующем магнитном поле циклических ускорителей подробно изучено в [18]. Развитие техники во второй половине XX в. позволило создать новые источники СИ — лазеры на свободных электронах (ЛСЭ), имеющие в своём составе ондуляторы. Существенным отличием ОИ от СИ является его высокая монохроматичность и большая спектральная плотность. Излучение ондуляторов с различными конфигурациями поля хорошо описано в литературе (см., например, [3–8, 12–19]). Простейшая схема плоского ондулятора показана на рис. 2. Первые наблюдения излучения из ондулятора, встроенного в камеру циклического ускорителя, были проведены в нашей стране. В 1977 г. группа физиков ФИАН (под руководством П.А. Черенкова) и физического факультета МГУ наблюдала ондуляторное излучение на синхротроне ФИАН "Пахра", ускоряющем электроны до энергии 1,2 ГэВ [20]. Группе удалось получить первые фотографии этого нового типа излучения, исследовать его спектральные и угловые характеристики, эффект квазимонохроматичности [21].

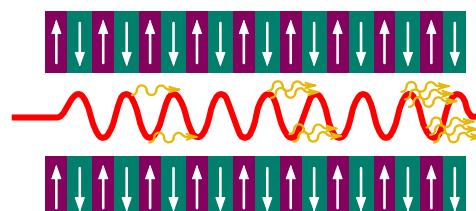


Рис. 2. Простейшая схема плоского ондулятора.

Созданные на основе источников ОИ ЛСЭ имеют существенное отличие от обычных лазеров — частота ЛСЭ не связана с переходами на низшие энергетические уровни в рабочей среде, в отличие от частоты обычных лазеров. Рабочей средой для ЛСЭ фактически служит пучок электронов, движущихся в сильном периодическом магнитном поле ондулятора, а длина волны может непрерывно регулироваться. Последняя зависит от параметров ондулятора и энергии электронов пучка. Простейший вариант ЛСЭ — это ондулятор, помещённый между двумя зеркалами, одно из которых является полупрозрачным. Таким образом, ондулятор, дающий некогерентное излучение в узком диапазоне частот близи частоты основной гармоники (или высших гармоник), помещён в резонатор, где лазерное излучение формируется при его многократном прохождении через ондулятор.

Новое поколение источников СИ — ЛСЭ, работающие в рентгеновском диапазоне [22], — требует новых технических решений, например ЛСЭ с самоусищением спонтанного излучения (Self Amplified Spontaneous Emission — SASE). Схема SASE, предполагающая формирование когерентного лазерного излучения за один проход ондулятора, основана на том, что электроны движутся с запаздыванием по отношению к испущенному ими СИ, которое может догнать движущиеся перед ним электроны и взаимодействовать с ними. Так электромагнитная волна группирует электроны в отдельные струи, разделённые пространственным периодом, равным периоду ондулятора. В результате несколько электронов начинают излучать почти синфазно. Этот эффект усиливается по длине ондулятора, приводя к формированию более плотных групп электронов и когерентному излучению импульсного характера.

В последние годы техника ОИ была значительно улучшена не только с точки зрения ондуляторных магнитов, но и с точки зрения концепций их конфигураций. Новые разработки теории ОИ [23, 24] показали, как схемы ондуляторов со сложной конфигурацией магнитного поля способны усиливать или ослаблять излучение отдельных гармоник. Подавление жёсткой компоненты ОИ позволяет уменьшить её негативное влияние на зеркала ЛСЭ, а усиление определённых гармоник может применяться в схемах ЛСЭ с SASE и в устройствах с генерацией гармоник затравочного излучения (High Gain Harmonic Generation — HGHG), где используется последовательность ондуляторов, каждый из которых настроен на частоту высшей гармоники предыдущего (см., например, [25]). В связи с этим особенно жёсткие требования предъявляются к качеству электронного пучка и конструкции ондулятора. Всё это требует строгого и математически выверенного описания свойств СИ и ОИ с учётом особенностей источников излучения и условий их работы; искажение траектории движения частиц может негативно влиять на работу всей установки. Развитие теории ОИ с использованием обобщённых форм специальных функций позволило получить аналитические выражения для интенсивности и спектра ОИ с учётом постоянной компоненты магнитного поля [26–28], в частности магнитного поля Земли. Таким образом, развитие теории ОИ позволяет получить устройства с заданными характеристиками, выделенными гармониками и высоким качеством для использования в современных схемах генерации высокочастотного когерентного излучения на ЛСЭ с самоусищением (SASE), генерацией гармоник (HGHG) и др.

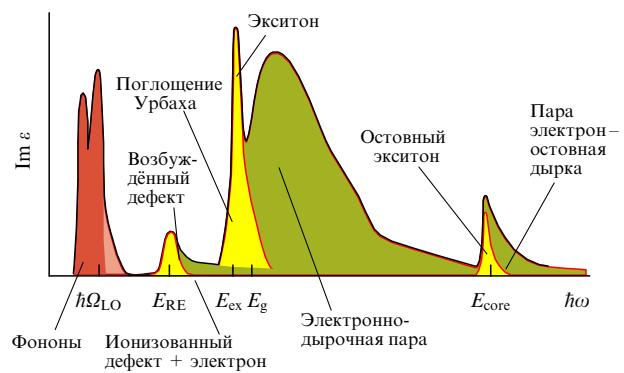


Рис. 3. Мнимая часть диэлектрической проницаемости  $\epsilon'$  в широкой области энергий фотонов и различные процессы, исследуемые при возбуждении люминесценции твёрдых тел синхротронным излучением.  $\Omega_{LO}$  — частота продольного оптического фотона,  $E_{RE}$  — энергия перехода в редкоземельном активаторе,  $E_{ex}$  — энергия экситона,  $E_g$  — ширина запрещённой зоны,  $E_{core}$  — энергия основного уровня.

Синхротронное и ондуляторное излучения широко используются в спектроскопии. Одно из важных направлений — спектроскопия возбуждения люминесценции твёрдых тел с помощью СИ. Уникальные спектральные характеристики и временная структура СИ позволяют использовать это излучение для исследования процессов электронной релаксации в диэлектриках с широкой запрещённой зоной. Объяснение этих процессов важно, например, для понимания сцинтилляционной эффективности кристаллов. Методика исследования спектров возбуждения люминесценции удобна для изучения переноса энергии в этих системах и исследования их электронной структуры.

В общем случае спектры возбуждения люминесценции могут быть подразделены на несколько спектральных диапазонов: прямое возбуждение низших возбуждённых состояний дефектов, ионизация дефектов фотонами с энергией, меньшей ширины запрещённой зоны матрицы, возбуждение в урбаховском хвосте поглощения матрицы, возбуждение экситонов, создание разделённых электронно-дырочных пар с низкой энергией, создание высоконергетических электронно-дырочных пар с последующим ударным возбуждением/ионизацией матрицы и дефектов.

Каждая из этих областей характеризуется различной ролью каналов релаксации. При поглощении фотонов различной энергии в широкозонных диэлектриках возбуждаются разнообразные типы возбуждений в кристалле. Взаимосвязь возбуждений этих типов с оптическими функциями показана на рис. 3 на примере зависимости мнимой части диэлектрической проницаемости  $\epsilon'$  от энергии поглощаемых фотонов, которая непосредственно отражает эффективность создания различных первичных возбуждений в кристаллах в зависимости от энергии поглощаемых фотонов.

В таблице приведены области энергий возбуждающих фотонов, соответствующие этим энергиям первичные процессы в твёрдом теле и те вторичные процессы релаксации электронных возбуждений, которые можно изучать с помощью возбуждения такими фотонами. Более подробно эти процессы будут рассмотрены ниже на конкретных примерах.

В качестве наглядного примера приведём результаты исследования спектров возбуждения люминесценции

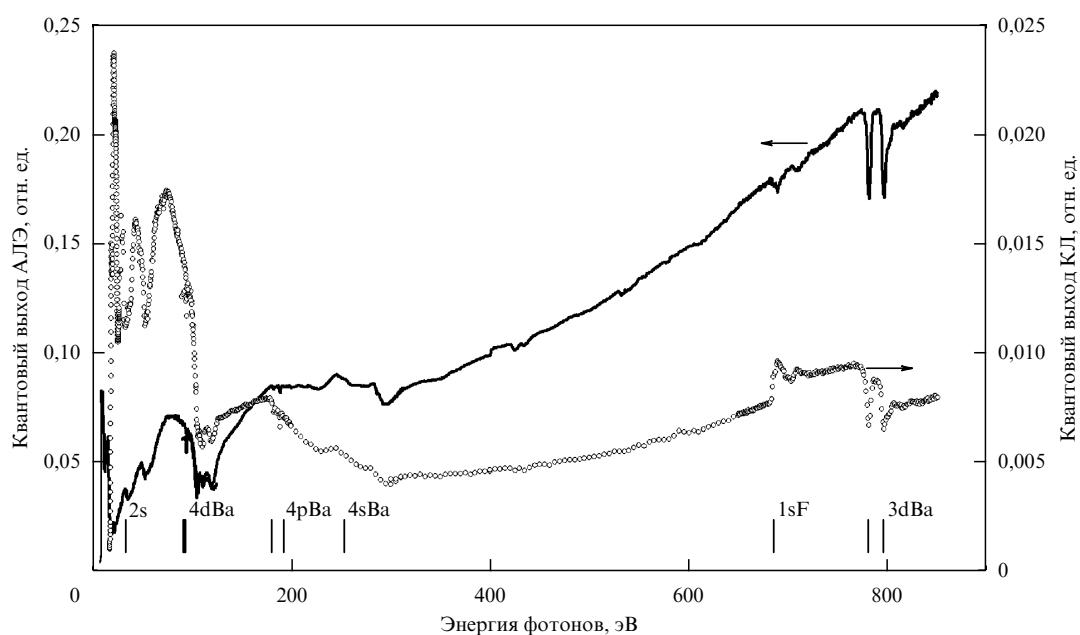
**Таблица 1.** Процессы релаксации энергии при возбуждении кристаллов, которые могут исследоваться с помощью синхротронного излучения

	Область возбуждения	Типы электронных возбуждений	Процессы релаксации
Видимый свет	$h\nu \leq E_g$ $h\nu = 3-10$ эВ	Возбуждённые и ионизованные состояния дефектов и примесей. Автолокализованные экситоны	Свечение спинтилляторов и фосфоров. Перенос энергии между центрами. Создание дефектов при аннигилиации экситонов. Внутрицентровое тушение
УФ-излучение			
ВУФ-излучение	$E_g \leq h\nu \leq (2-3)E_g$ $h\nu = 5-20$ эВ	Электронно-дырочные пары с энергией, меньшей пороговой энергии создания вторичных электронных возбуждений. Свободные экситоны	Электрон-фононное взаимодействие, приводящее к термализации и миграционному тушению за счёт разделения компонентов электронно-дырочных пар. Диффузия возбуждений. Захват возбуждений. Специфические типы внутризонной и межзонной релаксации (например, кросслюминесценция)
Ультра-мягкое и мягкое рентгеновское излучение	$(2-3)E_g \leq h\nu \leq (5-10)E_g$ , $h\nu = 15-100$ эВ	Горячие возбуждения с энергией, превышающей энергетический порог создания вторичных электронных возбуждений. Возбуждения верхних оставочных уровней	Электрон-электронное неупругое рассеяние и оже-процессы, приводящие к каскадному размножению электронных возбуждений
	$h\nu \geq (5-10)E_g$ , $h\nu > 50$ эВ	Оставочные возбуждения	Рентгеновская флюоресценция. Процессы Оже
		Возбуждённые области с несколькими десятками возбуждений. Треки ионизирующих частиц	Взаимодействие большого числа возбуждений

двух типов в  $\text{BaF}_2$  (рис. 4) в широкой области спектра (от 5 эВ до 1000 эВ) [29]. Этот пример интересен тем, что на одном веществе одним методом были исследованы процессы всех типов, перечисленных в таблице.

В  $\text{BaF}_2$  наблюдаются два типа люминесценции — относительно медленная люминесценция автолокализованных экситонов (АЛЭ) (характерное время при комнатной температуре около 600 нс, сплошная кривая на рис. 4) и быстрая (со временем 0,9 нс) ультрафиолетовая кросслюминесценция (КЛ), связанная с заполнением верхней оставной дырки электроном из валентной зоны (показана на рис. 4 кружками). В начальной области спектра хорошо видно, что порог возбуждения процес-

сов этих видов различен. Для люминесценции АЛЭ этот порог совпадает с порогом фундаментального поглощения (около 10 эВ), в то время как для оставочно-валентных переходов он совпадает с порогом образования дырки в верхней оставной зоне бария (17 эВ). Именно это различие порогов позволило в своё время физикам из ФИАН однозначно установить природу быстрого ультрафиолетового свечения в  $\text{BaF}_2$  [30]. В области более высоких энергий (от 25 до 90 эВ) наглядно проявляются особенности в спектрах возбуждения, связанные с приповерхностными потерями. По глубине провалов в спектре возбуждения можно установить коэффициент диффузии элементарных возбуждений в диэлектриках.



**Рис. 4.** Спектр возбуждения двух полос свечения  $\text{BaF}_2$ : свечения автолокализованных экситонов (АЛЭ) (сплошная кривая) и кросслюминесценции (КЛ) (оставочно-валентные переходы — кружки) [29].

Область энергий возбуждения в окрестности 100 эВ интересна тем, что в ней наглядно проявляются эффекты, связанные с созданием нескольких близко расположенных возбуждений одним фотоном за счёт либо неупругого электрон-электронного рассеяния (при энергии ниже 100 эВ), либо каскада оже-процессов после возбуждения 4d-остова бария (при энергии выше 100 эВ). Эти эффекты высокой локальной плотности электронных возбуждений проявляются как в снижении выхода люминесценции, так и в ускорении кинетики за счёт взаимного тушения возбуждений [31]. В широкой области энергий, от 280 до 680 эВ, в BaF<sub>2</sub> нет резонансного взаимодействия с основными уровнями. При этом можно было бы ожидать линейного возрастания квантового выхода с увеличением энергии фотона (число низкоэнергетических электронно-дырочных пар, создаваемых в результате каскада неупругих процессов). Однако наблюдаются заметные отклонения от линейной формы. Эти отклонения связаны с привлекающей в последнее время внимание проблемой непропорциональности светового выхода сцинтилляторов [32]. Из-за этой непропорциональности существенно ограничивается предельно достижимое энергетическое разрешение сцинтилляторов. Непропорциональность связана в основном с плотностными эффектами, возникающими в треках ионизирующих частиц. Наконец, при исследовании относительно глубоких остовов наглядно проявляется, что релаксация энергии после образования остовных дырок на разных ионах идёт различными путями. Обычно в спектрах возбуждения наблюдаются провалы при прохождении энергии остовов (как это видно при низких энергиях). Однако в спектре возбуждения КЛ в области 1sF наблюдается скачок, который говорит о новом канале образования остовных бр-дырок Ba в процессе оже-релаксации [29].

Рассмотрим теперь некоторые примеры проявления этих многообразных процессов в кислородсодержащих широкозонных диэлектриках. Такие кристаллы отличаются достаточно широкой валентной зоной.

При возбуждении фотонами с энергией порядка границы фундаментального поглощения возбуждаются и ионизируются дефектные состояния, затем при больших энергиях начинаются процессы в области урбаховского поглощения, после чего мы переходим в экситонную область спектра. В качестве первого примера рассмотрим содержащие иттербий оксиды иттрия, лютения и скандия [33]. В этих кристаллах наблюдается люминесценция с переносом заряда, при которой возбуждённое состояние иттербьевого центра представляет собой дырку, перешедшую с иттербия на ближайшие ионы кислорода. На спектрах возбуждения этих систем видно чёткое разделение на следующие области: область урбаховского поглощения, в которой ионизуются дефекты; экситонную область с непосредственным возбуждением матрицы и область образования разделённых электронно-дырочных пар. В частности, из соотношения быстрой и медленной компонент свечения, возбуждаемого в области урбаховского поглощения, видно, что медленная компонента возрастает с увеличением делокализации дырки (чем ближе к краю фундаментального поглощения, тем более делокализованным является образующееся состояние).

Перейдём теперь к результатам по спектрам возбуждения сцинтиллятора, который в последние десять лет у всех на слуху, — вольфрамата свинца (PWO), поскольку применение этого сцинтиллятора сыграло большую роль в успешной реализации детекторов на Большом адронном коллайдере в ЦЕРНе. Рассмотрим процессы в

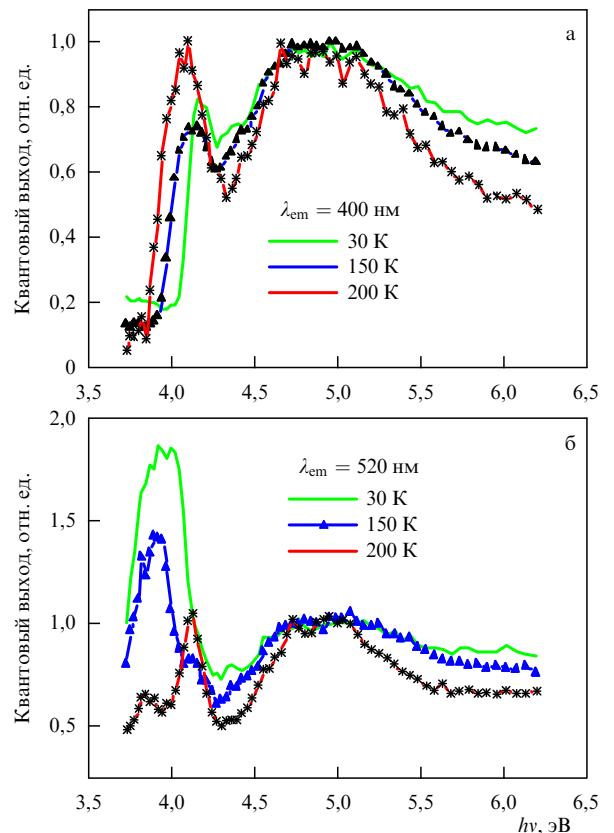
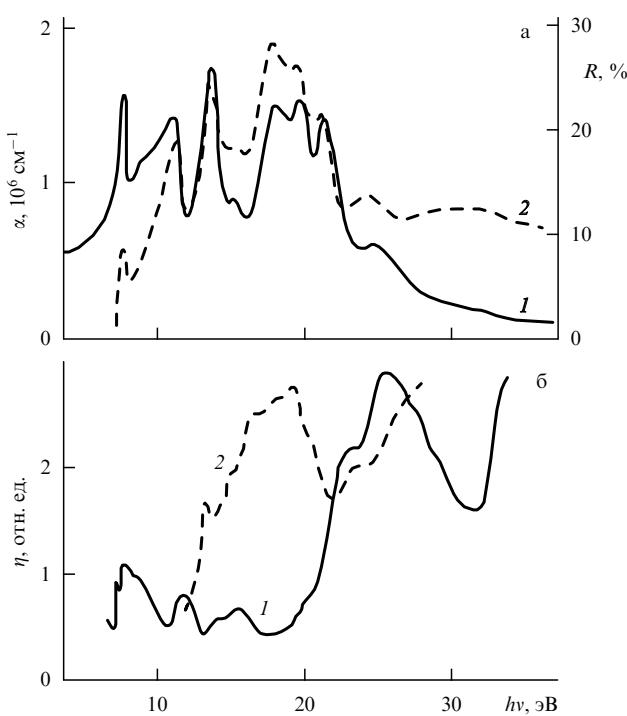


Рис. 5. Спектры возбуждения вольфрамата свинца для синей (а) и зелёной (б) полос свечения, показывающие экситонный характер быстрого (синего) свечения и рекомбинационный характер зелёного (более медленного) свечения этого сцинтиллятора [34]. ( $\lambda_{\text{em}}$  — длина волн люминесценции.)

области начала фундаментального поглощения (рис. 5) [34]. Специфическое поведение спектров возбуждения быстрого (синего) свечения вольфрамата свинца в зависимости от температуры непосредственно указывает на связь этого свечения с урбаховским краем поглощения свинцового экситона. Это обусловлено изменением при изменении температуры доли излучения, поглощённого основной матрицей кристалла, и говорит о собственном характере данного свечения. Мы ещё вернёмся к этим двум полосам свечения в PWO позднее. Обратим внимание на температурную зависимость спектров возбуждения синего свечения (см. рис. 5) в области создания разделённых электронно-дырочных пар — увеличение провала с возрастанием температуры. Указанный эффект связан со следующей областью спектра — областью создания разделённых электронно-дырочных пар. В зависимости от кинетической энергии первичной электронно-дырочной пары, образовавшейся при поглощении в области фундаментального поглощения, изменяется доля тех пар, которые или сразу связываются друг с другом в экситоноподобное состояние, или, наоборот, разлетаются, что впоследствии приводит к образованию медленных компонент люминесценции или к безызлучательной рекомбинации возбуждений [34]. Поскольку радиус рекомбинации (онсагеровский радиус) сильно зависит от температуры, можно проследить тенденцию изменения распределения по каналам с возрастанием температуры.

Это явление хорошо видно не только на спектрах возбуждения PWO, но и на многих других спектрах. В частности, можно сослаться на результаты для вольфра-



**Рис. 6.** (а) Спектры отражения (кривая 1) ( $R$  — коэффициент отражения) и поглощения (кривая 2) ( $\alpha$  — коэффициент поглощения) монокристалла MgO-Al. (б) Спектры возбуждения люминесценции (кривая 1) и фотоэмиссии (кривая 2) ( $\eta$  — квантовый выход люминесценции или фотоэмиссии) монокристалла MgO-Al [35].

матта цинка [34]. В работе [34] показана спектральная зависимость отношения спектров возбуждения для двух различных температур. Такая методика анализа имеет ряд преимуществ, в частности уменьшает ошибки измерения нормировочных спектров. Здесь мы видим, что отношение комнатного спектра к низкотемпературному регулярно убывает при увеличении энергии вплоть до порога размножения электронных возбуждений (10 эВ). Выход указанного отношения на почти постоянный уровень при значении энергии 13 эВ означает, что все первичные возбуждения при этих и более высоких энергиях распадаются и в среднем энергия таких возбуждений оказывается порядка 6 эВ.

Рассмотрим более подробно область размножения электронных возбуждений. В этой области образуются электронно-дырочные пары с достаточно высокой энергией. Наиболее чётко порог размножения электронных возбуждений проявляется при совместном исследовании спектров возбуждения люминесценции и фотоэмиссии (см. пример исследований MgO [35] на рис. 6). В спектрах возбуждения резкий подъём люминесценции при энергии 19,5 эВ можно объяснить не только размножением, но и уменьшением коэффициентов поглощения и отражения, однако поведение спектра возбуждения фотоэмиссии указывает, что при этой энергии наблюдается именно порог размножения.

Рассмотренный на примере люминесценции вольфраматов убывающий с возрастанием энергии фотона квантовый выход не является единственным типом спектров возбуждения. Если люминесценция связана с рекомбинацией на дефектах, то может наблюдаться и другой тип квантового выхода. Различные примеры спектров возбуждения такого типа приведены для возбуждения собственной люминесценции CaWO<sub>4</sub> [36] и CeF<sub>3</sub> [37] и активаторной люминесценции CaSO<sub>4</sub>:Sm [38].

Несколько слов о роли остевых возбуждений. Выше говорилось об остевых возбуждениях в BaF<sub>2</sub>. Колобанов, Спасский и др. [39] обратили внимание на то, что исследование оптических функций в области остевых экситонов позволяет сделать вывод о характере нижних состояний в зоне проводимости. Наличие резкой структуры в области катионных экситонов говорит о том, что для свинца и бария в молибдатах катионные состояния вносят значительный вклад в дно зоны проводимости, а уровни стронция и бария в этом семействе лежат в глубине зоны проводимости.

Пример спектрально-кинетических исследований свечения церия в более сложных кристаллах приведён в докладе Васильева и Бельского на недавней конференции по люминесцентным приёмникам и преобразователям ионизирующего излучения LUMDETR-2012 [40]. В этих кинетиках затухания, селективно возбуждаемых при разных энергиях возбуждения, проявляются различные процессы: непосредственное возбуждение церия с monoэкспоненциальной кинетикой, ионизация церия, диполь-дипольный перенос с возбуждённых ионов лютесцентия на церий с последующей ионизацией церия, изменение кинетики при переносе с экситона (Lu + F), перенос с электронно-дырочных пар, перенос с тушением и ионизацией при возбуждении разделённых электронно-дырочных пар. Математическая обработка формы кривых кинетики позволяет определить важные параметры переноса энергии, в частности радиусы диполь-дипольного взаимодействия, радиусы разлёта компонентов электронно-дырочной пары при ионизации и др.

Перейдём теперь к описанию исследований другого практически важного эффекта — радиационной стойкости сцинтилляторов. Синхротронное излучение оказалось удобным и для исследования этой проблемы [41]. Рассмотрим основные эффекты, связанные с радиационными повреждениями. Эти эффекты подразделяются на обратимые и необратимые. Обратимые эффекты сводятся в основном к образованию короткоживущих дефектов (пар дефектов) или изменению зарядового состояния дефектов с глубокими уровнями. В основном они будут рассматриваться именно последний случай. Необратимые повреждения состоят в основном в образовании стабильных пар элементарных дефектов и конгломератов дефектов. Уникальные спектральные свойства и временная структура СИ, а также его высокая интенсивность позволяют использовать этот вид возбуждения для исследования дефектов и процессов их образования в кристаллах с широкой запрещённой зоной, в частности сцинтилляторах.

Методика исследования процессов возбуждения люминесценции очень удобна для исследования переноса энергии в системах дефектов в разных матрицах, энергетической структуры и радиационной стойкости диэлектриков.

Рассмотрим, как радиационные эффекты могут проявляться при исследованиях методом люминесцентной спектроскопии. В основном это изменения спектров свечения с изменением дозы, чаще всего выражющиеся в появлении дополнительных полос возбуждения. Далее, это изменение кинетики затухания при увеличении дозы (радиационные эффекты проявляются в обострении начальной стадии затухания и появлении медленной компоненты свечения).

Изменения в процессе переноса энергии проявляются в основном в изменении соотношения вероятностей различных каналов релаксации в диэлектриках.

Чем же удобно СИ в ВУФ-области и рентгеновской области при исследовании радиационных повреждений? ВУФ-фотоны и рентгеновские фотоны создают те же самые электронные возбуждения (электронно-дырочные пары, экситоны, дырки на остаточных уровнях, начальные стадии образования дефектов), что и высокогенеретичные ионизирующие частицы (поскольку в процессе релаксации трека ионизирующей частицы возникают так называемые дельта-электроны с энергией 20–10000 эВ). Кроме того, коэффициент поглощения в этой области спектра настолько высок, что фотоны поглощаются в очень узком слое и накапливаемая в этом слое доза очень значительна при умеренных потоках фотонов.

В заключение отметим, что вакуумно-ультрафиолетовое и рентгеновское СИ позволяют не только исследовать фундаментальные механизмы электронной релаксации и переноса энергии в широкозонных кристаллах, но и моделировать и исследовать радиационную стойкость сцинтилляторов.

## Список литературы

1. Иваненок Д Д, Померанчук И Я *ДАН СССР* **44** 343 (1944)
2. Иваненко Д Д, Соколов А А *ДАН СССР* **59** 1551 (1948)
3. Соколов А А, Тернов И М (Отв. ред.) *Синхротронное излучение* (М.: Наука, 1966) [Sokolov A A, Ternov I M (Eds) *Synchrotron Radiation* (Berlin: Akademie-Verlag, 1968)]
4. Соколов А А, Тернов И М *Релятивистский электрон* (М.: Наука, 1983) [Sokolov A A, Ternov I M *Radiation from Relativistic Electrons* (New York: American Inst. of Physics, 1986)]
5. Тернов И М, Михайлин В В, Халилов В Р *Синхротронное излучение и его применения* (М.: Изд-во Моск. ун-та, 1980) [Ternov I M, Mikhailin V V, Khalilov V R *Synchrotron Radiation and Its Applications* (Chur: Harwood Acad., 1985)]
6. Тернов И М, Михайлин В В *Синхротронное излучение. Теория и эксперимент* (М.: Энергоатомиздат, 1986)
7. Михайлин В В *Синхротронное излучение в спектроскопии* (М.: Университетская книга, 2011)
8. Соколов А А, Тернов И М *ДАН СССР* **166** 1332 (1966) [Sokolov A A, Ternov I M *Sov. Phys. Dokl.* **11** 156 (1966)]
9. Адо Ю М, Черенков П А *ДАН СССР* **110** 35 (1956) [Ado Yu M, Cherenkov P A *Sov. Phys. Dokl.* **1** 517 (1957)]
10. Королев Ф А и др. *ДАН СССР* **110** 542 (1956) [Korolev F A et al. *Sov. Phys. Dokl.* **1** 568 (1957)]
11. Соколов А А, Тернов И М *ЖЭТФ* **31** 473 (1956) [Sokolov A A, Ternov I M *Sov. Phys. JETP* **4** 396 (1957)]
12. Соколов А А, Тернов И М *Письма в ЖЭТФ* **4** 90 (1966) [Sokolov A A, Ternov I M *JETP Lett.* **4** 61 (1966)]
13. Жуковский В Ч и др. *ЯФ* **7** 368 (1968)
14. Жуковский В Ч *Изв. вузов. Физика* (2) 144 (1968) [Zhukovskii V Ch *Sov. Phys. J.* **11** 96 (1968)]
15. Жуковский В Ч *Вестн. МГУ Сер. 3. Физ., Астрон.* (1) 112 (1968)
16. Соколов А А, Гальцов, Жуковский В Ч *ЖТФ* **43** 682 (1973)
17. Гальцов Д В, Жуковский В Ч *Изв. вузов. Сер. Радиофиз.* **11** 941 (1968) [Gal'tsov D V, Zhukovskii V Ch *Radiophys. Quantum Electron.* **11** 544 (1968)]
18. Соколов А А, Жуковский В Ч, Коровин Ю А *ЖЭТФ* **51** 1829 (1966) [Sokolov A A, Zhukovskii V Ch, Korovin Yu A *Sov. Phys. JETP* **24** 1233 (1967)]
19. Алферов Д Ф, Башмаков Ю А, Черенков П А *УФН* **157** 389 (1989) [Alferov D F, Bashmakov Yu A, Cherenkov P A *Sov. Phys. Usp.* **32** 200 (1989)]
20. Алферов Д Ф и др. *Труды ФИАН* **80** 125 (1975)
21. Алферов Д Ф и др. *Письма в ЖТФ* **4** 625 (1978) [Alferov D F et al. *Sov. Tech. Phys. Lett.* **4** 251 (1978)]
22. Feldhaus J, Sonnag B, in *Strong Field Laser Physics* (Springer Series in Optical Sciences, Vol. 134, Ed. T Brabec) (New York: Springer-Verlag, 2009) p. 91
23. Жуковский К В, Михайлин В В *Вестн. МГУ Сер. 3. Физ., Астрон.* (2) 41 (2005)
24. Dattoli G et al. *J. Appl. Phys.* **100** 084507 (2006)
25. Yu L H et al. *Phys. Rev. Lett.* **91** 074801 (2003)
26. Dattoli G, Mikhailin V V, Zhukovsky K *J. Appl. Phys.* **104** 124507 (2008)
27. Даттоли Д, Михайлин В В, Жуковский К В *Вестн. МГУ Сер. 3. Физ., Астрон.* (5) 33 (2009) [Dattoli G, Mikhailin V V, Zhukovsky K V *Moscow Univ. Phys. Bull.* **64** 507 (2009)]
28. Zhukovsky K, in *Synchrotron: Design, Properties, and Applications* (Eds D Ming C, H F Toh) (New York: Nova Science Publ., 2012) p. 39
29. Belsky A et al., in *Proc. of 8th Intern. Conf. on Inorganic Scintillators and Their Use in Scientific and Industrial Applications (SCINT2005)* (Kharkov, Ukraine, 2006) p. 22
30. Александров Ю М и др. *ФТТ* **26** 2865 (1984) [Aleksandrov Yu M et al. *Sov. Phys. Solid State* **26** 1734 (1984)]
31. Belsky A N et al. *J. Electron Spectrosc. Related Phenomena* **79** 147 (1996)
32. Moses W W et al. *IEEE Trans. Nucl. Sci.* **59** 2038 (2012)
33. Kamenskikh I A et al. *Opt. Mater.* **24** 267 (2003)
34. Mikhailin V V et al. *Nucl. Instrum. Meth. Phys. Res. A* **486** 367 (2002)
35. Васильев А Н и др. *ФТТ* **27** 2696 (1985)
36. Golovkova S I et al. *Phys. Status Solidi A* **77** 375 (1983)
37. Pedrini C et al. *MRS Symp. Proc.* **348** 225 (1994)
38. Kamenskikh I A et al. *Nucl. Instrum. Meth. Phys. Res. A* **282** 599 (1989)
39. Spassky D A et al. *Radiation Measurements* **38** 607 (2004)
40. Belsky A N, Vasil'ev A N, in *8th Intern. Conf. on Luminescent Detectors and Transformers of Ionizing Radiation LUMDETR-2012, Halle (Saale), Germany*, 2012
41. Belsky A N et al. *Chem. Phys. Lett.* **277** 65 (1997)

PACS numbers: 01.60.+q, 01.65.+g, 98.70.Sa  
DOI: 10.3367/UFNr.0183.201304g.0439

## О петербургском периоде жизни и научной деятельности Д.В. Скobelъцына

### И.Н. Топтыгин

Выдающимися учёными не рождаются — ими становятся в меру способностей исследователя и особенно его упорного труда. В успехе такого становления большая роль принадлежит основе, заложенной в человеке в первый период его жизни. Основа определяется как биологическими генами (от родителей), так и "генами социальными" — от семьи и окружающего общества, а также исторической эпохой. Предпосылки выдающихся достижений Д. В. Скobelъцына трудно понять без учёта семейных традиций и многих решающих научных и социально-политических факторов, формировавших его как учёного, организатора научных исследований и патриота.

Дмитрий Владимирович принадлежал к древнему аристократическому роду Скobelъцыных (А.М. Балдин [1] ссылается на упоминание в старинных энциклопедиях боярина Скobelъцына, который был вторым воеводой в Новгороде при Иване III, т.е. в первой половине XVI в.). По знатности рода Скobelъцыных напрашивается сравнение с ровесником Д. В. титулованным физиком князем Луи де Бройлем, итальянские предки которого де Брглия упоминаются в хрониках ещё XII в., но на французскую службу они переходят в середине XVII в. (см. [2]).

Отец Дмитрия Владимира, Владимир Владимирович Скobelъцын, родился в Курске, но всю сознательную жизнь прожил в Петербурге, окончил Первую

**И.Н. Топтыгин.** Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, Санкт-Петербург, РФ  
E-mail: igor\_toptygin@mail.ru



Владимир Владимирович Скобельцын — отец Д.В. Скобельцына.



В.В. Скобельцын с сыном Дмитрием.



Родители Д.В. Скобельцына — Владимир Владимирович и Юлия Дмитриевна.

Петербургскую классическую гимназию, затем в 1886 г. — физико-математический факультет Петербургского университета и был оставлен в университете "для подготовки к профессорскому званию". Женился он ещё будучи студентом, но его первая жена рано умерла, оставив двух маленьких сыновей. Его вторая жена и мать Дмитрия Владимира — Устругова Юлия Дмитриевна.

Их сын Дмитрий родился в 1892 г., а всего у них было семь детей (совершенно невероятное число для современной профессорской семьи в России!). В год рождения третьего сына В.В. Скобельцын работал в скромной должности лаборанта (по современной "табели о ран-

гах" — ассистента) в университете и преподавал физику в нескольких гимназиях, чтобы обеспечить необходимый материальный достаток многочисленной семье. Научные исследования В.В. касались электрических и тепловых свойств электротехнических изоляторов, опытов с рентгеновыми лучами. Хотя сведений о крупных открытиях В.В. в этой области не сохранилось, Дмитрий Владимирович высоко ценил экспериментальное искусство своего отца и, уже будучи в зрелом возрасте, неоднократно это подчёркивал.

Кроме удовлетворения чисто материальных потребностей, работа в гимназиях и в Педагогическом музее военно-учебных заведений способствовала развитию педагогического мастерства, которому В.В. придавал большое значение, и, по свидетельству современников, В.В. владел этим мастерством в совершенстве. При Педагогическом музее работал кружок по обмену опытом преподавателей, и В.В. активно участвовал в его работе. Ещё будучи лаборантом университета, он выработал блестящую технику лекционных демонстраций и ассистировал профессорам университета Петрушев-



Физическая лаборатория Ленинградского политехнического института. Сидят (слева направо): И. В. Мешерский, А. Ф. Иоффе, С. Н. Усатый, С. И. Щегляев, В. В. Скобельцын, А. А. Шапошников, А. И. Тудоровский, В. М. Филиппов, Ф. А. Миллер, М. В. Иванов; второй ряд: Д. А. Рожанский, Н. Н. Семёнов, С. И. Зилитинкевич, Л. Куликова, Я. Р. Шмидт-Чернышёва, В. Ф. Миткевич, В. Р. Бурсиан, Т. Ф. Боровик-Романова, Н. Я. Селяков, П. С. Тартаковский, К. Ф. Нестурх, Д. В. Скобельцын, М. А. Левитская, Л. С. Мысовский, В. В. Безикович-Дойникова, О. А. Костырева, А. И. Тхоржевский; последний ряд: А. Ф. Вальтер, Е. Н. Горева, А. И. Лейпунский, В. Н. Кондратьев, М. И. Корсунский, Н. Н. Миролюбов (1927 г.).

скому, Хвольсону, Боргману и др. В итоге за несколько лет после окончания университета В. В. Скобельцын проявил себя как талантливый преподаватель физики высокой квалификации и был приглашён в 1894 г. на должность преподавателя (с 1899 г. — профессора) в Электротехнический институт, а в 1895 г. — на такую же должность в Институт гражданских инженеров.

Но в начале 1900-х годов в стране усилилось революционное брожение, и весной 1901 г. профессор В. В. Скобельцын по приказу министра внутренних дел Д. С. Сипягина был уволен из обоих институтов за поддержку требований студентов. Он снова стал преподавать в гимназиях. Однако на этом этапе события для профессора Скобельцына развивались согласно русской пословице "нет худа без добра".

В эти годы в Лесном под Петербургом ("в восьми верстах от Финляндского вокзала", как записано в официальных документах) в красивом сосновом лесу возводились ударными темпами корпуса Петербургского политехнического института — высшего учебного заведения нового типа. Структура будущего технического университета и направления подготовки специалистов были разработаны правительственной комиссией, в которую входили видные учёные России: Д. И. Менделеев, А. Н. Крылов и др. В основе концепции, разработанной этой комиссией, лежал принцип фундаментальной подготовки будущих инженеров по естественным, техническим и экономическим дисциплинам и тесной связи инженерного образования с практической деятельностью. Высочайший указ об организации института был подписан Николаем II в 1899 г., а первые занятия начались уже осенью 1902 г. — пример для подражания современным "долгостроям".

Курировал новый институт всесильный (тогда) министр финансов граф С. Ю. Витте, который был не только "эффективным менеджером", но и техническим специалистом с опытом работы на железнодорожном транспорте. Министр Витте и директор института князь А. Г. Гагарин (видный инженер, занимался научной работой по исследованиям прочности материалов и соору-

жений) пригласили талантливого и хорошо подготовленного профессора физики В. В. Скобельцына в новый институт и поручили ему организацию физической лаборатории института. Для этой цели министром финансов были выделены достаточные средства, и В. В. Скобельцын был послан в 1901 г. в заграничную командировку в европейские страны (Германия, Франция, Швейцария) для закупки новейшего научного оборудования и приборов. Благодаря его усилиям физическая лаборатория Политехнического института была оборудована на уровне самых передовых европейских лабораторий того времени. Она явилась центром притяжения для передовых российских учёных. В частности, благодаря усилиям В. В. Скобельцына в лабораторию физики в 1908 г. был зачислен сверхштатным старшим лаборантом А. Ф. Иоффе, который незадолго до этого вернулся в Россию после четырёхлетней стажировки в Мюнхене у первого Нобелевского лауреата по физике В. Рентгена.

Лаборатория физики Политехнического института имеет самое прямое отношение и к Дмитрию Владимировичу Скобельцыну — именно в этой лаборатории он выполнил значительную часть исследований ленинградского периода. Забегая вперёд, отметим, что история с оборудованием лаборатории повторилась в 1921 г., когда уже были организованы Физико-технический институт (1918) и физико-механический факультет Политехнического института (1919). Тогда группа учёных во главе с А. Ф. Иоффе была командирована в европейские страны для закупки научной литературы и научного оборудования. Эта командировка в годы гражданской войны и разрухи стала возможной благодаря поддержке наркома по просвещению А. В. Луначарского и лично В. И. Ленина. Фактически приборы и литература были переданы той же лаборатории, так как Физико-технический институт в первые пять лет своего существования занимал несколько комнат физической лаборатории Политехнического института [3]. На фотографии (1927 г.) коллектива лаборатории запечатлено, кроме отца и сына Скобельцыных и А. Ф. Иоффе, ещё много

известных учёных, работавших в лаборатории постоянно или эпизодически. Среди них — Н.Н. Семёнов, А.И. Тудоровский, В.Р. Бурсиан, Л.С. Мысовский, А.И. Лейпунский, Д.А. Рожанский, В.Ф. Миткевич, И.В. Мещерский и др. (П.Л. Капица, в 1919 г. студент-электромеханик, принимавший активное участие в организации физико-механического факультета, в 1927 г. уже работал в Англии у Резерфорда).

Организация физико-механического факультета в 1919 г. в составе Политехнического института, предпринятая А.Ф. Иоффе и его единомышленниками, в число которых входил и В.В. Скobel'цын, продолжила традицию создания передового технического университета, которая была начата в 1900-х годах [4, 5]. К началу 1920-х годов успехи фундаментальной науки вызвали бурное развитие техники. Новым инженерам требовалась обширные знания новой физики, на которых основывались электротехника и радиотехника, светотехника и оптика, техническая электроника и новые конструкционные материалы, а позднее — атомная энергетика и квантовая электроника, молекулярная биология и элементная база компьютеров.

На базе тандема Физико-технический институт – физико-механический факультет Политехнического института ещё в довоенные годы была отработана система тесной связи академических учреждений с высшим образованием, которая в послевоенные годы была перенесена на московскую почву и нашла широкое применение в Московском инженерно-физическом институте, Московском физико-техническом институте, Московском, Новосибирском и других университетах.

В.В. Скobel'цын с 1902 г. вошёл в правление института (Совет) в качестве профессора — заведующего студентами, читал лекции по физике студентам-первокурсникам всех отделений института, в 1907–1911 гг. работал деканом электромеханического отделения, в самые трудные годы, 1911–1917, был директором Политехнического института. Он продолжал преподавать физику и после революции. Скончался в Ленинграде в 1947 г.

Автор остановился так подробно на жизнеописании Скobel'цына-отца, потому что решающее влияние В.В. Скobel'цына на сына совершенно очевидно. Сын заимствовал самые важные и привлекательные черты отца: талант физика и любовь к науке, человеческую порядочность и интеллигентность, высокое чувство служебного и общественного долга. Но нельзя недооценивать и влияние матери на сына. Все дети Юлии Дмитриевны получили очень хорошее воспитание и дошкольное образование, в чём она принимала самое деятельное участие. Дмитрий Владимирович тяжело переживал смерть матери в 1920 г. от инфекционной болезни.

Дмитрий Скobel'цын первое десятилетие XX в. учился в Тенишевском училище — одном из лучших петербургских средних учебных заведений, — о котором сохранил самые хорошие воспоминания. После окончания училища он поступил на электромеханическое отделение Политехнического института, но после года обучения перешёл на физико-математический факультет Санкт-Петербургского университета. В 1915 г. он завершил полный курс теперь уже Петроградского университета по специальности "физика" и, не порывая с университетом, стал заниматься преподавательской работой в качестве ассистента в Женском медицинском институте и на кафедре физики Политехнического института. Согласно личному делу Д.В. Скobel'цына [6], которое хранится в архиве Политехнического института (ныне

— Санкт-Петербургский государственный политехнический университет (СПбГПУ)), он проработал в институте с 26 октября 1916 г. до 1 февраля 1938 г. Одновременно он был оставлен "для подготовки к научной деятельности" под руководством профессора Д.С. Рождественского при кафедре физики Петроградского университета с 03.11.1915 по 01.01.1919 и был удостоен диплома первой степени 13 декабря 1918 г. после того, как подвергся испытаниям по математическим и физическим дисциплинам и получил высшую оценку "весьма удовлетворительно" [6].

Д.В. Скobel'цын начал заниматься научной работой по физике элементарных частиц и космических лучей, которая принесла ему общемировую известность, в конце 1923 г. в лаборатории физики Политехнического института. А уже в начале 1924 г. его родной город снова сменил имя и стал называться Ленинградом. Поэтому весь период напряжённой научной деятельности Д.В. Скobel'цына в городе на Неве есть все основания называть ленинградским.

Сам Д.В. Скobel'цын пишет: "Я начал изучение гамма-излучения (а затем и космического излучения) в конце 1923 г. в лаборатории моего отца В.В. Скobel'цына — профессора физики Ленинградского политехнического института. Работа возникла спонтанно под влиянием выдающегося открытия того времени — открытия эффекта Комптона и в результате удачной моей идеи — исследовать электроны отдачи гамма-излучения в камере Вильсона. Мои первые фотографии были получены в отсутствие магнитного поля".

Любопытно отметить, что с камерой Вильсона Д.В. познакомился ещё будучи аспирантом Петроградского университета [7]. Научный руководитель профессор Д.С. Рождественский передал ему камеру Вильсона, собранную другим студентом (Понтиягиным), который, однако, не смог её запустить. Д.В. получил задание — привести камеру в рабочее состояние и, затратив значительные усилия, успешно выполнил это задание, за что получил самые теплые поздравления от своих руководителей и коллег. Напомним, что камера Вильсона изобретена в 1912 г., автор изобретения получил Нобелевскую премию в 1927 г.

Характерные черты стиля экспериментальной работы Дмитрия Владимировича — индивидуальное творчество, почти без помощников. Небольшое число публикаций. Тщательный анализ результатов и обоснованная, глубоко продуманная интерпретация полученных данных.

Работы Д.В. Скobel'цына, публиковавшиеся на русском и иностранных языках, были хорошо известны научному сообществу. Несколько раз Д.В. выезжал в заграничные командировки, на научные конференции и для проведения научных исследований. Наиболее длительная командировка ленинградского периода — в Институт радиа в Париж (1929–1931) — стала возможной благодаря получению стипендии Рокфеллеровского фонда при поддержке выдающегося учёного в области радиоактивности Нобелевского лауреата Марии Кюри.

За большие научные достижения Дмитрию Владимировичу в 1934 г. была присуждена учёная степень доктора физико-математических наук (без защиты диссертации) и присвоено учёное звание профессора. Впоследствии он был избран членом-корреспондентом (1939) и действительным членом (1946) Академии наук СССР.

Научная работа Д.В. Скobel'цына в Ленинграде, в Политехническом институте, а с 1 ноября 1925 г. и в



В первом ряду (слева направо): Ф. Жолио-Кюри, А.Ф.Иоффе, И. Жолио-Кюри; во втором ряду: Д.В. Скобельцын (слева) и С.И. Вавилов.

Физико-техническом институте [8], продолжалась до 1938 г., в котором он по предложению Президента АН СССР С.И. Вавилова переезжает в Москву и утверждается в должности заведующего отделом космических лучей Физического института Академии наук (ФИАН). Не имея возможности провести здесь подробный анализ выдающихся работ Д.В. Скобельцына, выполненных в Ленинграде, попытаемся отразить ниже наиболее важные его результаты, значимость которых подтверждена временем и последующим развитием науки.

1. Первые крупные научные достижения Д.В. Скобельцына связаны с его участием в установлении статуса первой квантовой теории поля — квантовой электродинамики — и первого фундаментального бозона — фотона, кванта электромагнитного поля. Невольно напрашивается сравнение с обстановкой, в которой недавно появился на свет (т.е. был обнаружен в экспериментах) последний (в рамках "стандартной модели" иерархии элементарных частиц) фундаментальный бозон — бозон Хиггса. Воистину это было долгожданное, обожаемое экспериментаторами и особенно теоретиками дитя, за которое, помимо не поддающихся оценке затрат умственной энергии, была уплачена огромная цена в конвертируемой валюте (в виде расходов на уникальный коллайдер, сопутствующую аппаратуру и большой отряд обслуживающего персонала и исследователей).

В отличие от бозона Хиггса, первый бозон Планка — Эйнштейна — Комптона был пасынком своих многочисленных родителей, от которого некоторые из них готовы были отказаться, а его корпускулярная природа долго не признавалась. Макс Планк и после своего триумфального объяснения спектральной плотности равновесного излучения в 1900 г. не оставлял попыток построить классическую теорию, в которой не было бы дискретных порций энергии электромагнитного поля. Объяснение Эйнштейном законов фотоэффекта (1905) исходя из гипотезы квантов многими физиками (в том числе и Нобелевским комитетом, присудившим Эйнштейну за это премию в 1922 г., но не самим Эйнштейном) рассматривалось как частный результат, применимый лишь к конкретному (хотя и важному) явлению. Многие специалисты-физики (даже, по-видимому, Нильс Бор) считали, что корпускулярную природу "поперечного" электромагнитного поля невозможно совместить с волновыми явлениями интерференции и дифракции. В

сознании большого числа исследователей в начале XX в. господствовала механистическая картина "светоносного эфира" как среды, в которой происходят электромагнитные волновые явления. И хотя дискретность энергий электронов в атомах была провозглашена Бором в 1913 г., до опытов Дэвиссона — Джермера и Томсона (1927), обнаруживших дифракцию электронов, было ещё далеко.

До сих пор, по прошествии ста лет, в английском языке понятие "электрическая индукция" часто обозначается искажающим смысл электрических явлений термином "displacement" — смещение. Первоначально имелось в виду смещение "абсолютно прозрачного" и "абсолютно упругого" эфира. Сейчас этот термин, по мнению автора, столь же неуместен, как древний термин "флогистон" для обозначения теплоты.

Световые кванты Планка и Эйнштейна имели измеримую на опыте энергию, но не являлись ещё полноценными элементарными частицами, так как на опыте не наблюдалась их импульсы. Для того чтобы установить, что световой квант представляет собой полноценную частицу, надо было изучить процесс его взаимодействия со свободным (или почти свободным) электроном. Именно этот опыт и проделал А. Комптон, и Д.В. Скобельцын сразу же в полной мере оценил его значение для физики. В своих первых опытах Комптон обнаружил увеличение длины волны рассеянного излучения. Скобельцын в опытах с гамма-лучами изучал угловое распределение электронов отдачи. Поэтому он мог восстановить полностью корпускулярную картину взаимодействия кванта и электрона как упругое столкновение релятивистских частиц. В этом же цикле работ он проверил на опыте и тем самым подтвердил правильность формулы Клейна — Нишины — Тамма, первой полученной на основе релятивистского квантового уравнения Дирака формулы квантовой электродинамики, описывавшей эффективное дифференциальное сечение и угловое распределение частиц.

2. Немалая роль принадлежит Дмитрию Владимировичу и в установлении такого общего понятия физики элементарных частиц, как "античастица". Существование частицы с массой электрона и положительным зарядом следовало из квантового уравнения Дирака, сформулированного в 1928 г., при некотором расширении понятий нерелятивистской теории. Но в то время единственной известной из опыта "элементарной" частицей с положительным зарядом был протон. Поэтому Дирак сначала отождествил свою античастицу с протоном (см., например, его статью "К аннигиляции электронов и протонов" [9]).

Спустя два года в опытах Милликена и Андерсона были получены фотографии с треками (ионизационными следами) положительно заряженных частиц, созданными космическими лучами. Авторы считали эти частицы протонами. Дмитрий Владимирович, анализируя удельную ионизацию на представленных фотографиях, выступил с критикой такой интерпретации (фактически наблюдалась следы позитронов высоких энергий). Но авторы долго отстаивали свою версию, и только в работе Андерсона "Положительный электрон" 1933 г. было окончательно признано существование позитронов (Нобелевская премия по физике 1936 года). Следы позитронов были и на фотографиях Скобельцына 1929—1931 годов, но слабое магнитное поле не позволило ему сделать определённые выводы. По мере накопления данных об античастицах было выяснено, что каждая частица имеет свою античастицу (в некоторых случаях античастица

тождественна частице — например, фотон). В частности, в 1955 г. группа Э. Серге (ученика Э. Ферми) открыла антипротон.

3. Следующий крупный вклад Дмитрия Владимировича в современную физику связан с выяснением природы космических лучей. Д.В. Скobel'цын установил, что космические лучи состоят преимущественно из заряженных частиц высоких энергий. В первых же своих опытах Дмитрий Владимирович заметил, что энергичные частицы имеют тенденцию появляться группами, а не поодиночке. Исследование этого явления привело к открытию широких атмосферных ливней, которые в свою очередь явились мощным инструментом исследования как самих космических лучей, так и разнообразных электромагнитных и ядерных взаимодействий элементарных частиц. Результаты первого этапа исследования космических лучей изложены в монографии Д.В. Скobel'цына [10].

Фактически эти открытия положили начало физике высоких энергий. С тех пор и по сегодняшний день космические лучи остаются непревзойдённым (но, к сожалению, неконтролируемым) источником частиц высоких энергий (до  $10^{20}$  эВ и больших). Кроме позитронов, в космических лучах были открыты мюоны, пионы и каоны, лямбда-гиперон, получены данные об их распадах и взаимодействиях. С развитием ускорительной техники роль космических лучей в изучении природы взаимодействий элементарных частиц ослабевает. Но в последние десятилетия сильно возросло наше понимание роли космических лучей в астрофизике. Оказалось, что ускорение заряженных частиц до высоких и сверхвысоких энергий — это естественный процесс в неравновесных и быстро эволюционирующих астрофизических объектах (звездах, галактиках, скоплениях галактик). Релятивистские частицы и их электромагнитное излучение в широком диапазоне энергий, от радиочастотной области энергий до энергий гамма-квантов в ТэВ-области, позволяют получать уникальную астрофизическую информацию о галактических и внегалактических объектах.

Подводя итог ленинградского периода (1924–1938) научной деятельности Д.В. Скobel'цына, можно констатировать, что он обогатил науку многими достижениями нобелевского уровня, которые способствовали признанию научным сообществом фундаментальных основ квантовой электродинамики и породили новые направления развития физики, не утратившие значения до наших дней. Однако Дмитрий Владимирович не стал Нобелевским лауреатом. Дискуссия о причинах этой несправедливости продолжается до сих пор. С разными точками зрения на этот вопрос и оценками научных достижений Д.В. Скobel'цына можно ознакомиться по материалам сборников А.Н. Стародуба [11] и статьям [12–16].

Параллельно с научными исследованиями Дмитрий Владимирович читал лекции в Политехническом институте по общему курсу физики, а с 1934 г. — по специальному курсу "Радиоактивность и строение ядра". Поэтому, когда в октябре 1939 г. декан физического факультета МГУ А.С. Предводителев обратился к Д.В. с просьбой "об организации преподавания по атомному ядру и радиологии", Дмитрий Владимирович ответил быстро и конкретно. В частности, он попросил запланировать на будущий семестр 6(!) лекционных часов в не-

делю, а 11 июня 1940 г. на физфаке МГУ начала работать кафедра атомного ядра и радиоактивности, организованная Д.В. Скobel'цыным.

В те довоенные годы в Советском Союзе не было учёного, который был бы более эрудирован, чем Д.В., в вопросах подготовки кадров по ядерной проблеме. Он имел личный опыт научной и преподавательской работы по этому направлению, полученный в Ленинграде. То же самое можно сказать о его работе в качестве заведующего отделом космических лучей в ФИАНе. Это был руководитель с большим личным опытом экспериментальных исследований и с сильной группой учеников и сотрудников. В неё входили С.Н. Вернов (переехал из Ленинграда), В.И. Векслер, И.М. Франк, Л.В. Грошев, П.А. Черенков и др., которые участвовали также в преподавательской работе.

Нельзя не отметить, что научные достижения Д.В. Скobel'цына и его школы, успехи на многочисленных научно-административных и общественных постах во многом были обусловлены общим подъёмом культуры, науки, техники и промышленности в Советском Союзе и тем большим вниманием, которое уделялось научным исследованиям со стороны Советского государства. Это особенно очевидно людям старших поколений, которым довелось перешагнуть из эпохи "развитого социализма" в нынешнюю эпоху разнужданного бандитского капитализма. Но нельзя терять оптимизма, хотя очень сомнительно, что тот "золотой век науки", который страна переживала в советский период своего развития, вернётся когда-либо в нынешнюю Россию.

Автор приносит глубокую благодарность Р.Ф. Витман, руководителю музея Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе РАН, за большую помощь в подборе материалов.

## Список литературы

- Балдин А М К столетию академика Д.В. Скobel'цына (Дубна: ОИЯИ, 1992)
- Смородинский Я А, Романовская Т Б УФН **156** 753 (1988) [Smorodinskii Ya A, Romanovskaya T B Sov. Phys. Usp. **31** 1080 (1988)]
- Кесаманлы Ф П, Колгатин С Н, Ступак В Б Научно-технические ведомости СПбГТУ (2) 114 (2000)
- Пальмов В А, Топтыгин И Н, Уханов Ю И Научно-технические ведомости СПбГТУ (2) 9 (2000)
- Топтыгин И Н Научно-технические ведомости СПбГТУ (2) 139 (2002)
- Архив СПбГПУ, Фонд 15. Опись 44. Дело 3886
- Роганова Т М, Березанская В М, Лукичев М А (Сост.) Дмитрий Владимирович Скobel'цын. Фотоальбом (Рыбинск: РМП, 2011)
- Архив ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН, Фонд 3. Опись 3. Ед. хр. 2009
- Dirac P A M Proc. Cambr. Philos. Soc. **26** 361 (1930)
- Скobel'цын Д В Космические лучи (Л.–М.: ОНТИ, 1936)
- Записки архива руса Т. 1, Вып. 1–4 (М.: ФИАН, 1992)
- "Академик Д.В. Скobel'цын" ЖЭТФ **23** 485 (1952)
- Басов Н Г, Вернов С Н, Исааков А И УФН **108** 771 (1972) [Basov N G, Vernov S N, Isakov A I Sov. Phys. Usp. **15** 859 (1973)]
- Басов Н Г и др. УФН **138** 535 (1982) [Basov N G et al. Sov. Phys. Usp. **25** 863 (1982)]
- "100 лет со дня рождения академика Д.В. Скobel'цына" Вестник РАН (11) 64 (1992)
- Панасюк М И, Романовский Е А (Ред.) Воспоминания об академиках Д.В. Скobel'цыне и С.Н. Вернове (М.: Изд-во МГУ, 1995)