

А К А Д Е М И Я Н А У К С С С Р



РЕДКОЛЛЕГИЯ СЕРИИ «НАУЧНО-БИОГРАФИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА»
И ИСТОРИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ
ИНСТИТУТА ИСТОРИИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ АН СССР
ПО РАЗРАБОТКЕ НАУЧНЫХ БИОГРАФИЙ ДЕЯТЕЛЕЙ
ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ:

*Л. Я. Бляхер, А. Т. Григорьян, Б. М. Кедров,
Б. Г. Кузнецов, В. И. Кузнецов, А. И. Купцов,
Б. В. Лёвшин, С. Р. Микулинский, Д. В. Ознобишин,
З. К. Соколовская (ученый секретарь), В. Н. Сокольский,
Ю. И. Солозьев, А. С. Федоров (зам. председателя),
И. А. Федосеев (зам. председателя),
Н. А. Фигуровский (зам. председателя),
А. А. Чеканов, С. В. Шухардин, А. П. Юшкевич,
А. Л. Янин (председатель), М. Г. Ярошевский*

Л. В. Лёвшин, Ю. П. Тимофеев

**Вадим Леонидович
ЛЁВШИН**

1896—1969



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

МОСКВА

1981

Л 34 Лёвшин Л. В., Тимофеев Ю. П. Вадим Леонидович Лёвшин 1896—1969 М.: Наука, 1981, ил. 20, с. 160.

Книга посвящена жизненному и творческому пути известного советского физика-оптика, заслуженного деятеля науки РСФСР, дважды лауреата Государственной премии СССР, профессора Московского университета Вадима Леонидовича Лёвшина. Особое внимание, наряду с изложением чисто биографических данных, уделено созданию В. Л. Лёвшиным совместно с академиками С. И. Вавиловым и А. Н. Терениным советской школы ученых, работающих в области люминесценции, рассмотрены его труды по истории науки, а также деятельность по пропаганде и популяризации научных знаний.

Ответственный редактор
доктор физико-математических наук
С. Н. РЖЕВКИН

© Издательство «Наука», 1981 г.

Л $\frac{20100-543}{054(02)-81}$ 85-80 НП 1601000000

Введение

Имя заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, дважды лауреата Государственной премии, доктора физико-математических наук, профессора Физического факультета Московского государственного университета Вадима Леонидовича Лёвшина широко известно как в нашей стране, так и за ее пределами. Вместе с академиком С. И. Вавиловым В. Л. Лёвшин является одним из основателей учения о люминесценции. Ему принадлежит честь открытия ряда важнейших закономерностей в этой области. Он принимал активное участие в разработке многочисленных практических применений явлений люминесценции. После кончины С. И. Вавилова В. Л. Лёвшин, находясь на посту председателя Научного совета по люминесценции Академии наук СССР, около 20 лет осуществлял общее руководство координацией научных работ в области люминесценции в нашей стране и возглавлял многие важнейшие исследования. Будучи талантливым педагогом, Вадим Леонидович много сделал для создания советской научной школы люминесценции. Эта школа, созданная трудами С. И. Вавилова, А. Н. Теренина и В. Л. Лёвшина, по праву занимает ведущее место в мире. Подготовке и воспитанию научной молодежи способствовала многолетняя плодотворная научно-педагогическая деятельность В. Л. Лёвшина на Физическом факультете МГУ, профессором которого он был более тридцати лет.

При работе над настоящей книгой, помимо внимательного изучения работ В. Л. Лёвшина и опубликованных о нем материалов, авторы пользовались многочисленными архивными документами, встречались со многими учениками, сотрудниками и товарищами по работе Вадима Леонидовича, которые поделились своими воспоминаниями о нем. Всем им они выражают искреннюю признательность.

Особую благодарность хочется выразить профессору С. Н. Ржевкину и кандидату физико-математических наук Б. Д. Рыжикову, сделавшим ряд ценных замечаний по рукописи, а также Н. В. Гурьевой и Э. А. Горбуновой за большую помощь в подготовке рукописи к печати.

Семья, детские и юношеские годы

Будущий ученый-физик Вадим Леонидович Лёвшин родился 28 (16 по ст. ст.) января 1896 г. в маленьком уездном городишке Корчеве Тверской губернии (ныне Калининская область). В те годы это была глухая провинция. Корчева, расположенная в 80 верстах от Твери, едва насчитывала четыре тысячи жителей. Сейчас этот городок невозможно найти на географических картах: воды искусственного Рыбинского моря целиком поглотили его.

Отец Вадима Леонидовича Леонид Яковлевич Лёвшин был родом из села Плоского Тверской губернии, где он родился в 1870 г. в бедной семье сельского пономаря. Яков Михайлович образования не имел, без особого рвения исполнял свои нехитрые церковные обязанности, попивал и совсем не интересовался делами сына. В конце концов Леонида Яковлевича отдали на воспитание к дяде-священнику, который и определил его в духовную семинарию. Однако карьера священнослужителя не привлекала Леонида Яковлевича. Вспоминая о своем отце, В. Л. Лёвшин писал в дневнике: «Впоследствии он любил ходить в церковь слушать хоровое пение, которое напоминало ему детство и юность, но религиозным не был». Духовное происхождение и образование, по существовавшим правилам, позволили Леониду Яковлевичу получить звание «потомственного почетного гражданина».

По окончании семинарии Л. Я. Лёвшин начал преподавать в одном из начальных училищ Корчевы. Там он познакомился с молодой сельской учительницей Александрой Никифоровной Суриной, которая приехала сюда на работу из Твери. Эта скромная и серьезная девушка была несколько старше Леонида Яковлевича (она родилась в 1868 г. в семье управляющего лесными дачами одной из местных помещиц). Вскоре состоялась их свадьба, а зимой 1896 г. родился первенец Вадим, в следующем году — Марк.

Жизнь в глубоко провинциальной Корчеве не удовлетворяла Леонида Яковлевича и, воспользовавшись открывшейся возможностью, он перешел на должность помощника страхового агента Тверского губернского зем-

ства. Это предопределило весь его дальнейший жизненный путь: находясь на разных должностях, он работал в области страхового дела.

В 1899 г. Леонид Яковлевич получил повышение по службе — стал страховым инспектором. Это явилось большим событием в жизни семьи, так как повлекло за собой переезд в губернский город Тверь, заметно подняло ее материальный уровень.

Рождение сыновей прервало учительскую деятельность Александры Никифоровны, женщины спокойной, умной и доброй. Будучи образцовой хозяйкой, она поддерживала в доме безупречную чистоту и уют. В семье раз и навсегда утвердился определенный распорядок дня. По воскресным дням устраивался праздничный обед с традиционными пирогами, которые с большим искусством пекла сама Александра Никифоровна. Семья жила небогато, но в полном достатке. Это давало возможность в течение ряда лет держать домработницу, помощь которой в условиях провинциальной жизни (отсутствие водопровода, необходимость топки печей, стирки белья с полосканием его в речке и т. д.) была совсем не лишней, хотя сама Александра Никифоровна была большой труженицей. С раннего утра и до позднего вечера она обычно была за работой: вечно что-то готовила, чистила, мыла, шила и чинила одежду мужа и сыновей. Вечером, освободившись от домашних дел, очень много и увлеченно читала, беря книги в местной библиотеке.

Жизнь Александры Никифоровны оборвалась очень рано. Она скончалась в 1916 г. в возрасте 48 лет, когда Вадим Леонидович был уже 20-летним юношей.

В отличие от домоседки Александры Никифоровны Леонид Яковлевич был жизнерадостным человеком, предпочитавшим всегда находиться на людях. Его тянуло проводить вечера вне дома, в клубе, со своими многочисленными приятелями. Семейная жизнь Лёвшиных складывалась трудно. Дома Леонид Яковлевич бывал деспотичен, требовал строгого соблюдения домашних порядков. Обед должен был подаваться ровно в 2 часа, когда он приходил с работы, никто не имел права занимать его место за столом и т. п. Вместе с тем он по существу мало интересовался домашними делами, воспитание детей целиком легло на плечи Александры Никифоровны.

Леонид Яковлевич был весьма красноречив, говорил содержательно и красиво. По роду службы он часто ездил

в командировки, возвратясь из которых, любил делиться с окружающими своими впечатлениями, живо и интересно описывал картины увиденного местного быта, с большим юмором рассказывал о замеченных им недостатках. Придерживался Леонид Яковлевич прогрессивных взглядов и вскоре прослыл у начальства «неблагонадежным» человеком. В 1904 г. по распоряжению тверского губернатора он был смещен с занимаемой должности и переведен простым страховым агентом сначала в г. Вышний Волочек, а затем, в 1909 г., в г. Кашин Тверской губернии.

В 1919 г., через три года после смерти жены, в возрасте 49 лет Леонид Яковлевич вторично женился, на этот раз на женщине, которая была моложе его на 22 года. Это еще больше отдалило его от сыновей, в дальнейшем они решали свою судьбу самостоятельно.

После Великой Октябрьской социалистической революции он был назначен заведующим инспекторским отделом страховой секции Центросоюза в Москве, много сил отдавал общественной работе. В течение ряда лет его избирали членом центрального месткома Центросоюза. Он умер в Москве в 1934 г. в возрасте 64 лет.

Школьные годы Вадима Лёвшина первоначально протекали в начальном училище г. Твери. После переезда семьи в 1904 г. в Вышний Волочек он посещал местное реальное училище, а в августе 1909 г. стал учеником 5-го класса Алексеевского реального училища в Кашине, которое он закончил в июне 1912 г.

Заботы по воспитанию сыновей целиком лежали на матери, пользовавшейся у них большим авторитетом и уважением, особенно у Вадима, который боготворил ее и воспринял ее раннюю кончину как огромную личную катастрофу. Одна из его дальних родственниц — А. Г. Номерова впоследствии вспоминала: «Очень тяжело Вадя переживал смерть матери. Жутко было на него смотреть, так он изменился (тогда у него и случился паралич лицевого нерва)». Вадим не одобрял новую женитьбу отца, но это не привело к их разрыву, отношения между ними остались хорошими.

Будучи женщиной разумной и рассудительной, Александра Никифоровна не считала возможным активно вмешиваться в жизнь сыновей и оказывать на них большое давление. Она лишь старалась направлять их, полагая, что навязывать свою точку зрения вредно и дети

в конце концов сами поймут, как нужно правильно, справедливо и хорошо поступать в жизни.

О том, какую роль в развитии мировоззрения Вадима Леонидовича сыграла Александра Никифоровна, лучше всего можно понять из его воспоминаний. «Самое большое влияние на развитие и установление моих нравственных принципов, — писал он, — оказала моя мать. Первые шаги ее трудовой деятельности в качестве народной учительницы в конце восьмидесятых годов прошлого века совпали с развитием народничества. Происходя из семьи религиозной, она в жизни придерживалась весьма прогрессивных взглядов и много думала над вопросами бытия. В 35 лет она еще ходила на исповедь к священнику, но вместе с тем, не удовлетворяясь христианским мировоззрением, изучала другие религии. Убедившись в том, что они стоят еще ниже христианства, пришла к выводу, что бог, конечно, есть, но, наверное, он совсем не таков, каким представляют его люди». В другом месте воспоминаний Вадим Леонидович пишет: «Вопрос, „откуда все произошло“, возник у меня в возрасте около 7 лет. Когда я задал его матери, она неосторожно сказала кому-то из взрослых: дам ему Ветхий завет, вырастет — пусть сам разберется. Я тотчас же обратил внимание на условность слов матери и настойчиво много раз спрашивал ее, „а разве там сказана неправда“. Но далее мать была уже осторожна и твердо ответила, что в книге, которую она достанет, все сказано верно». Далее Вадим Леонидович вспоминает: «...на протяжении всей средней школы религия странным образом хорошо уживалась со сравнительно весьма глубокими сведениями, сообщавшимися ученикам на уроках физики, химии и естествознания. Главной задачей философской науки я считал в это время установление путей объединения данных естественных наук с религиозными представлениями о мироздании и бытии и сам хотел принять участие в решении этой задачи».

Читая эти строки, приходится только удивляться, какие серьезные проблемы ставил перед собой и пытался решать маленький мальчик из глухой провинции, которому ни мать, ни отец не могли дать убедительные ответы на волновавшие его вопросы. Обратив внимание на глубокий интерес сына к мировоззренческим проблемам, Александра Никифоровна нередко называла его «философом».

С ранних лет у Вадима проявилось очень четко выраженное чувство долга. Он никогда не оставлял невыполненными дела, которые по каким-либо причинам считал обязательными.

Вадим рос уравновешенным, рассудительным ребенком и с детских лет отличался редкой целеустремленностью, упорством и трудолюбием. Он быстро и хорошо усваивал новый материал. Кроме учебников читал много дополнительной литературы и не успокаивался до тех пор, пока самостоятельно не решал все задачи из школьных задачников по физике и математике. Упорные систематические занятия приносили свои плоды. Вадим неизменно был первым учеником класса. Ежегодно он получал книги и похвальные листы, где отмечались его успехи. В семье Лёвшиных до сих пор сохранились прекрасно изданное трехтомное полное собрание сочинений Н. В. Гоголя, которым Вадим вместе с похвальным листом первой степени был награжден в 1909 г. при переходе в очередной класс Вышневолоцкого реального училища, и полное восьмитомное собрание сочинений В. Шекспира, полученное в 1910 г. в реальном училище в Кашине.

Одинаково ровно успевая по всем предметам, особый интерес Вадим проявлял к физике, астрономии, математике и химии. Эти предметы давались ему очень легко, вызвали глубокие раздумья, порождали желание самому заняться их изучением. Вместе с тем, явно тяготея к важнейшим естественным наукам, Вадим не сторонился и гуманитарных предметов. Особенно он увлекался историей, интерес к которой сохранил до конца своей жизни. Глубокую привязанность питал Вадим и к поэзии. Его любимыми поэтами были А. С. Пушкин, М. Ю. Лермонтов, Ф. И. Тютчев, А. Н. Апухтин и П. Ж. Беранже. Обладая прекрасной памятью, он легко запоминал стихи и даже целые поэмы. И в детстве, и в зрелые годы он любил заниматься декламацией, которая получалась у него очень выразительной и красивой. Не оставался равнодушным Вадим и к музыке. В детстве он учился играть на фортепьяно.

Особую склонность Вадим проявлял к живописи, много и увлеченно рисовал. Его успехи в этом деле были столь значительны, что одно время у него появилась даже мысль продолжить образование в Строгановском художественном училище. Однако любовь и интерес к естественным наукам оказались сильнее и этим планам не суждено было

осуществиться. Впоследствии Вадим Леонидович не раз с сожалением замечал, что недостаток времени не позволил ему серьезно заняться живописью.

Уже в первых классах реального училища у Вадима проявились способности к литературному творчеству. Вместе с младшим братом он выпускал домашний литературный журнал. В нем братья помещали короткие рассказы о своих наблюдениях природы и отдельные сценки из жизни животных и птиц, обильно иллюстрированные их же рисунками, порой очень выразительными. Несколько выпусков этого журнала Вадим Леонидович бережно хранил всю жизнь.

Времени для досуга Вадиму явно не хватало. Он много читал, рано научился хорошо плавать, любил играть в городки и крокет и делал это с большим мастерством.

Когда семья жила в Твери, Лёвшины на летние месяцы иногда снимали домик в одной из близлежащих деревень на берегу реки Тверцы. Вадим и Марк очень дружили с крестьянскими ребятами. Об их совместных играх Вадим Леонидович с большой теплотой вспоминал долгие годы. Большое впечатление на братьев произвела многодневная экскурсионная поездка по Волге на пароходе, которую однажды совершила семья Лёвшиных. Приятные воспоминания о ней сохранились на всю жизнь.

Позднее летние каникулы Александра Никифоровна часто проводила на даче у старшей сестры М. Н. Флеровой. Мужем Марии Никифоровны был видный деятель народного образования, ставший в конце концов попечителем учебного округа. Флерова часто переводили из одного города в другой, менялись и места дач, где летом жила его многодетная семья и куда приезжала погостить Александра Никифоровна со своими детьми. Сначала это был поселок Новое под Тулой, потом дача под Вологдой, затем под Киевом.

Поначалу дети Марии Никифоровны очень настороженно встречали Вадима и Марка, считая, что как гости они будут пользоваться различными привилегиями и, в частности, получать больше сладкого. Для избежания конфликтов между детьми взрослые установили твердый регламент. Приезжие считаются гостями только первые три дня, после чего переходят в категорию «своих» и никакими преимуществами не пользуются. Недоразумения были устранены, дети жили дружно и весело. Когда ребята подросли, они стали увлекаться театром. Сооружали само-



Вадим Лёвшин — ученик
реального училища
г. Кашина, 1911 г.

дельную сцену, придумывали и ставили спектакли. Вадим любил играть в спектаклях, впоследствии он вспоминал, что роли ему часто удавались и его игра нравилась местной, разумеется, неприятельской публике.

С детских лет Вадима отличали доброта, отзывчивость и чуткость. В училище он охотно помогал отстающим ученикам. Своими глубокими знаниями и готовностью прийти на помощь Вадим снискал большое уважение и любовь среди одноклассников. Самым близким другом Вадима был Миша Струнников, с которым все школьные годы он просидел за одной партой. Эти дружеские отношения сохранялись всю их жизнь.

Широкий круг интересов, появившийся у Вадима в школьные годы, заставил его задуматься о своей будущей профессии. Родители не могли привести убедительных доводов в пользу той или иной специальности. Аттестат давал Вадиму определенные льготы «при поступлении на гражданскую службу», «по отбыванию воинской повинности», а также льготы «по образованию, предоставленные учебным заведениям первого разряда». Однако его было недостаточно, чтобы иметь право продолжать образование в высшем учебном заведении. Для этого надо было окончить еще один, дополнительный класс училища.

Вадим без колебаний принял решение не прекращать учебу и 5 июня 1913 г. получил свидетельство об окончании и дополнительного класса того же училища. В нем было записано, что «Лёвшин Вадим Леонидович может поступать в высшие учебные заведения с соблюдением правил, изложенных в уставах оных, по принадлежности».

Алексеевское реальное училище в Кашине Вадим окончил блестяще, и это открывало перед ним перспективу поступления во многие высшие технические заведения

без вступительных экзаменов. Но 15-летний юноша сделал самостоятельный и, как показала дальнейшая жизнь, совершенно правильный выбор. Он решил посвятить себя точным наукам, для чего стать студентом Московского университета. Правда, осуществить это намерение было нелегко, так как в реальном училище не преподавали латинский язык, необходимый для поступления в университет. Вадим принялся самостоятельно изучать латынь. Несмотря на напряженную подготовку к выпускным экзаменам в училище, в мае 1913 г. он отправился в Тверь и сдал на 4 экзамен по латинскому языку в одной из местных гимназий. Теперь уже ничто не мешало Вадиму осуществить свою мечту.

В студенческие годы

Осенью 1913 г. мечта В. Л. Лёвшина осуществилась: он стал студентом Московского университета. В те годы конкурсных экзаменов не существовало. Для поступления в университет требовалось лишь наличие свидетельства о получении «классического образования». Аттестат об окончании реального училища и свидетельство о сдаче полного гимназического курса латинского языка были признаны достаточными, и Вадима Леонидовича зачислили студентом университета.

Однако это радостное событие потребовало от семьи Лёвшиных решения многих практических вопросов. За обучение в университете надо было регулярно вносить довольно значительную сумму — 50 рублей в семестр, следовало позаботиться и об организации московского быта. Стипендий тогда не выплачивали. Между тем материальное благополучие семьи Лёвшиных сильно пошатнулось: оклада смещенного на должность простого страхового агента Леонида Яковлевича едва хватало, чтобы сводить концы с концами. В те времена квартирная плата в Москве была достаточно высокой, и Александра Никифоровна рассчитывала, что ей удастся поселить Вадима у своего брата Михаила Никифоровича Сурина, проживавшего в Москве. В один из осенних дней 1913 г. она вместе с сыном приехала к брату, где их ждал весьма холодный прием. Будучи женщиной решительной, Александра Никифоровна тут же наняла извозчика и весь день ездила с сыном по Москве в поисках подходящей,

а главное, недорогой комнаты. Лишь поздно вечером им удалось снять маленькую комнатку в одном из переулков, примыкавших к Большой Якиманке (ныне улица Димитрова). Здесь Вадим Леонидович и прожил все университетские годы. К тому же через год ему пришлось потесниться, так как в Москву на учебу приехал Марк, который стал студентом Московского коммерческого института. Как ни мала была комнатка, плата за нее резко уменьшала скромную сумму, которую имели возможность выделять родители сыновьям. Братья жили впроголодь. Для экономии средств на занятия ходили пешком. Значительным подспорьем была студенческая столовая, где не только кормили за умеренную плату, но, что самое главное, бесплатно подавалось на стол неограниченное количество хлеба, пользовавшегося большой популярностью у вечно недоедавшей студенческой братии.

Марк не выдержал эту полную лишений жизнь. Уже будучи студентом третьего курса, он бросил Коммерческий институт и, считая, что в провинции прожить легче, уехал в маленький городок Бежецк Тверской губернии. Вскоре он женился, и у него родились сыновья Юрий и Глеб. Всю жизнь Марк Леонидович прожил в г. Бежецке, работая техником-экономистом на местном заводе автотракторного оборудования. Умер он в 1950 г. в возрасте 53 лет.

Вадима Леонидовича материальные невзгоды и житейские трудности не сломили. Он много и упорно занимался, стараясь не обращать внимания на бытовую неустроенность. Он не одобрял поступок брата, оценивал его как непростительную ошибку.

Вадим Леонидович учился на математическом отделении физико-математического факультета Московского университета, где получали образование будущие математики, механики, физики и астрономы. Когда Лёвшин появился там, у преподавателей и студентов еще были свежи воспоминания о разгроме царским правительством университета в начале 1911 г. Страна была охвачена революционным движением, в университете непрерывно вспыхивали студенческие волнения. Царский министр народного просвещения Л. А. Кассо выпустил циркуляр, обязывавший ректора вызывать полицию в случае возникновения «беспорядков». После длительных обсуждений Совет университета отклонил циркуляр Кассо как незаконный. Разъяренный министр уволил из университета рек-

тора, помощника ректора и проректора. Произвол Кассо вызвал бурю негодования. В знак протеста из университета ушли 130 ведущих профессоров, приват-доцентов и преподавателей — больше трети всего преподавательского состава. По меткому выражению К. А. Тимирязева, в университете воцарилась «мерзость запустения». Начавшаяся в июне 1914 г. первая мировая война повлекла за собой мобилизацию многих студентов на фронт, еще больше студентов было отчислено из университета до окончания курса «за психическую неблагонадежность».

После февральской революции положение несколько улучшилось. Под давлением демократически настроенных преподавателей и студентов удалось добиться увольнения назначенных Кассо реакционных профессоров. В университет вернулись многие ушедшие в 1911 г. передовые русские ученые — К. А. Тимирязев, С. А. Чаплыгин, Н. Д. Зелинский и др. Однако обстановка в университете была тяжелой. Учебная работа постепенно сокращалась. Учебные планы не выполнялись, лекционные курсы читались не систематически, студенты плохо посещали лекции. Практические занятия велись непланомерно, учебная работа в лабораториях почти прекратилась. Студенты называли три причины, мешавшие занятиям в университете: продовольственные трудности, жилищная нужда, обострение отношений между демократически настроенным студенчеством и реакционной профессурой¹.

Став студентом Московского университета, Вадим Леонидович своими глазами видел эту сложную и противоречивую обстановку. Трудно, очень трудно было разобраться в существе происходящих событий молодому, только что вставшему со школьной скамьи человеку, приехавшему из глухой провинции, впервые оказавшемуся вдали от родительского дома. Но юный Лёвшин стремится к главной цели — получению знаний, за которыми и приехал в Московский университет. Несмотря на трудности, невзгоды, сложную обстановку, он использует все возможности для получения глубокого и разностороннего образования. Вадим Леонидович работает самоотверженно, забывая про отдых и развлечения, тяга к которым в таком молодом возрасте, да еще после довольно однообразной провинциальной жизни столь естественна. Он самостоя-

¹ См.: История Московского университета. М.: Изд-во МГУ, 1955, с. 10.

тельно разрабатывает для себя программу обучения и неукоснительно ее выполняет. Основное внимание он уделяет глубокому изучению физики, химии и математики. Лёвшин регулярно посещает важные для себя лекции даже в том случае, если их читают в нетопленной аудитории, сдает помимо обязательных предметов большое число факультативных курсов. «В университете, — писал он в своем дневнике, — помимо обязательных предметов слушал ряд специальных курсов: гидромеханики у А. И. Некрасова, кинетической теории материи у К. А. Тимирязева, методику физики у А. И. Бачинского и ряд других. Особенно интересуясь химией, я потратил почти год на ее изучение, выполнив полную программу практикума аналитической химии наравне со студентами химической специальности».

Посещал Вадим Леонидович и лекции по теоретической механике, которые читал Н. Е. Жуковский. Впоследствии он вспоминал, что великий ученый был неважным лектором. Говорил он тонким голосом, не очень внятно, на доске писал мелко, часто ошибался. А иногда, забыв про аудиторию, вдруг начинал вычислять на доске что-то свое. Однако студенты сидели тихо и относились к своему уже тогда знаменитому своим работам по механике и аэродинамике лектору с величайшим уважением.

В студенческие годы Вадима Леонидовича продолжали глубоко волновать мировоззренческие вопросы. Происходя из семьи хоть и не очень религиозной, но все же такой, где в бога верили, и изучая все годы в реальном училище закон божий, он, человек, наделенный аналитическим умом, очень хотел во всем разобраться сам. С этой целью он прослушал в университете необязательный курс богословия и истории религий. Глубоко размышляя над вопросами бытия, он вскоре самостоятельно встал на материалистические позиции, которых твердо придерживался всю жизнь.

Упорная учеба поглощала Вадима Леонидовича целиком, не оставляя времени ни на что другое. Он с сочувствием относился к тем революционным преобразованиям, которые на его глазах происходили в стране, но сам деятельного участия в них не принимал.

Незадолго до окончания университета Вадим Леонидович довольно близко познакомился с только что избранным на должность профессора физико-математического факультета (1918 г.) и уже широко известным своим

фундаментальными работами в области молекулярной физики и термодинамики Алексеем Иосифовичем Бачинским. Любознательный и думающий студент пришелся по душе Бачинскому, который впоследствии принял горячее участие в его судьбе.

Перед окончанием университета студентам-выпускникам надлежало написать дипломную работу, представлявшую собой обзор исследований по какой-либо физической проблеме. Вадим Леонидович проявил большую самостоятельность в выборе темы обзора. Написанное им содержательное сочинение отражало состояние дел в теории металлической проводимости. А. И. Бачинский с большим одобрением встретил эту работу, и она получила высшую оценку.

Блестяще сдав все выпускные экзамены, Вадим Леонидович 31 октября 1918 г. получил подписанное известным математиком профессором Л. К. Лахтиным свидетельство, в котором было сказано: «От Физико-математической испытательной комиссии при Московском университете дано сие свидетельство Лёвшину Вадиму в удостоверение того, что он по окончании курса в Московском университете по Физико-математическому факультету выдержал в означенной испытательной комиссии установленное испытание и удостоен диплома I степени».



В. Л. Лёвшин — студент
Московского университета,
1915 г.

Первые шаги в науке. Институт физики и биофизики

Еще до окончания Московского университета в поисках заработка, чтобы облегчить тяжелое материальное положение, Лёвшин в сентябре 1918 г. поступил работать

преподавателем физики в одну из средних школ г. Твери, куда ему периодически приходилось ездить. С первых шагов своей педагогической деятельности Вадим Леонидович старался поднять уровень преподавания физики в школе. В частности, он ввел в качестве обязательных лабораторные занятия. Молодой учитель быстро завоевал популярность. Ученики нередко оставались после уроков и обсуждали с ним волновавшие их вопросы по физике. Среди них выделялся своими способностями и глубоким интересом к этой науке Олег Лосев, который обычно помогал Лёвшину подготавливать опыты на его уроках. О. В. Лосев стал известным радиоинженером. Он впервые применил для целей детектирования и генерирования радиоволн кристаллические полупроводники. Талантливый ученик и молодой учитель быстро сблизились и поддерживали творческие связи всю жизнь, вплоть до 1942 г., когда О. В. Лосев трагически погиб в осажденном Ленинграде. В его биографии профессор Б. А. Остроумов писал: «В школе он (О. В. Лосев. — Авт.) учился физике у В. Л. Лёвшина, впоследствии выдающегося оптика, давшего о своем ученике блестящий отзыв»¹.

По окончании университета Вадим Леонидович переехал в Тверь, оставаясь преподавателем в школе. Однако продолжалось это недолго. Профессор А. И. Бачинский возбудил ходатайство перед руководством университета об оставлении Вадима Леонидовича при кафедре физики «для подготовки к профессорскому званию», что примерно соответствовало современной аспирантуре. Зарплата, которую в те трудные для страны годы платили Лёвшину в университете, была весьма скромной. Вадиму Леонидовичу пришлось по совместительству преподавать в одной из московских средних школ.

Вскоре после возвращения в Москву Вадим Леонидович простудился, заболел воспалением легких и был помещен в одну из клиник на Пироговской улице. Напомним, что тогда шла гражданская война. Молодая Советская республика отбивалась от белогвардейских армий и интервентов. Преодолевая нужду и лишения, вызванные разрухой, наш народ напряг все силы, чтобы отстоять завоевания Октябрьской революции. В Москве, как и во

¹ Остроумов Б. А. Олег Владимирович Лосев (1903—1942). — В кн.: Нижегородские пионеры советской радиотехники. М.: Л.: Наука, 1966, с. 108.

многих других городах, было холодно, голодно, транспорт не работал. Ни о каком усиленном питании не приходилось и думать. Выручала молодость. Вадим Леонидович медленно выздоравливал.

Вернувшись из больницы, он обсудил с Бачинским создавшееся положение. Было ясно, что, не совместительствуя, Лёвшин не сможет продолжать работу в университете. Бачинский, считая, что для Лёвшина полезнее работа в научно-исследовательском институте, рекомендовал его академику П. П. Лазареву, в свое время другу и ближайшему помощнику выдающегося русского физика П. Н. Лебедева. После его смерти П. П. Лазареву удалось организовать в 1917 г. Физический институт, здание которого строилось на Миусской площади еще для Лебедева на пожертвования общественности. В 1919 г. этот институт был передан Народному комиссариату здравоохранения РСФСР и работал при его рентгеновской, электрометрической и фотобиологической секциях. Затем его переименовали в Институт биологической физики и, наконец, в 1929 г. — в Институт физики и биофизики. Институт быстро превратился в крупный научный центр по изучению проблем биологической физики, фотохимии, молекулярной физики, акустики и оптики. Осенью 1919 г. В. Л. Лёвшин получил в институте место практиканта.

Отныне Вадим Леонидович должен был заниматься значительно отличающимися одна от другой проблемами. В университете под руководством А. И. Бачинского он выполнил к январю 1922 г. первое научное исследование зависимости поверхностного натяжения жидкостей от их плотности и температуры. В 1924 г. оно было опубликовано². П. П. Лазарев предложил Вадиму Леонидовичу заняться биофизическими исследованиями в области акустики. В феврале 1923 г. Лёвшин завершил эту работу и доложил полученные им результаты на коллоквиуме Физического института Московского научного института. В 1925 г. появилась его публикация об итогах изучения колебаний несимметричных мембран, имитирующих слуховую барабанную перепонку человеческого уха³. Результаты этой работы не остались незамеченными. Они были

² *Lewschin W. L. Über die Abhängigkeit der Oberflächen Spannung von der Dichte und Temperatur. — Ztschr. phys. Chem., 1924, Bd. 112, H. 3/4, S. 167—174.*

³ *Лёвшин В. Л. О колебаниях несимметричных мембран. — Журнал прикладной физики, 1925, т. 2, с. 35—40.*

включены в специальный сборник основных достижений советской науки за первые десять лет Советской власти⁴. Оба исследования были выполнены с большой тщательностью и содержали новые интересные результаты. Но ни одно из них не стало отправным пунктом для дальнейших исследований В. Л. Лёвшина.

После четырехлетнего пребывания в университете Вадим Леонидович в 1922 г. окончательно перешел в Институт физики и биофизики, где проработал 10 лет (1922—1932) ассистентом, старшим ассистентом и, наконец, заведующим отделом физической оптики.

С 1920 г. Вадим Леонидович по совместительству преподавал физику на Рабочем факультете имени М. Н. Покровского при Московском университете, где проходили ускоренную подготовку для поступления в высшие учебные заведения молодые рабочие и крестьяне. Здесь он познакомился с секретарем учебной части Екатериной Георгиевной Гожинской. Она после окончания Коммерческого института тоже работала здесь по совместительству, чтобы облегчить тяжелое материальное положение своей семьи.

В апреле 1922 г. Екатерина Георгиевна и Вадим Леонидович поженились. На скромную свадьбу пришли самые близкие родственники и друзья.

В 1927 г. у Лёвшиных родился сын Леонид, который впоследствии стал физиком и подобно отцу избрал своей специальностью люминесценцию (ныне он профессор кафедры общей физики физического факультета МГУ, заведует отделением экспериментальной и теоретической физики).

Вадим Леонидович без сожаления расстался со своей вечно холодной и крайне неуютной комнатой в Трубниковском переулке (на Арбате) и переехал на Большую Якиманку, где жила Екатерина Георгиевна со своей матерью.

Сорок семь лет прожил Вадим Леонидович вместе с Екатериной Георгиевной, в лице которой он нашел не только жену, но и верного, преданного помощника и друга.

В Институте физики и биофизики Вадим Леонидович познакомился с Сергеем Ивановичем Вавиловым, который

⁴ В кн.: 10 лет Советской науки (1917—1927). М.; Л.: Госиздат, 1927, с. 136—137, 166.

осенью 1920 г. стал профессором Московского высшего зоотехнического института, где возглавил кафедру физики. Этот институт был создан в том же 1920 г. на базе Сельскохозяйственной школы. Уровень преподавания физики в новом институте был очень низким, а физический кабинет не соответствовал вузовскому курсу общей физики. Став заведующим кафедрой, Вавилов, нуждаясь в квалифицированном помощнике, привлек на кафедру Лёвшина, который первоначально был зачислен ассистентом. Оба физика многое сделали, чтобы занятия шли на высоком теоретическом и экспериментальном уровне. Вспоминая об этом периоде жизни, Вадим Леонидович писал в дневнике: «Совместная работа в Зоотехническом институте очень сблизила нас с Сергеем Ивановичем Вавиловым, и последний предложил мне осенью 1921 г. начать совместную работу по люминесценции. С этого момента люминесценция становится областью, на которой я сосредоточил почти все свое внимание». Вместе с Вавиловым Вадим Леонидович провел ряд важных исследований в этой области, он стал ближайшим другом Сергея Ивановича, его соратником и помощником. Их совместная работа продолжалась около тридцати лет, вплоть до кончины Вавилова в январе 1951 г.

Исследования Вавилова и Лёвшина были по существу первыми в Советском Союзе работами по люминесценции. Они занялись изучением открытого незадолго до этого явления поляризованной люминесценции. «С. И. Вавилов, — писал академик П. А. Ребиндер, — работал тогда вдвоем с В. Л. Лёвшиным в одной лабораторной комнате на первом этаже, недалеко от лаборатории, где приходилось работать мне»⁵. Статья с изложением результатов исследований обоих ученых была в то же время первой публикацией (1922 г.) В. Л. Лёвшина⁶.

Руководитель Института физики и биофизики академик П. П. Лазарев сумел в тяжелые годы послевоенной разрухи сплотить большой творческий коллектив ученых — специалистов в области физики, биофизики и геофизики. В институте работали П. Н. Беликов, С. И. Ва-

⁵ Ребиндер П. А. Из воспоминаний о Сергее Ивановиче Вавилове. — Труды Института истории естествознания и техники, 1957, т. 17, с. 139.

⁶ Wawilow S. I., Lewschin W. L. Zur frage über polarisiertes Fluoreszenz licht von Farbstofflösungen. — Phys. Ztschr., 1922, Bd. 23, S. 173—176.

вилов, С. В. Кравков, Г. С. Ландсберг, В. Л. Лёвшин, Т. К. Молодой, А. С. Предводителев, П. А. Ребиндер, С. Н. Ржевкин, В. К. Семенченко, А. К. Трапезников, Н. Т. Федоров, Э. В. Шпольский, В. В. Шулейкин, Н. К. Щодро и др. При институте систематически действовал коллоквиум, который вскоре приобрел общемосковское значение. В его работе, помимо сотрудников института, принимали участие А. Ф. Иоффе, Н. П. Кастерин, А. Н. Крылов, Н. Д. Папалекси, П. С. Эренфест и многие другие крупные физики, физиологи, астрономы и математики.

Это была первая русская школа физиков, созданная еще П. Н. Лебедевым и руководимая его продолжателем П. П. Лазаревым. Формирование В. Л. Лёвшина как ученого происходило в недрах этой школы, где он очень многое почерпнул.

Помимо названных выше работ по поляризованной люминесценции, сделанных совместно с С. И. Вавиловым, В. Л. Лёвшин выполнил еще ряд блестящих исследований в этой области, которые теперь по праву считаются классическими. Он создал теорию поляризованной люминесценции растворов, которая привела его к важной формуле, связывающей величину степени поляризации свечения с углом между осцилляторами поглощения и излучения в исследуемых молекулах (формула Лёвшина—Перрена).

Подводя итоги деятельности Института физики и биофизики за 10 лет его существования, академик П. П. Лазарев писал: «Изучение поляризованной флуоресценции, начатое С. И. Вавиловым, было продолжено в работах В. Л. Лёвшина, причем им было изучено влияние различных факторов на степень поляризации флуоресценции (влияние растворителя, концентрации красок и длины волны возбуждающего света). Все эти влияния теоретически объяснены В. Л. Лёвшиным, исходя из теории, в которой он принимает, что молекула совершает броуновское движение и поворот ее происходит на определенный угол, который связан с длительностью возбужденного состояния»⁷.

Большой интерес у В. Л. Лёвшина вызывали также процессы длительного свечения в молекулярных системах. И хотя им самим в этом направлении опубликовано сравнительно небольшое число работ, полученные в них ре-

⁷ Лазарев П. П. Десять лет Института физики и биофизики НКЗ. М.: Ин-т физ. и биофиз. 1929, с. 24.

зультаты весьма существенны⁸. Первое такое исследование он выполнил совместно с С. И. Вавиловым в 1925 г. в Институте физики и биофизики. Их статья «Соотношение между флуоресценцией и фосфоресценцией в твердых и жидких средах» появилась в печати в 1926 г.⁹ Для исследования Вавилов и Лёвшин создали оригинальный и весьма совершенный для того времени фосфороскоп (прибор, предназначенный для измерения малых промежутков времени) с вращающимся зеркалом, позволявший измерять длительность послесвечения в интервале $\sim 10^{-5}$ — 10^{-2} с. Создание этого прибора явилось существенным шагом вперед в области фосфороскопических измерений.

Исследования, проведенные с помощью фосфороскопа с вращающимся зеркалом, показали, что у люминесцирующих веществ, помещенных в очень вязкие или жесткие растворы, возникает как кратковременное свечение (флуоресценция), так и длительное послесвечение (фосфоресценция), которые имеют одинаковое спектральное распределение. Вавилов и Лёвшин установили, что оба эти свечения соответствуют двум совершенно различным процессам, между которыми не существует, как полагали раньше, постепенного перехода.

Говоря об этой работе как о важном достижении Института физики и биофизики, П. П. Лазарев писал: «К фотохимическим процессам близко стоят явления флуоресценции и фосфоресценции, изученные в многочисленных работах С. И. Вавиловым и В. Л. Лёвшиным. Построение фосфороскопа с большой разрешающей силой позволило им проследить послесвечение порядка 10^{-6} секунды. При помощи этого прибора удалось доказать принципиальное отличие в твердых средах флуоресценции от фосфоресценции, не переходящих друг в друга; кроме того, спектры того и другого явления часто являются различными»¹⁰.

⁸ Здесь и в дальнейшем мы по временам будем вынуждены отклоняться от строго хронологического описания жизни и деятельности В. Л. Лёвшина, стремясь подчеркнуть глубокую направленность его работ, многие из которых выполнялись в разные годы и занимали мысли Вадима Леонидовича на протяжении всей жизни.

⁹ *Wawilow S. I., Lewschin W. L. Die Beziehungen zwischen Fluoreszenz und Phosphoreszenz in festen und flüssigen Medien. — Ztschr. Phys., 1926, Bd. 35, H. 11/12, S. 920—936.*

¹⁰ *Лазарев П. П. Десять лет Института физики и биофизики НКЗ, с. 23.*

Этот вывод имел фундаментальное значение для теории триплетных состояний молекул, которая была развита в работах польского физика А. Яблонского, советского физика А. Н. Теренина и американского физика Г. Льюиса.

Именно эти ученые построили схему синглетных и триплетных уровней у сложных органических молекул. Наличие этих уровней позволяет глубоко разобраться в процессах деградации энергии электронного возбуждения в молекулярных системах и управлять различными практическими важными фотофизическими, фотохимическими и фотобиологическими реакциями.

В последующие годы Вадим Леонидович неоднократно возвращался к изучению триплетных состояний молекул. Прежде всего его интересовали особенности их поглощения в триплетном состоянии (триплет-триплетное поглощение), а также процессы фосфоресценции при переходе молекул из триплетного в невозбужденное синглетное состояние. Эти исследования были проведены им значительно позднее на кафедре оптики физического факультета МГУ.

В этом отношении очень интересна работа В. Л. Лёвшина, выполненная им в 1954 г. совместно с дипломником А. Г. Лактионовым¹¹. Располагая достаточно скромными экспериментальными средствами, они выполнили очень сложные и тонкие исследования триплет-триплетного поглощения у уранина в борном фосфоре и у ряда других красителей в сахарных леденцах. Были обнаружены наряду с полосами синглет-синглетного поглощения уранина две полосы поглощения, соответствующие переходам с нижнего триплетного уровня на более высокие триплетные уровни. Исследователям удалось оценить силы осцилляторов этих переходов, которые оказались в несколько раз меньшими, чем силы осцилляторов синглет-синглетных переходов. Кроме того, на основании поляризационных измерений они показали, что осцилляторы всех синглетных и триплетных полос поглощения расположены параллельно один другому.

Совместно с другим дипломником — Ю. А. Ключевым Вадим Леонидович в 1959 г. изучил особенности флуоресценции и фосфоресценции красителя акридинового оран-

¹¹ Лёвшин В. Л., Лактионов А. Г. Поглощение сложных молекул, находящихся в метастабильном состоянии. — Доклады Академии наук СССР, 1955, т. 103, № 1, с. 61—64.

жевого в сахарных леденцах в зависимости от его концентрации¹². В этой работе был установлен ход концентрационного тушения флуоресценции, α -фосфоресценции и фосфоресценции, который у всех трех процессов оказался примерно одинаковым. Было выяснено также влияние молекулярной ассоциации на спектры фосфоресценции этого красителя.

Работы В. Л. Лёвшина в области исследования длительных процессов свечения молекул во многом носили пионерский характер. В последующие годы изучение триплетных состояний молекулярных систем приобрело огромное научное и практическое значение. Результаты этих исследований широко используют при решении многих важных физических, химических и биологических проблем.

Следует теперь вновь вернуться к статье «Соотношение между флуоресценцией и фосфоресценцией в твердых и жидких средах». Несмотря на важность описанных выше результатов, основное ее значение определяется не ими. Наиболее существенны данные, приведенные С. И. Вавиловым и В. Л. Лёвшиным в заключительном параграфе, который они озаглавили: «Возможность уменьшения абсорбции флуоресцирующих и фосфоресцирующих тел при освещении интенсивным светом искры». Это было выдающееся открытие — первого нелинейного оптического эффекта. Их рассуждения сводились к следующему.

Известный закон Бугера может быть записан в виде

$$J = J_0 e^{-N\alpha}, \quad (1)$$

где J_0 — падающий, J — пропущенный исследуемым веществом поток монохроматического света, N — полное число поглощающих молекул, α — средняя поглощательная способность одной молекулы.

При интенсивном длительном освещении вещества определенная часть X его молекул переходит в возбужденное состояние и не будет принимать участия в поглощении. С учетом этого закон Бугера может быть записан в виде

$$J = J_0 e^{-N(1-X)\alpha}. \quad (2)$$

¹² Лёвшин В. Л., Ключев Ю. А. Образование люминесцентных полимеров в концентрированных растворах акридинового оранжевого и исследование их оптических свойств. — Известия Академии наук СССР. Серия физическая, 1959, т. 23, № 1, с. 15—18.

В этом случае величина X будет существенно зависеть от интенсивности падающего светового потока, т. е. $X = f(J_0)$, и, следовательно, закон Бугера не должен строго выполняться. При малых значениях X поглощенная энергия J_{abc} может быть определена из (1), при этом

$$X = \frac{J_{abc}\tau}{N h \nu}, \quad (3)$$

где τ — средняя длительность возбужденного состояния поглощающих молекул, $h\nu$ — энергия поглощенного светового кванта.

Расчеты, проведенные авторами для самого мощного источника света, имевшегося в те годы, — конденсированной электрической искры, показали, что можно обнаружить заметные отступления от закона Бугера лишь для веществ, молекулы которых имеют τ не менее 10^{-4} с. Их опыты с водными растворами красителя флуоресцеина ($\tau \sim 10^{-9}$ с) подтвердили полученные ранее результаты С. И. Вавилова. В этом случае закон Бугера строго выполнялся с точностью до 0,3%.

Тогда С. И. Вавилов и В. Л. Лёвшин использовали в качестве объекта исследования урановое стекло, у которого $\tau \sim 5 \cdot 10^{-4}$ с, т. е. примерно в 100 тыс. раз больше, чем у молекул флуоресцеина. Эти опыты принесли большой успех исследователям. Впервые были экспериментально обнаружены отступления от закона Бугера. Под воздействием мощного облучения конденсированной электрической искрой коэффициент поглощения уранового стекла уменьшился. Правда, изменения были невелики, коэффициент изменился примерно на 1,5%. Исследователи, предъявляя очень высокие требования к своим результатам, скромно оценили свое выдающееся достижение. «Положительные результаты, — писали они, — получены для уранового стекла; наблюдавшиеся отклонения довольно близки к пределам точности измерения»¹³.

Важно отметить, что это была не случайная удача исследователей, которые натолкнулись на новый интересный эффект. Это было выдающееся открытие, к которому С. И. Вавилов упорно шел долгие годы, которое предвидел и упорно искал в своих исследованиях. В результате

¹³ Wawilow S. I., Lewschin W. L. Die Beziehungen zwischen Fluoreszenz und Phosphoreszenz in festen und flüssigen Medien, — Ztschr. Phys., 1926, Bd. 35, H. 11/12, S. 920—936,

мысль, высказанная Сергеем Ивановичем в его ранних работах, полностью подтвердилась при удачном выборе объекта исследования. В дальнейшем Вавилов показал, что при распространении света через среду могут наблюдаться отступления от линейности поглощения вследствие квантовой природы света и вещества. Оказалось, что поглощение может зависеть от интенсивности падающего света, даже если эта интенсивность и не очень велика. Так, например, значительные отступления от линейности поглощения можно наблюдать у многих красителей, помещенных в жесткие стеклообразные среды, длительность послесвечения которых составляет 1 с и более.

Таким образом, небольшой эффект, обнаруженный С. И. Вавиловым и В. Л. Лёвшиным, заложил первый камень в фундамент новой, чрезвычайно важной и быстро развивающейся науки — нелинейной оптики.

Сейчас нелинейный оптический эффект Вавилова — Лёвшина широко используется для создания оптических затворов, применяемых для получения гигантских импульсов в твердотельных оптических квантовых генераторах (лазерах). Такой затвор представляет собой кювету с жидкостью, обладающей свойством становиться прозрачной под действием светового пучка определенной мощности. Затвор срабатывает только после достижения кристаллом высокой степени возбуждения. Этим и обеспечивается возможность получения очень мощного светового импульса.

В Институте физики и биофизики В. Л. Лёвшин выполнил также первую работу по молекулярной ассоциации, положившую начало обширным исследованиям в этой области, которые занимали его до последних дней жизни¹⁴.

Замечательные экспериментальные исследования, осуществленные за довольно короткий промежуток времени, были тем более удивительны, что в те годы Институт физики и биофизики располагал очень скромной экспериментальной и производственной базой. Хорошая аппаратура практически отсутствовала. Каждому сотруднику приходилось создавать экспериментальные установки: собственными руками выполнять механические и стекло-

¹⁴ *Lewschin W. L.* Die Auslöschung der Fruoreszenz in festen und flüssigen Farbstofflösungen. — *Ztschr. Phys.*, 1927, Bd. 43, H. 3/4, S. 230—253.

дувные работы, вести химическую очистку используемых для исследования реактивов и т. п.

В январе 1926 г. С. И. Вавилов был направлен в полугодовую научную командировку в Берлинский университет, где находилась лаборатория известного специалиста в области люминесценции профессора П. Прингсгейма. Вавилов много и упорно работал в лаборатории, регулярно посещал коллоквиум под руководством основателя рентгеноструктурного анализа лауреата Нобелевской премии М. Лауэ, в котором принимали участие А. Эйнштейн, В. Нернст, М. Планк и другие виднейшие ученые. Почти еженедельно Сергей Иванович отправлял подробные письма-отчеты о своей жизни, впечатлениях, научных опытах, успехах и неудачах своему другу и помощнику В. Л. Лёвшину. Все 20 писем сохранились и представляют большой интерес, так как в них дается очень остроумная и меткая характеристика обстановки, царившей в научных лабораториях Берлина и Геттингена, а также содержатся краткие и далеко не всегда лестные характеристики немецких ученых, с которыми Сергей Иванович столкнулся в Германии. Интересна и описываемая им обстановка, в которой проходило регулярное обсуждение работ Л. де Бройля, Э. Шредингера, В. Гейзенберга и других теоретиков в области только еще зарождавшейся квантовой механики¹⁵.

Пребывание С. И. Вавилова в Германии показало, что, несмотря на более скромные возможности для экспериментов в лаборатории Института физики и биофизики, проводимые в ней исследования в области люминесценции находятся на переднем крае науки и их высокий уровень безоговорочно признается зарубежными учеными. В этом отношении очень интересна выдержка из письма Сергея Ивановича, которое он отправил Лёвшину 13 мая 1926 г.: «Дорогой Вадим Леонидович, сегодня я собираюсь ехать на десяток дней в Геттинген, так что у меня чемоданы сложены. В Берлин числа 22—25 вернусь, но ненадолго, а потом домой. Вчера на коллоквиуме Прингсгейм рассказывал нашу с Вами работу. Мне по приезде сюда предлагали ее рассказать, но я отказывался или откладывал. Не особенно приятно кряхтеть перед великими мира сего. Поэтому Прингсгейм сам решил ее доложить. Сде-

¹⁵ Лёвшин Л. В. Сергей Иванович Вавилов. М.: Наука, 1977, с. 355—380.

лал он это очень недурно, правда, все переверотив шиворот-навыворот, и начал с уранового стекла. Присутствовал весь Олимп, т. е. Эйнштейн, Нернст, Планк, Лауэ, не говоря о молодых разных Ботэ, Боze, Ладенбург и т. д. Прингсгейм не скупился на разные «*ganz uberraschen*» (поразительно. — *Авт.*), «*Wie geahnt*» (как остроумно. — *Авт.*), «*ungcheure Auslösungs klast*» (впечатляюще. — *Авт.*), так что аудитория только кричала. Нам с Вами *entre nous* (между нами. — *Авт.*) особенно скромничать нечего, так что могу сказать, что кругом шептались: «*sehr schön*» (очень хорошо. — *Авт.*) и пр. «Сам», т. е. Эйнштейн, сделал посередке доклада свой классический вопрос, который он делает по поводу вещей, ему понравившихся: «*Wo ist das gemacht?*» (Где это сделано? — *Авт.*)». И далее: «Во всяком случае, доклад сошел очень хорошо и аудиторией принят благосклонно. Кстати, я научил Прингсгейма как Вашу фамилию произносить надо... Ваш С. Вавилов»¹⁶.

В Геттингене Вавилов доложил на физическом семинаре университета свою и Лёвшина работу о явлениях флуоресценции и фосфоресценции в растворах красителей¹⁷. Сам Сергей Иванович так описывает в своем письме от 21 мая 1926 г. этот семинар: «Третьего дня докладывал я здесь о нашей работе в присутствии Франка, Поля, Иордана, Френкеля, Круткова и других. Работа заинтересовала, было много разговоров...»¹⁸.

В ходе этой переписки возникла идея об организации заграничной научной командировки и для Вадима Леонидовича. Сергей Иванович писал ему 8 мая 1926 г. по этому поводу: «Вы мне писали о хорошем намерении прогуляться за границу. Не хотите ли на этот предмет поговорю в Геттингене (если, конечно, сам туда попаду) либо с Франком, либо с Полем. Говорят, очень хорошо у Поля, да и делами они интересными занимаются. Впрочем, я ничего говорить не буду, пока от Вас вестей не получу. Судя по Вашему английскому языку, Вы не в Германию собираетесь»¹⁹. Далее 17 мая Вавилов написал Вадиму Леонидовичу из Геттингена: «Говорил

¹⁶ Там же, с. 378.

¹⁷ Вавилов С. И., Лёвшин В. Л. Природа фотолуминесценции в жидких и твердых средах. — Журнал Русского физико-химического общества, 1926, т. 58, № 3, с. 555—559.

¹⁸ Лёвшин Л. В. Сергей Иванович Вавилов, с. 380.

¹⁹ Там же, с. 378.



В. Л. Лёвшин (слева) и С. И. Вавилов, 1928 г.

я с Полем по поводу Вас (на всякий случай, думаю, не лишнее). Он очень охотно соглашается предоставить место Вам в случае приезда»²⁰. К сожалению, эта поездка по ряду технических причин так и не состоялась.

Из переписки Вавилова и Лёвшина видно, какие близкие, дружеские и доверительные отношения установились между ними. Однако это вовсе не означает, что их научные взгляды всегда полностью совпадали. Они были глубоко творческими людьми, и каждый старался идти к поставленной цели своим путем.

Сергей Иванович неоднократно посещал квартиру Лёвшина на Большой Якиманке. Ему очень нравилась там старая голландская печь, об изразцы которой приятно погреть замерзшие на морозе руки. Разговоры шли на самые различные темы. Незаметно беседа переходила на волновавшие обоих научные темы и нередко завершалась горячим спором. Споры особенно участились

²⁰ Лёвшин Л. В. Сергей Иванович Вавилов, с. 378—380.

после 1934 г., когда Вадим Леонидович установил спектроскопические проявления молекулярной ассоциации и стал развивать представления об ассоционной природе концентрационного тушения люминесценции растворов. Сергей Иванович не разделял его взглядов. Он считал, что молекулярная ассоциация — один из «осложняющих физико-химических факторов», которые лишь затушевывают чисто физическую природу концентрационного тушения. Дальнейшие исследования Лёвшина и других ученых, завершенные уже после кончины С. И. Вавилова, привели к необходимости объединения обоих, казалось, взаимно исключаящих одна другую точек зрения. Несогласие по некоторым научным проблемам не отражалось на взаимоотношениях ученых, на их взаимном уважении и привязанности. Так, в марте 1941 г. на квартире В. Л. Лёвшина, в тесном кругу товарищей по работе, было отмечено 50-летие Сергея Ивановича. Один из авторов этой книги (Л. В. Лёвшин. — *Авт.*), которому тогда было 13 лет, помнит, что вечер прошел весело и непринужденно. В конце его все участники торжества сфотографировались на память. До последних дней Вавилова Вадим Леонидович оставался его правой рукой и помощником при исследованиях в области люминесценции. Сергей Иванович всегда помнил и ценил это и первое имя, которое он назвал в предисловии к своей знаменитой монографии «Микроструктура света», было имя Вадима Леонидовича²¹.

Исследование поляризованной люминесценции растворов

Работы этого цикла были первыми в области люминесценции, которые Вадим Леонидович начал проводить совместно с С. И. Вавиловым. Незадолго до этого, в 1920 г., немецкий исследователь Ф. Вейгерт экспериментально установил возможность возникновения поляризованной люминесценции растворов красителей. Это явление очень заинтересовало С. И. Вавилова и В. Л. Лёвшина, и в 1921 г. они начали изучать его. Их первые шаги не были удач-

²¹ Вавилов С. И. Микроструктура света. М.: Изд-во АН СССР, 1950, с. 5.

ными. Желая удостовериться в справедливости выводов Вейгерта, ученые исследовали люминесценцию водных растворов нескольких красителей и пришли к ошибочному заключению, что наличие у свечения красителей слабой поляризации связано с присутствием рассеянного света. Однако уже в следующей публикации, озаглавленной «Некоторые данные и замечания по вопросу о поляризованном свете флуоресценции растворов красителей»¹, Вавилов и Лёвшин обнаружили свою ошибку и сообщили о многих важных свойствах поляризованной люминесценции, установленных ими. Прежде всего, изучив растворы 26 различных красителей, они подтвердили существование эффекта поляризованной люминесценции. Следовательно, люминесценция растворов многих органических соединений оказалась таким свечением, у которого амплитуды колебаний светового вектора по двум направлениям, перпендикулярным один другому, а также направлению распространения лучей существенно не одинаковы.

В этой работе была также установлена количественная зависимость степени поляризации наблюдаемого свечения от величины вязкости раствора. Оказалось, что следует различать два вида вязкости: истинную вязкость, зависящую от сил молекулярного взаимодействия, и кажущуюся вязкость, которая характерна для коллоидных растворов. Было выявлено, что степень поляризации люминесценции имеет большие значения в средах, обладающих значительной истинной вязкостью, в то время как свечение растворов даже с очень большой кажущейся вязкостью (желатиновые растворы) в значительной степени оказывается деполаризованным.

Вавилов и Лёвшин показали, что поляризованную люминесценцию можно наблюдать не только при ее возбуждении линейно-поляризованным светом; она может возникнуть и при возбуждении свечения неполяризованными, естественными лучами. В этом случае необходимо лишь вести наблюдения свечения в направлении, перпендикулярном распространению возбуждающего светового пучка. В результате была получена простая, но очень важная формула, связывающая степень поляризации при возбуждении свечения естественным светом P_n с ее вели-

¹ Wawilow S. I., Lewschin W. L. Beiträge zur Frage über polarisiertes Fluoreszenzlicht von Farbstofflösungen. — Ztschr. Phys., 1923, Bd. 16, H. 2, S. 135—154.

чиной P_p , наблюдаемой при возбуждении люминесценции линейно-поляризованным светом:

$$P_n = \frac{P_p}{2 - P_p} \quad (4)$$

или

$$P_p = \frac{2P_n}{1 + P_n}. \quad (5)$$

Эта формула Вавилова—Лёвшина многократно проверялась и всегда получала хорошее подтверждение. Она важна и в методическом отношении, так как позволяет в зависимости от конкретных условий производить возбуждение свечения как естественным, так и линейно-поляризованным светом, что существенно расширяет возможности проведения различных экспериментов.

В этой же работе Вавилов и Лёвшин теоретически исследовали некоторые возможные простейшие случаи поляризованной люминесценции. Они считали, что для описания поглощения и испускания света молекулярными системами целесообразно использовать модели, уподобляя молекулу диполлю, квадруполлю, октополлю и т. д. Такие модели впоследствии получили название элементарных излучателей. Авторы выбрали простейшую из них — электрический диполь (осциллятор). Они произвели расчеты для случая совпадающих осцилляторов поглощения и излучения, равномерно распределенных по всем направлениям и не меняющих своего расположения, пока исследуемые молекулы находятся в возбужденном состоянии. Тогда при возбуждении свечения линейно-поляризованным светом степень поляризации люминесценции должна быть равна 50%. Эта величина оказалась близкой к значению максимальной степени поляризации, наблюдавшейся у растворов ряда веществ.

Результаты этого исследования очень существенны. Они легли в основу теории поляризованной люминесценции, которая в дальнейшем получила развитие в трудах В. Л. Лёвшина. В них было показано, что поляризация люминесценции является важной характеристикой вещества, что она теснейшим образом связана с главными параметрами и структурными особенностями молекул, а также со свойствами окружающей среды. Поэтому изучение поляризации люминесценции дает возможность получить глубокую и разнообразную информацию о свойст-

вах и строении веществ, чего зачастую не удается достигнуть иными методами.

Оказалось, что степень поляризации люминесценции зависит от ряда факторов. Прежде всего необходимо учитывать, что молекулы не бывают неподвижными в течение всего времени их возбужденного состояния τ , а совершают беспорядочные броуновские перемещения и нутационные движения. Естественно, это приводит к деполяризации люминесценции. При этом деполяризация тем больше, чем выше температура окружающей среды, чем меньше истинная вязкость используемого растворителя, чем меньше объемы исследуемых молекул и чем больше длительность их возбужденного состояния, так как во всех этих случаях значительно увеличиваются перемещения молекул за время τ . Поэтому при изучении поляризованной люминесценции обычно используются очень вязкие растворители (глицерин, прозрачные масла и др.) и жесткие среды (полистироловые пленки, замороженные растворы и т. д.). В этих условиях перемещения молекул либо очень затруднены, либо полностью исключены. В последнем случае наблюдаемая степень поляризации люминесценции имеет наибольшую величину, определяемую внутренними свойствами исследуемых молекул, и носит название предельной степени поляризации.

В конце сентября 1924 г. в Ленинграде состоялся IV съезд русских физиков. Вадим Леонидович выступил на нем с большим докладом, в котором подвел итоги экспериментальных исследований поляризованной люминесценции жидких и твердых растворов². Позднее он выполнил несколько работ, в которых построил теорию поляризованной люминесценции³. Анализируя многочисленные экспериментальные данные, он пришел к важному выводу, что модель простого линейного осциллятора дает возможность удовлетворительно интерпретировать явле-

² Лёвшин В. Л. О поляризованной фотолюминесценции жидких и твердых растворов. — В кн.: IV съезд русских физиков (Перечень докладов, представленных на съезд, с кратким их содержанием). Л.: Научхимтехиздат, 1924, с. 33—34.

³ Лёвшин В. Л. Поляризованная флуоресценция и фосфоресценция растворов красок (теория явления). — Журнал Русского физико-химического общества. Часть физическая, 1925, т. 57, с. 283—300; Он же. О возможности интерпретации явлений поляризованной люминесценции с помощью модели линейного осциллятора. — Труды ФИАН, 1938, т. 1, вып. 4, с. 19—34.

ния поляризованной люминесценции жидких и твердых растворов. Кроме того, Вадим Леонидович обратил внимание на то, что предельная степень поляризации обычно существенно меньше 50%, а иногда принимает даже отрицательные значения. Это заставило его предположить, что поглощающие и излучающие осцилляторы должны иметь различную пространственную ориентацию. В своих рассуждениях он исходил из того, что поглощает и излучает свет один и тот же осциллятор, который, однако, успевает повернуться на угол α за время τ . В 1925 г., исходя из этих представлений, Лёвшин получил очень важную зависимость между степенью поляризации люминесценции P и величиной угла α

$$P = \frac{3 \cos^2 \alpha - 1}{3 + \cos^2 \alpha}. \quad (6)$$

В случае совпадения поглощающих и излучающих осцилляторов ($\alpha=0$) величина $P=50\%$.

Четыре года спустя, в 1929 г., на основе представлений о раздельном существовании осцилляторов поглощения и люминесценции Ф. Перрен иным путем пришел к точно такой же зависимости⁴. Дальнейшие опыты позволили сделать выбор в пользу второй гипотезы, а полученная формула получила название формулы Лёвшина—Перрена.

Развивая далее свои представления, Вадим Леонидович установил и другую очень важную зависимость, связывающую степень поляризации люминесценции P с молекулярными параметрами и свойствами окружающей среды:

$$\frac{1}{P} = \frac{1}{P_0} + \left(\frac{1}{P_0} - \frac{1}{3} \right) \frac{TR\tau}{V\eta}, \quad (7)$$

где P_0 — предельная степень поляризации, T — температура, η — вязкость, R — газовая постоянная, V — объем грамм-молекулы исследуемого вещества, τ — средняя длительность возбужденного состояния его молекул. Позднее Ф. Перрен тоже пришел к этой формуле. В литературе эту вторую формулу обычно также называют формулой Лёвшина—Перрена. Она имеет большое практиче-

⁴ *Perrin F. La Fluorescence des Solutions. Introduction moléculaire Polarisation et durée d'émission Photochimic. — Ann. phys., 1929, vol. 12, p. 169—275.*

ское значение, так как позволяет из поляризационных опытов установить значение средней длительности возбужденного состояния исследуемых молекул. До создания флуорометров (сложных экспериментальных установок, предназначенных для измерения $\tau \sim 10^{-8} - 10^{-9}$ с) поляризационный метод был единственным, позволявшим с достаточной точностью определять величины τ . В настоящее время, когда непосредственные измерения τ не представляют принципиальных затруднений, вторую формулу Лёвшина—Перрена широко используют при определении величин молекулярных объемов и изучении сольватных оболочек у исследуемых молекул.

В 1924 г. Вадим Леонидович сделал важное открытие, имеющее большое принципиальное значение для молекулярной люминесценции⁵. Он впервые обнаружил зависимость степени поляризации растворов двух красителей (родамина *B* экстра и магдалового красного) от длины волны возбуждающего света. В 1929 г. этот эффект был детально изучен С. И. Вавиловым, который установил, что степень поляризации может сильно изменяться при изменении длины волны возбуждающего света, принимая даже отрицательные значения⁶. Эта зависимость оказалась очень характерной для каждого вещества и была названа Вавиловым поляризационным спектром. Дальнейшие опыты П. П. Феофилова показали, что форма поляризационного спектра тесно связана с числом и расположением полос в электронном спектре поглощения исследуемого вещества⁷. Используя первую формулу Лёвшина—Перрена, по поляризационному спектру можно установить относительное расположение диполей поглощения и излучения в молекулах. Таким образом, благодаря работам В. Л. Лёвшина удалось создать чувствительный метод исследования осцилляторных моделей молекулярных структур у многих сложных органических соединений.

⁵ Лёвшин В. Л. О поляризованном свете флуоресценции растворов красок. — Журнал Русского физико-химического общества, часть физическая, 1924, т. 56, № 2—3, с. 235—247.

⁶ Wawilow S. I. Die neuen Eigenschaften der polarisierten Fluoreszenz von Flüssigkeiten. — Ztschr. Phys., 1929, Bd. 55, H. 9—11, S. 690—700.

⁷ Феофилов П. П. Анизотропия молекул и поляризация люминесценции. — Известия АН СССР. Серия физическая, 1945, т. 9, № 4/5, с. 317—327.

В том же 1924 г. Вадим Леонидович обнаружил и другое важное явление — концентрационную деполяризацию люминесценции, которое описал в уже названной нами статье «О поляризованном свете флуоресценции растворов красок». Он показал, что по мере роста концентрации раствора степень поляризации его свечения начинает быстро уменьшаться. Впоследствии явление концентрационной деполяризации, обусловленное резонансной передачей энергии возбуждения между соседними молекулами, стало широко использоваться в качестве чувствительного индикатора, указывающего на возникновение этого важного процесса.

Перечисленные работы Лёвшина по изучению свойств и созданию теории поляризованной люминесценции молекул по праву считаются классическими. Они вошли в золотой фонд мировой науки и заложили основы высокочувствительных поляризационных люминесцентных методов исследования строения и свойств вещества, которые в наши дни приобретают все большее значение в физике, химии, молекулярной биологии, в исследованиях по фотосинтезу и т. д.

Возвращение в университет. Установление правила зеркальной симметрии

В молодые годы педагогическая и научная деятельность С. И. Вавилова во многом была связана с Московским университетом. Он вернулся с фронта первой мировой войны в 1918 г. и начал работать на физико-математическом факультете в должности приват-доцента. В 1929 г. Вавилов становится здесь профессором и заведующим кафедрой общей физики, которую с большим успехом возглавлял до 1932 г. На физико-математическом факультете С. И. Вавилов поставил ряд интересных работ в области люминесценции. Однако в 1932 г. он был избран в действительные члены Академии наук СССР и назначен научным руководителем Государственного оптического института (ГОИ) в Ленинграде, который ныне носит его имя. Не желая, чтобы начатые им в Московском университете исследования прекратились, Сергей Иванович предложил Лёвшину перейти в МГУ и возглавить

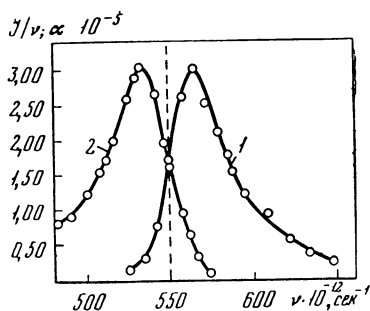


Рис. 1. Зеркальная симметрия спектров поглощения (1) и люминесценции (2) растворов красителя родамина 6Ж в ацетоне

там работы в области люминесценции. Вадим Леонидович принял это предложение, и в 1932 г. был избран действительным членом Научно-исследовательского института физики МГУ.

На физическом факультете МГУ Вадим Леонидович выполнил ряд очень важных исследований. Среди них следует прежде всего отметить открытие и экспериментальную проверку правила зеркальной симметрии спектров поглощения и люминесценции сложных органических

молекул. Это правило вошло в мировую литературу под названием «правила зеркальной симметрии Лёвшина».

Занимаясь проблемами поляризованной люминесценции, Вадим Леонидович прекрасно понимал, что только всестороннее изучение всех важнейших оптических характеристик вещества дает возможность глубоко разобраться в сложнейших процессах его взаимодействия со светом. Такими характеристиками являются спектры поглощения и люминесценции, в которых находят отражение поглощательные и излучательные свойства вещества. Именно на их изучении и сосредоточил внимание Вадим Леонидович. Первая работа этого классического цикла была опубликована в 1931 г.¹

Во время этих исследований Лёвшин открыл одну из важнейших закономерностей, присущих многим веществам, обладающим молекулярным свечением. Путем тщательного изучения спектров поглощения и люминесценции растворов красителей он обнаружил, что в ряде случаев они являются зеркально-симметричными. Вадим Леонидович показал, что если по оси абсцисс откладывать частоты ν , а по оси ординат для спектра поглощения — показатели поглощения α , а для спектра люминесценции — квантовые интенсивности $J_{\text{кв}} = J/\nu$, характеризую-

¹ Лёвшин В. Л. Соответствие спектров флуоресценции и абсорбции растворов и влияние температуры на них. — Журнал физической химии, 1931, т. 2, № 5, с. 641—661.

щие распределение излучаемых квантов люминесценции по частотам, то нормированные спектры поглощения и люминесценции зеркально-симметричны относительно прямой, проходящей перпендикулярно к оси частот через точку пересечения кривых обоих спектров (рис. 1).

Зеркальная симметрия спектров наблюдается у растворов очень многих сложных органических веществ. У некоторых из них она проявляется и в разреженных парах, у других — соблюдается лишь качественно. Нередко встречаются вещества, у которых ее вовсе не удастся обнаружить. Поэтому правило зеркальной симметрии спектров поглощения и люминесценции является не всеобщей, а предельной закономерностью, которая весьма часто реализуется у веществ, обладающих молекулярным свечением. Поясняя эту мысль, С. И. Вавилов писал: «Универсальность закона зеркальной симметрии можно понимать только в указанном смысле предельности. Точно так же, например, законы абсолютно черного излучения составляют предел реального температурного излучения»².

Математически правило зеркальной симметрии может быть записано в виде

$$\nu_{\text{н}} + \nu_{\text{л}} = 2\nu_0, \quad (8)$$

где $\nu_{\text{н}}$ — частота поглощаемого света, $\nu_{\text{л}}$ — симметричная ей частота в спектре люминесценции ν_0 — частота **линии** симметрии, проходящей через точку пересечения обоих спектров. Это соотношение может быть приведено к другому виду:

$$\nu_{\text{н}} - \nu_{\text{л}} = 2(\nu_{\text{н}} - \nu_0). \quad (9)$$

Отсюда следует, что в случае строгого выполнения правила зеркальной симметрии спектров между величинами $\Delta\nu = \nu_{\text{н}} - \nu_{\text{л}}$ и $\nu_{\text{н}}$ должна иметь место линейная зависимость. Тогда, откладывая по оси абсцисс $\nu_{\text{н}}$, а по оси ординат $\Delta\nu$, мы должны получить прямую линию с угловым коэффициентом, равным 2. Построение этой линейной зависимости — удобный способ проверки выполнения правила зеркальной симметрии спектров. В работах Лёвшина такие зависимости были получены для растворов многих красителей (рис. 2).

² Вавилов С. И. О фотолюминесценции растворов. — Известия АН СССР. Серия физическая, 1945, т. 9, № 4—5, с. 285.

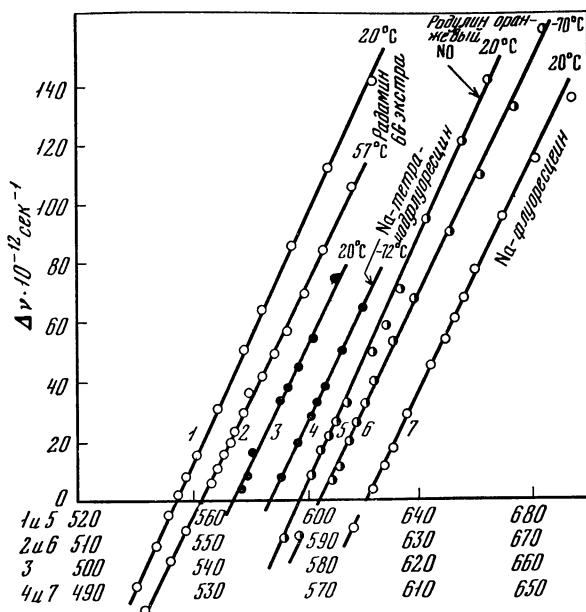


Рис. 2. Проверка правила зеркальной симметрии для растворов родамина 6Ж экстра, Na-тетраиодфлуоресцеина, родулина оранжевого NO и Na-флуоресцеина при комнатной (+20° C) и низкой (-57, -70, -72° C) температурах

Правило зеркальной симметрии спектров имеет глубокий физический смысл. Оно означает, что для данного вещества отношение квантовой излучательной способности к его поглотительной способности для симметричных частот есть величина постоянная на протяжении всего спектра. Это указывает на тесную связь между процессами поглощения и испускания света в сложных молекулах.

В 1937 г. Лёвшин опубликовал работу, в которой сформулировал физические условия, необходимые для возникновения зеркальной симметрии спектров поглощения и люминесценции³. Он показал, что для этого должна осуществляться зеркальная симметрия частот и интенсив-

³ Лёвшин В. Л. Попытка квантовой интерпретации зеркальной симметрии спектров абсорбции и люминесценции. — Журнал физической химии, 1937, т. 9, вып. 1, с. 1—11.

ностей поглощения и излучения в соответствующих участках спектра.

Первое требование симметрии частот означает, что каждой частоте в спектре поглощения должна соответствовать симметричная ей частота в спектре люминесценции. Вадим Леонидович установил, что для выполнения этого условия необходимо, чтобы системы энергетических колебательных уровней нормального и первого возбужденного электронных состояний молекул были построены одинаково. При этом частота линии симметрии спектров ν_0 соответствует частоте чисто электронного перехода.

Для достижения зеркальной симметрии интенсивностей в зеркально-симметричных частотах спектров поглощения и люминесценции, в свою очередь, необходимо выполнение двух условий:

1. Молекулы должны одинаково распределяться по колебательным уровням их нормального и возбужденного электронных состояний:

$$n_{k''} = n_{k'}. \quad (10)$$

2. Должны быть пропорциональны вероятности соответствующих поглощательных ($W_{k''i'}$) и излучательных ($W_{k'i''}$) переходов:

$$W_{k''i'} = bW_{k'i''}, \quad (11)$$

где b — некоторая константа, характерная для каждого исследуемого вещества, сохраняющая постоянное значение для всех частот спектра.

Таким образом, правило зеркальной симметрии устанавливает количественную связь между спектрами поглощения и люминесценции у широкого круга молекул. При этом как строгое выполнение этого правила, так и отступление от него дают ценную информацию об оптических свойствах молекул. Эти данные позволяют судить о строении энергетических уровней их нормального и первого возбужденного состояний, делать заключение об их относительной заселенности и относительных значениях вероятностей соответствующих поглощательных и излучательных переходов, а также определять значения частот чисто электронных переходов.

Вместе с тем открытие В. Л. Лёвшиным правила зеркальной симметрии и выяснение условий его выполнения сделали возможным создание общей теории, уста-

навливающей связь между спектрами поглощения и люминесценции в молекулярных системах, и в значительной степени стимулировали последующие работы в этой области. Особенно значительных результатов в этом направлении добился Б. И. Степанов, который в 1957 г., исходя из самых общих термодинамических соображений, не учитывая индивидуальных особенности молекул, получил универсальное соотношение между их спектрами поглощения и люминесценции. Это соотношение носит его имя⁴.

Работы по открытию и теоретическому обоснованию правила зеркальной симметрии спектров поглощения и люминесценции растворов красителей легли в основу диссертации Вадима Леонидовича. Ему было разрешено представить вместо нее совокупность выполненных им спектроскопических исследований и сделать соответствующий доклад на Ученом совете Физического института АН СССР имени П. Н. Лебедева. Защита состоялась 13 марта 1935 г. Она прошла блестяще. И официальные оппоненты, и члены Ученого совета единодушно отмечали высокий уровень исследований В. Л. Лёвшина и исключительную важность полученных им результатов. 15 марта 1935 г. Президиум Академии наук СССР присудил Вадиму Леонидовичу, минуя кандидатскую, ученую степень доктора физических наук. Впоследствии профессор С. Н. Ржевкин вспоминал, что возвращался домой с этого заседания вместе с академиком (тогда еще членом-корреспондентом АН СССР) П. А. Ребиндером, который говорил, что ему еще не приходилось бывать на столь блестящей защите. «Вот это работа, так работа!» — восторженно повторял он.

Почти одновременно состоялись защиты докторских диссертаций Б. М. Вула и И. М. Франка. Газета Академии наук СССР «За социалистическую науку» 23 марта 1935 г. посвятила этому событию свою первую страницу, где под рубрикой «Растут и крепнут ряды советских ученых» поместила портреты трех докторов физических наук и репортажи ведущих советских физиков об их достижениях. С таким репортажем о В. Л. Лёвшине выступил академик С. И. Вавилов. «В результате длительных, трудных и с исключительной тщательностью выполненных

⁴ *Степанов Б. И.* Универсальное соотношение между спектрами поглощения и люминесценции сложных молекул. — Доклады АН СССР, 1957, т. 112, № 5, с. 839—841.

опытов, — писал он, — В. Л. Лёвшину удалось открыть замечательный, пока эмпирический закон соответствия между спектрами абсорбции и флуоресценции. Сам по себе этот закон представляет несомненно одну из интереснейших задач для теории молекул, вместе с тем, как с поразительной убедительностью показано В. Л. Лёвшиным, этот закон приобретает значение важного эвристического метода при изучении флуоресценции.

Учение о флуоресценции многим обязано работам В. Л. Лёвшина и в особенности его фундаментальным исследованиям по теории поляризации флуоресценции. Закон соответствия является вторым очень крупным вкладом в данную область.

В лице В. Л. Лёвшина советская наука уже много лет имеет крупного исследователя, умеющего находить и решать большие темы и попутно дающего существенные технические результаты»⁵.

Изучение зеркальной симметрии спектров поглощения и люминесценции привело Вадима Леонидовича к исследованию влияния на них температуры и концентрации раствора. В результате он пришел к важному выводу об ассоциационной природе концентрационного тушения люминесценции⁶. Эти исследования явились основополагающими в области оптического изучения процессов молекулярной ассоциации растворов сложных органических веществ. На них мы более подробно остановимся в дальнейшем.

В эти же годы на физическом факультете МГУ В. Л. Лёвшин совместно со своим аспирантом, впоследствии доктором наук В. В. Антоновым-Романовским, провел очень важное исследование законов затухания свечения кристаллофосфоров и установил рекомбинационный характер этого процесса⁷. Исследование, опровергшее существовавшие долгие годы представления о природе люминесценции кристаллофосфоров, носило пионерский характер. Оно было первым в Советском Союзе, посвященным количественному изучению их свечения. В апреле

⁵ За социалистическую науку, 1935, 23 марта.

⁶ Лёвшин В. Л. О связи спектров абсорбции и люминесценции в концентрированных растворах красителей. — Доклады АН СССР, 1934, т. 2, № 7, с. 405—408.

⁷ Лёвшин В. Л., Антонов-Романовский В. В. О применении гиперболической функции для описания затухания фосфоров. — Доклады АН СССР, 1933, т. 1, № 5, с. 205—206.

1934 г. эта работа с большим успехом была доложена на секции физики первой Московской конференции молодых научных работников по физико-математическим, химическим, географическим и естественным наукам.

Исследования свечения кристаллофосфоров и возможностей их практического применения были продолжены в двух последующих работах Вадима Леонидовича. Вместе с двумя своими сотрудниками он изучил явление тушения фосфоресценции кристаллофосфоров инфракрасными лучами с целью применения его к фотографированию в инфракрасной части спектра⁸.

Начиная работы по исследованию свечения кристаллофосфоров, Вадим Леонидович понимал необходимость изучения этих сложнейших объектов не только с физической, но и с химической точек зрения. Сведения об изучавшихся образцах пород были настолько скудны, что исследователи часто были вынуждены называть их препарат № 1, препарат № 2 и т. д. Химики, готовившие светосоставы, испытывали большие затруднения при определении их оптических характеристик. В 1932 г. по рекомендации академика П. А. Ребиндера руководитель лаборатории светосоставов Государственного института редких металлов С. А. Фридман обратился за консультацией к Вадиму Леонидовичу. Обсуждая проблему, оба ученых пришли к единодушному мнению о необходимости проведения комплексных физико-химических исследований кристаллофосфоров различного состава. Именно по этому пути и пошло развитие научных и прикладных работ по люминесценции кристаллофосфоров. Ныне такой подход к данным исследованиям считается само собой разумеющимся, а в те годы ряд ученых пытался строго разграничить вопросы, относящиеся исключительно к области физики или к области химии люминофоров.

Особенно продуктивное сотрудничество физиков и химиков началось в 1940 г., когда по предложению С. И. Вавилова и В. Л. Лёвшина Совнарком СССР передал часть лаборатории светосоставов С. А. Фридмана в Физический

⁸ Лёвшин В. Л., Антонов-Романовский В. В., Тумерман Л. А. О фотографировании в инфракрасной части спектра по методу тушения фосфоресцирующих экранов. — Доклады АН СССР, 1933, т. 1, № 6, с. 276—278; Они же. Исследования по фосфоресценции. — Журнал экспериментальной и теоретической физики, 1934, т. 4, № 10, с. 1033—1048.

институт Академии наук СССР (ФИАН). Практическим результатом этого был ряд интересных научных достижений, создание люминесцентных ламп дневного света, люминесцентных экранов электронно-лучевых приборов, светосоставов для регистрации инфракрасных излучений и т. д.

Работа в Физическом институте АН СССР имени П. Н. Лебедева в предвоенные годы

В 1932 г. С. И. Вавилов был назначен научным руководителем физического отдела Физико-математического института АН СССР. В то время это было очень маленькое научное учреждение, весь его штат состоял из директора, двух заведующих отделами и четырех сотрудников. С 1917 по 1932 г. сотрудники физического отдела выполнили всего 15 работ. «Одно время (1931—1932), — писал впоследствии Вавилов, — имелась даже тенденция к преобразованию физического отдела в чисто теоретический центр, связанный в основном с математическим отделом Института»¹.

Таким образом, в рамках Академии наук СССР в то время физики практически не существовало. Все основные научные силы были сосредоточены в ленинградских Государственном оптическом, Физико-техническом и Радиовом институтах, которые не входили в систему Академии наук. Считая такое положение принципиально неверным, президент Академии наук СССР академик В. Л. Комаров поставил перед С. И. Вавиловым задачу превратить этот маленький физический отдел в мощный и многосторонне развитый Физический институт АН СССР.

Вавилов принял это предложение и энергично взялся за реорганизацию физического отдела. В то время Физико-математический институт размещался в правом крыле главного здания Академии наук СССР в Ленинграде. Вспоминая об этих годах, Сергей Иванович писал:

¹ Вавилов С. И. Физический кабинет. Физическая лаборатория. Физический институт Академии наук СССР за 220 лет. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1945, с. 58.

«По существу говоря, под общей вывеской Физико-математического института уже с начала 1933 года существовало два отдельных института, Физический и Математический. Мы, т. е. академик И. М. Виноградов и я, являлись дуумвирами, объединявшимися только общей хорошей библиотекой»².

Благодаря усилиям Сергея Ивановича институт быстро рос и укреплялся. В середине 1933 г. Вавилов писал: «В настоящее время в физическом отделе Физико-математического института работают 26 сотрудников и 7 аспирантов. Число научных сотрудников 17. Оборудование лаборатории еще далеко до нормального, в частности нуждается в расширении механическая мастерская и стеклотрунная»³.

Работая над созданием Физического института, Вавилов категорически отверг предложения о превращении его в чисто теоретический центр. Он проявил большую дальновидность, добиваясь того, чтобы в институте были представлены все наиболее перспективные направления современной физики. Он считал, что институт со временем должен превратиться в центр физической мысли нашей страны.

В 1934 г. было принято решение о переводе Академии наук СССР из Ленинграда в Москву. Летом 1934 г. одним из первых переехал в Москву отделившийся от Физико-математического института Физический институт. Для него было отведено здание бывшего Института физики и биофизики Наркомздрава РСФСР на 3-й Миусской улице. По предложению Вавилова новому институту было присвоено имя П. Н. Лебедева. По словам Сергея Ивановича, «именем Лебедева как бы связывалась старая академическая физика с московской»⁴. Институт получил свое теперешнее название — Физический институт Академии наук СССР имени П. Н. Лебедева (ФИАН).

В Москве ФИАНу было предоставлено по тем временам довольно большое здание, в связи с чем открылись значительные возможности проведения научных исследо-

² Вавилов С. И. Физический кабинет. Физическая лаборатория. Физический институт Академии наук СССР за 220 лет. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1945, с. 59—60.

³ Вавилов С. И. Физический отдел Физико-математического института Академии наук. — Вестник АН СССР, 1933, № 6, с. 2—3.

⁴ Вавилов С. И. Физический кабинет. Физическая лаборатория. Физический институт Академии наук СССР за 220 лет, с. 61.

ваний. Однако в тот момент возникла острая необходимость пополнения института высококвалифицированными кадрами, так как из Ленинграда в Москву смогли переехать лишь 30 человек, среди них Н. Д. Папалекси, С. Н. Вернов, Б. М. Вул, Л. В. Грошев, Н. А. Добротин, И. М. Франк, П. А. Черенков и др.

В то время единственным крупным физическим учреждением в Москве был Научно-исследовательский институт физики Московского университета. С. И. Вавилов пригласил на работу в ФИАН многих крупных ученых из этого института. В ФИАНе начали работать Д. И. Блохинцев, В. И. Векслер, Г. С. Ландсберг, М. А. Леонтович, Л. И. Мандельштам, П. А. Ребиндер, С. Н. Ржевский, И. Е. Тамм и другие крупные физики. Принял приглашение Вавилова и Вадим Леонидович, с тех пор он проработал в ФИАНе 35 лет — до последних дней жизни. Он начал свою деятельность в лаборатории люминесценции Физического института в качестве ученого специалиста, а затем после защиты докторской диссертации получил должность старшего ученого специалиста.

При этом Вадим Леонидович сохранил связи с Московским университетом и поставил многие интересные работы в области люминесценции в ФИАНе с участием студентов-дипломников физического факультета МГУ. Так, в 1938 г. появились работа В. Л. Лёвшина и О. А. Певуновой, посвященная природе люминесценции борных фосфоров⁵, и статья В. Л. Лёвшина и Е. П. Рикман по изучению механизма фосфоресценции самариевых фосфоров⁶. В 1939 г. Вадим Леонидович со своими дипломниками В. Н. Алявдиным и В. В. Федоровым изучили затухание свечения ряда фосфоров (хром-алюминатов, виллемита и др.)⁷. Наконец, из работ того времени необходимо назвать дипломную работу В. В. Сорокиной, которая под руководством В. Л. Лёвшина (1936—1937) изучала изменение цветности ртутных ламп при помощи родами-

⁵ Лёвшин В. Л., Певунова О. А. О природе люминесценции борных фосфоров и о роли борной кислоты в процессе свечения. — Труды ФИАН, 1938, т. 1, вып. 4, с. 35—42.

⁶ Лёвшин В. Л., Рикман Е. П. Исследование механизма фосфоресценции самариевых фосфоров по ходу затухания их свечения. — Доклады АН СССР, 1938, т. 20, № 6, с. 445—448.

⁷ Алявдин В. Н., Лёвшин В. Л., Федоров В. В. Исследование затухания некоторых классов люминесцирующих веществ ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Cr}$, $\text{CdI}_2 \cdot \text{MnCl}_2$, $\text{Zn}_2\text{SiO}_4 \cdot \text{Mn}$). — Доклады АН СССР, 1939, т. 25, № 2, с. 107—111.

новых пленок. Это было одно из первых поисков исследований в области разработки принципиально новых источников света — люминесцентных ламп.

В те годы в ряде институтов и прежде всего в ФИАНе под руководством С. И. Вавилова широко развернулись исследования с целью создания этих высокоэкономичных источников света. Вадим Леонидович активно помогал ему в этом, о чем пойдет речь дальше. Сейчас лишь отметим некоторые работы, выполненные в ФИАНе под руководством Вадима Леонидовича в предвоенные годы. Совместно с Л. А. Винокуровым и В. Д. Ивановым он провел широкие поиски люминесцирующих веществ, позволяющих увеличивать светоотдачу и исправлять цветность газосветовых источников света⁸. Для улучшения характеристик ртутных ламп нужного давления были предложены различные препараты уранил-фосфата. Еще лучшие результаты удалось получить с цинк-силикатами, активированными марганцем. Для ламп высокого давления наиболее подходящими веществами оказались алюминаты, активированные самарием и хромом.

Совместно с Вавиловым Вадим Леонидович исследовал механизм свечения ряда веществ, пригодных для эксплуатации в люминесцентных источниках света⁹. В работе, выполненной совместно с С. А. Фридманом, А. А. Черепневым и В. В. Антоновым-Романовским, он занимался вопросами увеличения красной и сине-голубой части спектра излучения ртутных ламп сверхвысокого давления. Авторы также добивались уменьшения абсорбции люминоформ синего света ртутного разряда. По всем этим направлениям были достигнуты значительные успехи¹⁰.

⁸ Винокуров Л. А., Иванов В. Д., Лёвшин В. Л. О некоторых люминесцирующих веществах, применяемых для повышения светоотдачи и исправления цветности ртутных источников света. — Известия АН СССР. Серия физическая, 1940, т. 4, № 1, с. 134—138.

⁹ Вавилов С. И., Лёвшин В. Л. Исследование люминесценции твердых тел и применение фосфоров в люминесцентных источниках света. — В кн.: План научно-исследовательских работ АН СССР на 1940 г. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1940, с. 29—30.

¹⁰ Фридман С. А., Черепнев А. А., Антонов-Романовский В. В., Лёвшин В. Л. Исправление состава излучения ртутных ламп сверхвысокого давления. — В кн.: Научно-исследовательские работы институтов, входящих в Отделение физико-математических наук АН СССР за 1940 г.: (Сборник рефератов). М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1941, с. 72—73..

Наконец, совместно с М. А. Константиновой-Шлезингер Вадим Леонидович провел обширное исследование свойств механизма люминесценции силикатов — наиболее перспективных покрытий ртутных ламп низкого давления¹¹. Фосфоры этого типа были необходимы в качестве одной из компонент покрытий для получения ртутных ламп белого и дневного света. Кроме того, они могли быть использованы для создания цветных источников света. Результаты, полученные в этих работах, внесли очень существенный вклад в создание люминесцентных источников света.

В начале ноября 1940 г. в Ленинграде состоялось VI Всесоюзное совещание по свойствам полупроводников, посвященное 60-летию академика А. Ф. Иоффе. К тому времени уже был выполнен обширный цикл исследований в области люминесценции кристаллофосфоров, обладающих полупроводниковыми свойствами. Это позволило Вадиму Леонидовичу, руководившему этими исследованиями, выступить на совещании с большим докладом, обобщившим итоги работ как собственных, так и его сотрудников¹².

В предвоенные годы В. Л. Лёвшин выполнил и другие интересные работы. Среди них можно назвать обширное исследование абсорбционных и люминесцентных свойств ураниловых солей¹³, изучение совместно с С. Н. Ржевкиным механизма свечения жидкостей под действием ультразвука (сонолюминесценция)¹⁴ и ряд важных исследований люминесценции кристаллофосфоров. В 1935 г. Вадим Леонидович завершил монографию «Светящиеся составы», которая вышла в следующем году. Это была первая советская монография в области люминесценции¹⁵.

¹¹ Константинова-Шлезингер М. А., Лёвшин В. Л. Исследование свечения цинк- и кадмий-силикатов. — Там же, с. 75.

¹² Лёвшин В. Л. Современные исследования механизма свечения полупроводников. — Известия АН СССР. Серия физическая, 1940, т. 5, № 4/5, с. 510—522.

¹³ Лёвшин В. Л. Исследование спектров абсорбции и люминесценции ураниловых солей и их растворов. — Там же, 1937, т. 2, с. 185—205.

¹⁴ Лёвшин В. Л., Ржевкин С. Н. К вопросу о механизме свечения жидкостей при воздействии ультразвука. — Доклады АН СССР, 1937, т. 16, № 8, с. 407—412.

¹⁵ Лёвшин В. Л. Светящиеся составы. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1936, 134 с.

Работы по люминесценции приобретали все больший размах во всем мире. Все более широкий круг ученых включал люминесценцию в сферу своих научных интересов. Под влиянием этого в 1936 г. в Варшаве был созван I Международный конгресс по люминесценции. По ряду причин Вадим Леонидович не смог туда поехать, но он представил большой обобщающий доклад относительно природы свечения кристаллофосфоров¹⁶. Зачитанный на конгрессе, доклад вызвал большой интерес у зарубежных ученых.

В предвоенные годы ФИАН бурно развивался. «За семь неполных лет, протекших со времени переезда из Ленинграда в Москву до начала войны, — рассказывал один из его старейших сотрудников академик Б. М. Вул, — ФИАН не по годам вырос и стал по тем временам крупным физическим институтом. Его отличительной особенностью была высокая концентрация высококвалифицированных физиков старшего поколения и более молодых, полностью посвятивших себя науке.

К началу войны ФИАН был уже по существу комплексным Физическим институтом. В нем проводились научные исследования по следующим разделам физики: люминесценция (С. И. Вавилов и В. Л. Лёвшин); научные основы радиотехники (лаборатория колебаний во главе с Л. И. Мандельштамом и Н. Д. Папелекси); акустика (Н. Н. Андреев и С. Н. Ржевкин); оптика (Г. С. Ландсберг и С. Л. Мандельштам); космические лучи и ядерная физика (Д. В. Скобельцын, И. М. Франк); физика диэлектриков (Б. М. Вул); теоретическая физика под эгидой Л. И. Мандельштама (И. Е. Тамм, М. А. Леонтович, Д. В. Блохинцев, М. А. Марков, В. Л. Гинзбург, Е. Л. Фейнберг)».

К началу войны штат сотрудников ФИАН состоял из 117 человек, в числе которых было 48 научных сотрудников (включая 4 академиков и 5 членов-корреспондентов АН СССР) и 43 человека научно-технического персонала. Кроме того, в институте работало 10 аспирантов, 3 докторанта и 25 прикомандированных. Таким образом, ФИАН стал крупным научным центром страны, решавшим важные задачи как фундаментального, так и прикладного характера.

¹⁶ *Lewschin W. L. Recherches sur la décroissance de la luminescence et le mécanisme d'émission de différentes substances. — Acta phys. Polon., 1936, N 5, s. 301—317.*

В годы Великой Отечественной войны

В воскресенье 22 июня 1941 г. мирный труд советских людей был прерван вероломным нападением гитлеровской Германии. На следующий же день, 23 июня 1941 г., состоялось расширенное заседание Президиума АН СССР, которое приняло решение о немедленной перестройке всей работы Академии наук на военный лад. «Все для фронта, все для победы!» — под таким девизом начали самоотверженно работать, как и весь наш народ, советские ученые.

С первых же дней войны часть сотрудников ФИАН была мобилизована в армию, многие вступили в Московское народное ополчение. Враг быстро приближался к Москве и Ленинграду, подвергая эти города варварским бомбардировкам. Для сохранения научных кадров и материальных ценностей, а также для скорейшего развития исследований, имеющих оборонное значение, в конце июля 1941 г. по решению правительства началась эвакуация академических институтов из Москвы. Местом нового расположения ФИАН была избрана Казань.

Подготовка эвакуации ФИАНа в Казань, рассказывал нам об этих днях академик Б. М. Вул, была проведена оставшимися в Институте сотрудниками весьма организованно и в краткие сроки. В деревянные ящики было упаковано все оборудование и станки, а также все книги библиотеки, бывшей в то время, как и в наши дни, наиболее полным собранием книг по физике у нас в стране. В организации эвакуации лабораторий ФИАН деятельное участие принял и В. Л. Лёвшин.

Переезд в Казань совершился. Семья Лёвшиных, состоявшая в то время из четырех человек, получила в одном из старых домов на Большой Красной улице пятнадцатиметровую комнату, служившую столовой, спальней, кухней и дровяным сараем.

Вместе с ФИАНом в Казань эвакуировались и другие институты Академии наук, которые также разместились в зданиях Казанского университета на улице Чернышевского. Небольшой его физический корпус был отведен под три института: первый этаж отдан Институту физических проблем, второй — Ленинградскому физико-техническому институту, третий — ФИАНу. В десяти небольших комнатах пришлось работать его 77 научным сотрудникам. Институтская библиотека расположилась в коридоре.

Производственные площади ФИАН были крайне ограничены, не хватало оборудования и материалов, необходимых для проведения исследований. В помещениях было холодно, мешали постоянные перебои с подачей электроэнергии и воды, газа вообще не было.

Несмотря на исключительно тяжелые производственные и бытовые условия, в которых оказались сотрудники Физического института и их семьи, они жили дружно, работали самоотверженно. Все понимали, что идет смертельная борьба, от исхода которой зависит судьба Советского государства. Поэтому, работая регулярно по 10 и более часов в день, каждый фиановец старался сделать все возможное, чтобы приблизить день победы над ненавистным врагом.

На время были оставлены исследования фундаментального характера. Все силы, знания и опыт сотрудники ФИАН отдали решению необходимых фронту и военнопromышленным предприятиям практических задач, и им удалось многое.

Впоследствии Вадим Леонидович писал: «Еще до войны мною было проведено несколько работ по спецтематике. С начала войны я перешел исключительно на оборонную специальную тематику». Под его руководством в этом направлении работала группа научных сотрудников, называвшаяся бригадой. В короткий срок бригада добилась практически важных результатов. Дважды, в 1942 и 1943 гг., ее работы Ученый совет ФИАН выдвигал на соискание Государственной премии.

Академик Б. М. Бул так описывает историю возникновения и проведения этих работ: «В первые месяцы войны С. И. Вавилов и группа сотрудников (среди которых был и В. Л. Лёвшин. — *Авт.*) посетили воинскую часть, где ученым Физического института показали снятое с подбитого немецкого танка небольшое устройство, одна из частей которого представляла собой пластинку, покрытую слоем особого вещества. С. И. Вавилов разгадал назначение устройства и установил, что принцип его действия основан на люминесценции в инфракрасных лучах.

Изучение чувствительности возбужденных кристаллофосфоров к инфракрасным лучам было начато в ФИАНе еще в 1933 г. (В. Л. Лёвшин, В. В. Антонов-Романовский); в Казани эти работы стали одним из ведущих направлений деятельности лаборатории люминесценции и

приобрели оборонное значение. Руководил ими С. И. Вавилов. В 1943 г. в лаборатории были получены и затем исследовались фосфоры с двумя редкоземельными активаторами, дающие яркую (зеленую или красную) вспышку под действием инфракрасных лучей. Для этого класса фосфоров инфракрасный свет действует, как спусковой механизм, освобождающий энергию, запасенную в фосфоре ранее, при возбуждении. На основе таких экранов из фосфоров были созданы приборы, которые успешно прошли в 1943 г. государственные испытания и были приняты на вооружение»¹.

Жилось Лёвшиным в Казани трудно и голодно. Положение несколько улучшилось, когда сотрудникам ФИАН были отведены огородные участки в шести километрах от города, куда Лёвшины регулярно после работы ходили работать. Зимой по утрам на стенах комнаты выступал толстый слой инея. Ежедневно Вадим Леонидович носил с работы домой через весь город укутанный в тряпки бидон с горячей водой, чтобы обеспечить семью горячим чаем.

По счастливой случайности в Казань из г. Бежецка был эвакуирован завод, на котором работал брат Вадима Леонидовича Марк Леонидович. Долгие годы находившиеся вдаль друг от друга, братья прожили вместе в Казани около двух лет. Их семьи дружили, свободное время проводили вместе. После войны братья не раз вспоминали трудные военные годы. Особенно им запомнился совместный поход на Волгу, на казанскую пристань, откуда пришлось тащить семь километров тяжелейшие сани с дровами, преодолевая стужу и ледяной ветер, бушевавший в открытом поле.

В это тяжелое для страны время Вадим Леонидович считал для себя невозможным оставаться вне рядов Коммунистической партии. В канун 25-й годовщины Великого Октября, 6 ноября 1942 г., он написал в партийную организацию Физического института заявление следующего содержания: «В дни Отечественной войны, желая наиболее полно служить любимой Родине, прошу принять меня в ряды Всесоюзной Коммунистической партии большевиков, неуклонно стоящей на страже интересов трудящихся, руководящей великой борьбой советского народа за свет-

¹ Вул. Б. М. ФИАН — обороне Родины. — Вестник АН СССР, 1975, № 4, с. 39.

лое будущее, организующей победу над озверелым фашизмом». В конце того же ноября партийная организация института приняла его кандидатом, а в январе 1945 г. — членом партии. Всю оставшуюся жизнь Вадим Леонидович находился в ее рядах. Он был принципиальным коммунистом и отдавал все свои способности, знания и опыт на претворение в жизнь постановлений Коммунистической партии и Советского правительства.

В военные годы академик С. И. Вавилов продолжал одновременно руководить и ФИАНом и ГОИ, который был эвакуирован в Йошкар-Олу, откуда Сергею Ивановичу приходилось периодически приезжать в Казань. В 1943 г. он был назначен уполномоченным Государственного Комитета Обороны и многое сделал для организации в обоих институтах работ по удовлетворению нужд фронта. Во время своих наездов из Йошкар-Олы в Казань Сергей Иванович не раз посещал В. Л. Лёвшина на Большой Красной улице. Именно здесь в начале 1943 г. он обсуждал с Вадимом Леонидовичем вопрос о необходимости скорейшего возвращения ФИАНа в Москву. Обоим ученым было ясно, что пребывание в Казани тормозит развитие широких исследований оборонного значения. В условиях, когда враг уже был отброшен далеко от Москвы, постановка вопроса о возвращении института в столицу становилась своевременной и разумной. Вскоре Сергею Ивановичу удалось добиться положительного решения. Осенью 1943 г. ФИАН возвратился в свое московское здание на Миусской площади, где Вадим Леонидович продолжал энергично работать по оборонной тематике.

Лишения военных лет и самоотверженный напряженный труд сильно пошатнули здоровье Вадима Леонидовича. В 1944 г. врачи направили его в подмосковный санаторий «Узкое», и он оказался в одной комнате с известным архитектором академиком В. А. Весниным. Они подружились, В. А. Веснин парисовал два портрета Вадима Леонидовича коричневым карандашом. Эти портреты интересны тем, что воссоздают образ В. Л. Лёвшина в военные годы. С них смотрит уставший человек со впалыми щеками и глубоко запавшими глазами.

Великая Отечественная война завершилась победой Советских Вооруженных Сил. Был разгромлен германский фашизм и японский милитаризм, народы Европы и Азии освобождены от их ненавистного ига. В нашей стране царил необычайный подъем. Вадим Леонидович энергично

включился в работу по скорейшему восстановлению народного хозяйства. Еще в предвоенные годы в Советском Союзе исследования в области люминесценции получили огромный размах и появилась настоятельная необходимость их координации. Проблемам научных исследований и их координации было посвящено первое Всесоюзное совещание по вопросам люминесценции, созданное Физико-математическим отделением АН СССР. Оно проходило с 5 по 10 октября 1944 г. в московском Доме ученых. Вадим



Вадим Леонидович Лёвшин,
1946 г.

Леонидович, один из организаторов и руководителей этого совещания, выступил на нем с большим обобщающим докладом по теории свечения кристаллофосфоров². В соответствии с решением совещания Президиум АН СССР 26 декабря 1944 г. создал при Физическом институте АН СССР имени П. Н. Лебедева Комиссию по люминесценции, которая с 1 сентября 1945 г. была передана непосредственно в ведение Отделения физико-математических наук АН СССР. Ее председателем был назначен академик С. И. Вавилов, его заместителем — В. Л. Лёвшин, занимавший этот пост до кончины С. И. Вавилова.

В первый состав комиссии (22 человека) наряду с представителями основных научных и промышленных организаций, работающих в области люминесценции, вошло несколько ведущих специалистов из смежных областей науки³. Отныне руководство всеми исследованиями,

² Лёвшин В. Л. Люминесценция кристаллических веществ. — Известия АН СССР. Серия физическая, 1945, т. 9, № 4/5, с. 355—368.

³ Тридцать лет работы Научного совета (Научный совет по проблеме «Люминесценция и развитие ее применений в народном хозяйстве»). М.: ФИАН СССР, 1976. 95 с.

ведущимися в стране в области люминесценции, осуществлялось из одного центра. Это сплотило специалистов и стимулировало бурное развитие фундаментальных и прикладных исследований по этому разделу науки.

В 1945 г. научные и научно-организационные заслуги Вадима Леонидовича получили высокую правительственную оценку. Он был награжден орденом Трудового Красного Знамени⁴, а в 1946 г. — медалью «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941—1945 гг.».

Летом 1945 г., сразу после окончания войны, Вадим Леонидович впервые выехал в месячную командировку за границу. Академия наук СССР направила его в Йену на оптические заводы Карла Цейса, побывал он и в других городах.

Исследование процессов молекулярной ассоциации и их влияния на концентрационное тушение люминесценции

Одно из центральных мест в научном творчестве Вадима Леонидовича Лёвшина занимают работы по изучению межмолекулярных взаимодействий в растворах красителей и их спектроскопических проявлений. Эти проблемы привлекали его внимание на протяжении всей жизни. Первую работу в этом направлении Лёвшин опубликовал в 1927 г.¹, последнюю — в 1968 г. Она предназначалась для юбилейного сборника, посвященного 70-летию известного польского физика, крупного специалиста в области люминесценции А. Яблонского, и увидела свет в Советском Союзе и Польше². Обширные исследования, проводившиеся Вадимом Леонидовичем более 40 лет, привели к созданию стройной теории разнообразных концентрационных эффектов, развивающихся при значительном уменьшении межмолекулярных расстояний.

⁴ Правда, 1945, 14 июня.

¹ *Lewschin W. L.* Die Auslöschung der Fluoreszenz in festen und flüssigen Farbstofflösungen. — *Ztschr. Phys.*, 1927, Bd. 43, H. 3/4, S. 230—253.

² *Лёвшин В. Л., Гринёва Ю. И.* О резонансном переносе энергии возбуждения между сложными молекулами. — *Журнал прикладной спектроскопии*, 1968, т. 9, вып. 4, с. 630—635.

Прежде всего Лёвшин заинтересовался природой широко распространенного явления концентрационного тушения люминесценции — падения выхода свечения при возрастании концентрации вещества в растворе. Этот эффект был обнаружен Д. Стоксом еще в середине прошлого столетия, но оказался очень сложным, был недостаточно изучен, и для его объяснения предлагалось много различных противоречивых гипотез.

Уже в первой работе этого цикла, которую Вадим Леонидович доложил в конце декабря 1926 г. на V съезде русских физиков, ему удалось получить фундаментальный результат³. Он доказал, что ход концентрационного тушения люминесценции у двух красителей — родулина и флуоресцеина, помещенных в сахарные леденцы, практически совпадает с ходом их тушения в жидких растворах. Следовательно, концентрационное тушение очень слабо зависит от вязкости среды. Этот вывод имеет принципиальное значение, так как доказывает, что концентрационное тушение вызывается не соударениями соседних молекул, а статическим взаимодействием между ними. Результат, полученный Лёвшиным, показал несостоятельность многих представлений о природе концентрационного тушения люминесценции, существовавших в то время.

Выясняя условия возникновения зеркальной симметрии спектров, Вадим Леонидович изучил влияние на них различных факторов — температуры, растворителя и концентрации. Одним из наиболее удобных объектов для исследования, у которого все эти эффекты проявляются очень сильно и своеобразно, оказался краситель родамина 6Ж. Изучая его растворы, ученый обнаружил резкую зависимость хода концентрационного тушения люминесценции от физико-химических свойств используемого растворителя. Так, в спиртах тушение вовсе не проявляется в очень широком диапазоне концентраций. Напротив, в воде начиная с концентрации $\sim 2 \cdot 10^{-4}$ г/мл наблюдается интенсивное тушение свечения этого красителя, а при $\sim 2 \cdot 10^{-3}$ г/мл выход его свечения становится близким нулю.

Одновременно с тушением свечения в водных растворах родамина 6Ж возникают резкие деформации его ви-

³ Лёвшин В. Л. Тушение и поляризация флуоресценции красок в концентрированных твердых и жидких растворах. — В кн.: V съезд русских физиков: (Перечень докладов, представленных на съезд, с кратким их содержанием). М.; Л.: Госиздат, 1926, с. 66—67.

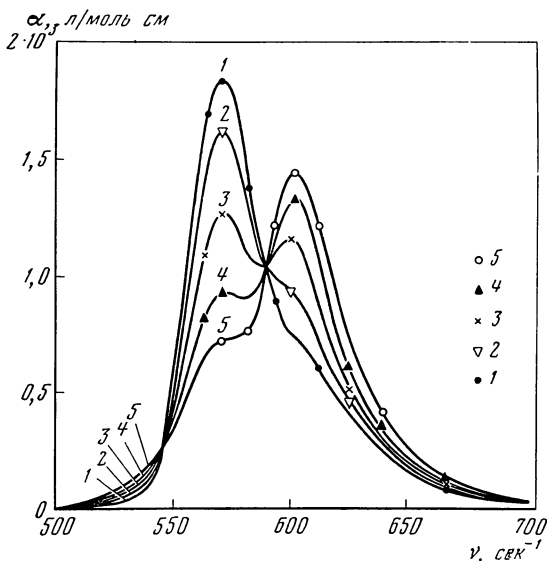


Рис. 3. Зависимость спектров поглощения водных растворов родамина 6Ж от концентрации, моль/л

1 — $4 \cdot 10^{-6}$; 2 — $4 \cdot 10^{-5}$; 3 — $2 \cdot 10^{-4}$; 4 — $1 \cdot 10^{-3}$; 5 — $4 \cdot 10^{-3}$

димой электронной полосы поглощения. Ее длинноволновый максимум, характерный для разведенного раствора, быстро падает, а вместо него развивается новый коротковолновый максимум. При этом все семейство спектров поглощения пересекается в одной так называемой изобеситической точке (рис. 3).

В спиртах и других полярных органических растворителях спектры поглощения красителей остаются стабильными в широком диапазоне концентраций. Не возникает в этом случае и концентрационного тушения их люминесценции.

В большинстве случаев, включая и водные растворы, форма спектров люминесценции остается неизменной при возрастании их концентрации. Однако у некоторых веществ в определенных условиях может наблюдаться возникновение новых полос излучения, смещенных в сторону длинных волн по отношению к спектру люминесценции разведенного раствора. Подобную картину Вадим Леони-

дович наблюдал еще в 1926 г. для различных концентраций родулиновых красителей в сахарных леденцах.

Далее он установил, что все описанные концентрационные эффекты полностью обратимы. Первоначальные свойства разведенных растворов восстанавливаются при разбавлении концентрированных растворов, а также при их нагревании. Им же была обнаружена зависимость хода концентрационного тушения люминесценции от длины волны возбуждающего света.

Для объяснения всех этих разнообразных концентрационных эффектов Вадим Леонидович выдвинул ассоциативную теорию⁴. Согласно его представлениям, при увеличении концентрации происходит сближение молекул красителей, которое может привести к их агрегации. Возникающие ассоциированные комплексы (в простейшем случае димеры) обладают своими индивидуальными оптическими свойствами, отличными от свойств мономерных молекул. Как правило, объединяясь в ассоциаты, молекулы красителя утрачивают свои люминесцентные свойства, что приводит к тушению их люминесценции. В случае образования люминесцирующих ассоциатов в спектре люминесценции появляется новая длинноволновая полоса. При этом в обоих случаях возникновение ассоциатов сопровождается появлением новой полосы поглощения при постепенном уменьшении поглощения мономерных молекул.

На развитие ассоционного процесса большое влияние оказывает окружающая среда. Одни растворители (вода) способствуют образованию ассоциированных комплексов, другие (спирты) препятствуют их возникновению. Любое уменьшение ассоциации (разведение раствора, его нагревание, использование неподходящего растворителя) приводит к восстановлению первоначальных свойств разведенного раствора, появлению полос поглощения и люминесценции мономерных молекул и увеличению выхода его люминесценции.

Эти представления оказались плодотворными и дали возможность Вадиму Леонидовичу объяснить большую часть концентрационных эффектов, развивающихся в растворах красителей. Вместе с тем они позволили создать

⁴ *Лёвшин В. Л.* О связи спектров абсорбции и люминесценции в концентрированных растворах красителей. — Журнал физической химии, 1935, т. 6, вып. 1, с. 1—19.

новый спектроскопический метод изучения такого важного процесса, как процесс молекулярной ассоциации. Так, еще в 1935 г. Лёвшин предложил три различных независимых метода определения степени ассоциации молекул в растворе (см. его статью «О связи спектров абсорбции и люминесценции в концентрированных растворах красителей»). Оказалось, что значения этой важной величины можно установить по концентрационным деформациям электронных полос поглощения, по ходу концентрационного тушения люминесценции, а также по различиям в развитии этого процесса при возбуждении свечения в максимумах поглощения мономеров и ассоциатов. На примере водных растворов родамина 6Ж он показал, что все три метода дают хорошо совпадающие результаты.

При рассмотрении всего обширного комплекса концентрационных эффектов ассоциационные представления встречали и существенные трудности. Исходя из них, не удавалось, например, объяснить такие важные явления, как концентрационную деполяризацию свечения, сенсibilизированную люминесценцию и концентрационные изменения среднего времени возбужденного состояния исследуемых молекул τ . К тому же широкое распространение получили и другие представления о природе концентрационных эффектов. В их основе лежала высказанная Ж. Перреном в 1927 г. идея о возможности резонансной передачи (миграции) энергии возбуждения между соседними, близко расположенными молекулами⁵. Наиболее полно эти представления были развиты в работах С. И. Вавилова⁶, а впоследствии Т. Фёрстера⁷, М. Д. Галанина⁸ и Д. Декстера⁹. Эти авторы считали, что такие эффекты, как концентрационная деполяризация, концентрационное тушение, концентрационные изменения τ и некоторые другие, обусловлены чисто физическими меж-

⁵ Perrin J. Fluorescence et induction moleculaire par resonance. — *Compt. rend.*, 1927, vol. 184, № 19, p. 1097—1100.

⁶ Вавилов С. И. Теория влияния концентрации на флуоресценцию растворов. — *Журнал экспериментальной и теоретической физики*, 1943, т. 13, № 1/2, с. 13—32.

⁷ Förster Th. Fluoreszenz Organischer Verbindungen. Göttingen, 1951.

⁸ Галанин М. Д. Резонансный перенос энергии возбуждения в люминесцирующих растворах. — *Труды ФИАН*, 1960, т. 12, с. 3—53.

⁹ Dexter D. L. A theory of sensitized luminescence in solids. — *J. Chem. Phys.*, 1953, Bd. 21, № 5, S. 836—850.

молекулярными взаимодействиями и связанной с ними резонансной миграцией энергии возбуждения. Эти представления также получили ряд убедительных экспериментальных подтверждений.

Вместе с тем авторы миграционной теории не могли объяснить такие важнейшие эффекты, как концентрационные деформации спектров поглощения и люминесценции, их температурную зависимость и ряд других явлений. Кроме того, и объяснение концентрационного тушения люминесценции миграцией энергии возбуждения между мономерными молекулами представлялось недостаточно убедительным и требовало дальнейших экспериментальных доказательств. Указанные трудности не были преодолены в этих работах. Их авторы по существу игнорировали многие из перечисленных выше эффектов, считая, что они вызваны не физическими, а физико-химическими факторами, которые не подлежат рассмотрению в их теории.

Такая двойственность в объяснении концентрационных эффектов, более двадцати лет бытовавшая в науке, вызывала у Вадима Леонидовича чувство глубокого неудовлетворения. Анализируя свои данные и результаты других авторов, он пришел к выводу, что только объединение представлений о молекулярной ассоциации и миграции энергии возбуждения позволит с единой точки зрения объяснить все многообразие сложных концентрационных эффектов. В 1955 г. на IV Всесоюзном совещании по люминесценции в Минске В. Л. Лёвшин выступил с большим докладом по этому вопросу¹⁰. Развита им теория базировалась на трех основных положениях.

1. В концентрированных растворах наряду с мономерами существуют и ассоциированные молекулы. Мономеры и ассоциаты имеют различные, не совпадающие между собой полосы поглощения.

2. В отличие от мономерных молекул ассоциаты не обладают люминесцентной способностью.

3. За время возбужденного состояния мономеров осуществляется резонансная передача части их энергии возбуждения на нелюминесцирующие ассоциаты, приводящая

¹⁰ Лёвшин В. Л. Влияние ассоциации и других физико-химических факторов на люминесценцию и поглощение сложных молекул в растворах. — Известия АН СССР. Серия физическая, 1956, т. 20, № 4, с. 397—409.

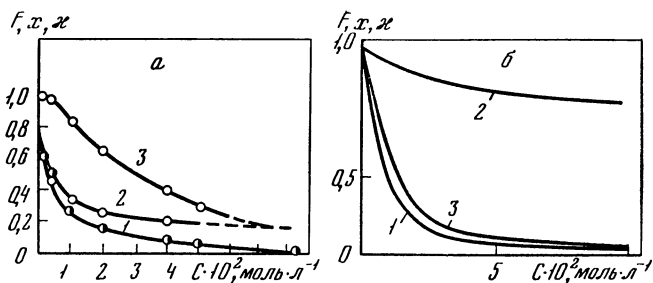


Рис. 4. Различные виды концентрационного тушения люминесценции водных растворов красителей родамина 6Ж (а) и Na-флуоресцеина (б)

1 — суммарное тушение; 2 — тушение, вызванное неактивным поглощением; 3 — миграционное тушение

к развитию тушения люминесценции. Миграция же энергии между возбужденными и невозбужденными мономерами существенного тушения не вызывает.

Учитывая эти обстоятельства, Вадим Леонидович показал, что концентрационное тушение вызывается прежде всего двумя факторами: неактивным поглощением возбужденного света нелюминесцирующими ассоциатами и миграцией возбуждения с мономеров на эти ассоциаты. Это позволило объяснить концентрационное уменьшение τ и понять отставание этой зависимости от хода концентрационного тушения люминесценции, которое обусловлено двумя указанными выше процессами.

В работе, доложенной в феврале 1958 г. VI Всесоюзному совещанию по молекулярной люминесценции и люминесцентному анализу в Ленинграде, В. Л. Лёвшин и Е. Г. Баранова предложили метод, позволивший количественно разделить суммарное концентрационное тушение люминесценции, наблюдаемое на опыте, на тушение свечения, вызванное неактивным поглощением возбужденного света, и тушение, обусловленное миграцией энергии, на нелюминесцирующие ассоциаты¹¹. Далее они показали, что у разных красителей при различных условиях опыта каждый из этих процессов может вносить существенно неодинаковый вклад в суммарное концентрационное туше-

¹¹ Лёвшин В. Л., Баранова Е. Г. Исследование природы концентрационного тушения люминесценции красителей в разных растворителях и разделение различных видов тушения. — Оптика и спектроскопия, 1959, т. 6, вып. 1, с. 55—64.

ние. Так, например, в водных растворах родаминовых красителей основное влияние на концентрационное тушение свечения оказывает неактивное поглощение нелюминесцирующих ассоциатов (рис. 4, а). Напротив, в водных растворах красителя N_a — флуоресцеина тушение люминесценции прежде всего вызвано миграционными процессами (рис. 4, б) ¹².

В последующие годы ассоционная теория концентрационных эффектов в растворах сложных органических веществ получила существенное развитие в цикле работ В. Л. Лёвшина и его учеников ¹³. Полученные ими результаты подтвердили справедливость основных положений, выдвинутых Вадимом Леонидовичем. В частности, было доказано, что в обычных условиях концентрационное тушение люминесценции обусловлено в первую очередь возникновением нелюминесцирующих ассоциированных комплексов в растворах, а миграция энергии возбуждения между мономерными молекулами, как правило, не вызывает существенного развития безызлучательных процессов ¹⁴.

Следует также отметить, что в условиях большого влияния ближайшего окружения молекул среды на молекулы растворенного вещества, вызывающего неоднородное уширение их электронных уровней, получает развитие направленная миграция энергии возбуждения между мономерами, имеющими неодинаковое расположение энергетических уровней. Этот процесс может вызывать заметное

¹² Лёвшин В. Л., Крогова Л. В. Ассоциационная природа концентрационного тушения люминесценции N_a — флуоресцеина в водных и глицериновых растворах. — Там же, 1962, т. 13, вып. 6, с. 809—818.

¹³ Лёвшин В. Л. Миграция энергии в растворах и ассоциационная теория тушения люминесценции. — Известия АН СССР. Серия физическая, 1962, т. 26, № 1, с. 43—52; Он же. Концентрационное тушение люминесценции растворов. — Там же, 1963, т. 27, № 4, с. 540—550; Он же. О характерных особенностях различных видов миграции энергии в растворах. — Там же, 1965, т. 29, № 8, с. 1260—1265.

¹⁴ Лёвшин Л. В., Низамов Н. Ассоциационная природа концентрационного тушения люминесценции растворов красителей и других родственных органических соединений. — Вестник МГУ. Сер. 3, Физика, астрономия, 1963, № 3, с. 42—48; Лёвшин Л. В., Белли Е. Ю., Славнова Т. Д., Южаков В. И. Природа концентрационного тушения люминесценции спиртовых растворов родаминовых красителей. — Оптика и спектроскопия, 1974, т. 36, № 3, с. 503—508.

концентрационное тушение люминесценции и в отсутствие ассоциации молекул растворенного вещества¹⁵.

Ассоционная теория концентрационных эффектов Лёвшина — крупный вклад в молекулярную люминесценцию и теорию жидкого состояния вещества. Она значительно развивает учение о межмолекулярных взаимодействиях и находит широкое применение в химии и биологии, оказывается очень существенной при изучении таких важнейших процессов, как фотосинтез; без нее нельзя обойтись и при разработке многих новых методов люминесцентного и молекулярного анализа вещества.

В научном наследии Вадима Леонидовича Лёвшина заметное место занимают также работы, посвященные изучению оптических, и прежде всего спектральных, свойств молекул различных классов соединений. Особенно большое внимание он уделял растворам красителей, которые оказались очень удобными объектами для изучения важнейших закономерностей, присущих молекулярному свечению. Им было изучено влияние температуры, концентрации и природы растворителя на спектры поглощения, люминесценции, поляризации и выход свечения, а также на длительность возбужденного состояния молекул разнообразных красителей¹⁶.

Бадим Леонидович изучал также влияние температуры, окружающей среды и структуры молекул на спектральные свойства различных производных антрацена¹⁷, акридина¹⁸, дифенила и других ароматических углеводородов¹⁹. В работах, выполненных с Х. И. Мамедовым, были изучены квазилинейчатые спектры поглощения, флуорес-

¹⁵ Сенаторова Н. Р., Лёвшин Л. В., Рыжиков Б. Д. Концентрационное тушение в условиях неоднородного уширения электронных спектров молекул растворенного вещества. — Журнал прикладной спектроскопии, 1979, т. 30, № 4, с. 658—661.

¹⁶ Лёвшин В. Л. Фотолюминесценция жидких и твердых веществ. М.; Л.: Гостехиздат, 1951.

¹⁷ Жевандров Н. Д., Лёвшин В. Л., Мозгова К. К. О влиянии структуры молекул 9,10-диарилдиаминоантраценов на оптические свойства. — Известия АН СССР. Серия физическая, 1949, т. 13, № 1, с. 49—66.

¹⁸ Лёвшин В. Л., Тарасова Т. М. Влияние структуры молекулы и температуры среды на люминесценцию и поглощение сложных молекул. — Там же, 1951, т. 15, № 5, с. 573—584.

¹⁹ Лёвшин В. Л., Мамедов Х. И., Сергисенко С. Р., Пустильникова С. Д. Спектры флуоресценции ароматических углеводородов ряда дифенила и их кислород- и серусодержащих аналогов. — Известия АН СССР. Серия химическая, 1959, № 9, с. 1571—1578.

ценции и флуоресценции ряда соединений, полученные методом Шпольского²⁰. Это позволило провести детальный анализ колебательной структуры их электронных спектров. В частности, для молекул стильбена в октоне при низких температурах были получены сериальные формулы, которые хорошо описывали расположение всех линий, появляющихся в его спектре флуоресценции. Это, в свою очередь, позволило построить схему энергетических уровней у молекул стильбена.

Интересные и важные результаты были получены В. Л. Лёвшиным и при изучении люминесцентных свойств ураниловых соединений. Цикл этих работ открывает обширное исследование, выполненное им совместно с С. И. Вавиловым в 1926 г., в котором был впервые открыт один из нелинейных оптических эффектов. Изучение ураниловых соединений Вадим Леонидович продолжал и в последующие годы. Так, в 1947 г. он опубликовал большую работу, написанную совместно с Г. Д. Шереметьевым, в которой излагались результаты их изучения длительности установления стационарных распределений возбужденных молекул ураниловых солей²¹. Авторы показали, что за время, протекающее между моментом поглощения кванта света и его излучением, происходит полное перераспределение ураниловых молекул по верхним уровням возбужденного состояния.

Из приведенных обзоров видно, что исследования В. Л. Лёвшина в области молекулярной люминесценции весьма разнообразны по своей тематике и по существу глубоко затрагивают все основные вопросы этого раздела науки о люминесценции. Полученные в них результаты отличаются фундаментальностью. В них установлены многие важнейшие закономерности, присущие этому очень широко распространенному в природе виду свечения. Они давно стали классическими и прочно вошли во все учебники и монографии по люминесценции.

²⁰ Лёвшин В. Л., Мамедов Х. И. Спектры флуоресценции и поглощения стильбена в октоне при низких температурах. — Оптика и спектроскопия, 1962, т. 12, № 5, с. 593—598; *Они же*. Спектры флуоресценции и фосфоресценции α - и β -метилнафталинов в нормальных и изопарафиновых растворителях при 77° К. — Известия АН СССР. Серия физическая, 1963, т. 27, № 5, с. 606—608.

²¹ Лёвшин В. Л., Шереметьев Г. Д. О длительности установления стационарных распределений в возбужденных молекулах ураниловых солей. — ЖЭТФ, 1947, т. 17, № 11, с. 949—963.

Исследование общих проблем свечения кристаллофосфоров и возможностей их применений

Наряду с изучением люминесценции растворов Вадим Леонидович уделял большое внимание и различным вопросам свечения таких твердых тел, у которых способность к люминесценции неразрывно связана с их кристаллическим состоянием и которые по этой причине принято называть кристаллофосфорами.

Первые работы Лёвшина по изучению свечения кристаллофосфоров относятся к 1933—1936 гг., т. е. к самому началу систематических исследований люминесценции твердых тел в нашей стране. Последние работы появились в печати уже после его кончины, в 1970—1972 гг. За этот большой период, ознаменовавшийся существенным прогрессом в физике твердого тела, Вадим Леонидович опубликовал более 70 оригинальных и обзорных работ, которые внесли фундаментальный вклад в формирование наших представлений об общих и индивидуальных свойствах свечения различных кристаллических веществ и обеспечили развитие их разнообразных применений в народном хозяйстве.

Круг интересов Вадима Леонидовича в области люминесценции был необычайно широк. Прежде всего его привлекали общие проблемы отличительных свойств рекомбинационной люминесценции кристаллических веществ и их практического применения в качестве эффективных преобразователей различного вида энергии в видимый свет. Именно по данным проблемам он осуществил классические исследования кинетики затухания свечения кристаллофосфоров, его оптической стимуляции и тушения инфракрасными лучами, а также специфики размена энергии электронного потока при катодолюминесценции.

Ко времени первых работ В. Л. Лёвшина по изучению кинетики свечения кристаллофосфоров в этой области господствовали устаревшие представления немецкого физика П. Ленарда и его школы, утверждавших, что процессы возбуждения и свечения кристаллофосфоров не выходят за пределы отдельных центров люминесценции. Ленард предполагал существование нескольких типов центров, которым приписывалось произвольное и в от-

дельных случаях очень сложное (до 1000 атомов) строение. Тем самым отличие свойств люминесценции кристаллических веществ от свечения жидкостей и растворов в то время пытались приписать лишь усложнению внутренней структуры излучающих центров.

В 1933—1934 гг. увидели свет классические работы В. Л. Лёвшина и В. В. Антонова-Романовского¹, в которых исследовался закон затухания люминесценции сернистого цинка и сернистого кадмия для очень широкого диапазона изменения интенсивности послесвечения (до 10^4 раз). Авторы установили гиперболический закон затухания, хорошо описывающийся (начиная с некоторого интервала времени после прекращения возбуждения) простой эмпирической формулой:

$$J = At^{-\alpha}, \quad (12)$$

где J — яркость, t — время, A — яркость свечения при $t=1$, а α — постоянная, характеризующая скорость убывания яркости свечения.

Вместе с тем из теории Ленарда непосредственно следовал экспоненциальный закон затухания, который хорошо выполняется в случае молекулярной люминесценции. Эта работа убедительно указала на существенную специфику свечения типичных кристаллофосфоров, в которых процессы люминесценции не локализуются в дискретных центрах, а, имея рекомбинационный характер, захватывают весь кристалл в целом.

Следует особо отметить, что еще в 1869 г. французский физик Э. Беккерель наряду с экспоненциальной кинетикой послесвечения фосфоров предположил возможность гиперболического закона затухания, соответствующего бимолекулярному процессу. Из этой простейшей теории следовало, что показатель гиперболы должен быть строго равен двум, что противоречило имеющимся в то время экспериментальным данным, относившимся обычно лишь к начальному этапу затухания. Поэтому общепризнанными стали взгляды П. Ленарда, который считал, что

¹ Лёвшин В. Л., Антонов-Романовский В. В. О применении гиперболической функции для описания затухания фосфоров. — Доклады АН СССР, 1933, т. 1, № 5, с. 206—207; Они же. Исследование по фосфоресценции, I. О гиперболическом законе затухания фосфоров. — Журнал экспериментальной и теоретической физики, 1934, т. 4, вып. 10, с. 1022—1032.

элементарный закон послесвечения кристаллофосфоров должен быть экспоненциальным, а отступление некоторых экспериментальных данных от теории объясняется наличием нескольких сортов центров с различным временем жизни в возбужденном состоянии. Однако работы В. Л. Лёвшина и В. В. Антонова-Романовского, проведенные на целом ряде объектов, а также пересчет экспериментальных данных для щелочноземельных люминофоров самого Ленарда с высокой степенью точности установили гиперболический закон затухания. Вопреки теории Беккереля показатель гиперболы оказался не равен двум, оставаясь постоянным в достаточно широком диапазоне времен высвечивания (до нескольких часов), он варьировался для разных люминофоров и условий их возбуждения в пределах от ~ 1 до 1,6.

Работы В. Л. Лёвшина и В. В. Антонова-Романовского стимулировали последующие многочисленные исследования советских и зарубежных ученых по изучению кинетики люминесценции различных кристаллофосфоров. Они явились основой для развития теории излучательной рекомбинации неравновесных носителей заряда на ионизованных центрах свечения с помощью зонной модели твердых тел. Многое в этом направлении сделал сам Вадим Леонидович, неоднократно занимавшийся общими проблемами «кристаллического» свечения, выяснением взаимосвязи процессов затухания свечения с наличием в кристаллофосфорах, помимо центров свечения определенных сортов, электронных ловушек, кинетика заполнения и опустошения которых определяет сложный характер их послесвечения.

Исследуя кинетику затухания и другие свойства свечения, Вадим Леонидович доказал, что в твердых телах наряду с типично «кристаллическим» рекомбинационным свечением может существовать и молекулярное свечение изолированных «дискретных» центров люминесценции. Так, например, в работе С. И. Вавилова и В. Л. Лёвшина² были подвергнуты справедливой критике публикации Е. Никольса и М. Хоуса, утверждавших, что свечение ураниловых солей имеет рекомбинационный механизм свечения. Пересчет экспериментальных данных тех же

² Wawilow S. I., Lewschin W. L. Studien zur Kenntnis der Natur der Photolumineszenz von Uranilsalzen. — Ztschr. Phys., 1928, Bd. 48, N 5/6, S. 397—425.

авторов совершенно изменил картину, показав строго экспоненциальный закон затухания и соответственно типичный мономолекулярный механизм свечения.

В работе В. Л. Лёвшина и Е. П. Рикман³ было установлено, что, хотя у $\text{CaS} \cdot \text{Sm}^{3+}$ -кристаллофосфоров наблюдаются дискретные полосы излучения, типичные для изолированных редкоземельных центров, в данном случае осуществляется рекомбинационный механизм свечения. Надежным критерием для определения механизма свечения при этом послужила квадратичная зависимость начальной яркости послесвечения от интенсивности возбуждения.

Лёвшин исследовал законы затухания на очень широком классе объектов: естественных фосфатах — минералах группы кальцитов — совместно с М. Н. Аленцевым; $\text{ZnS} \cdot \text{Cu}$ и $\text{ZnS} \cdot \text{Cu} \cdot \text{Co}$ -кристаллофосфорах с С. А. Фридманом, а также с Л. А. Винокуровым и Е. Г. Барановой; борных и алюминиевых люминофорах — с Л. А. Винокуровым; хромовых и марганцевых люминофорах — с В. Н. Алявдиным, В. В. Федоровым; и на многих других соединениях.

Этот большой цикл исследований, а также работы других советских ученых по изучению отличительных особенностей рекомбинационной люминесценции неоднократно обобщались В. Л. Лёвшиным в докладах на всесоюзных и международных совещаниях по люминесценции, в обзорных статьях в «Успехах физических наук» и в его известной монографии «Фотолюминесценция жидких и твердых тел»⁴. Особенно следует отметить доклад Вадима Леонидовича на Международном конгрессе в Варшаве (1936 г.)⁵ — одно из первых международных выступлений представителей советской школы люминесценции. Большое значение имели и доклады Вадима Леонидовича на I Всесоюзном совещании по люминесценции (1945 г.)⁶, на сессии Отделения физико-математических наук АН

³ Лёвшин В. Л., Рикман Е. П. Исследование механизма фосфоресценции самариевых фосфоров по ходу затухания их свечения. — Доклады АН СССР, 1938, т. 20, № 6, с. 445—448.

⁴ Лёвшин В. Л. Фотолюминесценция жидких и твердых тел. М.; Л.: Гостехиздат, 1951. 456 с.

⁵ Lewschin W. L. Recherches sur la décroissance de la luminescence et le mécanisme d'émission de différentes substances. — Acta phys. Polon., 1936, t. 5, s. 301—317.

⁶ Лёвшин В. Л. Люминесценция кристаллических веществ. — Известия АН СССР. Серия физическая, 1945, т. 9, № 4/5, с. 355—368.

СССР (март 1948 г.)⁷ и Международной конференции в Париже (1956 г.)⁸.

В этих трудах на основе имеющегося экспериментального материала была дана схема различных вариантов длительного свечения кристаллофосфоров с учетом уровней локализации различной глубины и явления повторного захвата электронов. В них Вадим Леонидович один из первых поставил вопрос о конкретной природе центров свечения и уровней захвата у различных кристаллофосфоров и о необходимости применения комплексных методов для изучения всей совокупности процессов переноса энергии в возбужденных кристаллофосфорах. Эти сложные задачи полностью разрешаются лишь в самые последние годы с учетом ценных данных, полученных В. Л. Лёвшиным и его учениками.

Как сказал Вадим Леонидович в докладе на Международной конференции в Венгрии (1966 г.)⁹, «точка зрения на форму существования энергии в кристаллах за последние десятилетия радикально изменилась, и изучение разнообразных видов движения энергии приобрело первенствующее значение». Выдающийся вклад в развитие этих представлений внесли названные выше работы Вадима Леонидовича.

Вадим Леонидович был не только талантливым исследователем, но и крупным организатором изучения научных проблем свечения кристаллофосфоров и развития их практического применения в нашей стране. Прекрасно понимая, что разработка и исследование кристаллофосфоров являются по своей сути не только физической, но и физико-химической проблемой, В. Л. Лёвшин работал в тесном контакте с С. А. Фридманом, А. А. Черепневым, З. А. Трапезниковой и многими другими химиками.

Второй обширный цикл исследований В. Л. Лёвшин начал также в 1933 г. Это была первая в Советском Союзе попытка изучения чувствительности послесвечения

⁷ Лёвшин В. Л. О различных процессах высвечивания кристаллофосфоров. — Там же, 1948, т. 12, № 3, с. 217—238.

⁸ Lewschin W. L. Influence sur la loi de déclin de la phosphorescence de l'existence de plusieurs systèmes de pièges et du phénomène de recapture. — J. phys. et radium, 1956, vol. 17, N 8/9, p. 684—687.

⁹ Lewschin W. L. Processes of the energy transport in inorganic phosphors. — In: Proc. Intern. Conf. on Luminescences. Bp., 1966. Budapest, 1966, p. 39—55.

возбужденных кристаллофосфоров к инфракрасному излучению¹⁰, но она сразу дала важные результаты по спектрам ИК-чувствительности и другим свойствам таких люминофоров, вошедшие во многие монографии советских и зарубежных авторов. В дальнейшем Вадим Леонидович совместно с В. В. Антоновым-Романовским, З. Л. Моргенштерн и З. А. Трапезниковой¹¹ провел очень большую работу по изучению заполнения и опустошения различных уровней локализации в $\text{CaS} \cdot \text{SrSCe} \cdot \text{Sm}$ и $\text{CaS} \cdot \text{SrS} \cdot \text{Eu} \cdot \text{Sm}$ -люминофорах, дающих при воздействии инфракрасных лучей очень яркую вспышку. Эти исследования, имеющие практическое значение и заложившие основы научного изучения воздействия инфракрасных лучей на возбужденные кристаллофосфоры, были удостоены в 1952 г. Государственной премии. Использование инфракрасных лучей в руках В. Л. Лёвшина и других исследователей стало мощным средством изучения энергетической структуры центров свечения и захвата, а позже и кинетики их заполнения в различных классах люминофоров.

Названные выше щелочноземельные люминофоры, накапливающие при ультрафиолетовом возбуждении высокие светосуммы, запасенные на достаточно глубоких уровнях локализации, имеют область чувствительности только до $\sim 1,7$ мкм. В. Л. Лёвшин один из первых начал заниматься изучением вспышки свечения под действием более длинноволнового инфракрасного излучения¹². Под его ру-

¹⁰ Лёвшин В. Л., Антонов-Романовский В. В., Тумерман Л. А. О фотографировании инфракрасной части спектра по методу тушения фосфоресцирующих экранов. — Доклады АН СССР, 1933, т. 1, № 6, с. 276—278; Они же. Исследование по фосфоресценции, II. Изучение тушения фосфоресценции инфракрасными лучами в целях применения его к фотографированию в инфракрасной части спектра. — Журнал экспериментальной и теоретической физики, 1934, т. 4, вып. 10, с. 1033—1048.

¹¹ Лёвшин В. Л., Антонов-Романовский В. В., Моргенштерн З. А., Трапезникова З. А. Фосфоры, чувствительные к «красному» свету. — Доклады АН СССР, 1946, т. 54, № 1, с. 19—22; Они же. Исследование щелочноземельных фосфоров, обладающих высокой чувствительностью к инфракрасным лучам. — Журнал экспериментальной и теоретической физики, 1947, т. 17, вып. 11, с. 949—963; Они же. О механизме вспышки SrS-фосфоров, активированных редкоземельным активатором. — Известия АН СССР. Серия физическая, 1949, т. 13, № 1, с. 75—90.

¹² Лёвшин В. Л., Решетина Т. С., Туницкая В. Ф., Васильева Е. Г. Исследование стимулирующего действия инфракрасных лучей в диапазоне 1—3,5 мкм у цинксulfидных фосфоров. — В кн.:

ководством С. А. Фридман, Э. Я. Арапова, В. В. Щаенко синтезировали новые люминофоры на основе сульфида цинка, которые при низких температурах (77° К) обладают чувствительностью вплоть до 4 мкм. Проведенные В. Л. Лёвшиным, В. Ф. Туницкой и Т. С. Решетиной исследования показали, что длинноволновая область чувствительности этих люминофоров обусловлена континуумом очень мелких уровней захвата электронов, простирающимся почти до дна зоны проводимости.

В конце шестидесятих годов в ФИАНе под руководством В. Л. Лёвшина и С. А. Фридмана было осуществлено обширное исследование с непосредственной целью создать эффективные люминофоры для регистрации инфракрасного излучения весьма различающегося спектрального состава. В этой работе¹³ соответственно было рассмотрено не только оптическое (для ближней инфракрасной области), но и термическое (для дальней инфракрасной области) воздействие длинноволновых излучений на различные классы цинкадмийсульфидных и щелочноземельных люминофоров. При этом были получены и некоторые интересные данные о весьма эффективном заполнении уровней локализации в оптически чувствительных люминофорах, а также кинетике температурного тушения рекомбинационной люминесценции. В частности, было показано, что при сильном заполнении центров тушения неравновесными электронами энергия активации температурного тушения ΔE может во много раз превышать энергетическую глубину центров тушения E_0 , тогда как из обычных схем рекомбинационного тушения следовало, что $\Delta E \leq E_0$. Это позволило разрабатывать люминофоры с очень высокой температурной чувствительностью; уменьшение яркости свечения достигало 29—30% при нагревании люминофора всего на 1°С.

После кончины Вадима Леонидовича данное направление нашло дальнейшее развитие в работах его ближайших сотрудников — С. А. Фридмана, Ю. П. Тимофеева, В. В. Щаенко и Н. В. Митрофановой¹⁴. Разработанные

Оптика и спектроскопия. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1963, т. 1, с. 290—299.

¹³ Лёвшин В. Л., Митрофанова Н. В., Тимофеев Ю. П., Фридман С. А., Щаенко В. В. Применение кристаллофосфоров для регистрации электромагнитных излучений. — Труды ФИАН, 1972, т. 59, с. 64—123.

¹⁴ Фридман С. А., Арапова Э. Я., Митрофанова Н. В., Тимофеев Ю. П., Щаенко В. В. Люминесцентные методы визуализа-

и исследованные ими люминесцентные экраны имеют важные практические применения для получения видимого изображения полей излучения инфракрасных лазеров от ближней до дальней инфракрасной области и даже СВЧ-генераторов субмиллиметрового и миллиметрового диапазона. Таким образом, научные исследования, начатые по инициативе Вадима Леонидовича, дали в последние годы возможность визуализировать электромагнитное излучение в очень широком диапазоне длин волн.

Эти экраны вошли не только в практику научного эксперимента для юстировки инфракрасных сверхвысококачественных систем, но и успешно используются для решения самостоятельных научных задач, в частности лазерной диагностики плазмы. Применяются они и в производственных условиях для контроля качества полупроводниковых материалов, непрозрачных в видимом свете, и при серийном выпуске полупроводниковых лазеров, излучающих в ближней инфракрасной области спектра.

Гармоничное сочетание научных и практических интересов — характерная черта и большое достоинство многих работ Вадима Леонидовича. Оно весьма ярко проявилось и в другом важном комплексе исследований явления катодолюминесценции, проведенном в ФИАНе под его руководством и обобщенном им в специальной работе¹⁵ и в докладе на XII совещании по люминесценции во Львове в 1964 г.¹⁶ В результате этих исследований были разработаны новые цинккадмийсульфидные люминофоры, в том числе с редкоземельными ионами (например, Tm^{3+}). Такие люминофоры обладают высокой эффективностью преобразования энергии электронного потока в световое излучение определенного спектрального состава, заданной длительностью послесвечения и хорошим пространственным разрешением. Люминесцентные экраны, обладающие перечисленными свойствами, обеспечивают широкое практическое применение их в разнообразных электронно-лу-

ции длинноволнового излучения. — Известия АН СССР. Серия физическая, 1973, т. 37, № 4, с. 783—789.

¹⁵ Лёвшин В. Л., Арапова Э. Я., Блажевич А. И., Воронов Ю. В., Гутан В. В., Воронова И. Г., Лавров А. В., Попов Ю. М., Фридман С. А., Чихачёва В. А., Шаенко В. В. Исследование катодолюминесценции цинксульфидных и некоторых других катодолуинофоров. — Труды ФИАН, 1963, т. 23, с. 64—135.

¹⁶ Лёвшин В. Л. Особенности катодолюминесценции, связанные с электронным характером возбуждения. — Известия АН СССР. Серия физическая, 1965, т. 29, № 3, с. 346—354.

чевых приборах, в том числе в электронно-оптических преобразователях.

Кроме того, в этих работах были получены интересные научные данные о специфике различных этапов последовательного размена энергии высокоэнергетичных заряженных частиц ($E_0 \approx 10 \div 20$ кэВ) в кванты видимого света существенно более низкой энергии ($2 \div 3$ эВ). Анализ различных источников безызлучательных потерь энергии на всех этапах такого преобразования и его сопоставление с экспериментальными значениями оптимальной эффективности разработанных люминофоров позволили установить наиболее фундаментальную причину относительно низкого выхода свечения катодолюминесценции по сравнению с фотолюминесценцией. Оказалось, что в данном случае потери энергии в основном возникают во время установления теплового равновесия для энергетического распределения неравновесных электронов и дырок, образующихся в люминофоре в результате его каскадной ионизации быстрыми первичными, вторичными, третичными и т. д. электронами. При этом значительный избыток кинетической энергии (от одной до полутора ширины запрещенной зоны), который, однако, уже не достаточен для создания еще одной электронно-дырочной пары, в результате рождения фононов полностью переходит в тепло. Теоретические расчеты, проведенные в этой работе Ю. М. Поповым, показали, что такие потери, получившие название термализационных, составляют более половины энергии возбуждения при наиболее вероятном значении максимального выхода свечения около 36 %.

Как установил В. Л. Лёвшин, учет других дополнительных источников потерь энергии (на вторичную эмиссию, обычные стоксовы процессы и т. д.) приводит к близкому совпадению теоретических и экспериментальных значений эффективности, полученных для наилучших катодолюминофоров в данной работе, а также за рубежом в работах Бриля и Клазенса. Уместно отметить, что в то время многие исследователи называли совершенно другие причины, лимитирующие выход катодолюминесценции. Так, например, крупный английский специалист Г. Гарлик предполагал, что основная часть энергии (более половины) теряется за счет неупругого отражения первичных электронов, а также вторичной эмиссии. Оценки В. Л. Лёвшина и его дипломника Ю. П. Тимофеева убедительно показали, что реальное энергетическое распреде-

ление электронов, покидающих люминофор, приводит к значительно меньшим дополнительным потерям энергии (не более 10—20%). Все эти выводы о специфике электронного возбуждения были подтверждены дальнейшими исследованиями.

В той же работе А. И. Блажевич получил кривые удельного распределения поглощенной энергии по глубине проникновения электронного потока при различной энергии первичных электронов (рис. 5). Для определения этих важных характеристик он применил оригинальную методику обработки экспериментальных значений яркости свечения сублимат-экранов различной толщины (как светящихся, так и не светящихся на люминесцирующей подложке), в разработку которой внес большой вклад Вадим Леонидович. Оказалось, что эти кривые проходят через максимум, т. е. плотность возбуждения люминофора максимальна не на его поверхности, а на некоторой глубине, соответствующей среднему пробегу электронов с заданной начальной энергией E_0 . Кроме того, в той же работе были получены и объяснены интересные данные о взаимосвязи инерционности послеосвечения катодолюминофоров с заполнением различных уровней захвата и интенсивностью электронного возбуждения.

В кратком, но весьма емком докладе Вадима Леонидовича во Львове проведен оригинальный анализ специфики катодолюминесценции, в том числе обусловленной высокой объемной плотностью, достигаемой при этом виде возбуждения. Следует особо отметить, что Лёвшин уже в то время чрезвычайно интересовался возможностью получения вынужденного излучения сульфида цинка при электронном возбуждении и даже начинал соответствующие

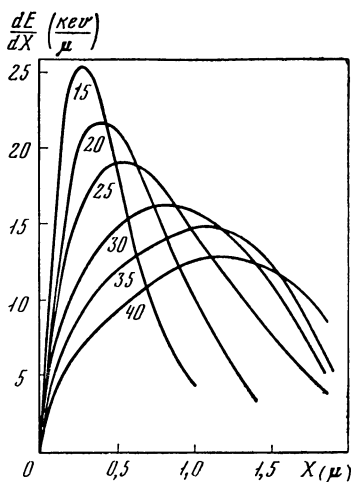


Рис. 5. Распределение поглощенной энергии электронного потока по толщине сублимат экранов ZnS, определенное люминесцентными методами (цифры над кривыми — начальная энергия электронов в кэВ)

исследования. Как известно, квантовые генераторы с электронной накачкой, в частности на различных соединениях группы АII-VI, были созданы и получили развитие после кончины Вадима Леонидовича в других лабораториях ФИАН и за рубежом. Таким образом, и это направление, развиваемое Лёвшиным, оказалось очень плодотворным.

Большое внимание В. Л. Лёвшин уделял и работам по созданию и изучению свойств многих других типов кристаллофосфоров, важных для практических применений. Как уже отмечалось, Вадим Леонидович внес существенный вклад в разработку высокоэкономичных люминесцентных источников света, в которых ультрафиолетовое излучение ртутного разряда эффективно преобразуется в видимый свет различного, в первую очередь естественного дневного, цвета свечения. Люминесцентные лампы в настоящее время находят все более широкое применение для освещения станций метрополитена, залов общественных зданий, театров, а также рудников (где необходима особая взрывобезопасность источников освещения). Поэтому эти работы заслуженно получили высокую оценку Советского правительства и в 1951 г. были удостоены Государственной премии.

В пятидесятых годах в связи с расширением промышленного производства люминесцентных ламп встал вопрос о необходимости улучшения светотехнических характеристик ламповых люминофоров. В частности, требовалось выяснить причину уменьшения яркости свечения кристаллофосфоров из-за их механического раздробления, которое применялось для получения более мелких кристалликов, необходимых для нанесения оптически прозрачного тонкого слоя люминофора.

В те годы на природу соответствующего влияния трибогашения люминесценции существовало несколько различных и недостаточно обоснованных точек зрения. В частности, в ряде работ основной причиной уменьшения яркости считалось увеличение рассеяния света, которое происходит при размельчении кристалликов. В цикле работ В. Л. Лёвшина и Б. Д. Рыжикова¹⁷ на примере цинксульту-

¹⁷ Лёвшин В. Л., Рыжиков Б. Д. Влияние размеров натуральных и раздробленных кристаллов на люминесценцию цинксультульфидных фосфоров. — Известия АН СССР. Серия физическая, 1961, т. 25, № 3, с. 362—364; Они же. Зависимость выхода и других

фидных люминофоров было детально изучено изменение оптических характеристик кристаллов при их раздроблении. Исследователи установили, что эффекты рассеяния света в этих люминофорах с рекомбинационным механизмом свечения существенны лишь при малых размерах кристалла. В более крупных, обычно используемых кристаллах трибогашение происходит в основном за счет пластической деформации и связанного с ней скопления примесей в областях дислокаций с большей вероятностью безызлучательных переходов. Выяснение природы этого явления позволило наметить и реальные пути его устранения при практических применениях люминофоров.

Заканчивая этот раздел, необходимо указать и на некоторые другие прикладные работы В. Л. Лёвшина. Они были связаны с исследованием яркости и стабильности светосоставов постоянного действия (совместно с Е. И. Панасюк и Л. А. Пахомычевой)¹⁸, с люминесцентным анализом микропримесей гадолиния, самария и европия в тории, бериллии и их солях (совместно с Э. Я. Араповой, Е. Г. Барановой, К. А. Трофимовым и П. П. Феофиловым)¹⁹, с решением препаративно-технологических задач по применению метода меченых атомов для анализа улетучивания активатора при прокаливании пихты (совместно с Е. И. Панасюк)²⁰. Останавливаться подробно на этих и ряде других аналогичных работ Вадима Леонидовича не представляется возможным, но нельзя не отметить их об-

оптических свойств цинксulfидных фосфоров от размеров кристаллов, не подвергавшихся раздроблению. — Оптика и спектроскопия, 1961, т. 10, № 4, с. 505—511; *Они же*. О причинах падения яркости при механическом раздроблении цинксulfидных фосфоров. — Там же, 1962, т. 12, № 3, с. 400—406.

¹⁸ Лёвшин В. Л., Панасюк Е. И., Пахомычева Л. А. Светосоставы постоянного действия с искусственно-радиоактивными β -изотопами. — Известия АН СССР. Серия физическая, 1957, т. 21, № 4, с. 612—618.

¹⁹ Лёвшин В. Л., Арапова Э. Я., Баранова Е. Г., Трофимов Т. В., Феофилов П. П. Люминесцентный метод количественного определения гадолиния в металлическом бериллии. Труды Комиссии по аналитической химии АН СССР, 1960, т. 12, № 3, с. 344—354; Лёвшин В. Л., Арапова Э. Я., Баранова Е. Г. Определение малых количеств гадолиния, самария и европия в металлическом тории. — Там же, с. 393—408.

²⁰ Лёвшин В. Л., Панасюк Е. И., Пахомычева Л. А. Применение метода меченых атомов для изучения улетучивания активаторов кристаллофосфоров при прокаливании пихты. — Журнал аналитической химии, 1957, т. 12, № 6, с. 723—726.

щую черту — оперативную ориентацию Вадима Леонидовича именно на те вопросы, решения которых настоятельно требовала не только внутренняя логика развития люминесцентных исследований, но и значительно более широкие запросы народного хозяйства нашей страны.

Педагог, руководитель и воспитатель научных кадров

Вадим Леонидович Лёвшин был не только выдающимся ученым, но и крупным, прирожденным педагогом. На протяжении всей своей жизни он много времени и сил отдавал педагогической деятельности. Сначала вел занятия в одной из средних школ Москвы, а затем (1920—1922 гг.) преподавал физику на рабочем факультете имени М. Н. Покровского при МГУ и в Коммунистическом университете имени Я. М. Свердлова.

В двадцатые годы в стране ощущалась острая нехватка научно-педагогических кадров и руководство многих высших учебных заведений проявляло большую инициативу, приглашая на работу по совместительству научных сотрудников, имеющих склонность к педагогической деятельности. Как уже отмечалось, в 1920 г. С. И. Вавилов пригласил Вадима Леонидовича на работу по совместительству во вновь организованный Московский зоотехнический институт, где на протяжении десяти лет он последовательно занимал должности ассистента, старшего ассистента, доцента, исполняющего обязанности профессора и заведующего кафедрой. В Московском зоотехническом институте В. Л. Лёвшин организовал физический практикум и читал курс общей физики и курс «Введение в высшую математику», включавший главы математического анализа, аналитической геометрии, теории вероятностей и др. Одновременно в 1921—1923 гг. В. Л. Лёвшин работал ассистентом кафедры физики в Московском ветеринарном институте, в 1930—1931 гг. заведовал кафедрой физики Ярославского педагогического института, куда его рекомендовал директор Института физики и биофизики академик П. П. Лазарев. Свой отзыв о многолетней научной и педагогической деятельности Вадима Леонидовича он завершил словами: «Все сказанное показывает, что В. Л. Лёвшин является серьезным ученым, занявшим себя солидным научным исследованием, по до-

стоинству оцененным за границей, и я позволил себе рекомендовать В. Л. Лёвшина на кафедру физики в Ярославле».

В 1930 г. Вадим Леонидович был избран заведующим кафедрой физики во вновь организованном Московском геологоразведочном институте, где он проработал до 1935 г., создав по существу кафедру физики. Здесь он читал обширный курс общей физики на геофизическом отделении, а также специальный курс электромагнитного поля. Под его руководством и при его непосредственном участии в институте был создан физический кабинет и физический практикум.

Характеризуя педагогическую работу Вадима Леонидовича, С. И. Вавилов 4 июня 1930 г. писал: «Педагогической деятельностью В. Л. Лёвшин занимается очень давно и преподавал как физику, так и математику в высшей школе. По моим личным наблюдениям, В. Л. Лёвшин любит педагогическую работу, имеет в ней несомненное одарение и обладает нужным педагогическим тактом. На основании изложенного я считаю В. Л. Лёвшина весьма ценным кандидатом на должность профессора физики в вузах».

В мае 1933 г. академик Г. С. Ландсберг (тогда еще член-корреспондент АН СССР) дал развернутый отзыв о научной и педагогической деятельности Вадима Леонидовича, который завершался такими словами: «Наряду с интенсивной и плодотворной деятельностью В. Л. Лёвшин ведет большую педагогическую и организационную работу, состоя заведующим кафедрой физики Московского геологоразведочного института, которая им фактически была организована, руководит работой аспирантов и научных сотрудников 2-го разряда Института физики МГУ и немало содействует популяризации знаний в широких кругах путем составления многочисленных обзоров и научно-популярных книг, равно как и прочтением докладов и рефератов».

Помимо Московского геологоразведочного института, В. Л. Лёвшин в 1931—1932 гг. заведовал кафедрой физики в Московском станкоинструментальном институте, а в 1935—1938 гг. — кафедрой физики в Московском институте инженеров коммунального строительства.

Работа в вузах позволила Вадиму Леонидовичу приобрести большой педагогический опыт. Его педагогическая деятельность вскоре получила и официальное признание:

13 ноября 1933 г., задолго до защиты докторской диссертации, Высшая аттестационная комиссия утвердила его в ученом звании профессора по кафедре физики Геолого-разведочного института.

В 1939 г. вследствие занятости большой научно-организационной работой, которую Вадим Леонидович вел в ФИАНе, ему пришлось на время оставить педагогическую работу. Начавшаяся вскоре Великая Отечественная война и эвакуация ФИАН в Казань лишь увеличили этот перерыв. Однако вскоре после возвращения из Казани в Москву, в 1944 г., Лёвшин вновь возобновил свою педагогическую деятельность, начав работать по совместительству профессором на недавно созданной кафедре оптики на физическом факультете МГУ. В течение ряда лет он читал студентам кафедр оптики и электроники новые, разработанные им оригинальные специальные лекционные курсы: «Люминесценция жидких и твердых веществ», «Люминофоры», «Молекулярная спектроскопия двухатомных и многоатомных молекул», руководил аспирантскими и дипломными работами. Преподавание в университете приносило Вадиму Леонидовичу большое удовольствие. Несмотря на огромную занятость и слабое здоровье, он активно участвовал во всех начинаниях кафедры оптики и не покидал ее до последних дней своей жизни.

В. Л. Лёвшин всегда стремился широко поделиться своим богатейшим педагогическим опытом. С его участием было создано много учебников и учебных пособий по физике. Так, в 1930—1931 гг. он написал серию учебных пособий по различным разделам физики для студентов-заочников¹, в 1940 г. участвовал в коренной переработке и обновлении широко распространенного в те годы учебника физики В. А. Михельсона², в 1941—1944 гг. написал раздел оптики в двухтомном учебнике «Курс физики» для втузов, вышедшем под редакцией академика Н. Д. Папалекси двумя изданиями в 1947 и 1948 гг.³ По его инициативе и под его редакцией коллек-

¹ Лёвшин В. Л. Физика. М.: Бюро заочных курсов при Московском текстильном институте, 1930 (уроки 5—8, 12), с. 69—158; 1931, с. 1—20.

² Михельсон В. А. Курс физики. 10-е изд. М.: Гостехиздат, 1940, т. 2, с. 337—358, 425—546, 570—622.

³ Курс физики. Под ред. Н. Д. Папалекси. М.: Гостехиздат, 1947/1948, т. 2, гл. 14—20, 22—24 (гл. 22 и 23 — совместно с Е. Л. Фейнбергом).



Основатели советской научной школы люминесценции (слева направо): академик А. Н. Теренин, профессор В. Л. Лёвшин, академик С. И. Вавилов в президиуме II Всесоюзного совещания по люминесценции, Москва, 1948 г.

тив преподавателей кафедры оптики физического факультета МГУ создал учебник «Методы спектрального анализа», вышедший в издательстве МГУ в 1962 г.⁴ Неутомимая деятельность В. Л. Лёвшина в области методики преподавания существенно помогала совершенствованию подготовки научных и производственных кадров в нашей стране.

Очень великая заслуга Вадима Леонидовича в создании советской люминесцентной школы. Так же как и С. И. Вавилов, он отдавал исключительно много времени и сил воспитанию и подготовке научной молодежи. Среди его непосредственных учеников — 5 докторов и свыше 30 кандидатов наук. Он является создателем (1944 г.) люминесцентной специализации на кафедре оп-

⁴ Бабушкин А. А., Вазулин П. А., Королев Ф. А., Лёвшин Л. В., Прокофьев В. К., Стриганов А. Р. Методы спектрального анализа. Под ред. В. Л. Лёвшина. М.: Изд-во МГУ, 1962, 509 с.

тики физического факультета Московского университета, которую при его жизни получило около 100 человек.

Будучи, по словам С. И. Вавилова, «выдающимся физиком-экспериментатором, работающим в течение многих лет над вопросами люминесценции», Вадим Леонидович придавал исключительное значение экспериментальной подготовке своих учеников. Он в деталях вникал в сущность проводимых экспериментов и всегда давал конкретные советы, помогавшие преодолевать трудности, встававшие перед молодым исследователем. Вместе с тем он был убежденным противником чисто эмпирических исследований, считая, что в основе каждого проводимого опыта должна лежать четкая физическая идея. А поэтому, прежде чем начинать экспериментальные исследования, ученый должен глубоко овладеть основами той науки, которой решил себя посвятить. Отсюда настоятельная необходимость глубокой и органической связи между экспериментальной и теоретической подготовкой будущего специалиста. Решению этой задачи помогали труды самого В. Л. Лёвшина. В этом отношении особо следует отметить его фундаментальную монографию «Фотолюминесценция жидких и твердых веществ»⁵, которая вышла в свет в 1951 г. Монография Вадима Леонидовича — первый советский капитальный труд в области люминесценции. Она получила признание в Советском Союзе и за рубежом и была переведена и издана в Венгрии (1956 г.)⁶ и Китае (1958 г.). В ней В. Л. Лёвшин обобщил свои тридцатилетние исследования в области люминесценции. Монография явилась «наиболее полным обзором работ советских и зарубежных ученых в данной отрасли знаний»⁷. Ее значение было очень велико, так как она служила настольной книгой молодым физикам, избравшим люминесценцию своей специальностью. Значительную помощь монография оказала и практическим работникам, получившим возможность в систематической форме ознакомиться с физическими основами люминесценции.

⁵ Лёвшин В. Л. Фотолюминесценция жидких и твердых веществ. М.; Л.: Гостехиздат, 1951. 456 с.

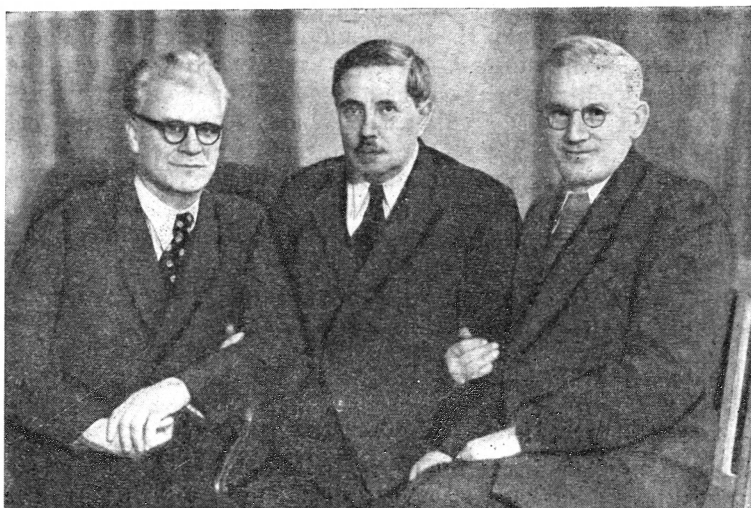
⁶ Ljovsin V. L. Folye'kony és szilárd anyagok fotolumineszcenciája. Вр.: Akad. Kiadó, 1956, 552 l.

⁷ Вадим Леонидович Лёвшин: (К семидесятилетию со дня рождения). — Журнал прикладной спектроскопии, 1966, т. 4, вып. 1, с. 97.

В 1951 г. Ученый совет Московского университета выдвинул монографию В. Л. Лёвшина на соискание Государственной премии. Случилось так, что одновременно ФИАН выдвинул на ту же премию цикл работ Вадима Леонидовича по вспышечным фосфорам, поэтому рассмотрение вопроса о премии за монографию было отложено. В ноябре 1952 г. Ученые советы физического факультета МГУ и ФИАН, а также группа ученых Государственного оптического института вновь представили монографию В. Л. Лёвшина в комитет по Государственным премиям по разделу учебников. В многочисленных отзывах крупнейших специалистов работа Вадима Леонидовича получила очень высокую оценку.

«Проф. В. Л. Лёвшин, — писал в своем отзыве академик А. Н. Теренин, — является одним из крупнейших специалистов в области физической оптики. В течение 30 лет он был ближайшим помощником С. И. Вавилова в деле создания учения о люминесценции и разработки ее практических результатов. Это обстоятельство и позволило написать монографию, в которой все основные вопросы теории люминесценции глубоко продуманы, а экспериментальный материал, приводимый в подтверждение тех или иных выводов, отобран весьма критически. Крупным достоинством рецензируемой книги является то обстоятельство, что в ней очень выпукло показана та большая работа по созданию учения о люминесценции, которая была проделана коллективом советских физиков под руководством акад. С. И. Вавилова». А. Н. Теренин завершил отзыв такими словами: «Оценивая книгу В. Л. Лёвшина в целом, можно с уверенностью сказать, что она представляет большой вклад в советскую научную литературу, особенно следует рекомендовать ее как учебник для студентов-оптиков и аспирантов. Нет сомнения, что на ней будет воспитываться целое поколение молодых научных работников, специализирующихся по вопросам люминесценции и спектроскопии».

В официальном отзыве физического факультета МГУ, подписанном профессорами А. А. Соколовым, П. А. Бажулиным и другими, было сказано: «Несмотря на существование в мировой литературе ряда книг по люминесценции, книга В. Л. Лёвшина является уникальной как по объему, так и по широте рассматриваемых вопросов». Один из ведущих специалистов в области люминесценции, профессор Б. Я. Свешников, писал в журнале «Со-



Профессора А. А. Шишловский, В. Л. Лёвшин, академик
АН БССР А. Н. Севченко, 1954 г. (слева направо)

ветская книга»: «Оценивая книгу В. Л. Лёвшина в целом, можно сказать, что она, безусловно, является большим достижением советской науки»⁸. Наконец, в отзыве кафедры оптики и спектроскопии Томского университета и лаборатории люминесценции Сибирского физико-технического института, подписанном профессором Н. А. Прилежаевой и другими, отмечалось: «В книге В. Л. Лёвшина вопросы люминесценции получили всестороннее освещение. Ее по праву можно считать энциклопедией по вопросам люминесценции на данном этапе развития этой науки».

С учетом этих многочисленных отзывов рассмотрение монографии В. Л. Лёвшина в Комитете по Государственным премиям проходило очень благоприятно. Однако как раз в это время начался пересмотр положений о присуждении Государственных премий и принятие соответствующих решений было на время приостановлено.

⁸ *Свешников Б. Я.* Рец. на кн.: Лёвшин В. Л. Фотолюминесценция жидких и твердых веществ. М.; Л.: Гостехиздат, 1951, 456 с. — Советская книга, 1951, № 12, с. 33.

Шли годы, наука бурно развивалась и часть приведенного в монографии материала, естественно, устаревала. Вадим Леонидович получал десятки писем и устных просьб от научных работников нашей страны обновить и переиздать столь нужную им монографию, которая очень скоро стала библиографической редкостью. Вадим Леонидович мечтал осуществить эту большую и ответственную работу. Он задумал по существу новую книгу в двух томах, первый из которых намеревался посвятить молекулярной люминесценции, а второй особенностям рекомбинанционного свечения кристаллофосфоров. Он выделил специальные папки, куда собирал необходимый материал и написал для книги ряд новых параграфов. Однако занятость срочными делами и плохое состояние здоровья так и не позволили ему завершить этот огромный труд.

Всю жизнь занимаясь педагогической деятельностью и непрерывно работая со студентами, аспирантами и молодыми научными сотрудниками, Вадим Леонидович испытывал большое удовлетворение от общения с молодежью. Он никогда не жалел времени для своих учеников, часто откладывая ради них другие, порой гораздо более срочные и важные дела. Работая со своими молодыми помощниками, он старался предоставлять им максимальную самостоятельность, развивать их инициативу. Вадим Леонидович никогда не навязывал им свою точку зрения, а лишь давал советы, предостерегал их от возможных промахов и ошибок. Его руководство никогда не было общим и поверхностным. Он всегда старался вникать во все детали проводимых исследований и в случае необходимости оказать своему сотруднику действенную, конкретную помощь.

Один из его учеников, доктор физико-математических наук Н. Д. Жевандров, вспоминал: «Я проработал с Вадимом Леонидовичем в лаборатории люминесценции ФИАН 22 года — срок более чем достаточный, чтобы прийти к выводу, что не слишком часто тесные деловые и личные отношения двух людей за столь длительный период не бывают омрачены неединым облачком. С глубоким убеждением отношу причину этого за счет личных качеств Вадима Леонидовича. Вспоминая и размышляя о минувших годах, прихожу, например, к выводу, что далеко не всегда маститый руководитель молодого аспиранта так доброжелательно может утвердить тему, предложенную самим аспирантом и не совпадающую с ос-

новными научными направлениями самого руководителя, как это мог сделать в моем случае В. Л. Лёвшин».

Общаясь со своими учениками, Вадим Леонидович обычно не ограничивался беседами только на научные темы. Нередко после окончания обсуждения проводимых опытов разговор незаметно переходил и на другие темы, и ученик, сам того не замечая, часто получал важные жизненные советы и рекомендации. Такое разностороннее общение, а главное личный пример беззаветного служения науке, ответственного отношения к делу, к своему гражданскому и общественному долгу имели очень большое воспитательное значение. Ученики Вадима Леонидовича постоянно получали у него не только научные, но и жизненные уроки. Приведем некоторые высказывания учеников Вадима Леонидовича.

Одна из его бывших аспиранток в Московском университете Н. Д. Максимова вспоминала: «В 1964 г. я, набравшись смелости, подошла к Вадиму Леонидовичу, этому патриарху науки люминесценции, и попросила разрешения поступить к нему в аспирантуру. Получив согласие и выдержав экзамены, я стала работать на физическом факультете МГУ под его руководством.

Это были тяжелые, но необыкновенно интересные годы. Будучи чрезвычайно занятым и очень больным человеком, Вадим Леонидович постоянно интересовался делами своих молодых учеников. Каждый из нас не без тревоги ждал еженедельного наступления пятницы — грядущего разговора с Вадимом Леонидовичем. Но не из-за боязни получить выговор за неудачный эксперимент или за свою леность — боялись огорчить его своими неудачами.

Его поразительная работоспособность и любовь к своему делу играли огромную воспитательную роль. Ни дня без полной отдачи любимому делу, несмотря на болезнь, несмотря на многочисленные нагрузки. Поражало его постоянное внимание к мельчайшим деталям работы каждого из нас, требовательность и доброжелательность, готовность всегда оказать действенную помощь своими знаниями или своим авторитетом.

А насколько интересны были его рассказы о любимой науке, о больших людях науки, с которыми его сталкивала судьба, — рассказы о С. И. Вавилове, С. Э. Фрише, Л. И. Мандельштаме, П. Ленарде, П. Прингсгейме и многих других.

Однако в моей памяти о Вадиме Леонидовиче самым ярким оказывается воспоминание о совершенно ином его амплуа. Он дома, в уютном домашнем платье, после окончания разговора о рабочих удачах и промахах (что гораздо чаще!) показывает нам свое собрание картин. Какой любовью и каким знанием этого предмета звучали его рассказы. Здесь грусть и одиночество снежного пейзажа Бялыницкого-Бирули, сказочно красивая и трагическая история Биби-Ханым, светлая грусть Левитана и Поленова... В этой уютной московской квартире мы проходили аспирантуру по русской культуре, сдавали кандидатский экзамен на звание русского интеллигента.

Благодарная память о Вадиме Леонидовиче, о необыкновенно насыщенных днях, проведенных рядом с ним, будут сопутствовать мне всю жизнь».

Другая аспирантка В. Л. Лёвшина из МГУ — М. В. Сенашенко вспоминала: «В 1964 году на физико-математический факультет Черновицкого университета, где я училась на 4 курсе, приехал представитель из МГУ и предложил группе студентов продолжить учебу в Московском университете. Я была зачислена на кафедру оптики, и вскоре встал вопрос о теме дипломной работы. Мне очень хотелось поработать под руководством видного ученого, заслуженного, уважаемого человека. О Вадиме Леонидовиче Лёвшине среди студентов и сотрудников кафедры ходили очень лестные отзывы, как о прекрасном специалисте и хорошем человеке. Я познакомилась с его монографией „Фотолюминесценция жидких и твердых веществ“, раздел физики кристаллофосфоров меня захватил, и выбор был сделан: надо идти проситься в группу Вадима Леонидовича. Однажды я решилась, Б. Д. Рыжиков, работавший тогда на кафедре оптики ассистентом, представил меня профессору В. Л. Лёвшину. Я очень робела, но Вадим Леонидович разговаривал со мной доброжелательно, расспросил, откуда я, чем бы хотела заниматься, почему именно заинтересовалась люминесценцией. Он был так добр, казался таким простым человеком, что я совсем осмелела, робость прошла, и мы сразу договорились, что прямо на следующий день я смогу прийти в лабораторию и начну знакомиться с методиками исследований.

Когда я уходила от Вадима Леонидовича, я была просто счастлива от сознания, как мне повезло, какой прекрасный у меня будет учитель! И нужно сказать, что это ощущение у меня осталось навсегда; мне действительно

очень повезло, что на протяжении четырех лет я имела счастье работать с Вадимом Леонидовичем. И большое для меня несчастье то, что он ушел из жизни, когда я была аспиранткой третьего года обучения. Я лишилась учителя, советчика, хорошего друга.

Что всегда поражало в Вадиме Леонидовиче, так это его беспредельная доброта. К нам, своим дипломникам и аспирантам, независимо от научных способностей, он относился почти как к родным детям. Мы часто бывали в его доме и на даче, где нас всегда встречала удивительная женщина, очень интеллигентная и умная, всегда приветливая Екатерина Георгиевна Лёвшина, жена и помощница Вадима Леонидовича. Она накормит вкусным обедом, участливо расспросит о семье, детях и только после этого отдаст „на растерзание“ Вадиму Леонидовичу.

Педагогом Вадим Леонидович был прекрасным. Он умел из совершенно „сырого материала“ в виде дипломника или недавнего абитуриента-аспиранта делать настоящих ученых-исследователей. Темы, предлагаемые для дипломных или аспирантских работ, всегда были конкретные, „диссертабельные“, хотя инициативы он никогда не сковывал. К каждой пятнице мы готовились с трепетом — это что уж кого ждет: кого одобряющая улыбка, а кого и большая критика. Все знали — в научных вопросах Вадим Леонидович необыкновенно принципиален; десятки, сотни раз надо проверить эксперимент, прежде чем он скажет, что можно готовить публикацию.

Но даже если устроен полный „разнос“, все перечеркнуто, все надо делать заново, Вадим Леонидович сумеет так закончить разговор, что неприятного осадка никогда не оставалось на душе. Он, бывало, скажет: „А все-таки у меня в группе самые умные и красивые аспирантки“, и мы снова счастливы и готовы трудиться, не покладая рук.

В начале декабря 1969 г. мы с Вадимом Леонидовичем наметили в очередную пятницу обсудить все материалы по моей диссертации и наметить план работы по ее завершению. Я очень серьезно готовилась к этой встрече и с нетерпением ждала своего учителя. Однако вместо него появился Б. Д. Рыжиков и сказал, что Вадим Леонидович никогда больше не придет к нам. Это было так невероятно, что смысл сказанного не сразу дошел до нашего сознания. Но это была правда: нашего доброго, умного, энергичного Вадима Леонидовича не стало».

С большой теплотой всегда вспоминает о В. Л. Лёвшине и декан физического факультета Иркутского университета заслуженный деятель науки, профессор И. А. Парфьянович. В его научной биографии Вадим Леонидович сыграл очень большую роль. На протяжении многих лет он оказывал ему консультативную помощь, поддерживал его научные начинания через Научный совет АН СССР по люминесценции, был научным консультантом по его докторской диссертации. Все это способствовало не только личному научному росту И. А. Парфьяновича, но и развитию работ в области люминесценции кристаллофосфоров в Иркутском университете.



Вадим Леонидович Лёвшин,
1956 г.

Как уже отмечалось, Вадим Леонидович придавал очень большое значение активному научному общению ученых. Он считал, что обсуждение полученных результатов на различных научных кворумах имеет прежде всего огромное воспитательное значение для молодых научных сотрудников, заставляет их более глубоко анализировать результаты своей работы, учит их самостоятельности, умению не теряться, активно и аргументированно отстаивать свою точку зрения перед квалифицированной аудиторией.

Исходя из этого Вадим Леонидович никогда не жалел времени и сил на организацию и проведение всевозможных научных коллоквиумов, семинаров и конференций. Так, в течение многих лет он работал секретарем коллоквиума Института физики и биофизики, все годы активно участвовал в семинаре лаборатории люминесценции ФИАН, после кончины С. И. Вавилова много лет продолжал его работу; под его руководством и при его участии до 1969 г. проводились практически все всесоюзные совещания по люминесценции в нашей стране. Наряду с этим

Вадим Леонидович организовывал и более узкие групповые семинары в коллективах, которыми ему приходилось руководить. О характере и значении этих семинаров для молодых научных сотрудников хочется вспомнить одному из авторов настоящей книги (Ю. П. Тимофееву. — *Авт.*).

Каждый четверг в кабинете Вадима Леонидовича в ФИАНе проводились групповые семинары или, как он их любил называть, коллоквиумы. Конечно, по своему представительству и тематике они заметно уступали лабораторному семинару (практически общемосковскому), а тем более всесоюзным совещаниям по люминесценции, организации и проведению которых В. Л. Лёвшин отдавал так много сил. Однако трудно переоценить значение этих коллоквиумов для молодых учеников Вадима Леонидовича. Это были систематические доклады-отчеты каждого сотрудника группы о проделанной лично ими работе как перед научным руководителем, так и перед своими товарищами. Такая форма контроля была особенно полезной и действенной, поскольку в докладе требовалась четкая постановка задачи и подробный рассказ о конкретных мерах, предпринятых исследователем для ее решения.

Задавать вопросы обычно разрешалось в ходе самого сообщения, что ставило выступающего в невыгодное, а подчас и весьма затруднительное положение. Зато пережитые волнения сторицей окупались после удачных выступлений с уже апробированной работой перед более широкой аудиторией на лабораторных семинарах и конференциях.

Эти групповые семинары, естественно, обогащали как слушателей, так и докладчиков конкретными знаниями, расширяли их научный кругозор, приучали систематически следить за новинками научных публикаций. Следует особо отметить, что, несмотря на большую загруженность и ухудшение здоровья, Вадим Леонидович часто удивлял своих молодых коллег, указывая им на новую, неизвестную им публикацию по теме их работы. Читал он много, scrupulously проверяя расчеты авторов работ не только по люминесценции, но и по другим смежным новым направлениям физики, в частности по квантовой электронике. К этому же он приучал и своих многочисленных учеников.

В. Л. Лёвшин не жалел сил для обучения своих сотрудников сложному искусству научных дискуссий. Он не переносил и резко обрывал беспочвенные споры, ко-

торые не так уж редки в научном мире, когда спорят по мелочам, иной раз просто для того, чтобы проявить собственную эрудицию. Вместе с тем он воспитывал у своих учеников научную принципиальность, настоящие «борцовские качества», умение при искренней уверенности в своей правоте по-деловому, спокойно отстаивать свою точку зрения перед самыми высокими авторитетами. Вадим Леонидович никогда не принуждал безоговорочно принимать его мнение, внимательно прислушивался к возражениям своих научных коллег, еще не имевших никаких научных регалий.

Своей повседневной деятельностью Вадим Леонидович наглядно показывал, что конечная цель спора не доказательство собственной правоты, а установление истинной сущности рассматриваемого вопроса. При этом научные разногласия ни в коей мере не должны были сказываться на взаимоотношениях сотрудников как между собой, так и с их руководителем. Бывало не раз, что после жаркого спора Вадим Леонидович очень доброжелательно расспрашивал своих оппонентов об их трудностях, оказывал им всяческую поддержку. Это был достойнейший пример для всех окружающих, в частности для автора этих строк, вечно хранящего чувство глубокой признательности к своему учителю.

Исследование центров захвата в кристаллофосфорах и кинетики их заполнения

Этот обширный цикл исследований Вадима Леонидовича Лёвшина являлся естественным развитием основополагающих работ его и других авторов по изучению специфики длительного послесвечения кристаллофосфоров. Представление о центрах захвата как микроскопических нарушениях кристаллической решетки кристаллофосфора, способных достаточно долго удерживать неравновесные носители заряда, играет очень важную роль в современной теории рекомбинационной люминесценции. С такими центрами, называемыми также ловушками или уровнями локализации электронов, неразрывно связана большая длительность послесвечения, чувствительность к воздействию инфракрасных лучей и другие отличительные свой-

ства рекомбинационного свечения кристаллофосфоров, а также многих иных полупроводниковых материалов и устройств (фотосопротивления, фотодиоды, полупроводниковые лазеры и т. д.). Поэтому вполне закономерен тот большой интерес, который уделял В. Л. Лёвшин изучению соответствующего круга вопросов о происхождении, кинетике заполнения и опустошения центров захвата в различных классах кристаллофосфоров. При этом следует особо подчеркнуть, что в отличие от других исследователей Вадим Леонидович уже с самого начала поставил важные вопросы о конкретной природе центров захвата, неоднократно указывал на наличие в реальных кристаллофосфорах сложной системы уровней захвата и на существенно неравновесный характер их заполнения, сильно зависящий не только от температуры опыта, но и от условий их синтеза и возбуждения. В этом отношении весьма характерны его доклад на I Всесоюзном совещании по люминесценции (1944 г.)¹ и выступления на нем при обсуждении других работ по люминесценции кристаллофосфоров. Уже в то время Вадим Леонидович писал со всей определенностью: «У одного и того же фосфора глубина локальных уровней сильно различается, так что образуется целая система локальных уровней, находящихся на различных расстояниях от полосы проводимости»² и соответственно имеющих разную вероятность высвобождения электронов. Именно в сложном, неравновесном (по его терминологии, «ненормальном») характере заполнения и опустошения системы уровней захвата Лёвшин увидел основную причину неэлементарности законов послесвечения кристаллофосфоров, их отличия от гиперболы второго порядка, наличие которой вытекало из простейшей схемы рекомбинационного свечения. Начиная с этого времени и до последних лет жизни, Вадим Леонидович систематически обследовал в ФИАНе и МГУ уровни захвата у различных классов люминофоров. Эти работы проводились при широкой вариации условий возбуждения с привлечением и развитием многих методик исследования: термического и оптического (обычно ИК) высвечивания, оригинального метода экзoeлектронной эмиссии, а в последнее

¹ Лёвшин В. Л. Люминесценция кристаллических веществ. — Известия АН СССР. Серия физическая, 1945, т. 9, № 4/5, с. 355—368.

² Там же, с. 364.

время — методов термо- и фотопроводимости применительно к монокристаллическим объектам.

Особо следует отметить использование Вадимом Леонидовичем в ряде работ комплексных методик исследования одних и тех же объектов, что значительно повышало надежность полученных результатов и позволяло глубже уяснить специфику каждого метода в отдельности. Так, В. Л. Лёвшин совместно с П. А. Пипинисом³ в 1961—1963 гг. осуществил в МГУ параллельные исследования термовысвечивания (свечения кристаллофосфоров при их нагревании после предварительного возбуждения) и экзoeлектронной эмиссии (термоэмиссии электронов с поверхности люминофора). Опыты проводились для различных сульфидных люминофоров при одинаковых условиях их предварительного возбуждения и для одних и тех же режимов нагревания. В результате было установлено совпадение по крайней мере части температурных максимумов экзoeлектронной эмиссии с максимумами термовысвечивания, соответствующими высвобождению электронов с определенных уровней захвата (рис. 6). Такой комплексный подход позволил сделать заключение о природе некоторых уровней захвата и установить, что ряд глубоких уровней захвата может быть обусловлен ионами самого активатора. Оригинальный метод экзoeлектронной эмиссии оказался наиболее пригодным для изучения уровней локализации поверхностного происхождения и (совместно с термовысвечиванием) для разделения ловушек электронного и дырочного типа. В частности, отсутствие низкотемпературных максимумов на кривой экзoeлектронной эмиссии для $\text{CaS} \cdot \text{V}^{\text{II}}$ -люминофора свидетельствовало в пользу дырочного типа этих уровней локализации, дающих существенный вклад в кривые термовысвечивания.

Таким образом, благодаря исследованиям Вадима Леонидовича было установлено, что в развитии процессов свечения кристаллофосфоров могут играть важную роль не

³ Лёвшин В. Л., Пипинис П. А. Изучение уровней захвата CaS -фосфоров методами экзoeлектронной эмиссии и термовысвечивания. — Известия АН СССР. Серия физическая, 1961, т. 25, № 4, с. 471—472; Они же. Разработка метода экзoeлектронной эмиссии для исследования уровней захвата кристаллофосфоров и применение его для изучения уровней захвата фосфоров $\text{CaS} \cdot \text{SrS}$. — Оптика и спектроскопия, 1962, т. 12, № 2, с. 259—264; Они же. Термостимулированная электронная эмиссия кристаллофосфоров на основе сернистого цинка. — Физика твердого тела, 1963, т. 5, № 2, с. 691—693.

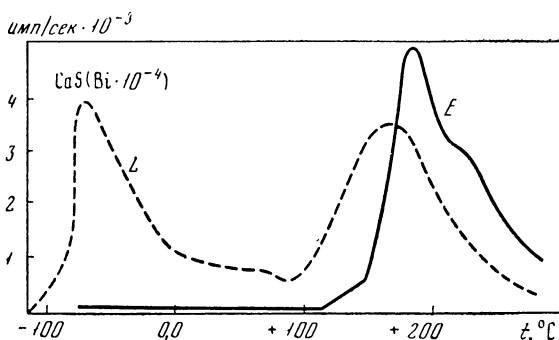


Рис. 6. Сопоставление кривых термовысвечивания (L) и экзoeлектронной эмиссии (E) CaS , Bi -фосфоров

только электронные, но и дырочные центры захвата. Вадим Леонидович и его сотрудники наглядно показали, как естественное затухание кристаллофосфоров взаимосвязано с термическим освобождением электронов с различных уровней захвата и, следовательно, с энергетическим распределением этих уровней. Так, Вадим Леонидович установил⁴, что у люминофоров $\text{ZnS} \cdot \text{Mn}$ (10^{-2} г/г) и ZnS с существенно различающимися центрами оранжевого и голубого свечения, но обладающих близкой системой уровней захвата наблюдается практически одинаковый ход затухания. Напротив, люминесценция одних и тех же марганцевых центров в $\text{Zn} \cdot \text{Mn}$ -люминофорах, но с различной системой уровней локализации затухает по-разному. В той же работе показано, что в процессах затухания могут принимать участие уровни захвата, имеющие пики термовысвечивания, отстоящие один от другого на температуру не более 100°C .

Непосредственная взаимосвязь кривых затухания с кривыми термовысвечивания была обнаружена В. Л. Лёвшиным⁵ и для других цинккадмийсульфидных люминофоров при изучении их катодолюминесценции. Это, например, хорошо видно из проведенного Вадимом Леонидови-

⁴ Лёвшин В. Л., Рыжиков Б. Д. Об образовании и действии уровней локализации $\text{ZnS} \cdot \text{Mn}$ -фосфоров. — Оптика и спектроскопия, 1958, т. 4, № 3, с. 358—364.

⁵ Арапова Э. Я., Блажевич А. И., Воронов Ю. В., Гутан Ю. М., Фридман С. А., Чихачева В. А., Щаенко В. В. Исследование катодолюминесценции цинксульфидных и некоторых других катодолуинофоров. — Труды ФИАН, 1963, т. 23, с. 64—135.

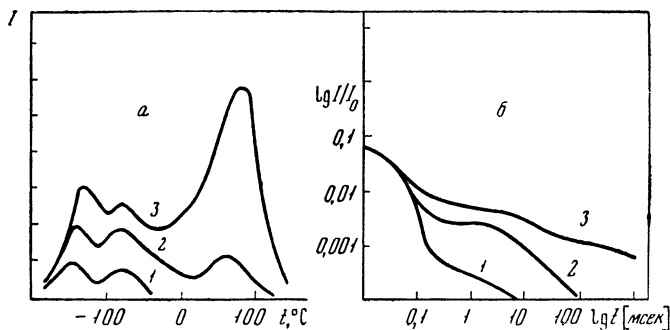
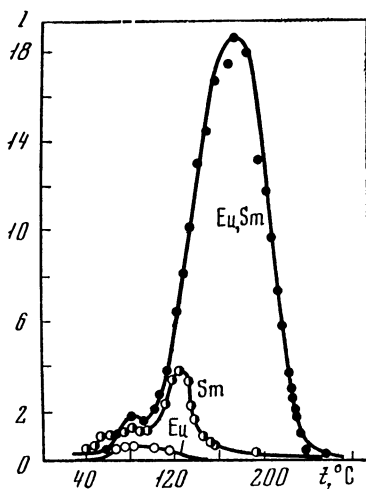


Рис. 7. Кривые термовысвечивания (а) и затухания (б) цинксульфидных кристаллофосфоров

1 — $\text{ZnS} \cdot \text{Eu}$;
2 — $\text{ZnS} \cdot \text{Cd}$;
3 — $\text{ZnS} \cdot \text{Au} \cdot \text{Cl}$

Рис. 8. Кривые термовысвечивания в двух активаторных кристаллофосфорах на основе SrS с редкоземельными ионами Eu и Sm



чем сопоставления кривых термовысвечивания и естественного затухания свечения для $\text{ZnS} \cdot \text{Eu}$ -люминофоров с различными дополнительными примесями (рис. 7). В наиболее простых люминофорах, обладающих и более коротким послесвечением, проявляются лишь два низкотемпературных пика термовысвечивания. По мере усложнения их структуры, сопровождающегося появлением и увеличением высокотемпературного пика термовысвечивания, соответственно удлиняются и дальние стадии послесвечения люминофоров, усложняется его ход. Такая возможность эффективного управления длительностью послесвечения кристаллофосфоров, установленная в ряде работ В. Л. Лёвшина и его сотрудников, представляет существенный ин-

терес и для практических применений, требующих в одних случаях (например, катодолюминофоры для электронно-оптических преобразователей) предельно короткого, а в других («экраны памяти»), наоборот, возможно более длительного послесвечения.

Уже в 1948—1949 гг., т. е. в самом начале изучения природы уровней захвата, В. Л. Лёвшин, В. В. Антонов-Романовский, З. Л. Моргенштерн и З. А. Трапезникова провели систематические исследования⁶ щелочноземельных люминофоров, активированных редкими землями. Было установлено, что уровни захвата в таких люминофорах тесно связаны с активаторами, причем некоторые из них распределяются внутри решетки основания не статистически, а объединяются в пары, образуя новые неаддитивные центры локализации. Позднее возможность образования новых неаддитивных уровней захвата была подтверждена Вадимом Леонидовичем и его сотрудниками для ряда других двухактивированных люминофоров, и в первую очередь для сульфида цинка, активированного серебром и самарием⁷.

Такой ассоциативный подход был вполне естественным для Вадима Леонидовича, если вспомнить его известные работы по молекулярной люминесценции. Однако вначале он встретил серьезные возражения ряда специалистов, исходивших из малой концентрации активаторов в кристаллофосфорах (обычно $\sim 10^{-2}$ — $10^{-1}\%$) и не принимавших во внимание важные принципы микрокомпенсации заряда и объема, содействующие образованию парных центров для ряда примесных ионов даже при очень больших среднестатистических расстояниях.

⁶ Лёвшин В. Л. О влиянии распределения электронов по уровням локализации на протекание различных процессов свечения у $\text{CaS} \cdot \text{SrS} \cdot \text{Ce}$, Sm -, La -фосфоров и о числе повторных локализаций электронов. — Журнал экспериментальной и теоретической физики, 1948, т. 18, № 2, с. 149—163; Антонов-Романовский В. В., Лёвшин В. Л., Моргенштерн З. Л., Трапезникова З. А. О механизме вспышки SrS -фосфоров, активированных редкоземельными активаторами, и взаимодействии активаторов. — Известия АН СССР. Серия физическая, 1949, т. 13, № 1, с. 75—90.

⁷ Воронов Ю. В., Гутан В. Б., Лёвшин В. Л., Фридман С. А., Щаенко В. В. Исследование действия двойной активации серебром и самарием на уровни локализации и изучение цинк-сульфидных фосфоров. — Известия АН СССР. Серия физическая, 1961, т. 25, № 3, с. 392—399.

В настоящее время эти ассоциативные представления Вадима Леонидовича находят все новые экспериментальные подтверждения в успешно развивающейся физической химии твердого тела. Большое практическое значение имел и сам факт резкого неаддитивного увеличения светосуммы, высвечиваемой как теплом, так и инфракрасными лучами в кристаллофосфорах с двумя редкоземельными активаторами (рис. 8). Именно благодаря этому обстоятельству под руководством В. Л. Лёвшина были разработаны уже упоминавшиеся ранее наиболее эффективные щелочноземельные люминофоры для визуализации полей излучения в ближней инфракрасной области спектра.

Лёвшин был в числе первых исследователей (1957 г.), начинавших измерять кривые термовысвечивания в отдельных участках спектра⁸, соответствующих полосам свечения различных центров. Именно это позволило установить четкую связь определенных уровней захвата с конкретными центрами не только по их происхождению, но и по кинетическим свойствам. Так, на примере $\text{ZnS} \cdot \text{Mn}$ -люминофоров им было показано, что соотношение числа электронов, рекомбинирующих с центрами глубокого и оранжевого свечения, существенно зависит от глубины и природы опустошаемой ловушки. В этих же люминофорах по структуре кривых термовысвечивания было установлено, что марганец в решетке сульфида цинка может занимать два различных положения.

В серии работ В. Л. Лёвшина была подробно изучена система уровней захвата, образующихся в сульфиде цинка при приготовлении в различных атмосферах с различными плавнями и активаторами. При этом была установлена непосредственная связь определенных групп уровней со сверхстехиометрическим цинком, хлором, кислородом, железом, кобальтом, а также медью, серебром, самарием и другими редкоземельными элементами, служащими активаторами сульфида цинка. Следует особо отметить, что в работах В. Л. Лёвшина была показана зависимость глубины уровней одной и той же природы от размеров кристалликов, структуры решетки основания и ширины запрещенной зоны. В частности, им было ус-

⁸ Лёвшин В. Л., Туницкая В. Ф. Влияние длины волны возбуждающего света и природы уровней захвата фосфоров $\text{ZnS} \cdot \text{Cu}$. Со на их заполнение. — Оптика и спектроскопия, 1957, т. 2, № 3, с. 350—354.

тановлено, что пики термовысвечивания, обусловленные кислородом, в сфалеритной и вурцитной модификации ZnS сдвинуты одно относительно другого на 20° ⁹.

Весьма интересные как в теоретическом, так и в методическом отношении результаты были получены в 1965 г. в работе В. Л. Лёвшина и В. Ф. Туницкой¹⁰. В ней методом кривых термовысвечивания, начиная от температуры жидкого гелия ($\sim 4,2^\circ$ K), исследовалась структура самых мелких уровней захвата в сульфиде цинка. Авторы убедительно показали, что приводившийся во многих прежних работах самый низкотемпературный пик вообще не существует. В действительности он должен быть заменен квазинепрерывной системой очень мелких уровней, простирающейся вплоть до размытого дна зоны проводимости. Появление ложных максимумов на кривых термовысвечивания, если их снимать начиная с температур, близких к температуре возбуждения, объясняется высвечиванием самых мелких уровней во время интенсивной фосфоресценции этих кристаллофосфоров.

Большой цикл исследований В. Л. Лёвшина и его сотрудников посвящен изучению очень важного вопроса о динамике заполнения уровней захвата различной глубины. Уже в первых работах этого цикла установлено, что введение в кристаллофосфоры примесей, образующих новые более глубокие уровни захвата, как правило, вызывает уменьшение числа электронов, запасаемых на прежних (более мелких) уровнях. При этом порядок заполнения уровней различной природы в процессе возбуждения люминофоров может быть прямо противоположен. Так, в люминофоре ZnS·Cu·Co, синтезированном на воздухе с плавнем MgCl₂, вначале заполняются самые глубокие уровни, а в люминофоре ZnS·Cu·Co, приготовленном в атмосфере H₂, наоборот, в первую очередь заполняются более мелкие уровни¹¹. Такая специфика заполнения свидетельствует о том, что, помимо глубины,

⁹ Лёвшин В. Л., Туницкая В. Ф. Термовысвечивание и уровни локализации ZnS·Mn-фосфоров.— Оптика и спектроскопия, 1960, т. 8, № 5, с. 663—671.

¹⁰ Лёвшин В. Л., Туницкая В. Ф. О некоторых люминесцентных характеристиках ZnS·Mn-фосфоров в области 15—77° K.— Там же, 1965, т. 18, № 2, с. 328—330.

¹¹ Лёвшин В. Л., Туницкая В. Ф. Природа уровней локализации и их заполнение в разных условиях возбуждения.— Известия АН СССР. Серия физическая, 1957, т. 21, № 5, с. 695—696.

уровни захвата характеризуются и другими параметрами (например, эффективными сечениями захвата) и представляет значительный интерес для теоретического анализа.

В настоящее время важную роль приобретают работы В. Л. Лёвшина, посвященные кинетике заполнения уровней различной глубины в одном и том же люминофоре при различных условиях его возбуждения, а также дополнительном воздействии инфракрасных лучей. Вадим Леонидович экспериментально показал, что соотношение электронов, локализованных на мелких и глубоких уровнях, существенно зависит от интенсивности возбуждения, области температур и может сильно изменяться при воздействии ИК-излучения¹².

Интересный факт обнаружен В. Л. Лёвшиным, Н. В. Жуковой и Г. К. Евдокимовой при изучении термо-высвечивания и затухания $\text{ZnS} \cdot \text{Cu} \cdot \text{Со}$ -люминофоров¹³. Авторами было установлено, что, несмотря на общее снижение светосуммы, повторные захваты носителей могут приводить даже к нарастанию числа электронов на глубоких уровнях по истечении некоторого времени после прекращения возбуждения люминофора. Наоборот, преимущественное заполнение мелких уровней наблюдалось в упомянутой выше работе В. Л. Лёвшина и его сотрудников «Исследование катодолюминесценции цинксulfидных и некоторых других катодолюминофоров». Оно обусловлено высокой плотностью возбуждения и дополнительным высвечиванием глубоких уровней самим возбуждающим потоком электронов.

Особое значение имеют работы В. Л. Лёвшина, проведенные совместно с В. А. Горюновым, по изучению переселения электронов и дырок по уровням захвата различной глубины под действием тепла и инфракрасного излучения¹⁴. Они обобщены в докладе Вадима Леонидо-

¹² Лёвшин В. Л. Запасание и перенос энергии возбуждения в кристаллофосфорах. — Известия АН СССР. Серия физическая, 1962, т. 26, № 4, с. 450—459.

¹³ Евдокимова Г. К., Жукова Н. В., Лёвшин В. Л. Зависимость затухания фосфоресценции от заполнения уровней локализации электронов и от температуры. — Там же, 1961, т. 25, № 4, с. 476—478.

¹⁴ Горюнов В. А., Лёвшин В. Л. Исследование перераспределения электронов по уровням захвата и возбужденных монокристаллах ZnS под действием инфракрасных лучей. — Журнал прикладной спектроскопии, 1966, т. 4, № 3, с. 256—260; *Они же*.

вича на Международной конференции по люминесценции, состоявшейся в Будапеште в 1966 г.¹⁵ Исследования проводились как на порошках, так и на монокристаллах сульфида цинка, активированного медью и другими активаторами с применением методов термовысвечивания, оптического высвечивания и фотопроводимости. Важной особенностью этих экспериментов являлась сама последовательность операций возбуждения и высвечивания, которые проводились при различных температурах. Это позволяло широко варьировать исходное распределение электронов по глубоким и мелким уровням. Так, например, в одной из серий опытов возбуждение монокристалла $\text{ZnS} \cdot \text{Cu}$ проводилось при средних температурах -80°C , при которых заполнялись лишь глубокие уровни. Воздействие инфракрасных лучей ($\lambda = 1,2 \text{ мкм}$), приводящее к переселению с глубоких уровней на мелкие, включалось, наоборот, при значительно более низких температурах, обеспечивающих замораживание светосуммы и на мелких уровнях.

Наиболее интересен тот факт, что световые суммы, полученные при термовысвечивании с мелких уровней после переселения на них электронов с глубоких уровней, почти равны уменьшению свечения, вызванного инфракрасным светом после их частичного освобождения при -180°C .

Аналогичные данные были получены и при измерении переселения зарядов методом фотопроводимости, что, в частности, подтверждает тесную взаимосвязь рекомбинационной люминесценции и фотопроводимости.

Таким образом, во время этих опытов было установлено, что перенос электронов с одних уровней локализации на другие может совершаться практически без потерь на рекомбинацию или другие побочные процессы, что является следствием достаточно быстрого захвата носителей заряда, высвобожденных инфракрасными лучами на мелких уровнях локализации.

Мы уже неоднократно отмечали исключительно большой вклад В. Л. Лёвшина в исследование и разработку

О влиянии вторичных локализаций электронов на фотостимулированное свечение и проводимость монокристаллов $\text{ZnS} \cdot \text{Cu}$. — Там же, № 4, с. 316—322.

¹⁵ Лёвшин В. Л. Процессы переноса энергии в неорганических кристаллофосфорах. — In: Proc. Intern. Conf. on Luminescence. Br., 1966, p. 39—55.

люминофоров, чувствительных к инфракрасным излучениям. Здесь мы отметим его работы с Б. М. Орловым¹⁶ по определению энергии тепловой активации, необходимой для возникновения оптической вспышки и тушения, которые могут отсутствовать в ряде люминофоров при особо низких температурах.

К вопросу о соотношении тепловых и оптических процессов высвобождения локализованных носителей Вадим Леонидович возвращался и в последние годы жизни. В серии работ, проведенных им и его учениками В. В. Михайлиным и В. В. Низовцевым¹⁷, впервые в СССР был использован метод дифференциального термовысвечивания. Этот метод очень наглядно подтверждает сложную энергетическую структуру центров локализации, о которой Вадим Леонидович весьма определенно говорил уже на начальном этапе изучения кристаллофосфоров.

Все перечисленные направления работ, начатые Вадимом Леонидовичем, в настоящее время продолжают успешно развиваться как его непосредственными учениками, так и другими советскими и зарубежными исследователями. Многие экспериментальные результаты, полученные В. Л. Лёвшиным и его сотрудниками, приобретают новую ценность, как бы вторую жизнь, позволяя все глубже и глубже проникать в сложную сущность кинетики «кристаллического свечения».

Изучение природы и взаимодействия центров свечения в кристаллофосфорах

Важные вопросы о природе, индивидуальных свойствах и взаимодействии конкретных центров свечения в различных кристаллофосфорах, ставившиеся еще в тридцатые годы в пионерских работах Вадима Леони-

¹⁶ Лёвшин В. Л., Орлов Б. М. Исследование энергии тепловой активации процессов оптической вспышки $ZnS \cdot Cu \cdot Pb$ -фосфоров. — Оптика и спектроскопия, 1959, т. 7, № 4, с. 530—536; Они же. Изучение энергии тепловой активации оптического тушения некоторых кристаллофосфоров. — Известия АН СССР. Серия физическая, 1961, т. 25, № 4, с. 466—469.

¹⁷ Лёвшин В. Л., Михайлин В. В., Низовцев В. В. Взаимоотношение оптических и тепловых процессов при стимулировании глубокого центра захвата в фосфоре $CaS \cdot SrS \cdot Ce \cdot Sm$. — Журнал прикладной спектроскопии, 1971, т. 15, № 4, с. 653—657.

довича Лёвшина, во многом сохранили свою актуальность и в настоящее время. Их решение, необходимое для создания люминофоров со строго указанными спектрально-энергетическими свойствами, в целом выходит за рамки зонной теории твердого тела и требует привлечения комплексных физико-химических методик исследования. При этом необходимо учитывать возможность образования различных типов центров свечения при введении одного и того же активатора и важную роль собственных дефектов решетки в формировании центров люминесценции. Сложность проблемы выяснения микроструктуры и энергетики центров свечения прекрасно понимал Вадим Леонидович, серьезно и критично относившийся к полученным экспериментальным данным и их теоретической интерпретации. Именно благодаря этому в его работах, несмотря на ограниченные возможности начального периода исследования, получен ряд важных результатов, имеющих не только исторический, но и современный интерес.

В данном направлении В. Л. Лёвшин выполнил обширный цикл исследований по изучению центров свечения, образованных тяжелыми металлами, редкоземельными ионами, а также собственными дефектами кристаллической решетки.

Особое значение Вадим Леонидович придавал выяснению роли катионной и анионной составляющей кристаллической решетки в формировании и свойствах элементарных излучателей — центров свечения, определяющих спектральный состав излучения кристаллофосфоров. Такой вопрос систематически исследовался в ряде работ Лёвшина на люминофорах со смешанным основанием сульфидов цинка и кадмия, допускающих плавное изменение параметров решетки и спектральный сдвиг полос излучения в широком диапазоне длин волн. Выбор этой достаточно эффективной системы обусловливался и тем, что $\text{ZnS} \cdot \text{CdS}$ -кристаллофосфоры стали находить широкое применение в экранах, используемых во многих электронно-лучевых приборах.

В 1935 г. вышла в свет работа В. Л. Лёвшина и С. А. Фридмана¹, в которой было показано, что замена катиона у $\text{ZnS} \cdot \text{Cu}$ -кристаллофосфоров не приводит к по-

¹ Лёвшин В. Л., Фридман С. А. Исследование свечения $\text{ZnS} \cdot \text{Cu} - \alpha$ и $\text{ZnS} \cdot \text{CdS} \cdot \text{Cu} - \alpha$ -фосфоров и структура центров фосфоресценции. — Журнал физической химии, 1935, т. 6, № 10, с. 1277—1285.

явлению существенно новых центров свечения. Следует особо отметить, что это было первое физико-химическое исследование кристаллофосфоров в нашей стране, в котором изучались объекты определенного химического состава. Однако в этой работе вопрос о природе центров свечения не был решен окончательно. В шестидесятых годах Вадим Леонидович вновь возвращается к этой проблеме. В работах, выполненных совместно с польской аспиранткой Л. Дрозд², он установил, что свечение смешанных цинккадмийсульфидных люминофоров обусловлено центрами, существующими как в «чистом» ZnS , так и в CdS , оптические свойства которых плавно изменяются по мере замещения ионов Zn на ионы Cd . Кроме того, в этих работах были определены значения ширины запрещенной зоны в смешанных основах, которыми и до настоящего времени пользуются многие исследователи.

В последние годы жизни В. Л. Лёвшин совместно с другой своей аспиранткой, М. В. Сенашенко, провел широкие исследования различных центров свечения в $\text{ZnS} \cdot \text{CdS}$ -кристаллофосфорах³. Им был выполнен ряд работ по выяснению зависимости оптических свойств активаторов с различной экранировкой электронных оболочек от возмущающего действия кристаллической решетки. Исследования самоактивированных, а также активированных медью, серебром и марганцем люминофоров подтвердили правильность высказанного ранее предположения Вадима Леонидовича относительно природы центров свечения этого класса.

Интересные данные были получены В. Л. Лёвшиным и его сотрудниками в МГУ⁴ и ФИАНе⁵ и для эффектив-

² Дрозд Л., Лёвшин В. Л. Исследование состава излучения неактивированных $\text{ZnS} \cdot \text{CdS}$ -фосфоров при изменении температуры. — Оптика и спектроскопия, 1961, т. 10, № 6, с. 773—779; Они же. О расположении энергетических уровней фосфоров $\text{ZnS} \cdot \text{CdS}$. — Там же, 1961, т. 11, № 5, с. 648—655.

³ Лёвшин В. Л., Сенашенко М. В. Об изменении выхода свечения люминофоров $\text{ZnS} \cdot \text{CdS}$ в зависимости от соотношения компонентов основания. — Оптика и спектроскопия, 1970, т. 29, № 5, с. 931—936; Они же. О люминесценции $\text{ZnS} \cdot \text{CdS}$ -люминофоров, активированных Mn^{++} . — Вестник МГУ. Серия 3, Физика, астрономия, 1970, № 6, с. 679—683.

⁴ Лёвшин В. Л., Сенашенко М. В. Спектры излучения Er^{3+} в смешанных люминофорах $\text{ZnS} \cdot \text{CdS}$. — В кн.: Спектроскопия кристаллов. Л.: Наука, 1973, с. 195—198.

⁵ Лёвшин В. Л., Митрофанова Н. В., Похомычева Л. А., Тимофеев Ю. П., Фридман С. А., Щаенко В. В. Влияние ширины

ных редкоземельных активаторов — тулия, гольмия и эрбия, положение термов которых значительно более устойчиво по отношению к влиянию кристаллического поля. В таких люминофорах, обладающих несколькими узкими и структурными полосами свечения, присущими данному редкоземельному иону, при введении значительных добавок CdS наблюдается постепенное сосредоточение энергии излучения в красной и даже инфракрасной области спектра. Как было установлено, исчезновение более коротковолновых полос излучения (например, голубого у тулия) происходит при строго определенной ширине запрещенной зоны, что позволяет определить энергетическое положение уровней соответствующего редкоземельного центра в запрещенной зоне. Исследования спектральных и температурных свойств свечения при изменяющихся энергетических параметрах основного вещества и соответственно его дефектов позволили установить и сам механизм передачи энергии от основания к различным редкоземельным центрам. Так, в $\text{ZnS} \cdot \text{CdS} \cdot \text{Tm}$ -люминофорах возбуждение Tm^{3+} в основном осуществляется электронно-дырочными процессами; наоборот, в $\text{ZnS} \cdot \text{CdS} \cdot \text{Ho}$ -люминофорах основной вклад в свечение Ho^{3+} дает резонансная передача энергии от центров краевого излучения.

Такая передача энергии, требующая значительного перекрытия спектров взаимодействующих ионов, достаточно эффективна лишь при низких температурах.

Введение небольших количеств CdS в ZnS , в известном смысле «разрыхляющее» решетку, оказалось очень удачным технологическим приемом, обеспечивающим хорошее вхождение трехвалентных редкоземельных ионов в двухвалентную решетку основания при более низких температурах прокалики шихты.

Эти работы позволили составить целый атлас TR^{3+} ионов в $\text{ZnS} \cdot \text{CdS}$ -основах, который представлял значительный интерес для практического применения такого типа люминофоров.

В последние годы жизни Вадим Леонидович совместно со своими учениками (Э. Я. Арапова, Ю. В. Воронов, В. Б. Гутан и Ю. П. Тимофеев) завершил в ФИАНе цикл исследований ультрафиолетового излучения цинксульт-

запрещенной зоны на выход свечения $\text{ZnS}_x \cdot \text{CdS}_{1-x}^{3+}$ и Ho^{3+} -фосфоров. — Известия АН СССР. Серия физическая, 1969, т. 33, № 5, с. 852—857.

фидных люминофоров, начатый им в 1965 г. Ранее из работ Ф. Крёгера было известно, что при низких температурах в сульфиде цинка возникает структурная полоса излучения, расположенная вблизи края собственного поглощения ZnS. Однако вопрос о природе этого излучения оставался открытым.

Интерес к изучению такой «краевой» люминесценции обусловлен как возможностью получения индуцированного ультрафиолетового излучения при импульсном электронном возбуждении, так и наличием аналогичных по их свойствам свечений в ряде других бинарных соединений группы AII BVI и AIII BV. В серии работ, выполненных под руководством Вадима Леонидовича⁶, были установлены условия синтеза и возбуждения неактивированного ZnS, при которых ультрафиолетовое излучение (в области 330—360 нм) становится основным каналом излучательной рекомбинации при низких температурах (10÷100° К). Детальные исследования спектральных, энергетических и температурных свойств краевого излучения, проведенные при электронном и оптическом возбуждении, позволили выяснить его природу. Этому способствовали и надежно установленные физико-химические факторы: с одной стороны, тушащее действие избыточных ионов цинка и серы (отклонение от стехиометрии при прокатке в парах серы или цинка), с другой — более сильное развитие краевого излучения при увеличении количества дефектов кристаллической решетки, достигаемого, например, при закалке (быстром охлаждении) монокристаллов. Отсюда был сделан естественный вывод, что краевое излучение обусловлено не примесными центрами или одиночными дефектами, а донорно-акцептор-

⁶ Арапова Э. Я., Воронов Ю. В., Лёвшин В. Л., Чихачева В. А., Шаенко В. В. Исследование ультрафиолетового излучения неактивированного сульфида цинка. — Известия АН СССР. Серия физическая, 1966, т. 30, № 9, с. 1490—1493; Арапова Э. Я., Воронов Ю. В., Гутан В. Б., Лёвшин В. Л., Тимофеев Ю. П. Ультрафиолетовое излучение сублимированных пленок неактивированного сульфида цинка. — Там же, 1969, т. 33, № 6, с. 944—947; Арапова Э. Я., Воронов Ю. В., Лёвшин В. Л., Тимофеев Ю. П. О влиянии избытка цинка и серы на «краевое» излучение безактиваторных ZnS-фосфоров. — Журнал прикладной спектроскопии, 1970, т. 12, № 4, с. 674—681; Воронов Ю. В., Горбачева Н. А., Лёвшин В. Л., Тимофеев Ю. П. Влияние закалки на эффективность «краевого» излучения монокристаллов ZnS. — Там же, 1970, т. 12, № 6, с. 1061—1066.

ными парами, образованными за счет ассоциации собственных дефектов решетки.

Следует особо отметить, что в работах того времени высказывались различные гипотезы о природе центров краевого излучения. В числе возможных механизмов ультрафиолетового излучения ZnS , в частности, предполагалась межзонная рекомбинация носителей заряда, находящихся в полярном состоянии. Указанные препаративные условия и кинетические свойства свечения (в том числе впервые обнаруженное В. Л. Лёвшиным и его учениками тушение ультрафиолетового излучения ИК-лучами умеренной интенсивности) поставили под сомнение эту точку зрения⁷. Несмотря на сопротивление некоторых исследователей, представления, развитые в работах Вадима Леонидовича, стали общепринятыми. Систематическое изучение ультрафиолетовой люминесценции порошков, монокристаллов и сублиматэкранов, проведенное под его руководством в широком диапазоне температур ($10 \div 500^\circ \text{K}$), подтвердило единую природу краевого излучения и наличие еще более коротковолновых экситонных полос ($320\text{—}330 \text{ нм}$) на всех этих объектах (рис. 9). При этом необходимо учитывать, что соответствующие полосы в сфалеритной и вурцитной модификации ZnS сдвинуты на $0,07 \text{ эВ}$, что позволяет установить тип кристаллической структуры решетки монокристаллов ZnS . Несмотря на температурное тушение и температурный сдвиг ($\sim 5 \cdot 10^{-4} \text{ эВ/град}$), экситонное излучение удалось проследить до очень высоких температур (600°K).

Нельзя не упомянуть и систематические исследования зонной структуры, спектров поглощения и возбуждения, а далее и самих механизмов передачи энергии к центрам свечения в еще более широкозонных соединениях AIBVI, в частности в CaS и SrS . Это направление работ, начатое В. Л. Лёвшиным в МГУ совместно с В. В. Михайлиным⁸,

⁷ Лёвшин В. Л., Воронов Ю. В., Тимофеев Ю. П. Тушение краевой катодолуминесценции ZnS инфракрасным излучением. — Физика и техника полупроводников, 1970, т. 4, № 3, с. 601—604; Они же. Высокотемпературная ультрафиолетовая катодолуминесценция сульфида цинка. — Оптика и спектроскопия, 1971, т. 30, № 6, с. 1063—1068.

⁸ Лёвшин В. Л., Михайлин В. В. Связь возбуждения со структурой фундаментального поглощения у некоторых фосфоров на основе IIA—VIB. — In: Conf. on Luminescence. Br., 1966, p. 1508—1513; Лёвшин В. Л., Михайлин В. В., Саулевич Л. К.

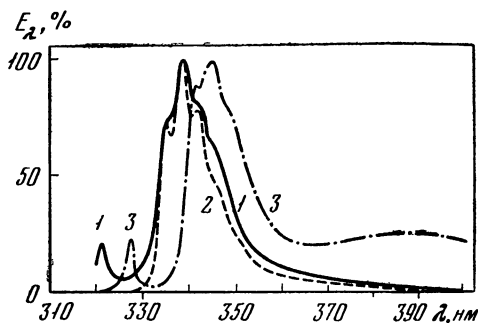


Рис. 9. Сравнение спектров ультрафиолетовой катодолуминесценции различных объектов неактивированного ZnS при температуре 77° K

1 — сублиматфосфор; 2 — порошок; 3 — монокристалл

в настоящее время успешно развивается, причем для исследования такого класса люминофоров эффективно применяется синхротронное излучение электронных ускорителей.

Следует особо отметить большой интерес Вадима Леонидовича к изучению самоактивированного свечения различных кристаллофосфоров, в которые специально не вводится активатор. Так, помимо вышеуказанных соединений группы $AlIBVI$, такие исследования проводились под его руководством В. Б. Гутаном и Э. Н. Каржавиной в различных вольфраматах. Уже в первой работе этого цикла⁹, выполненной в 1958 г., было убедительно показано, что в вольфраматах возможен рекомбинационный механизм излучения. При этом центрами свечения может служить сама анионная группа WO_4 , связанная с дефектом структуры решетки. Последующие исследования, выполненные уже после смерти Вадима Леонидовича, полностью подтвердили эту точку зрения.

Другим важным направлением исследований В. Л. Лёвшина было изучение спектра флуоресценции ионов ред-

Фундаментальное поглощение и возбуждение свечения ряда соединений $IIA-VIB$. — Известия АН СССР. Серия физическая, 1969, т. 33, № 6, с. 974—976.

⁹ Лёвшин В. Л., Гутан В. Б., Каржавина Э. Н. О возможности рекомбинационных процессов свечения в вольфраматах и ураниловых соединениях. — Оптика и спектроскопия, 1959, т. 6, № 3, с. 372—376.

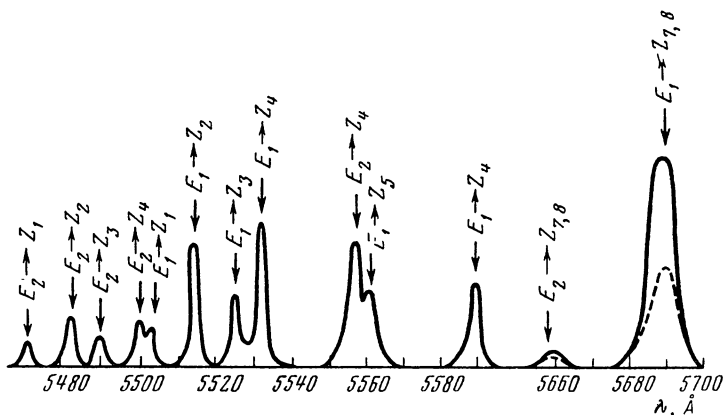


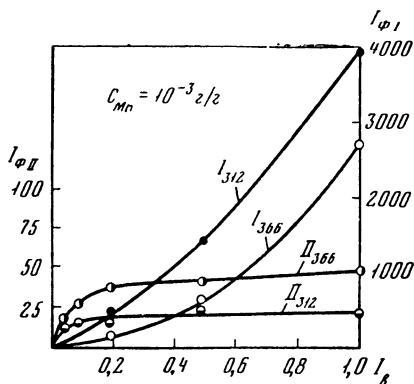
Рис. 10. Идентификация излучательных переходов для группы линий люминесценции ионов Er^{3+} в Sr_2O_3 (сплошные линии $T=77^\circ\text{K}$, пунктирные $T=295^\circ\text{K}$)

коземельных металлов в чистых и смешанных кристаллах Y_2O_3 , Sr_2O_3 и In_2O_3 . Эти соединения обладают широкой запрещенной зоной, и поэтому при обычном ультрафиолетовом возбуждении их свечение развивается без ионизации центров люминесценции. Повышенный интерес к таким соединениям был связан с тем, что они нашли широкое применение в различных областях науки и техники. В цикле работ В. Л. Лёвшина, проведенных им в МГУ со своими учениками Р. К. Пиринчиевой, Н. Д. Максимовой и другими¹⁰, получен ряд новых интересных ре-

¹⁰ Лёвшин В. Л., Пиринчиева Р. К. Исследование спектров излучения Er^{3+} в смешанных кристаллах на основе Y_2O_3 , In_2O_3 и Sc_2O_3 . — Известия АН СССР. Серия физическая, 1966, т. 30, № 4, с. 713—715; Они же. Влияние концентрации Er^{3+} на его спектр в Y_2O_3 . — Оптика и спектроскопия, 1966, т. 21, № 3, с. 349—321; Они же. Температурная зависимость линии спектра Er^{3+} в Y_2O_3 . — Там же, 1967, т. 22, № 2, с. 250—257; Лёвшин В. Л., Максимова Н. Д., Пиринчиева Р. К. Спектр излучения Tb^{3+} в Y_2O_3 , его концентрационная и температурная зависимости. — Там же, 1963, т. 26, № 1, с. 127—130; Лёвшин В. Л., Максимова Н. Д. Спектр излучения Tb^{3+} в Y_2O_3 . — Там же, 1969, т. 27, № 4, с. 631—634; Лёвшин В. Л., Максимова Н. Д., Любавская И. К. Спектр излучения Dy^{3+} в Y_2O_3 . — Журнал прикладной спектроскопии, 1970, т. 13, № 2, с. 247—254; Лёвшин В. Л., Максимова Н. Д., Астахов А. В. Температурные зависимости интенсивностей линии излучения Tb^{3+} в Y_2O_3 . — Оптика и спектроскопия, 1970, т. 23, № 6, с. 1159—1163.

Рис. 11. Нелинейное нарастание яркости свечения полос цинка и марганца в ZnS·Mn-люминофорах при увеличении интенсивности возбуждения

I — свечение Zn;
 II — свечение Mn. Возбуждение линиями Hg с $\lambda=312$ и 366 нм



зультатов по спектральным, температурным и концентрационным свойствам излучения Tb^{3+} , Dy^{3+} и Er^{3+} в этих основах. Исследования позволили определить изменение очень тонкой структуры штарковского расщепления уровней (до 5 см^{-1}) в зависимости от постоянной решетки и симметрии внутрикристаллического поля (рис. 10).

Наряду с изучением природы центров свечений Вадим Леонидович много занимался и вопросами их взаимодействия. Большой интерес его к этим исследованиям вполне закономерен, так как выяснение механизма передачи энергии между различными центрами свечения является частью центральной задачи люминесценции — выяснения тех путей, по которым осуществляется преобразование энергии возбуждающего излучения в видимый свет. При этом возможна не только конкуренция различных центров свечения в использовании энергии, поглощенной в основном веществе, но и перенос энергии от центров одного типа к центрам другого типа, сопровождающийся существенным увеличением яркости их свечения в двух-активаторных кристаллофосфорах. В. Л. Лёвшин нашел две очень интересные в этом отношении системы и подробно изучил их основные свойства.

Так, в ряде работ В. Л. Лёвшина¹¹ было детально исследовано обнаруженное им сложное поведение интенсив-

¹¹ Лёвшин В. Л. О взаимодействии излучения Zn и Mn в ZnS·Mn-фосфорах. Влияние длины волны возбуждающего света. — Доклады АН СССР, 1946, т. 54, № 2, с. 127—129; Он же. Влияние концентрации Mn и температуры на излучение Zn, Mn в ZnS·Mn-фосфорах. — Там же, № 3, с. 215—218; Он же.

ностей полос излучения $\text{ZnS} \cdot \text{Mn} \cdot \text{Zn}$ -фосфоров. В этих люминофорах имеются два типа центров свечения Mn и Zn, которые излучают соответственно в голубой и оранжевой области спектра. Интенсивность таких хорошо спектрально разделяющихся полос свечения нелинейно зависит от плотности возбуждения люминофора ультрафиолетовыми лучами (рис. 11). При малых интенсивностях возбуждения сильно доминирует оранжевое свечение, яркость которого по мере увеличения плотности возбуждения сначала резко возрастает, а затем достигает некоторого предельного значения. Яркость голубой полосы, наоборот, вначале возрастает очень медленно, ее стремительный рост начинается как раз в области насыщения марганцевого свечения, и, наконец, при сильном его насыщении голубая полоса становится уже линейно зависящей от плотности возбуждения. Такой сложный и взаимосвязанный характер поведения полос свидетельствует об очень эффективной конкуренции данных центров в использовании поглощенной энергии. При этом, поскольку соотношение интенсивностей полос при заданной температуре и составе люминофоров определяется объемной плотностью его возбуждения, вышеуказанные люминофоры оказались очень полезными индикаторами для сравнения процессов размена энергии при фото-, катодо-, радио- и рентгенолюминесценции.

Другой интересной системой, впервые исследованной в работах В. Л. Лёвшина и его сотрудников¹², являются $\text{ZnS} \cdot \text{Ag} \cdot \text{Sm}$ -люминофоры, в которых соотношение голубого свечения серебра и красного свечения самария очень чувствительно к небольшим изменениям условий синтеза и возбуждения. При определенных условиях в этих люми-

О взаимодействии активаторов Zn и Mn в $\text{ZnS} \cdot \text{Mn}$ -фосфорах. — Журнал экспериментальной и теоретической физики, 1947, т. 17, № 7, с. 675—685.

¹² Воронов Ю. В., Гуган В. Б., Лёвшин В. Л., Фридман С. А., Щаенко В. В. Исследование действия двойной активации серебром и самарием на уровни локализации и излучение цинксulfидных фосфоров. — Известия АН СССР. Серия физическая, 1961, т. 25, № 3, с. 392—399; *Они же*. Изучение состава излучения и центров свечения $\text{ZnS} \cdot \text{Sm}$ -фосфоров. — В кн.: Оптика и спектроскопия. М.: Изд-во АН СССР, 1963, т. 1, с. 230—239; Лёвшин В. Л., Митрофанова Н. В., Тимофеев Ю. П., Фридман С. А., Щаенко В. В. Применение кристаллофосфоров для регистрации электромагнитных излучений. — Труды ФИАН, 1972, т. 59, с. 64—123.

нофорах удается получить резкое и весьма эффективное изменение цвета свечения — от синего к красному при нагреве люминофора всего на $10-20^{\circ}\text{C}$, что позволяет использовать экраны из $\text{ZnS} \cdot \text{Ag} \cdot \text{Sm}$ -люминофоров для получения цветного изображения пространственного распределения полей инфракрасного излучения. Вместе с тем это яркий пример рекомбинационного взаимодействия центров свечения с эффективным переносом энергии от серебра к самарию, который заслуживает серьезного научного изучения. В данном случае ионы Sm^{3+} и Ag^{+} могут образовывать ассоциативные центры, что следует, например, из изменения тонкой структуры спектров свечения Sm^{3+} при добавлении ионов серебра. Вместе с тем эффективность переноса энергии очень сильно зависит от плотности возбуждения, и, следовательно, он не может быть объяснен резонансными переходами в этих центрах.

Как показали последующие исследования, передача энергии происходит путем диффузии носителей заряда от одиночных центров серебра к ассоциированным центрам $[\text{Ag}, \text{Sm}]$. Таким образом, работы В. Л. Лёвшина доказали сложный характер процессов переноса энергии возбуждения в многоактиваторных фосфорах и дали направление многим исследованиям в этой области.

В последних исследованиях Вадима Леонидовича и его учеников, выполненных в МГУ, значительное место уделено вопросам взаимодействия ионов редкоземельных элементов в окиси иттрия. Обнаружено, что между соседними центрами свечения происходит резонансная передача энергии возбуждения. Были установлены различные типы взаимодействия соседних ионов примесей при концентрационном тушении, а также эффекты сенсibilизации свечений.

Исследования взаимодействия редкоземельных ионов в различных основах очень увлекали Вадима Леонидовича, и он предвидел возможность важных открытий в этой области. Он с большим интересом отнесся к новому явлению кооперативной люминесценции, обнаруженному П. П. Феофиловым в 1966 г. Это явление, позволяющее за счет суммирования энергии двух и более возбужденных редкоземельных ионов непосредственно преобразовать инфракрасное излучение в видимый свет, в настоящее время интенсивно изучается и успешно применяется в ФИАНе ближайшими учениками и сотрудниками Вадима Леонидовича. В последние годы существ-

венное развитие получили и его идеи о возможности применения редкоземельных элементов для получения высокоэффективных катодолуминофоров.

Таким образом, зерна, посеянные Вадимом Леонидовичем Лёвшиным, приносят богатый урожай. Во многом пионерские его работы в области изучения и применения кристаллофосфоров положили начало многочисленным исследованиям как у нас в стране, так и за рубежом.

Научно-организационная деятельность

На протяжении всей своей жизни Вадим Леонидович уделял много времени и сил научно-организационной и общественной деятельности. Чувство долга было развито у него исключительно сильно, любое порученное ему служебное или общественное дело он всегда делал с максимальной добросовестностью, с полной отдачей сил. Еще в двадцатые годы он организовал в Институте физики и биофизики научный коллоквиум и в течение шести лет был его секретарем. В 1929 г. Вадим Леонидович был избран действительным членом Общества любителей естествознания, в 1930—1931 гг. — членом Ревизионной комиссии месткома института, в 1931—1932 гг. — председателем месткома. С 1930 г. Вадим Леонидович — «премированный ударник института». В этот же период, будучи заведующим отделом физической оптики Института физики и биофизики, он вел большую научно-организационную работу.

Интересна общественная характеристика, которая была выдана ему 1 июня 1930 г.: «В. Л. Лёвшин в качестве долголетнего сотрудника Института биофизики состоит почти все время деятельным секретарем коллоквиума института и сильно содействует научному и товарищескому единению сотрудников института, организуя как заседания самого коллоквиума, так и товарищеские собеседования после него. По поручению месткома ведет культурно-просветительную работу, проводя занятия по физике с техническим персоналом мастерских института в целях поднятия квалификации технического персонала. Принимает живое участие во всех собраниях, созываемых месткомом, в подписках на займы и т. п. Состоит членом Общества Осоавиахим и МОПР. На основании изложен-

ного местком признает В. Лёвшина активным общественным работником».

Перейдя на работу в МГУ и будучи избранным действительным членом Научно-исследовательского института физики МГУ, Вадим Леонидович и здесь включился в активную научно-организационную и общественную работу. Сохранилась общественная характеристика на него, составленная в связи с представлением его к званию профессора и датированная 1933 г. «Действительный член Института физики МГУ В. Л. Лёвшин, — написано в ней, — один из самых передовых активных общественных работников. До Института он работал на руководящей общественной работе в качестве председателя месткома.

Являясь председателем Бюро СНР (Совета научных работников. — *Авт.*) прежнего и теперешнего составов Научно-исследовательского института физики, В. Л. Лёвшин своим инициативным и чрезвычайно добросовестным отношением к делу сумел значительно поднять работу среди научных работников (в частности, по вовлечению в ударничество).

В. Л. Лёвшин премированный ударник института.

Бюро СНР ходатайствует о присвоении В. Л. Лёвшину звания профессора».

С годами организационных дел у Вадима Леонидовича становилось все больше и больше. В 1937 г. он был назначен заместителем заведующего лабораторией люминесценции ФИАН. Одновременно он стал и ученым секретарем института. Первую должность он занимал вплоть до кончины С. И. Вавилова, а до 1945 г. был ученым секретарем ФИАН, отдавая этой работе много времени и сил. В 1947 г. научно-организационная деятельность В. Л. Лёвшина расширилась еще больше. Он был назначен заместителем директора (академика С. И. Вавилова, который в 1945 г. был избран президентом АН СССР) Физического института по научной части. Он находился на этом высоком и ответственном посту одиннадцать лет, до 1958 г., когда пошатнувшееся здоровье заставило его отказаться от этой должности.

В январе 1951 г. советская наука понесла невосполнимую утрату — скоропостижно скончался президент АН СССР академик С. И. Вавилов. Вскоре после этого В. Л. Лёвшин был избран заведующим лабораторией лю-

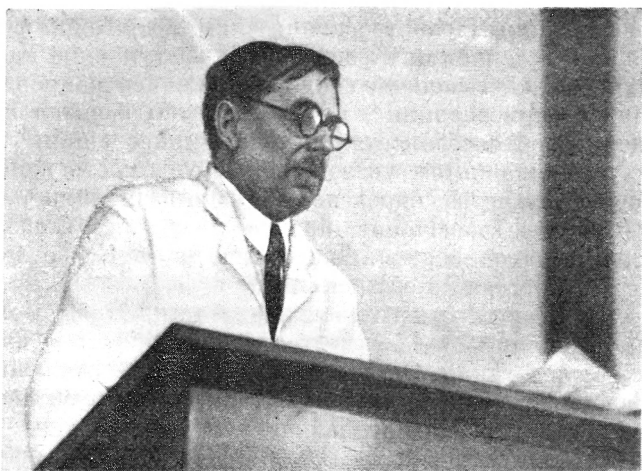
минесценции ФИАН, которая получила имя своего основателя С. И. Вавилова. На этом посту Вадим Леонидович находился двенадцать лет и оставил его по состоянию здоровья лишь в 1963 г. Все эти годы лаборатория люминесценции бурно развивалась и уже к 1956 г. выросла почти в три раза.

В этот период по инициативе В. Л. Лёвшина в лаборатории люминесценции получили развитие новые перспективные направления — исследование радиолюминесценции (сцинтилляторов), катодолюминесценции и электролюминесценции. Сам Вадим Леонидович возглавил вновь созданную большую группу катодолюминесценции, которая успешно выполнила ряд важных правительственных заданий, за что неоднократно отмечалась правительственными премиями.

Одновременно Вадим Леонидович возглавлял вместо С. И. Вавилова Комиссию по люминесценции Академии наук СССР, которая в 1957 г. была преобразована в Научный совет по проблеме «Люминесценция и развитие ее применений в народном хозяйстве». Это назначение было естественным. Его с удовлетворением встретили все специалисты, работавшие в области люминесценции. В январе 1966 г. академик АН Эстонской ССР Ф. Д. Клемент писал по этому поводу: «Большая эрудиция, творческая инициатива, высокая работоспособность, широта охвата вопросов обеспечили тот большой вклад в науку, который выдвинул В. Л. Лёвшина на положение руководителя советских ученых, работающих в настоящее время над вопросами люминесценции»¹.

Работе в Научном совете Вадим Леонидович уделял очень большое внимание. Под его руководством осуществлялась координация всех научных исследований по люминесценции, проводимых в нашей стране. Он стимулировал развитие наиболее перспективных и практически важных работ в этой области, способствовал созданию новой аппаратуры для люминесцентных исследований, написанию монографий и учебных пособий по этому разделу физики.

¹ Клемент Ф. Д. От законов затухания к природе центров свечения: [О работах В. Л. Лёвшина по исследованию кристаллофосфоров]. — Труды Института физики и астрономии АН Эстонской ССР. Тарту, 1966, № 31, с. 15.



В. Л. Лёвшин открывает XIII Всесоюзное совещание по люминесценции. Харьков, 1964 г.

По инициативе Научного совета регулярно созывались всесоюзные и региональные совещания по различным разделам люминесценции. Совещания собирали ведущих специалистов нашей страны и стимулировали дальнейшее развитие научных исследований. Вадим Леонидович лично руководил подготовкой и проведением этих совещаний. После кончины С. И. Вавилова он организовал шестнадцать всесоюзных и семь региональных совещаний. На VII, VIII, XV совещаниях он не мог присутствовать из-за тяжелой болезни, что всегда вызывало чувство глубокого сожаления у их участников. Так, 19 октября 1959 г. Вадим Леонидович получил из Ленинграда телеграмму следующего содержания: «Дорогой Вадим Леонидович, участники VIII совещания по люминесценции приветствуют Вас, сожалеют о Вашем отсутствии и желают Вам скорого полного выздоровления. По поручению общего собрания Степанов» (академик АН БССР. — Авт.).

Каждый раз на этих совещаниях В. Л. Лёвшин выступал с одним или несколькими докладами, многие из которых имели принципиальное значение. На первом он сделал большой доклад по теории свечения кристалло-

фосфоров², на четвертом выступил с обобщающим докладом, посвященным спектроскопическим проявлениям молекулярной ассоциации в растворах³, выступление на десятом посвятил выяснению природы концентрационного тушения люминесценции⁴, на двенадцатом зачитал важный доклад об особенностях катодолюминесценции⁵, наконец, на семнадцатом указал на необходимость изменения существующего определения люминесценции⁶. Это было последнее совещание, проходившее под руководством Вадима Леонидовича. Оно состоялось в Киеве летом 1969 г., за полгода до его кончины.

В. Л. Лёвшин много сделал для того, чтобы учение о люминесценции стало самостоятельной областью физических исследований. Он считал его одним из важнейших направлений в современной науке, имеющим очень большое общетеоретическое значение.

Оценивая деятельность Вадима Леонидовича, директор ФИАН академик Д. В. Скобельцын и секретарь парткома института профессор П. А. Бажулин писали в апреле 1958 г.: «В. Л. Лёвшин — выдающийся физик... Его имя, как одного из создателей учения о люминесценции и ее практических применениях, хорошо известно у нас в Советском Союзе и за рубежом».

Всерьез способствуя всестороннему развитию исследований по люминесценции, В. Л. Лёвшин с несвойственной для него резкостью всегда давал отпор людям, проявлявшим непонимание значения тех или иных работ в этой области и тормозивших исследования. Он также выступал против попыток отдельных ученых ликвидировать Научный совет по люминесценции и разбросать люминесцентные работы по Научным советам другого профиля.

² Лёвшин В. Л. Люминесценция кристаллических веществ. — Известия АН СССР. Серия физическая, 1945, т. 2, № 4/5, с. 355—368.

³ Лёвшин В. Л. Влияние ассоциации и других физико-химических факторов на люминесценцию и поглощение сложных молекул в растворе. — Там же, 1956, т. 20, с. 397—409.

⁴ Лёвшин В. Л. Миграция энергии в растворах и ассоциационная теория тушения люминесценции. — Там же, 1962, т. 26, № 1, с. 43—52.

⁵ Лёвшин В. Л. Особенности катодолюминесценции, связанные с электронным характером возбуждения. — Там же, 1956, т. 29, № 3, с. 346—354.

⁶ Лёвшин В. Л. Люминесценция как явление и как раздел науки. — Там же, 1970, т. 34, № 3, с. 476—482.

Вадим Леонидович считал, что подобные действия нанесут непоправимый ущерб этому важнейшему разделу науки. Его энергичные усилия увенчались успехом. Научный совет по люминесценции удалось отстоять, и он продолжает плодотворно работать по сей день.

В 1955 г. на основе анализа современного развития науки и потребностей народного хозяйства страны у Вадима Леонидовича родилась идея создания нового института в системе Академии наук СССР — Института фотохимии, фотолюминесценции и научной фотографии. Эта идея была горячо поддержана академиком А. Н. Терениным. Ученые долго и упорно работали над проектом института, продумали его научный профиль, основные задачи и научные направления его трех отделов и семи лабораторий, составили перечень необходимого оборудования, определили размеры лабораторных и производственно-хозяйственных помещений, штатный состав института и необходимые затраты, включая строительство жилого дома для сотрудников. Строительство института намечалось в 40 км от Москвы, в Красной Пахре. К сожалению, в силу ряда обстоятельств этим планам В. Л. Лёвшина и А. Н. Теренина не суждено было осуществиться.

В начале 1957 г. Вадим Леонидович возглавил группу ведущих специалистов в области люминесценции, перед которыми была поставлена задача разработать планы важнейших исследований по люминесценции на ближайшие годы. Группа выехала в подмосковный санаторий «Узкое», где в течение недели обсуждала проблему. В результате она разработала подробные планы работ по люминесценции и развитию ее применения в народном хозяйстве. Бюро Отделения физико-математических наук АН СССР одобрило эти планы, в 1957 г. они были изданы отдельной брошюрой и легли в основу народнохозяйственного плана шестой пятилетки в области люминесценции⁷.

Достоинство представлял Вадим Леонидович советскую науку и за рубежом. Он принимал участие в работе различных международных конференций и совещаний. Среди них следует отметить: I Международный конгресс по лю-

⁷ Вопросы советской науки. Люминесценция и развитие ее применений в народном хозяйстве. Составлено группой специалистов под руководством профессора В. Л. Лёвшина. М.: Изд-во АН СССР, 1957. 29 с.

минесценции в Варшаве в 1936 г.⁸, I съезд венгерских физиков в Будапеште в 1953 г.⁹ (во время этой поездки В. Л. Лёвшин был избран почетным членом Общества советско-венгерской дружбы), Международные конференции по люминесценции в Париже в 1956 и 1958 гг.¹⁰, Интернациональную конференцию по люминесценции в Торуні (Польша) в 1963 г.¹¹ и Интернациональную конференцию по люминесценции в Будапеште в 1966 г.¹² На конференциях Вадим Леонидович выступал с большими обобщающими докладами, характеризующими успехи советской науки в области молекулярной люминесценции и люминесценции кристаллофосфоров. По существу он был единственным советским ученым, который большую часть своей жизни одинаково успешно и интенсивно работал в этих двух сильно различающихся разделах люминесцентной науки.

Характерной чертой В. Л. Лёвшина было стремление к обобщению данных, полученных как в собственных работах, так и в работах других авторов. Так, он классифицировал разнообразные явления люминесценции, глубоко проанализировал такие основные понятия, используемые в учении о люминесценции, как «выход люминесценции», «средняя длительность возбужденного состояния» и «закон затухания свечения»¹³, подверг критике существовавшее долгие годы определение люминесценции и т. д. Все

⁸ *Lewschin W. L.* Recherches sur la décroissance de la luminescence et le mécanisme d'émission de différentes substances. — *Acta phys. Polon.*, 1936, № 5, p. 301—317.

⁹ *Ljovsin V. L.* Az anyagban végbemenő energiaátalakulás és a tényleges fotolumineszcencia esetében. — *Magyar Fiz. folyóirat*, 1954, k. 2, old. 524—550.

¹⁰ *Levchin V. L.* Influence sur la loi de déclin de la phosphorescence de l'existence de plusieurs systèmes de pièges et du phénomène de recapture. — *J. phys. et radium*, 1956, vol. 17, N 8/9, p. 684—687; *Levchin V. L., Baranova E. G.* Etude et séparation des différents genres de transfert et de dissipation de l'énergie excitatrice des molécules complexes dans les solutions. — *J. Chim. Phys.*, 1958, p. 869—877.

¹¹ *Levshin V. L.* On the migration of the excitation energy in Solutions and accompanying phenomena. — *Acta phys. Polon.*, 1964, vol. 26, № 3/4, p. 455—468.

¹² *Лёвшин В. Л.* Процессы переноса энергии в неорганических кристаллофосфорах. In: *Proc. Intern. Conf. of Luminescence*. Br., 1966, p. 39—55.

¹³ *Лёвшин В. Л.* Замечания о понятиях «выход», «средняя длительность» и «закон затухания» люминесценции и их применений. — *Оптика и спектроскопия*, 1961, т. 11, № 3, с. 362—368.

эти работы имели большое принципиальное значение для дальнейшего развития учения о люминесценции.

Всю свою жизнь Вадим Леонидович уделял большое внимание разработке не только чисто научных проблем, но и их практического применения. Особенно велика его заслуга в создании принципиально новых высокоэкономичных источников света — люминесцентных ламп. Эти работы были начаты по инициативе С. И. Вавилова еще в двадцатые годы в Московском высшем техническом училище и под его руководством продолжались в последующие предвоенные годы одновременно в трех институтах: в Физическом институте АН СССР, Всесоюзном электротехническом институте (оба в Москве) и в Государственном оптическом институте в Ленинграде. Перед Вадимом Леонидовичем, возглавлявшим эти исследования в ФИАНе, была поставлена трудная задача подобрать подходящие люминесцирующие вещества для покрытия поверхности источников света нового типа — люминесцентных ламп. Решение ее потребовало широких физических и химических исследований.

Почти 20-летние упорные исследования увенчались успехом. 30 мая 1941 г. на общем собрании Академии наук СССР С. И. Вавилов сделал доклад «Люминесцентные источники света»¹⁴ и продемонстрировал опытные образцы люминесцентных ламп, которые вместе с методическими разработками в том же году были переданы для производства Московскому электроламповому заводу и Московскому заводу «Светотехник». По постановлению Госплана СССР Московский электроламповый завод должен был в 1942 г. приступить к их массовому выпуску. Однако начавшаяся Великая Отечественная война приостановила производство люминесцентных ламп. Широкое внедрение их в народное хозяйство и быт нашей страны началось лишь в послевоенные годы при самом непосредственном участии С. И. Вавилова и В. Л. Лёвшина.

Выступая на Всесоюзном совещании по светотехнике в 1947 г., С. И. Вавилов говорил: «В заключение можно пожелать, чтобы совместными усилиями физиков, химиков, светотехников и промышленности люминесцентная светотехника в СССР возможно скорее вытеснила тепло-

¹⁴ Вавилов С. И. Люминесцентные источники света. — Вестник АН СССР, 1941, № 78, с. 59—72.

вую светотехнику на второстепенное место. К этому есть все принципиальные и теоретические предпосылки»¹⁵.

В том, что в настоящее время эти предсказания и пожелания во многом воплощены в жизнь, немалая заслуга Вадима Леонидовича Лёвшина. Находясь на посту председателя Научного совета по люминесценции АН СССР, он сделал все возможное, чтобы ускорить развитие производства и улучшить качество люминесцентных ламп. Он организовал и провел несколько совещаний при Отделении физико-математических наук АН СССР и при ФИАНе по развитию люминесцентного освещения в нашей стране. На основе обсуждавшихся на них вопросов В. Л. Лёвшин в марте 1956 г. написал президенту АН СССР академику А. Н. Несмеянову и председателю Гостехники СССР В. А. Малышеву подробную докладную записку «О развитии люминесцентного освещения и улучшении других видов электрического освещения в СССР», в которой изложил подробный план конкретных мероприятий. Помимо этого, он неоднократно выступал в печати по вопросам люминесцентного освещения, указывал на имеющиеся недостатки в этом важном деле, давал советы и рекомендации. Так, в одной из своих статей Вадим Леонидович писал: «Нельзя забывать, что основная часть научной разработки проблемы люминесцентного освещения проведена в лабораториях Академии, и ее долг довести дело до конца, до действительного внедрения люминесцентного освещения в народное хозяйство и всеобщее пользование. Это дело огромной экономической значимости соответствует задачам Академии как учреждения, призванного служить народу, давая советской стране возможность использовать все достижения науки и техники»¹⁶. Многие из предложений Лёвшина были приняты и легли в основу правительственных постановлений о широком развитии люминесцентного освещения в шестой пятилетке.

В 1951 г. работы по созданию люминесцентных источников света получили высокую правительственную оценку. Коллектив ученых во главе с С. И. Вавиловым и В. Л. Лёвшиным был удостоен Государственной премии

¹⁵ Вавилов С. И. Люминесценция и ее применение в светотехнике. — Электричество, 1947, № 12, с. 8.

¹⁶ Лёвшин В. Л. Люминесцентное освещение и пути его внедрения. — Вестник АН СССР, 1955, № 10, с. 58.

СССР по разделу энергетики «За разработку люминесцентных ламп»¹⁷.

Не меньшее внимание Вадим Леонидович уделял и другим исследованиям практического характера. Под его непосредственным руководством был выполнен большой цикл работ по изысканию новых высокочувствительных методов люминесцентного анализа, по созданию новых практически важных люминофоров для различных целей, в частности для катодолюминесцентных экранов. Особенно интересны в теоретическом плане и важны в практическом отношении работы В. Л. Лёвшина по созданию и исследованию оптических свойств кристаллофосфоров, чувствительных к инфракрасной радиации. В послевоенные годы в ФИАНе под его руководством был выполнен цикл очень важных и интересных работ по изучению свойств щелочноземельных кристаллофосфоров, обладающих высокой чувствительностью к инфракрасным лучам. Эти работы сразу получили широкое признание. Как лучшие работы по физике они были отмечены Премией АН СССР имени академика Л. И. Мандельштама¹⁸. 1 января 1947 г. в торжественной обстановке на годичном собрании Академии наук, которое проходило в Московском Доме ученых, Вадиму Леонидовичу и его трем сотрудникам — В. В. Антонову-Романовскому, З. Л. Моргенштерн и З. А. Трапезниковой — были вручены дипломы лауреатов премии Академии наук СССР. В 1952 г. тот же авторский коллектив во главе с Лёвшиным был удостоен Государственной премии СССР «За исследование новых светящихся составов и разработку теории их действия»¹⁹. В 1953 г. научная и педагогическая деятельность Вадима Леонидовича была отмечена высшей наградой Родины — орденом Ленина²⁰.

Несомненной заслугой В. Л. Лёвшина явилось создание внутри лаборатории люминесценции ФИАН большой группы физиков и химиков для синтеза и исследования оптических свойств новых катодолюминофоров. ФИАН стал главным местом в стране, где занимались этими важными для народного хозяйства вопросами. Работы по катодолюминесценции, проводившиеся под руководством

¹⁷ Правда, 1951, 16 марта.

¹⁸ Известия, 1947, 17 января.

¹⁹ Правда, 1952, 13 марта.

²⁰ Вестник АН СССР, 1953, № 10, с. 43.

В. Л. Лёвшина, неоднократно отмечались правительственными премиями.

Важное значение имели также работы, проведенные В. Л. Лёвшиным в 1956 г. по разработке и внедрению нового типа кристаллофосфоров постоянного действия, активированных β -излучателями.

Большую роль сыграл В. Л. Лёвшин в создании и развитии промышленного производства люминофоров в нашей стране. Он провел огромную работу по подготовке ряда правительственных постановлений, определивших создание этой новой отрасли народного хозяйства.

Много времени и сил уделял Вадим Леонидович и партийной работе. Коммунисты ФИАН не раз оказывали ему свое доверие, избирая в состав партийного бюро и партийного комитета института.

Имя Вадима Леонидовича получило широкую известность не только у нас в стране, но и за рубежом. С ним советовались по вопросам люминесценции ученые из многих стран мира. Его работы широко цитировались во всех монографиях и учебниках по люминесценции. Его постоянно приглашали на международные научные съезды и конференции, причем всегда просили выступать с лекциями и докладами. Приведем высказывания некоторых ученых о научной деятельности В. Л. Лёвшина.

Академик С. И. Вавилов 17 июня 1946 г. писал: «Вадим Леонидович Лёвшин — выдающийся специалист в области люминесценции, в которой он работает более двадцати лет».

8 ноября 1946 г. академик А. Н. Теренин отмечал: «Значение работ В. Л. Лёвшина выходит далеко за рамки его специальности. Установленные им закономерности имеют исключительное значение для понимания энергетики сложных молекул, их химического и фотохимического поведения, для теории растворов, для понимания процессов, идущих в кристаллах-полупроводниках и органических твердых средах».

Директор ФИАН академик Д. В. Скобельцын: «Имя В. Л. Лёвшина, как первоклассного специалиста по основным вопросам люминесценции, широко известно. Нет ни одного обзора или книги по люминесценции, в которых не цитировались бы, иногда с большой полнотой, его исследования».

Наконец, осенью 1953 г. заместитель академика-секретаря Отделения физико-математических наук АН СССР

академик А. А. Лебедев, научный руководитель ГОИ академик А. Н. Теренин и начальник отдела ГОИ академик В. П. Линник писали: «Проф. Вадим Леонидович Лёвшин — ученый с мировым именем, один из крупнейших специалистов в области физической оптики. Вместе с С. И. Вавиловым проф. В. Л. Лёвшин является одним из создателей учения о люминесценции и принимал активное участие в разработке ее практических применений, а после кончины этого выдающегося советского ученого В. Л. Лёвшин возглавляет большую часть работ по люминесценции в Советском Союзе».

Все эти высказывания ведущих советских физиков говорят о том, каким большим авторитетом и уважением пользовался у них В. Л. Лёвшин.

Работы в области истории науки. Издательская деятельность

Среди работ Вадима Леонидовича видное место занимают исследования по истории физики. История, и в частности история науки, всегда увлекала его. Лёвшину не пришлось работать непосредственно под руководством блестящего ученого и замечательного человека Петра Николаевича Лебедева, светлый образ которого всегда был живым примером для его учеников и последователей. Будучи выходцем из лебедевской школы, долгие годы работая в коллективе, созданном этим выдающимся физиком, Вадим Леонидович очень ценил П. Н. Лебедева. Фотография ученого всегда находилась в его домашнем кабинете. К 100-летию юбилею П. Н. Лебедева Вадим Леонидович написал очень интересную статью о нем для журнала «Успехи физических наук»¹. В марте 1966 г. в конференц-зале ФИАН, который носит имя П. Н. Лебедева, состоялась специальная сессия, посвященная этому знаменательному событию. С основным докладом выступил В. Л. Лёвшин². Готовясь к докладу, Вадим Леонидович изучил работы Лебедева, ознакомился с архивными материалами, встречался с его учениками. Он считал, что

¹ Лёвшин В. Л. Жизнь и научная деятельность Петра Николаевича Лебедева. — Успехи физических наук, 1967, т. 97, № 2, с. 331—339.

² Выдающийся физик. — Известия, 1966, 9 марта.

браться за такой труд нужно с величайшей ответственностью и глубоким знанием материала.

В. Л. Лёвшин всегда предъявлял самые высокие требования к своим собственным работам, считая, что они должны быть не только глубоко содержательными, но и безукоризненно написанными. Поэтому, прежде чем направить очередную статью или книгу в редакцию, Вадим Леонидович многократно совершенствовал ее первоначальный текст. Столь же строго подходил он и к оценке работ других ученых.

Занимался Вадим Леонидович и историей создания и развития родного для него Физического института АН СССР имени П. Н. Лебедева. В частности, он руководил составлением библиографического указателя работ сотрудников лаборатории люминесценции ФИАН за период с 1934 (момент переезда института в Москву) по 1961 г.³, а также написал статью о ФИАНе для 2-го издания Большой Советской Энциклопедии⁴.

В течение многих лет Вадим Леонидович с большим интересом занимался систематизацией и историей исследований явлений люминесценции в Советском Союзе. Будучи сам непосредственным участником и руководителем многих работ, он как никто другой имел возможность воссоздать достоверную и точную картину становления этого важного раздела физики и дать объективную оценку тех или иных направлений исследований, проводимых в нашей стране, выявить их значимость и определить место среди работ, ведущихся в других странах.

Занимаясь этими вопросами и располагая большим материалом, собранным им за долгие годы, Вадим Леонидович многократно выступал в печати с итогами своих исследований в области истории науки. Прежде всего следует упомянуть многочисленные «Вступительные слова», которыми он как руководитель почти всех всесоюзных совещаний по люминесценции открывал работу этих кворумов⁵.

³ Библиографический указатель работ сотрудников лаборатории люминесценции Физического института имени П. Н. Лебедева Академии наук СССР. Под редакцией В. Л. Лёвшина и С. А. Фридмана. — Труды ФИАН, 1963, т. 23, с. 136—166.

⁴ Лёвшин В. Л. Физический институт имени П. Н. Лебедева АН СССР (ФИАН). — В кн.: БСЭ. 2-е изд., 1957, т. 45, с. 74—75.

⁵ Лёвшин В. Л. Вступительное слово: (V Всесоюзное совещание по люминесценции). — Известия АН СССР. Серия физическая,

Перу Вадима Леонидовича принадлежит также серия больших обзорных работ, отражающих достижения советской науки в области люминесценции, которые были написаны в связи с различными юбилеями Советского государства. В них ему удалось ярко показать выдающуюся роль советских ученых, сыгравших определяющую роль в становлении и развитии этого направления науки, и что советская школа ученых, работающих в области люминесценции, по праву занимает ведущее место в мире⁶.

Особенно много работ Вадима Леонидовича посвящено жизни и творчеству С. И. Вавилова, вместе с которым он проработал около 30 лет. Так, в 1949 г. он написал первую научную биографию этого замечательного советского ученого⁷. В обновленном и заново отредактированном виде она вновь увидела свет в 1961 г. В 1977 г., уже после смерти В. Л. Лёвшина, появилось третье издание этой книги.

После кончины С. И. Вавилова Вадим Леонидович вошел в редакционную коллегию по изданию четырехтомного собрания его трудов. Он был ответственным редактором первого тома и написал для него большую и очень интересную научную биографию С. И. Вавилова⁸. В раз-

1957, т. 21, № 4, с. 475—482; *Он же*. Вступительное слово: (VII Всесоюзное совещание по люминесценции). — Там же, 1960, т. 24, № 5, с. 488—491; *Он же*. Вступительное слово: (IX Всесоюзное совещание по люминесценции). — Там же, 1961, т. 25, № 1, с. 2—5; *Он же*. Вступительное слово. (X Всесоюзное совещание по люминесценции). — Там же, 1962, т. 26, № 1, с. 2—6; и т. п.

⁶ *Лёвшин В. Л.* Тридцатилетие советской оптики. — Наука и жизнь, 1947, № 10, с. 35—38; *Он же*. Вклад советской науки в изучение люминесценции. — Оптика и спектроскопия, 1957, т. 3, № 5, с. 417—433; *Он же*. Изучение явлений люминесценции и развитие ее применений в Советском Союзе. — Успехи физических наук, т. 64, № 1, с. 55—96; *Он же*. Новые направления в изучении люминесценции и развитие ее применений. — Вестник АН СССР, 1958, № 7, с. 26—31; *Он же*. Люминесценция и молекулярная спектроскопия. — В кн.: Развитие физики в СССР. М.: Наука, 1967, т. 2, с. 39—60; *Он же*. Люминесценция и ее применение. — Журнал прикладной спектроскопии, 1967, т. 7, № 4, с. 466—479.

⁷ *Лёвшин В. Л.* Сергей Иванович Вавилов: (Очерк о научной и общественной деятельности академика С. И. Вавилова). — В кн.: Материалы к биобиблиографии ученых СССР. Серия физическая. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1949, вып. 3, с. 7—32.

⁸ *Лёвшин В. Л.* Сергей Иванович Вавилов. (Очерк жизни и

ные годы он написал также большое число статей, освещающих различные стороны деятельности С. И. Вавилова⁹. Особую ценность представляет его большой обзор работ Сергея Ивановича в области оптики, где не только дано описание полученных им основных результатов, но и показаны перспективы, которые открывают работы Вавилова для дальнейшего развития оптической науки¹⁰. Вадим Леонидович очень бережно относился к памяти своего многолетнего товарища и друга и неоднократно выступал с воспоминаниями о нем и о значении его творчества, приурочивая эти выступления к различным памятным датам, связанным с жизнью и деятельностью С. И. Вавилова. Так, он произнес прощальное слово на траурном заседании президиума АН СССР, посвященном памяти С. И. Вавилова 25 ноября 1951 г.¹¹, открывал 15 июня 1951 г. вступительным словом III совещание по люминесценции, состоявшееся после кончины С. И. Вавилова¹², и сделал на этом совещании большой доклад о его вкладе в создание советской люминесцентной школы¹³, в январе 1952 г. выступил с большим докладом на специальном заседании ФИАН, посвященном годовщине со дня смерти С. И. Вавилова¹⁴, 17 марта 1952 г. по этому же поводу сделал доклад на объединенном заседании физического

деятельности). — В кн.: Вавилов С. И. Собр. соч. М.: Изд-во АН СССР, 1954, т. 1, с. 7—48.

⁹ Лёвшин В. Л., Петровский И. Г. Деятельность С. И. Вавилова в Отделении физико-математических наук АН СССР. — В кн.: Памяти Сергея Ивановича Вавилова. М.: Изд-во АН СССР, 1952, с. 17—28; Лёвшин В. Л. С. И. Вавилов — воспитатель кадров науки. — Там же, с. 89—97; Он же. Сергей Иванович Вавилов: (К 70-летию со дня рождения). — Успехи физических наук, 1961, т. 73, № 3, с. 373—380; Он же. Сергей Иванович Вавилов (1891—1951). — В кн.: Люди русской науки. М.: Физматгиз, 1961, с. 380—399.

¹⁰ Лёвшин В. Л. Труды С. И. Вавилова в области оптики. — Труды Института истории естествознания и техники, 1957, т. 17, с. 7—43.

¹¹ Лёвшин В. Л. Выступление на траурном заседании президиума АН СССР, посвященном памяти академика С. И. Вавилова. — Вестник АН СССР, 1951, № 2, с. 21—22.

¹² Лёвшин В. Л. Вступительное слово. — Известия АН СССР. Серия физическая, 1951, т. 15, № 5, с. 511—512.

¹³ Лёвшин В. Л. С. И. Вавилов — создатель и глава советской школы люминесценции. — Там же, 1951, т. 15, № 5, с. 513—522.

¹⁴ Лёвшин В. Л. Доклад на заседании Физического института АН СССР, посвященном памяти С. И. Вавилова. — Вестник АН СССР, 1952, № 2, с. 81—83.

факультета МГУ и ФИАН¹⁵. Наконец, он принял участие в подготовке двух докладов¹⁶, прочитанных 24 марта 1961 г. на специальном заседании Президиума АН СССР, посвященном 70-летию со дня рождения академика С. И. Вавилова¹⁷. Все эти работы, доклады и исследования, посвященные Сергею Ивановичу Вавилову, интересны тем, что в них содержится много личных наблюдений и воспоминаний, помогающих лучше понять жизнь и творчество этого выдающегося ученого.

В конце концов у Вадима Леонидовича накопилось столько мыслей и материалов, что он задумал написать большую монографию о жизни и творчестве С. И. Вавилова. В его архивах сохранился краткий план этой книги. Предполагалось, что этот труд будет состоять из трех разделов: жизнь, научное творчество, государственная и общественная деятельность; воспоминания и письма, документы, рукописи. К сожалению, большая занятость не позволила Вадиму Леонидовичу осуществить этот замысел. Монография была написана много лет спустя после смерти Вадима Леонидовича одним из авторов этой книги¹⁸. Следует также отметить, что Вадим Леонидович во многом помог писателю В. Р. Келеру при работе над научно-популярной биографией С. И. Вавилова для серии «Жизнь замечательных людей». Благодарный Келер написал в послесловии к своей книге: «Особенно много в этом отношении сделали вдова ученого Ольга Михайловна Вавилова и самый близкий товарищ Сергея Ивановича по науке профессор Вадим Леонидович Лёвшин»¹⁹.

Много времени и сил Вадим Леонидович отдавал и редакционной деятельности. Он был членом редакционных коллегий и редактором отдела физики журналов «Наука и жизнь» (1946—1948 гг.) и «Природа» (1951—1953 гг.), состоял в редакционной коллегии «Журнала прикладной спектроскопии» (1964—1969 гг.), редактиро-

¹⁵ Лёвшин В. Л. Научная и педагогическая деятельность С. И. Вавилова. — Вестник МГУ. Серия 3, Физика, астрономия, 1953, № 5, с. 3—15.

¹⁶ Памяти С. И. Вавилова. — Вечерняя Москва, 1961, 24 марта; Талантливый ученый. — Правда, 1961, 25 марта.

¹⁷ Лёвшин В. Л., Теренин А. Н., Франк И. М. Развитие работ С. И. Вавилова в области физики. — Успехи физических наук, 1961, т. 75, № 2, с. 215—225; Лёвшин В. Л. Развитие идей С. И. Вавилова в области люминесценции. — Там же, с. 241—250.

¹⁸ Лёвшин В. Л. Сергей Иванович Вавилов. М.: Наука, 1977. 431 с.

¹⁹ Келер В. Р. Сергей Вавилов. М.: Молодая гвардия, 1961, с. 239.

вал отдел оптики во всех пяти томах первого издания «Физического словаря», входил в редакционную коллегию по изданию трудов С. И. Вавилова. По инициативе Вадима Леонидовича было предпринято издание избранных трудов его первого учителя А. И. Бачинского, которого он очень ценил. Кроме того, он редактировал ряд других сборников, трудов и учебников.

На протяжении всей своей научной деятельности Вадим Леонидович активно популяризировал новейшие достижения науки. Он разделял мнение С. И. Вавилова о том, что «если в прежние времена только немногие — Галилей, Ломоносов, Эйлер, Мечников, Тимирязев — умели писать так, чтобы они были понятными и глубоко интересными и для ученых специалистов, и для широких кругов, то в наше время это должно стать обязательным для каждого советского ученого»²⁰. В июне 1930 г. С. И. Вавилов в одном из отзывов писал «С успехом В. Л. Лёвшин выступал в печати как популяризатор, укажу на его прекрасную, единственную в своем роде книжку „Холодный свет“». В дальнейшем, в 1938 г., он существенно дополнил и расширил ее при втором издании²¹. Следует упомянуть и другие его научно-популярные книги — «О силе рук, инструментов и машин», «Холодное свечение (люминесценция)», «Люминесценция и ее технические применения»²². В 1968 г. Вадим Леонидович задумал написать новую книгу «Люминесценция и ее применение». Эту работу он начал в одной из московских больниц, куда попал после заболевания инфекционной желтухой. Первый вариант рукописи он закончил за несколько часов до своей смерти. Работа над книгой была завершена его сыном²³.

Характеризуя Вадима Леонидовича как популяризатора, академик С. И. Вавилов 17 июня 1946 г. писал:

²⁰ Президент Академии наук СССР академик С. И. Вавилов. Значение и цели Всесоюзного общества по распространению политических и научных знаний. — Вестник АН СССР, 1947, № 8, с. 8.

²¹ Лёвшин В. Л. Холодный свет. М.; Л.: Московский рабочий, 1927. 71 с.; 2-е изд. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1938. 120 с.

²² Лёвшин В. Л. О силе рук, инструментов и машин. М.; Л.: Госиздат, 1928. 63 с.; *Он же*. Холодное свечение (люминесценция). М.: Правда, 1949. 39 с.; *Он же*. Люминесценция и ее технические применения. М.: Изд-во АН СССР, 1956. 47 с.

²³ Лёвшин В. Л., Лёвшин Л. В. Люминесценция и ее применение. М.: Наука, 1972. 183 с.

«В. Л. Лёвшин написал несколько превосходных научно-популярных книг по вопросам люминесценции и много способствовал распространению знаний в этой новой области».

Перу В. Л. Лёвшина принадлежит также большое число интересных научно-популярных статей, написанных для журналов «Природа», «Наука и жизнь», «Советский Союз» и др.²⁴ Кроме того, для первого и второго изданий Большой советской энциклопедии он написал около 20 статей, в которых разъяснялась природа явлений люминесценции и других оптических эффектов и показывалась возможность их практических применений.

В 1948 г. Вадим Леонидович был избран действительным членом Всесоюзного общества по распространению политических и научных знаний, в составе которого много и активно работал. Он неоднократно выступал в Политехническом музее, в Московском университете и других местах с публичными лекциями, пропагандируя достижения советской науки. Его лекции всегда пользовались неизменным успехом и собирали большое число слушателей. В частности, в основу уже упоминавшейся его книги «Холодное свечение (люминесценция)» была положена стенограмма его публичной лекции, прочитанной в 1949 г. в Большой физической аудитории физического факультета Московского университета на Моховой улице.

Вадим Леонидович живо откликался на любые начинания, если они были полезны для развития науки и образования в стране. Так, в 1947 г. он написал для журнала «Физика в школе» статью, в которой сделал важные замечания по проекту программы физики для средней школы²⁵. Занимаясь в ФИАНе французским языком с преподавателем Г. В. Значко-Яворской, он очень помог ей в создании специальных французско-русского (1964 г.) и русско-французского (1969 г.) словарей по оптике и спектроскопии.

²⁴ Лёвшин В. Л. Свечение молекул и кристаллов. — Наука и жизнь, 1955, № 5, с. 17—20, 24; Он же. Холодный свет. — Советский Союз, 1966, № 7, с. 22—23; Он же. Свет из глубин вещества. — Неделя, 1962, № 41, 7—13 октября; Он же. Успехи люминесценции и ее применение. — Природа, 1967, № 9, с. 2—11.

²⁵ Лёвшин В. Л. Замечания по проекту программы физики для средней школы. — Физика в школе, 1947, № 2, с. 42—43.

Можно было бы привести немало и других подобных примеров. Популяризаторской и просветительной деятельности В. Л. Лёвшин всегда придавал очень большое значение, отдавал ей много времени и сил. Он считал, что советские ученые обязаны всемерно способствовать подъему культурного уровня народа, в доступной форме знакомить его с последними достижениями науки и техники.

Труженик науки

Вадим Леонидович глубоко и искренне любил науку, видел в ней смысл жизни. О проводимых исследованиях он думал всегда — на работе и дома, в воскресенье и праздничные дни, во время отпуска и даже на больничной койке. Он был великим и самоотверженным тружеником науки. Его рабочий день обычно начинался в 7 утра и заканчивался в 12 ночи. На каждый день и особенно на воскресенье и праздники Вадим Леонидович составлял перечень дел. Часто этот список namного превышал реальные возможности человека. Все, что не было сделано, переносилось на следующие дни. Эти планы помогали работе Вадима Леонидовича, делали ее четкой, продуманной, они позволяли за день сделать такое количество дел, что порой можно было только удивляться.

По вечерам Вадим Леонидович совершал прогулки, как правило, в одиночестве. Именно в это время он обдумывал свои работы, намечал новые исследования. Пришедшие в голову мысли тут же записывал в специальный альбом, с которым не расставался. Из этого альбома его многочисленные аспиранты, дипломники и научные сотрудники черпали затем темы очередных работ.

Получая от научного творчества глубокое удовлетворение, Вадим Леонидович не умел делить свое время на часы работы и часы досуга, которого у него практически не было. Отправляясь в санаторий или на дачу, он всегда брал с собой чемодан с книгами. Всегда с нетерпением ждал отпуска, чтобы засесть за очередную статью или книгу. В результате три четверти отпускного дня уходили на работу и лишь небольшая часть — на прогулки и кино, которое он очень любил.

Во время летних отпусков Вадим Леонидович любил плавать, собирать грибы, играть в крокет и городки, со-

вершать длительные прогулки. В дальнейшем тяжелое сердечное заболевание заставило от многого отказаться. Для любителя Вадим Леонидович неплохо играл в шахматы, но играл очень редко, считая шахматы умной, но мало подходящей для научного работника игрой. Она, говорил Вадим Леонидович, требует от человека величайшего умственного напряжения, а следовательно, порождает усталость и для отдыха служить не может.

Вадим Леонидович постоянно совершенствовал свои знания в области квантовой теории, физической химии, теории растворов, теории физики твердого тела, молекулярной спектроскопии. Можно без преувеличения сказать, что он учился до последнего дня своей жизни. Он всегда старался использовать любую возможность для совершенствования навыков разговорной речи на английском, немецком и французском языках.

Редкие часы досуга Вадим Леонидович отдавал чтению исторических книг, причем не романов, а научных исследований. Он собрал довольно большую библиотеку трудов по истории и с удовольствием пользовался ею. Особенно Вадима Леонидовича интересовала история Великой Отечественной войны. Он внимательно читал военные мемуары, смотрел фильмы о войне, предпочитая документальные.

Другой привязанностью Вадима Леонидовича была, как уже отмечалось, живопись. Он имел много книг по искусству. Бывая в командировках, всегда старался побывать в местной картинной галерее. Он чрезвычайно ценил Третьяковскую галерею, не упускал случая побывать в Русском музее в Ленинграде, правилась ему и картинная галерея в Минске. Да и сам Вадим Леонидович коллекционировал картины и репродукции художников-передвижников. В самые тяжелые годы Великой Отечественной войны, находясь в эвакуации в Казани, он приобрел дешевенькую репродукцию картины И. И. Левитана «Над вечным покоем» и не расставался с нею на протяжении многих лет. В пятидесятые годы, когда материальное положение семьи резко улучшилось, Вадим Леонидович стал покупать небольшие художественные произведения и за пятнадцать лет собрал коллекцию картин, среди которых были произведения Айвазовского, Боголюбова, А. Васнецова, Лагорио, Левитана, В. Маковского, Поленова, Саврасова, Шипкина и других крупных русских мастеров.

Как уже отмечалось, Вадим Леонидович долгие годы занимался педагогической деятельностью. Он дал путевку в науку очень многим людям, некоторые из них впоследствии стали крупными специалистами, заняли ведущее положение в соответствующих разделах науки и техники. Вадим Леонидович с большим вниманием следил за их деятельностью, поддерживал с ними деловую и дружескую связь.

Так, в 1918—1919 гг., работая преподавателем физики в одной из средних школ Твери, он обратил внимание на одаренного ученика — О. В. Лосева. Вадим Леонидович постарался привить ему любовь к своему предмету, развить в ученике необходимые экспериментатору навыки. Он подолгу беседовал с юношей, рекомендовал ему дополнительную литературу, приглашал помогать при подготовке демонстраций на уроках физики. Впоследствии Олег Владимирович Лосев стал крупным ученым-радиофизиком автором ряда открытий и изобретений в этой области. В 1927 г. Лосев открыл один из неизвестных до того видов люминесценции — электролюминесценцию. Вадим Леонидович сразу оценил важность этого открытия и написал Лосеву подробное письмо, в котором настоятельно рекомендовал продолжить исследования, послал оттиск своей последней работы. «Дорогой Вадим Леонидович! — ответил 21 апреля 1928 г. Лосев. — Большое спасибо за письмо и оттиск; меня теперь чрезвычайно интересуют работы по флуоресценции и фосфоресценции. Работу со светящимся детектором на некоторое время прекратил — „заела“ текущая техническая работа, но сейчас снова начинаю заниматься им. Всего, всего хорошего. Ваш О. Лосев».

Близким Вадиму Леонидовичу человеком был В. А. Червяков, его бывший слушатель рабфака университета (1921 г.), ставший затем крупным инженером-строителем железных дорог. С этим удивительно добрым и обаятельным человеком Вадим Леонидович сохранял тесные дружеские связи в течение 45 лет. Многолетние дружеские отношения связывали Вадима Леонидовича и с семьей видного советского дипломата, посла СССР в Австралии и других государствах Н. И. Генералова.

Родственников у В. Л. Левшина было немного. Он очень хорошо и тепло к ним относился. Вадим Леонидович свято чтит память своих родителей. Им он посвятил

свой главный обобщающий труд-монографию «Фотолюминесценция жидких и твердых веществ».

Вадим Леонидович любил вспоминать годы детства. Летом 1960 г. вместе с сыном он совершил десятидневную поездку на автомобиле по родным местам. Побывал в Калининe, Вышнем Волочке, Кашине, Торжке и некоторых сельских районах Калининской области. Ему удалось разыскать некоторых дальних родственников, а также ставших уже пожилыми людьми тех крестьянских ребятешек, с которыми дружил и играл в детстве. Впоследствии Вадим Леонидович часто вспоминал об этой поездке.

Вадим Леонидович был добрым, отзывчивым и щедрым человеком. Он всегда принимал близко к сердцу нужды и затруднения окружавших его людей. В течение многих лет он оказывал большую материальную помощь своему больному брату Марку, перевозил его неоднократно в Москву, организовывал для него врачебные консультации, доставал редкие лекарства, помещал в больницу. Большую заботу он проявлял и о его старшем сыне Ю. М. Лёвшине, для которого систематическая материальная помощь и содействие Вадима Леонидовича во многом создали возможность получить высшее образование.

Вадим Леонидович помог многим определить их научную судьбу, чем снискал любовь и глубокое уважение окружавших его людей. В этом отношении очень интересны и характерны воспоминания Вадима Михайловича Струнникова, сына ближайшего школьного товарища Вадима Леонидовича, в жизни которого он сыграл немало важную роль: «Вадим Леонидович учился с моим отцом М. Ф. Струнниковым в реальном училище и сохранил дружбу с ним и в зрелые годы. В 1942 г. моя семья по „Дороге жизни“ была переправлена из осажденного Ленинграда на «Большую землю» и далее отправилась на Кубань. Но отец в пути умер, а мама со мной в Сталинграде была снята с эшелона и помещена в больницу. Здесь умерла и она, а меня в крайней степени истощения разыскала двоюродная сестра отца М. А. Струнникова. Так в трехлетнем возрасте я оказался под Москвой в доме моей новой матери, учительницы сельской школы.

Время было очень тяжелое, и даже в деревне нелегко было найти пищу и одежду. Мама с большой теплотой вспоминала неожиданное письмо Вадима Леонидовича. Он разыскивал моего отца и узнал о судьбе нашей семьи.

Вскоре от него пришла первая посылка с детской одеждой, из которой вырос его сын, и продуктами, выкроенными из собственного пайка. Тогда еще не был решен вопрос, с кем мне оставаться дальше, мама не была уверена в своих правах и возможностях. Она считала себя слишком старой для такой миссии, боялась долго не проживет; спокойная и уверенная поддержка близкого моему отцу человека сыграла важную роль в том, что я остался с ней.

Между нами завязалась постоянная переписка и контакты, которые сохранялись до последних дней жизни Вадима Леонидовича. Он постоянно следил за состоянием моего здоровья, знал, что после Сталинграда я еще почти два года не мог не только бегать, но и ходить, а первое время был в состоянии передвигаться только ползком. Вадим Леонидович помогал советами и делом в хлопотах по оформлении пенсии за погибшего отца. Радовался моим первым успехам в школе, советовал серьезно учиться и очень огорчился, когда, по его мнению, достижения мои могли бы быть гораздо существеннее.

Для меня эти отношения были чрезвычайно важны. Мне не забыть ту возникшую гордость, что и я не совсем без отца, что есть человек, который близко знал и любил его и который старается донести до меня его образ и напутствует быть достойным его.

Первая встреча с Вадимом Леонидовичем произвела на меня неизгладимое впечатление. Мы с мамой приехали на его московскую квартиру в 10 часов утра. Екатерина Георгиевна (супруга В. Л. Лёвшина. — Авт.) проводила нас в большую комнату, стены которой были сплошь заставлены шкафами с книгами. В простенках висели картины, среди которых были превосходные акварели, принадлежавшие кисти самого хозяина. У стены стояло пианино, в нише находился кожаный диван и рядом два больших кожаных кресла. Перед широким окном с приоткрытыми тяжелыми шторами стоял громадный резной стол старой работы с пишущей машинкой посредине. Вадим Леонидович сказал, что пишет «толстую книгу». Стол, кресла и пианино были завалены листами бумаги из-под машинки, журналами и книгами. Недописанные страницы еще оставались в машинке. Вадим Леонидович собирался на работу.

Меня, мальчишку, сразу же покорило его серьезное отношение ко мне, разговор «на равных», необычная теп-

лота и естественность обращения, полное отсутствие каких бы то ни было начальственных ноток в облике и голосе. Осталось впечатление о встрече с человеком необыкновенным, очень глубоким, большой внутренней энергией. Прошло меньше двух часов с начала нашего знакомства, но я понял, что у меня есть надежный друг, к которому можно обратиться с любой бедой и радостью.

... Вадим Леонидович отдавал работе все свое время, в том числе — выходные и праздники. Но стоило мне появиться, как он откладывал все дела в сторону и занимался только мной. Он стремился привить мне интерес к химии — специальности моего отца, много и увлекательно рассказывал о молекулярной биологии. Но получилось так, что с возрастом эти беседы все больше влекли меня к физике.

Иногда у него проскальзывало глубокое сожаление об ограниченности возможностей человека. Он сетовал, что не успел исследовать природу излучения плазмы с точки зрения законов люминесценции, а однажды сказал, что с удовольствием бы занялся изучением причин генерации электрической и световой энергии крупных обитателей морских глубин.

За год до кончины он получил новую квартиру, и было очень интересно помогать ему в подготовке книг к переезду. Дело подвигалось медленно. Обычно Вадим Леонидович, взяв книгу с полки, открывал ее и долго перелистывал, вспоминая связанные с ней этапы жизни, надежды и свершения. Библиотека его была обширная, собирал он ее всю жизнь. В ней можно было найти научную литературу практически по любому вопросу физики от начала века — до современной. Много было и математики.

Такого вот скромного, простого и душевного с благодарностью вспоминаю я этого человека-труженика, сумевшего в трудную годину смягчить мальчишке тяжесть безотцовщины».

Особенно заботлив и внимателен Вадим Леонидович был к своим ученикам. Для встреч с ними он всегда находил время. Дипломники и аспиранты приезжали к нему на квартиру, на дачу, в санаторий и даже в больницу. Когда они покидали Москву, Вадим Леонидович не терял их из виду: поздравлял с праздниками, интересовался успехами, когда дело не шло, старался подтолкнуть в нужном направлении, оказать практическую помощь.



Сотрудники лаборатории люминесценции МГУ со своим руководителем (слева направо): Р. К. Пириничева (Болгария), Б. Д. Рыжков, В. Л. Лёвшин, Л. В. Лёвшин, Н. Д. Максимова, 1968 г.

Вадим Леонидович был очень внимателен к окружающим, всегда старался помочь, особенно когда считал, что их начинания полезны и интересны. Приведем воспоминания уже упоминавшейся Г. В. Значко-Яворской, написанные в 1974 г., уже после смерти В. Л. Лёвшина. «Работая в ФИАНе как преподаватель французского языка кафедры иностранных языков АН СССР я имела счастье познакомиться с Вадимом Леонидовичем Лёвшиным. Он готовился к поездке во Францию на Международную конференцию по люминесценции (1958 г. — Авт.), где должен был выступать с большим докладом на французском языке. Перед этой поездкой он хотел усовершенствовать свои знания французского языка, и руководство кафедры направило меня к нему в качестве преподавателя. С первого же занятия я оценила удивительную обходительность и мягкость Вадима Леонидовича. Занятия у нас проходили очень хорошо и легко, с большим терпением с его стороны, так как при чтении его доклада у нас возникали большие трудности. Чтобы я могла разобраться, правильно ли доклад переведен, Ва-

диму Леонидовичу приходилось мне многое разъяснять.

К сожалению, Вадим Леонидович тяжело заболел и не поехал в Париж, но доклад его был послан и там прочитан.

Работа над этим докладом показала, что нам не хватает словарей по специальности, и я решила взяться за составление французско-русского словаря по оптике и спектроскопии. Вадим Леонидович, несмотря на огромную занятость, составил для меня развернутый план словаря, перечислив в нем, какие разделы и в какой пропорции должны быть в нем представлены. Затем он составил список важнейших источников, из которых я могла почерпнуть необходимые материалы, снабдил меня французскими книгами по оптике, спектроскопии и кристаллографии из своей библиотеки. Нашел он и время прочитать готовую рукопись перед сдачей ее в издательство.

Мне хочется еще добавить — я была не ученицей, не сотрудницей Вадима Леонидовича, а в сущности посторонним для него человеком, обратившимся за помощью. То, что он сделал для создания словаря, ярко и полно характеризует его и как ученого, который ценит и поддерживает любое начинание в науке, и как человека, бесконечно доброго, сердечного и отзывчивого».

Прожитые годы, многолетняя крайне напряженная научная, педагогическая, административная и партийная работа постепенно давали себя знать. Состояние здоровья Вадима Леонидовича стало ухудшаться. В мае 1958 г. он перенес первый инфаркт миокарда, менее чем через год, в марте 1959 г. — второй. Пришлось оставить пост заместителя директора, а в 1963 г. — заведование лабораторией люминесценции ФИАН. Однако Вадим Леонидович не мыслил жизни без любимого дела, поэтому до последнего дня он оставался старшим научным сотрудником ФИАН и профессором физического факультета МГУ, функции которого он выполнял фактически на общественных началах. Не оставил Вадим Леонидович и Научный совет по люминесценции, на посту председателя которого он находился 19 лет.

28 января 1966 г. Вадиму Леонидовичу исполнилось 70 лет. Его юбилей был широко и тепло отмечен научной общественностью. Журналы «Оптика и спектроскопия», «Прикладная спектроскопия», «Труды по физике и астрономии АН Эстонской ССР» посвятили ему специальные юбилейные статьи. В этот день в актовом зале Физического института Академии наук СССР имени П. Н. Лебе-

дева состоялось торжественное заседание, посвященное его 70-летию и 45-летию научной и педагогической деятельности. Заведующий лабораторией люминесценции ФИАН профессор М. Д. Галанин, член-корреспондент АН СССР П. П. Феофилов и академик АН ЭССР Ф. Д. Клемент рассказали об основных научных достижениях В. Л. Лёвшина в области молекулярной люминесценции и рекомбинационного свечения кристаллофосфоров. Поздравить Вадима Леонидовича приехали ученые — представители десятков учреждений из разных городов нашей страны. Его тепло и сердечно приветствовали товарищи по работе академики Н. Г. Басов, П. А. Ребиндер, Д. В. Скобельцын, А. Н. Теренин и многие другие крупные ученые. Все они говорили о выдающейся роли Вадима Леонидовича в развитии учения о люминесценции, в разработке и стимуляции ее практических применений, в организации широких научных исследований в этой важной области физической науки. Юбиляр получил сотни поздравлений из самых разных уголков нашей Родины. Вадиму Леонидовичу было присвоено почетное звание заслуженного деятеля науки и техники РСФСР¹.

В ночь на 8 ноября 1969 г. Вадиму Леонидовичу стало совсем плохо, врачи с большим трудом вернули его к жизни. Но дни ученого были сочтены. 12 декабря 1969 г. у него повторился приступ астмы, вызванный острой сердечной недостаточностью. На этот раз врачи были бессильны что-либо сделать ... Вадим Леонидович не дожил около месяца до 74 лет.

Кончина В. Л. Лёвшина явилась тяжелой утратой для советской и мировой науки. Сотни научных сотрудников, учеников и друзей пришли проводить в последний путь этого замечательного ученого и человека. По желанию Вадима Леонидовича урна с его прахом была захоронена на территории старого Московского крематория рядом с урнами его отца и брата.

Многие научные журналы поместили некрологи, посвященные памяти Вадима Леонидовича. Среди них «Успехи физических наук», «Известия Академии наук СССР, серия физическая», «Оптика и спектроскопия», «Журнал прикладной спектроскопии», «Вестник Московского университета».

¹ Ведомости Верховного Совета РСФСР, 1966, № 37, 15 сентября, с. 803.

«Почти пятьдесят лет плодотворной научной деятельности, — отмечалось в „Журнале прикладной спектроскопии“, — посвятил В. Л. Лёвшин всестороннему изучению явления люминесценции. Его работы охватывают почти все важнейшие разделы исследования люминесценции молекул и кристаллофосфоров и содержат огромный материал большого научного значения». И далее: «В лице Вадима Леонидовича Лёвшина советская наука потеряла великолепного ученого, большого патриота нашей Родины, внесшего неоценимый вклад в развитие советской науки. Советские ученые и все, кому посчастливилось знать Вадима Леонидовича, навсегда сохраняют светлую память об этом замечательном человеке»².

В журнале «Оптика и спектроскопия» говорилось, что «скончался выдающийся советский физик, один из основателей советской школы люминесценции...»³ Некролог в журнале «Успехи физических наук» завершался словами: «Выдающийся ученый и организатор науки, беззаветно отдавший любимому делу все силы, знания и талант, скромный и доброжелательный человек — таким навсегда останется Вадим Леонидович Лёвшин в памяти всех, кто его знал»⁴.

Вадим Леонидович Лёвшин оставил богатое наследие. Его перу принадлежит более 300 научных работ, монографий, учебников, обзоров и брошюр. В них содержится большое число интересных мыслей и ценных идей, которые нельзя считать устаревшими и по сей день. Семена, посеянные им, дают обильные всходы. Его идеи воплощаются в жизнь в работах учеников и последователей. И это — лучший памятник замечательному ученому и патриоту, каким был Вадим Леонидович Лёвшин.

² Журнал прикладной спектроскопии, 1970, т. 12, № 3, с. 566—568.

³ Оптика и спектроскопия, 1970, т. 29, вып. 4, с. 816.

⁴ Успехи физических наук, 1970, т. 101, вып. 1, с. 89—91.

Основные даты жизни и деятельности

- 1896 28 (16) января родился Вадим Леонидович Лёвшин.
- 1913 Окончил Алексеевское реальное училище в г. Кашине, поступил в Московский университет на математическое отделение физико-математического факультета.
- 1918 Окончил Московский университет по специальности «физика».
- 1918—1919 Преподаватель физики в школах 2-й ступени в Твери и Москве.
- 1919—1923 Научная работа на кафедре физики МГУ.
- 1919—1922 Лаборант, затем инспектор рентгеновской секции Наркомздрава РСФСР.
- 1920—1922 Преподаватель физики рабфака МГУ.
- 1920—1930 Ассистент, доцент, заведующий кафедрой физики Московского высшего зоотехнического института.
- 1921—1923 Ассистент кафедры физики Московского ветеринарного института.
- 1922 Опубликована первая научная работа (совместно с С. И. Вавиловым) о поляризации флуоресценции растворов красителей.
- 1922—1932 Ассистент, старший ассистент, заведующий отделом физической оптики Института физики и биофизики Наркомздрава РСФСР.
- 1925 Создал теорию поляризованной люминесценции (формула Лёвшина—Перрена).
- 1927 Опубликовал первую работу по молекулярной ассоциации.
- 1928 Совместно с С. И. Вавиловым открыл нелинейное поглощение интенсивных световых потоков растворами ураниловых соединений (первое основополагающее исследование нового раздела науки — нелинейной оптики).
- 1929 Избран действительным членом Общества любителей естествознания.
- 1930—1931 Профессор, заведующий кафедрой физики Ярославского педагогического института.
- 1930—1935 Профессор, заведующий кафедрой физики Московского геологоразведочного института.
- 1931—1932 Профессор, заведующий кафедрой физики Московского станкоинструментального института.
- 1931—1937 Установил правило зеркальной симметрии спектров поглощения и люминесценции растворов красителей (правило Лёвшина).
- 1932—1935 Действительный член Научно-исследовательского института физики МГУ.
- 1934 Установил рекомбинационный характер свечения кристаллофосфоров (совместно с В. В. Антоновым-Романовским).
- 1934—1937 Ученый специалист, старший ученый специалист лаборатории люминесценции Физического института АН СССР имени П. Н. Лебедева.

- 1934—1939 Член редакционной коллегии и редактор отдела оптики «Физического словаря».
- 1935 Присуждена ученая степень доктора физико-математических наук за исследования связи между спектрами поглощения и люминесценции у сложных органических молекул.
- 1935—1938 Заведующий кафедрой физики Московского института инженеров коммунального хозяйства.
- 1936 Опубликована монография «Светящиеся составы».
- 1937—1945 Ученый секретарь Физического института АН СССР имени П. Н. Лебедева.
- 1937—1951 Заместитель заведующего лабораторией люминесценции Физического института АН СССР имени П. Н. Лебедева.
- 1940 Член комиссии по спектроскопии при отделении физико-математических наук АН СССР.
- 1941—1943 Проводил работы по оборонной тематике в Физическом институте АН СССР имени П. Н. Лебедева, эвакуированном в Казань.
- 1942 Принят кандидатом в члены ВКП(б).
- 1943 Возвратился с Физическим институтом АН СССР имени П. Н. Лебедева в Москву.
- 1944 Один из организаторов и руководителей I Всесоюзного совещания по люминесценции в Москве, где выступил с большим докладом по теории свечения кристаллофосфоров.
- 1944—1951 Заместитель председателя Комиссии по люминесценции Академии наук СССР.
- 1944—1969 Профессор кафедры оптики физического факультета МГУ. Создал лекционные курсы «Люминесценция жидких и твердых веществ», «Люминофоры», «Молекулярная спектроскопия двухатомных молекул», «Молекулярная спектроскопия двухатомных и многоатомных молекул».
- 1945 Принят в члены ВКП(б), награжден орденом Трудового Красного Знамени,¹ командирован в качестве представителя Академии наук СССР в Германию.
- 1946 Награжден медалью «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941—1945 гг.»
- 1946—1948 Член редакционной коллегии и редактор отдела физики журнала «Наука и жизнь».
- 1947—1958 Заместитель директора по научной части Физического института Академии наук СССР имени П. Н. Лебедева.
- 1947 Избран действительным членом Всесоюзного общества по распространению политических и научных знаний; присуждена премия имени академика Л. И. Мандельштама² за работы по целочислоземельным фосфорам, обладающим высокой чувствительностью к инфракрасным лучам; вышел в свет «Курс физики» для вузов, в котором отдел оптики написан В. Л. Лёвшиным.
- 1948 Один из организаторов и руководителей II Всесоюзного совещания по люминесценции и применению светосоставов.
- 1951—1963 Заведующий лабораторией люминесценции имени С. И. Вавилова Физического института Академии наук СССР имени П. Н. Лебедева.

¹ Правда, 1945, 14 июня.

² Известия, 1947, 17 января.

- 1951—1953 Председатель Комиссии по люминесценции Академии наук СССР.
- 1951 Присуждена Государственная премия СССР за разработку люминесцентных ламп¹; руководитель III Всесоюзного совещания по люминесценции и применению светосоставов; опубликована монография «Фотолюминесценция жидких и твердых веществ».
- 1951—1956 Член редакционной коллегии по изданию трудов академика С. И. Вавилова и ответственный редактор их первого тома.
- 1951—1953 Член редакционной коллегии и редактор отдела физики журнала «Природа».
- 1952 Присуждена Государственная премия СССР за исследование новых светящихся составов и разработку теории их действия².
- 1953 Награжден орденом Ленина³; делегат АН СССР на I съезде венгерских физиков в Будапеште, где выступил с докладом об успехах советских ученых в области люминесценции; избран почетным членом Общества советско-венгерской дружбы.
- 1955 Руководитель IV Всесоюзного совещания по молекулярной люминесценции и люминесцентному анализу в Минске, где выступил с обобщающим докладом по исследованиям ассоциации молекул в растворах.
- 1956 Участник Международной конференции по люминесценции в Париже; руководитель V Всесоюзного совещания по люминесценции кристаллофосфоров в Тарту.
- 1957—1969 Председатель Научного совета АН СССР по проблеме «Люминесценция и развитие ее применений в народном хозяйстве».
- 1957 Руководитель группы специалистов по разработке планов применения люминесценции в народном хозяйстве СССР.
- 1958 Руководитель VI Всесоюзного совещания по молекулярной люминесценции и люминесцентному анализу и организатор VII Всесоюзного совещания по люминесценции кристаллофосфоров; автор доклада по ассоциационной теории концентрационного тушения люминесценции, зачитанного в отсутствие В. Л. Лёвшина по болезни на Международной конференции по люминесценции в Париже.
- 1960 Руководитель IX Всесоюзного совещания по люминесценции кристаллофосфоров в Киеве.
- 1961 Руководитель X Всесоюзного совещания по люминесценции, посвященного памяти С. И. Вавилова, где выступил с большим докладом, обосновывающим ассоциационную природу концентрационного тушения люминесценции.
- 1962 Руководитель XI Всесоюзного совещания по молекулярной люминесценции и люминесцентному анализу.
- 1963—1969 Старший научный сотрудник лаборатории люминесценции имени С. И. Вавилова Физического института Академии наук СССР имени П. Н. Лебедева.

¹ Правда, 1951, 16 марта.

² Правда, 1952, 13 марта.

³ Вестник АН СССР, 1953, № 10, с. 43.

- 1963 Участник Интернациональной конференции по люминесценции в Торуне (Польша).
- 1964—1969 Член редакционной коллегии «Журнала прикладной спектроскопии».
- 1964 Руководитель XII Всесоюзного совещания по люминесценции кристаллофосфоров, где сделал обобщающий доклад о свойствах катодолюминесценции, и XIII Всесоюзного совещания по люминесценции органических люминофоров и молекулярной люминесценции.
- 1965 Руководитель XIV Всесоюзного совещания по люминесценции кристаллофосфоров.
- 1966 Автор доклада по изучению процессов переноса энергии в неорганических кристаллофосфорах, зачитанного в отсутствие В. Л. Лёвшина по болезни на Интернациональной конференции по люминесценции в Будапеште.
- 1967 Организатор XVI Всесоюзного совещания по молекулярной люминесценции.
- 1968 Присвоено почетное звание заслуженного деятеля науки и техники РСФСР¹; руководитель XVII Всесоюзного совещания по люминесценции кристаллофосфоров.
- 1969 Руководитель XVIII Всесоюзного совещания по молекулярной люминесценции, где выступил с докладом о необходимости уточнения существующего определения люминесценции.
- 1969 Скончался в Москве.
12 декабря

¹ Ведомости Верховного Совета РСФСР, 1966, № 37, 15 сентября, с. 803.

Основные научные труды¹

I. Монографии, учебники, научно-популярные книги

- Холодный свет. М.: Московский рабочий, 1927. 71 с.
О силе рук, инструментов и машин. М.; Л.: Госиздат, 1928. 63 с.
Светящиеся составы. М.: Изд-во АН СССР, 1936. 134 с.
Холодный свет. М.: Изд-во АН СССР, 1938. 120 с.
Михельсон В. А. Курс физики для втузов. 10-е изд., доп. и перераб. М.: Гостехиздат, 1940. Т. 2. В. Л. Лёвшиным переработаны гл. 18, 21—29.
Курс физики/ Под ред. Н. Д. Папалекси. М.: Гостехиздат, 1947. Т. 2. В. Л. Лёвшиным написаны гл. 14—20 и 22—24; гл. 22 и 23 совместно с Е. Л. Фейнбергом.
Холодное свечение (люминесценция). М.: ВОРП и НЗ, 1949. 39 с.
Фотолюминесценция жидких и твердых веществ. М.; Л.: Гостехиздат, 1951. 456 с.
Люминесценция и ее технические применения. М.: Изд-во АН СССР, 1956. 47 с.
Люминесценция и ее применение. М.: Наука, 1972. 183 с. Совместно с Л. В. Лёвшиным.

II. Журнальные статьи и доклады

- Beiträge zur Frage über polarisiertes Fluoreszenzlicht von Farbstofflösungen. — Ztschr. Phys., 1923, Bd. 16, H. 2, S. 135—154. Совместно с С. И. Вавиловым.
О поляризованном свете флуоресценции растворов красок. — Журнал Русского физико-химического общества (в дальнейшем — ЖРФХО). Часть физическая, 1924, т. 56, вып. $\frac{2}{3}$, с. 235—247.
Über die Abhängigkeit der Oberflächenspannung von Dichte und Temperatur. — Ztschr. phys. Chem., 1924, Bd. 112, H. $\frac{3}{4}$, S. 167—174.
О колебаниях несимметричных мембран. — Журнал прикладной физики, 1925, т. 2, с. 35—40.
О поляризованной фотолюминесценции жидких и твердых растворов. — ЖРФХО. Часть физическая, 1925, т. 56, вып. $\frac{5}{6}$, с. 483—488.

¹ Общий перечень научных работ В. Л. Лёвшина содержит более 300 наименований. Полная библиография его трудов опубликована в книге: *Л. В. Лёвшин, Ю. П. Тимофеев*. Вадим Леопидович Лёвшин. М.: Изд-во МГУ, 1977, с. 92—123. Приводимый перечень основных научных трудов В. Л. Лёвшина составлен в хронологическом порядке.

- Поляризованная флуоресценция и фосфоресценция растворов красок (теория явления). — Там же, 1925, т. 57, вып. $\frac{3}{4}$, с. 283—300.
- Über polarisiertes Fluoreszenzlicht von Farbstofflösungen. — Ztschr. Phys., 1925, Bd. 34, H. 4, S. 330—356.
- Природа фотолуминесценции в жидких и твердых средах. — ЖРФХО. Часть физическая, 1926, т. 58, с. 555—559. Совместно с С. И. Вавиловым.
- Die Bezeichnungen zwischen Fluoreszenz und Phosphoreszenz in festen und flüssigen Medien. — Ztschr. Phys., 1926, Bd. 35, H. $\frac{11}{12}$, S. 920—936. Совместно с С. И. Вавиловым.
- Die Auslöschungen der Fluoreszenz in festen und flüssigen Farbstofflösungen. — Ibid., 1927, Bd. 43, H. $\frac{3}{4}$, S. 230—253.
- Eine «phosphoreszierende» Flüssigkeit. — Naturwissenschaften, 1927, Bd. 15, H. 45, S. 899—900. Совместно с С. И. Вавиловым.
- Studien zur Kenntnis der Natur der Photolumineszenz von Uranylsalzen. — Ztschr. Phys., 1928, Bd. 18, H. $\frac{5}{6}$, S. 397—425. Совместно с С. И. Вавиловым.
- Соответствие спектров флуоресценции и абсорбции растворов и влияние температуры на них. — Журнал физической химии, 1934, т. 2, № 5, с. 641—661.
- Das Gesetz der Spiegelkorrespondenz der Absorptions und Fluoreszenzspektren. I. — Ztschr. Phys., 1931, Bd. 72, H. $\frac{5}{6}$, S. 368—381.
- Der Einfluß der Temperatur auf die Fluoreszenz der Farbstofflösungen und einige Folgen des Gesetzes der Spiegelkorrespondenz. II. — Ibid., S. 382—391.
- О применении гиперболической функции для описания затухания фосфоров. — ДАН СССР, 1933, т. 5, с. 205—206. Совместно с В. В. Антоновым-Романовским.
- О фотографировании инфракрасной части спектра по методу тушения фосфоресцирующих экранов. — Там же, т. 6, с. 276—278. Совместно с В. В. Антоновым-Романовским и Л. А. Тумерманом.
- Исследование по фосфоресценции. I. О гиперболическом законе затухания фосфоров. — Журнал экспериментальной и теоретической физики (в дальнейшем — ЖЭТФ), 1934, т. 4, № 10, с. 1022—1032. Совместно с В. В. Антоновым-Романовским.
- Исследование по фосфоресценции. II. Изучение явления тушения фосфоресценции инфракрасными лучами в целях применения его к фотографированию в инфракрасной части спектра. — Там же, с. 1033—1048. Совместно с В. В. Антоновым-Романовским и Л. А. Тумерманом.
- О связи спектров абсорбции и люминесценции в концентрированных растворах красителей. — ДАН СССР, 1934, т. 2, с. 405—408.
- О связи спектров абсорбции и люминесценции в концентрированных растворах красителей. — Журнал физической химии, 1935, т. 6, № 1, с. 1—19.
- О связи спектров абсорбции и люминесценции в слабых растворах красителей. — ДАН СССР, 1935, т. 1, № 8, с. 475—478.
- Соответствие спектров абсорбции и люминесценции в слабых растворах красителей (Влияние температуры и растворителя). — ЖРФХО. Часть физическая, 1935, т. 6, № 8, с. 991—1001.

- Исследование свечения ZnS , $\text{Cu-}\alpha$ и $\text{ZnS} \cdot \text{CdS-}\alpha$ фосфоров и структура центров фосфоресценции. — Журнал физической химии, 1935, т. 6, № 10, с. 1277—1285. Совместно с С. А. Фридманом.
- Исследование фосфоресценции кальцитов. — ДАН СССР, 1935, т. 2, № 1, с. 54—56. Совместно с М. Н. Аленцевым.
- Опыт введения количественных методов исследования в люминесцентный анализ минералов. — Труды Московского геолого-разведочного института, 1935, т. 1, с. 207—215. Совместно с М. Н. Аленцевым.
- Исследование затухания фосфоров, активированных органическими активаторами. — ДАН СССР, 1936, т. 2, № 4, с. 133—135. Совместно с Л. А. Винокуровым.
- Исследование затухания борных и алюминиевых фосфоров. — Журнал физической химии, 1936, т. 8, № 2, с. 181—196. Совместно с Л. А. Винокуровым.
- Recherches sur la décroissance de la luminescence et le mécanisme d'émission de différentes substances. — Acta phys. Polon., 1936, vol. 5, p. 301—317.
- Попытка квантовой интерпретации зеркальной симметрии спектров абсорбции и люминесценции. — Журнал физической химии, 1937, т. 9, № 1, с. 1—11.
- Исследование спектров абсорбции и люминесценции ураниловых солей и их растворов. — Известия АН СССР. Серия физическая, 1937, т. 2, с. 185—205.
- К вопросу о механизме свечения жидкости при воздействии ультразвука. — ДАН СССР, 1937, т. 16, № 8, с. 407—412. Совместно с С. Н. Ржевским.
- О возможности интерпретации явлений поляризованной люминесценции с помощью модели линейного осциллятора. Труды ФИАН СССР, 1938, т. 1, № 4, с. 19—34.
- О природе люминесценции борных фосфоров и о роли борной кислоты в процессе свечения. — Там же, с. 35—42. Совместно с О. А. Певуновой.
- Люминесценция сложных молекул. — Известия АН СССР. Серия физическая, 1938, т. 3, с. 337—338.
- Исследование механизма фосфоресценции самариевых фосфоров по ходу затухания их свечения. — ДАН СССР, 1938, т. 20, № 6, с. 445—448. Совместно с Е. П. Рикман.
- Исследование затухания свечения некоторых классов люминесцирующих веществ ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Cr}$, $\text{CdI}_2 \cdot \text{MCl}_2$, $\text{Zn}_2\text{SiO}_4 \cdot \text{Mn}$). — ДАН СССР, 1939, т. 25, № 2, с. 107—111. Совместно с В. Н. Алявдиным и В. В. Федоровым.
- О происхождении длительного и кратковременного свечения фосфоров с органическим активатором. — ДАН СССР, 1940, т. 28, № 2, с. 114—118. Совместно с В. Н. Тугариновым.
- О некоторых люминесцирующих веществах, применяемых для повышения светоотдачи и исправления цветности ртутных источников света. — Известия АН СССР. Серия физическая, 1940, т. 4, № 1, с. 134—137. Совместно с Л. А. Винокуровым и В. Д. Ивановым.
- Исследование люминесценции твердых тел и применение фосфоров в люминесцентных источниках света. — В кн.: План научно-исследовательских работ АН СССР на 1940 г. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1940, с. 29—30. Совместно с С. И. Вавиловым.

- Современные исследования механизма свечения полупроводников. — Известия АН СССР. Серия физическая, 1941, т. 5, № 4/5, с. 510—521.
- Исправление состава излучения ртутных ламп сверхвысокого давления. — В кн.: Сборник рефератов научно-исследовательских работ институтов отделения физико-математических наук АН СССР за 1940 г. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1941, с. 72. Совместно с С. А. Фридманом, А. А. Черепневым и В. В. Антоновым-Романовским.
- Исследование свечения цинк- и кадмий-силикатов. — В кн.: Сборник рефератов научно-исследовательских работ институтов отделения физико-математических наук АН СССР за 1940 г. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1941, с. 75. Совместно с М. А. Константиновой-Шлезингер.
- Люминесценция кристаллических веществ. — Известия АН СССР. Серия физическая, 1945, т. 9, № 4/5, с. 355—368.
- Фосфоры, чувствительные к «красному» свету. — ДАН СССР, 1946, т. 54, № 1, с. 19—22. Совместно с В. В. Антоновым-Романовским, З. Л. Моргенштерн и З. А. Трапезниковой.
- О взаимодействии излучения Zn и Mn в ZnS·Mn-фосфорах. Влияние длины волны возбуждающего света. I. — Там же, № 2, с. 127—129.
- Влияние концентрации Mn и температуры на излучение Zn, Mn в ZnS·Mn-фосфорах. — Там же, № 3, с. 215—218.
- О длительности установления стационарных распределений в возбужденных молекулах ураниловых солей. — ЖЭТФ, 1947, т. 17, № 3, с. 209—226. Совместно с Г. Д. Шереметьевым.
- Исследование щелочноземельных фосфоров, обладающих высокой чувствительностью к инфракрасным лучам. — Там же, № 11, с. 949—963. Совместно с В. В. Антоновым-Романовским, З. Л. Моргенштерн и З. А. Трапезниковой.
- О взаимодействии активаторов Zn и Mn в ZnS·Mn-фосфорах. — Там же, № 7, с. 675—688.
- Происхождение и состав различных видов свечения CaS, SrS·Ce-, Sm-, La-фосфоров. — ДАН СССР, 1947, т. 58, № 5, с. 779—782.
- Успехи люминесцентного анализа. — Труды Комиссии по аналитической химии, 1947, т. 1, с. 128—152.
- О природе различных видов свечения фосфоров с глубокими уровнями локализации. — ЖЭТФ, 1948, т. 18, № 1, с. 82—95.
- О влиянии распределения электронов по уровням локализации на протекание различных процессов свечения у CaS·SrS·Ce-, Sm-, La-фосфоров и о числе повторных локализаций электронов. — Там же, № 2, с. 149—163.
- О различных процессах высвечивания кристаллофосфоров. — Известия АН СССР. Серия физическая, 1948, т. 12, № 3, с. 217—238.
- О влиянии структуры молекул 9—10-диарилдиаминоантраценов на их оптические свойства. — Там же, 1949, т. 13, № 1, с. 49—66. Совместно с Н. Д. Жевандровым и К. К. Мозговой.
- О механизме вспышки SrS-фосфоров, активированных редкоземельными активаторами, и взаимодействии активаторов. — Там же, № 1, с. 75—90. Совместно с В. В. Антоновым-Романовским, З. Л. Моргенштерн и З. А. Трапезниковой.

- Изменение оптических свойств $\text{ZnS} \cdot \text{Cu}$ -, $\text{ZnS} \cdot \text{Mn}$ - и $\text{ZnS} \cdot \text{CdS} \cdot \text{Mn}$ -фосфоров при их механическом раздроблении. — ЖЭТФ, 1950, т. 20, № 5, с. 411—420. Совместно с И. В. Вейц.
- Исследование свечений цинксulfидных фосфоров. — ЖЭТФ, 1951, т. 21, № 2, с. 236—251. Совместно с Л. А. Винокуровым и Е. Г. Барановой.
- Влияние структуры молекулы и температуры среды на люминесценцию и поглощение сложных молекул. — Известия АН СССР. Серия физическая, 1951, т. 15, № 5, с. 573—584. Совместно с Т. М. Тарасовой.
- Свечение активированных кристаллов. — Успехи физических наук, 1951, т. 43, № 3, 426—484.
- Az anyagban végbemenő energiaátalakulás és átvitel fotolumineszcencia esetében. — Mag. Fiz. Folyóirat, 1954, k. 2, old. 529—550.
- Биография и очерк научной деятельности С. И. Вавилова. — В кн.: Вавилова С. И. Собрание сочинений. М.: Изд-во АН СССР, 1954, т. 1, с. 7—48.
- Поглощение сложных молекул, находящихся в метастабильном состоянии. — ДАН СССР, 1955, т. 103, № 1, с. 61—64. Совместно с А. Г. Лактионовым.
- Влияние ассоциации и других физико-химических факторов на люминесценцию и поглощение сложных молекул в растворах. — Известия АН СССР. Серия физическая, 1956, т. 20, № 4, с. 397—409.
- Природа концентрационных эффектов у растворов родаминов. — Там же, с. 424—432. Совместно с Е. Г. Барановой.
- Influence sur la loi de déclin de la phosphorescence de l'existence de plusieurs systèmes de pièges et du phénomène de recapture. — J. phys. et radium, 1956, vol. 17, № 8/9, p. 684—687.
- О происхождении уровней локализации в $\text{ZnS} \cdot \text{Cu}$ -, Co -фосфорах. — Оптика и спектроскопия, 1956, т. 1, № 2, с. 255—263. Совместно с В. Ф. Туницкой и А. А. Черепневым.
- О свечении находящихся под возбуждением $\text{ZnS} \cdot \text{Mn}$ -фосфоров. — Там же, 1957, т. 3, с. 258—266. Совместно с Н. С. Бородиным и Г. П. Нероновой.
- Светосоставы постоянного действия с искусственно-радиоактивными β -изотопами. — Известия АН СССР. Серия физическая, 1957, т. 21, № 4, с. 612—618. Совместно с Е. И. Панасюк и Л. А. Пахомычевой.
- Влияние длины волны возбуждающего света и природы уровней захвата фосфоров $\text{ZnS} \cdot \text{Cu}$, Co на их заполнение. — Оптика и спектроскопия, 1957, т. 2, № 3, с. 350—354. Совместно с В. Ф. Туницкой.
- Применение метода меченых атомов для изучения улетучивания активаторов кристаллофосфоров при прокаливании пикты. — Журнал аналитической химии, 1957, т. 12, № 6, с. 723—726. Совместно с Е. И. Панасюк и Л. А. Пахомычевой.
- Труды С. И. Вавилова в области оптики. — Труды Института истории естествознания и техники, 1957, т. 17, с. 7—43.
- Вопросы советской науки: Люминесценция и развитие ее применений в народном хозяйстве. М.: Изд-во АН СССР, 1957. 29 с. Совместно с группой специалистов.

- Вклад советской науки в изучение люминесценции. — Оптика и спектроскопия, 1957, т. 3, № 5, с. 417—433.
- Изучение явлений люминесценции и развитие ее применений в Советском Союзе. — Успехи физических наук, 1958, т. 64, № 1, с. 55—92.
- Новые направления в изучении люминесценции и развитие ее применений. — Вестник АН СССР, 1958, № 7, с. 26—31.
- О применении редкоземельных элементов в химии люминофоров. — В кн.: Редкоземельные элементы (получение, анализ, применение). М.: Изд-во АН СССР, 1958, с. 314—322. Совместно с М. А. Константиновой и З. А. Трапезниковой.
- Об образовании и действии уровней локализации $ZnS \cdot Mn$ -фосфоров. — Оптика и спектроскопия, 1958, т. 4, № 3, с. 358—364. Совместно с Б. Д. Рыжиковым.
- Различные виды концентрационного тушения люминесценции и возможность их разделения. — Известия АН СССР. Серия физическая, 1958, т. 22, № 9, с. 1038—1042. Совместно с Е. Г. Барановой.
- Спектры флуоресценции ароматических углеводов ряда дифенила и их кислород- и серусодержащих аналогов. — Известия АН СССР. Серия химическая, 1959, № 9, с. 1571—1578. Совместно с Х. И. Мамедовым, С. Р. Сергиенко и С. Д. Пустильниковой.
- Исследование ассоциации в концентрированных растворах красителей по спектрам абсорбции и люминесценции. — В кн.: Термодинамика и строение растворов. М.: Изд-во АН СССР, 1959, с. 275—285. Совместно с Е. Г. Барановой, Л. Д. Деркачевой и Л. В. Лёвшиным.
- Исследование природы концентрационного тушения люминесценции красителей в разных растворителях и разделение различных видов тушения. — Оптика и спектроскопия, 1959, т. 6, № 1, с. 55—64. Совместно с Е. Г. Барановой.
- Образование люминесцентных полимеров в концентрированных растворах акридинового оранжевого и исследование их оптических свойств. — Известия АН СССР. Серия физическая, 1959, т. 23, № 1, с. 15—18. Совместно с Ю. А. Ключевым.
- О возможности рекомбинационных процессов свечения в ураниловых соединениях и в вольфраматах. — Оптика и спектроскопия, 1959, т. 6, № 3, с. 372—376. Совместно с В. Б. Гутаном и Э. Н. Каржавиной.
- Сравнительное изучение запасаения световых сумм и температурного тушения фосфора $ZnS \cdot Ag$ при возбуждении β -лучами и светом. — Там же, т. 7, № 2, с. 236—240. Совместно с В. Н. Ребане.
- Исследование энергии тепловой активации процессов оптической вспышки $ZnS \cdot Cu \cdot Pb$ -фосфоров. — Оптика и спектроскопия, 1959, т. 7, № 4, с. 530—536. Совместно с Б. М. Орловым.
- Очерк научной и общественной деятельности акад. С. И. Вавилова. Материалы к библиографии ученых СССР. Серия физическая, вып. 3. М.: Изд-во АН СССР, 1959, с. 7—32.
- Люминесцентный метод количественного определения гадолиния в металлическом бериллии. — Труды Комиссии по аналитической химии АН СССР, 1960, т. 12, № 3, с. 344—354. Совместно с Э. Я. Араповой, Е. Г. Барановой, Т. В. Трофимовым и П. П. Феофиловым.

- Определение малых количеств гадолиния, самария и европия в металлическом тории. — Там же, с. 393—408. Совместно с Э. Я. Араповой и Е. Г. Барановой.
- Люминесцентное определение малых количеств гадолиния, самария и европия в тории. — В кн.: Сборник трудов Комиссии по аналитической химии АН СССР, 1960, с. 398—399. Совместно с Э. Я. Араповой и Е. Г. Барановой.
- Термовывесчивание и уровни локализации фосфоров. — Оптика и спектроскопия, 1960, т. 8, № 5, с. 663—671. Совместно с В. Ф. Туницкой.
- Исследование энергии тепловой активации вспышки и уровней локализации у фосфоров на основе CaS . — Там же, № 6, с. 875—877. Совместно с Н. Х. Файзи.
- Характер сил связи ассоциированных молекул родаминов 3Б и 6Ж в водных растворах и влияние концентрации и температуры на ход миграционного тушения. — Оптика и спектроскопия, 1961, т. 10, № 3, с. 362—367. Совместно с Е. Г. Барановой.
- О процессах свечения $\text{ZnS} \cdot \text{Mn}$ -фосфоров в момент возбуждения и их кинетике. — Там же, 1960, т. 9, № 2, с. 223—232. Совместно с В. Ф. Туницкой.
- Зависимость затухания флуоресценции от заполнения уровней локализации электронов и от температуры. — Известия АН СССР. Серия физическая, 1961, т. 25, № 4, с. 476—478. Совместно с Н. В. Жуковой и Г. К. Евдокимовой.
- Исследование действия двойной активации серебром и самарием на уровни локализации и излучение цинксульфидных фосфоров. — Там же, № 3, с. 392—399. Совместно с Ю. В. Вороновым, В. Б. Гутаном, С. А. Фридманом и В. В. Щаенко.
- Изучение уровней захвата CaS -фосфоров методами экзoeлектронной эмиссии и термовывесчивания. — Там же, № 4, с. 471—472. Совместно с П. А. Пипинисом.
- Изучение энергии тепловой активации оптического тушения некоторых кристаллофосфоров. — Там же, с. 466—469. Совместно с Б. М. Орловым.
- Влияние размеров натуральных и раздробленных кристаллов на люминесценцию цинксульфидных фосфоров. — Там же, № 3, с. 362—364. Совместно с Б. Д. Рыжиковым.
- Зависимость выхода и других оптических свойств цинксульфидных фосфоров от размеров кристаллов, не подвергавшихся раздроблению. — Оптика и спектроскопия, 1961, т. 10, № 4, с. 505—511. Совместно с Б. Д. Рыжиковым.
- Исследование состава излучения неактивированных фосфоров при изменении температуры. — Там же, № 6, с. 773—779. Совместно с Л. Дрозд.
- Замечания о понятиях «выход», «средняя длительность» и «закон затухания» люминесценции и их применении. — Там же, т. 11, № 3, с. 362—368.
- О расположении энергетических уровней фосфоров. — Там же, № 5, с. 648—655. Совместно с Л. Дрозд.
- Сергей Иванович Вавилов: (К 70-летию со дня рождения). — Успехи физических наук, 1961, т. 73, № 3, с. 373—380.
- Развитие работ С. И. Вавилова в области физики. — Там же, т. 75, № 2, с. 215—225. Совместно с А. Н. Терениным и И. М. Франком.

- Развитие идей С. И. Вавилова в области люминесценции. — Там же, с. 241—250.
- Разработка метода экзоэлектронной эмиссии для исследования уровней захвата кристаллофосфоров и применение его для изучения уровней захвата фосфоров $\text{CaS} \cdot \text{SrS}$. — Оптика и спектроскопия, 1962, т. 12, № 2, с. 259—264. Совместно с П. А. Пипинисом.
- О причинах падения яркости люминесценции при механическом раздроблении цинксulfидных фосфоров. II. — Там же, № 3, с. 400—406. Совместно с Б. Д. Рыжиковым.
- Спектры флуоресценции и поглощения стильбена в октане при низких температурах. — Там же, № 5, с. 593—598. Совместно с Х. И. Мамедовым.
- Миграция энергии в растворах и ассоциационная теория тушения люминесценции. — Известия АН СССР. Серия физическая, 1962, т. 26, № 1, с. 43—52.
- Запасание и перенос энергии возбуждения в кристаллофосфорах. — Там же, № 4, с. 450—459.
- Ассоциационная природа концентрационного тушения люминесценции Na -флуоресцеина в водных и глицериновых растворах. — Оптика и спектроскопия, 1962, т. 13, № 6, с. 809—818. Совместно с Л. В. Кротовой.
- О длительном свечении бензойной кислоты, ее солей и Cl - и Br -бензойных кислот и влиянии на него тяжелых атомов. — В кн.: Оптика и спектроскопия (люминесценция), М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1963, т. 1, с. 84—94. Совместно с В. Н. Ребане.
- Изучение состава излучения и центров свечения фосфоров. — Там же, с. 230—239. Совместно с Ю. В. Вороновым, В. Б. Гутаном, С. А. Фридманом и В. В. Щаенко.
- Исследование стимулирующего действия инфракрасных лучей диапазона 1—3,5 мк у цинксulfидных фосфоров. — Там же, с. 290—299. Совместно с Т. С. Решетиной, В. Ф. Туницкой и Е. Г. Васильевой.
- Спектры флуоресцеина и фосфоресценции β -метилнафталина в нормальных и изопарафиновых растворителях при 77° K. — Вестник МГУ. Серия 3, Физика, астрономия, 1963, № 2, с. 30—36. Совместно с Х. И. Мамедовым.
- Термостимулированная электронная эмиссия кристаллофосфоров на основе сернистого цинка. — Физика твердого тела, 1963, т. 5, № 2, с. 691—693. Совместно с П. А. Пипинисом.
- Концентрационное тушение люминесценции растворов. — Известия АН СССР. Серия физическая, 1963, т. 27, № 4, с. 540—550.
- Концентрационное тушение спиртовых растворов родамина 6Ж. — Там же, с. 554—557. Совместно с Е. Г. Барановой.
- Спектры флуоресценции и фосфоресценции α - и β -метилнафталинов в нормальных и изопарафиновых растворителях при 77° K. — Там же, № 5, с. 606—608. Совместно с Х. И. Мамедовым.
- Изучение оптической вспышки и оптического тушения кристаллофосфоров. — Вестник МГУ. Серия 3, Физика, астрономия, 1963, № 3, с. 48—54. Совместно с Б. М. Орловым.
- Исследование катодолуминесценции цинксulfидных и некоторых других катодолуминофоров. — Труды ФИАН, 1963, т. 23,

- с. 64—135. Совместно с Э. Я. Араповой, А. И. Блажевичем, Ю. В. Вороновым, В. Б. Гутаном, И. Г. Вороновой, А. В. Лавровым, Ю. М. Поповым, С. А. Фрадманом, В. А. Чихачевой, В. В. Щаенко.
- Изучение спектральных характеристик некоторых слоистых фосфоров и природа их центров свечения. — *Оптика и спектроскопия*, 1964, т. 17, № 6, с. 908—915. Совместно с С. Г. Кройтору.
- On the migration of the excitation energy in Solutions and accompanying phenomena. — *Acta phys. Polon.*, 1964, t. 26, № 3/4, s. 455—468.
- Редкоземельные элементы как активаторы люминофоров. — В кн.: *Вопросы теории и применения редкоземельных металлов*. М.: Наука, 1964, с. 60—66.
- Особенности катодолуминесценции, связанные с электронным характером возбуждения. — *Известия АН СССР. Серия физическая*, 1965, т. 29, № 3, с. 346—354.
- Исследование катодолуминесценции цинксulfидных, цинккадмийсulfидных люминофоров, активированных редкоземельными элементами. — Там же, с. 500—502. Совместно с С. А. Фридманом, В. А. Чихачевой и В. В. Щаенко.
- Взаимодействие активаторов Ag, Tl, Sm и Eu при катодолуминесценции фосфоров на основе ZnS. — Там же, с. 503—506. Совместно с Ю. В. Вороновым.
- О характерных особенностях различных видов миграции энергии в растворах. — Там же, № 8, с. 1260—1265.
- О некоторых люминесцентных характеристиках ZnS·Mn-фосфоров в области 15—77° K. — *Оптика и спектроскопия*, 1965, т. 18, № 2, с. 328—330. Совместно с В. Ф. Туницкой.
- Термостимулированная и фотостимулированная проводимость монокристаллов ZnS·Cu. — *Журнал прикладной спектроскопии*, 1965, т. 3, № 6, с. 504—509. Совместно с В. А. Горюновым.
- Механизм свечения и зонная схема ZnS·Fe-фосфоров. — *Известия АН СССР. Серия физическая*, 1966, т. 30, № 4, с. 573—580. Совместно с Э. Я. Араповой, Н. В. Митрофановой, Т. С. Решетиной, В. Ф. Туницкой, С. А. Фридманом и В. В. Щаенко.
- Исследование спектров излучения TR^{3+} в смешанных кристаллах на основе Y_2O_3 , In_2O_3 и Sc_2O_3 . — Там же, с. 713—715.
- О рекомбинации люминесценции слоистых кристаллофосфоров. — Там же, с. 716—718. Совместно с С. Г. Кройтору.
- Исследование ультрафиолетового излучения неактивированного сульфида цинка. — Там же, № 9, с. 1490—1493. Совместно с Э. Я. Араповой, Ю. В. Вороновым, В. А. Чихачевой и В. В. Щаенко.
- Исследование передачи энергии от решетки ZnS к активатору редкоземельному элементу. — Там же, с. 1494—1499. Совместно с С. А. Фридманом, В. А. Чихачевой и В. В. Щаенко.
- О получении монокристаллов сернистого цинка, активированных редкоземельными элементами. — Там же, с. 1500—1503. Совместно с И. И. Кисиль, Л. А. Сысовым, С. А. Фридманом, В. В. Щаенко.
- Изучение перераспределения электронов по уровням захвата под действием инфракрасного света в возбужденных цинксulfидных

- фидных фосфорах. — Там же, с. 1549—1551. Совместно с В. А. Горюновым и А. В. Станковой.
- Абсорбция, возбуждение и инфракрасная стимуляция вспышки фосфоров на основе сульфидов кальция и стронция. — Там же, с. 1552—1554. Совместно с В. В. Михайлиным и В. В. Низовцевым.
- Исследование перераспределения электронов по уровням захвата в возбужденных монокристаллах ZnS под действием инфракрасных лучей. — Журнал прикладной спектроскопии, 1966, т. 4, № 3, с. 256—260. Совместно с В. А. Горюновым.
- О влиянии вторичных локализаций электронов на фотостимулированное свечение и проводимость монокристаллов $ZnS \cdot Cu$. — Там же, № 4, с. 316—322. Совместно с В. А. Горюновым.
- Изменение оптических характеристик фосфоров при изменении соотношения компонентов основания. Вестник МГУ. Серия 3, Физика, астрономия, 1966, № 5, с. 17—21. Совместно с Р. К. Пиринчиевой и А. В. Станковой.
- Процессы переноса энергии в неорганических кристаллических фосфорах. — In: Proc. of the Intern. Conf. on Luminescence. Budapest, 1966, p. 39—55.
- Связь возбуждения со структурой фундаментального поглощения у некоторых фосфоров на основе IIA—VIB. — Ibid. p. 111—116. Совместно с В. В. Михайлиным.
- Влияние концентрации Er^{3+} на его спектр в Y_2O_3 . — Оптика и спектроскопия, 1966, т. 21, № 3, с. 319—321. Совместно с Р. К. Пиринчиевой.
- Абсорбция и возбуждение на краю фундаментального поглощения CaS -фосфора. — Там же, 1967, т. 22, № 1, с. 90—95. Совместно с В. В. Михайлиным, И. М. Диановой и Л. К. Кульман.
- Температурная зависимость линии спектра Er^{3+} в Y_2O_3 . — Там же, № 2, с. 250—257. Совместно с Р. К. Пиринчиевой.
- О резонансном переносе энергии возбуждения между сложными молекулами. — Журнал прикладной спектроскопии, 1968, т. 9, № 4, с. 630—635. Совместно с Ю. И. Гриневой.
- Люминесценция и молекулярная спектроскопия (Успехи советских ученых в области люминесценции за 50 лет). — В кн.: Развитие физики в СССР, т. 2. М.: Наука, 1967, с. 39—60.
- Люминесценция и ее применение. — Журнал прикладной спектроскопии, 1967, т. 7, № 4, с. 466—479.
- Жизнь и научная деятельность Петра Николаевича Лебедева. — Успехи физических наук, 1967, т. 91, № 2, с. 331—339.
- Спектр излучения Ti^{3+} в Y_2O_3 , его концентрационная и температурная зависимости. — Оптика и спектроскопия, 1969, т. 26, № 1, с. 127—130. Совместно с Н. Д. Максимовой и Р. К. Пиринчиевой.
- Спектр излучения Tb^{3+} в Y_2O_3 . — Там же, т. 27, № 4, с. 631—634. Совместно с Н. Д. Максимовой.
- Влияние пирины запрещенной зоны на выход свечения $ZnS_x \cdot CdS_{1-x}$ и Ho^{3+} -фосфоров. — Известия АН СССР. Серия физическая, 1969, т. 33, № 5, с. 852—857. Совместно с Н. В. Митрофановой, Л. А. Пахомычевой, Ю. П. Тимофеевым, С. А. Фридманом и В. В. Щаенко.

- Ультрафиолетовое излучение сублимированных пленок неактивированного сульфида цинка. — Там же, № 6, с. 944—947. Совместно с Э. Я. Араповой, Ю. В. Вороновым, В. Б. Гутаном, Ю. П. Тимофеевым.
- Стимулированное излучение и глубины центров захвата в фосфорах на основе сульфидов кальция и стронция. — Там же, с. 963—966. Совместно с В. В. Михайлиным, В. В. Низовцевым.
- Фундаментальное поглощение и возбуждение свечения ряда соединений IIA—VIB . — Там же, с. 974—976. Совместно с В. В. Михайлиным и Л. К. Саулевич.
- Люминесценция как явление и как раздел науки. — Там же, 1970, т. 34, № 3, с. 476—482.
- Тушение «краевой» катодолюминесценции ZnS инфракрасным излучением. — Физика и техника полупроводников, 1970, т. 4, № 3, с. 601—604. Совместно с Ю. В. Вороновым, Ю. П. Тимофеевым.
- Температурно-чувствительный люминофор для визуализации миллиметровых излучений. — Приборы и техника эксперимента, 1970, № 4, с. 166. Совместно с Н. В. Митрофановой, Ю. П. Тимофеевым, С. А. Фридманом, В. В. Щаенко.
- О влиянии избытка цинка и серы на «краевое» излучение безактиваторных ZnS -фосфоров. — Журнал прикладной спектроскопии, 1970, т. 12, № 4, с. 674—681. Совместно с Э. Я. Араповой, Ю. В. Вороновым, Ю. П. Тимофеевым.
- Спектр излучения Dy^{3+} в Y_2O_3 . — Там же, 1970, т. 13, № 2, с. 247—254. Совместно с Н. Д. Максимовой и И. К. Любавской.
- Спектры излучения Er^{3+} в смешанных люминофорах $\text{ZnS} \cdot \text{CdS}$. — В кн.: Спектроскопия кристаллов. Л.: Наука, 1973, с. 195—198. Совместно с М. В. Сенашенко.
- Влияние закалки на эффективность «краевого» излучения монокристаллов ZnS . — Журнал прикладной спектроскопии, 1970, т. 12, № 6, с. 1061—1066. Совместно с Ю. В. Вороновым, Н. А. Горбачевой, Ю. П. Тимофеевым.
- Температурные зависимости интенсивностей линии излучения Tb^{3+} в Y_2O_3 . — Оптика и спектроскопия, 1970, т. 28, № 6, с. 1159—1163. Совместно с Н. Д. Максимовой и А. В. Астаховым.
- О составе и температурных свойствах ультрафиолетового излучения неактивированного ZnS . — Журнал прикладной спектроскопии, 1971, т. 14, № 6, с. 1037—1043. Совместно с В. В. Гутаном, Э. Я. Араповой.
- Об изменении выхода свечения люминофоров $\text{ZnS} \cdot \text{CdS}$ в зависимости от соотношения компонентов основания. — Оптика и спектроскопия, 1970, т. 29, № 5, с. 931—936. Совместно с М. В. Сенашенко.
- О люминесценции $\text{ZnS} \cdot \text{CdS}$ -люминофоров, активированных Mn^{++} . — Вестник МГУ. Сер. 3, Физика, астрономия, 1970, № 6, с. 679—683. Совместно с М. В. Сенашенко.
- Высокотемпературная ультрафиолетовая катодолюминесценция сульфида цинка. — Оптика и спектроскопия, 1971, т. 30, № 6, с. 1063—1068. Совместно с Ю. В. Вороновым и Ю. П. Тимофеевым.

- Взаимоотношение оптических и тепловых процессов при стимулировании глубокого центра захвата в фосфоре $\text{CaS} \cdot \text{SrS} \cdot \text{Ce}$, Sm. — Журнал прикладной спектроскопии, 1971, т. 15, № 4, с. 653—657. Совместно с В. В. Михайлиным и В. В. Низовцевым.
- Применение кристаллофосфоров для регистрации электромагнитных излучений. — Труды ФИАН СССР, 1972, т. 59, с. 64—123. Совместно с Н. В. Митрофановой, Ю. П. Тимофеевым, С. А. Фридманом, В. В. Шаенко.
- Тушение краевого излучения ZnS при введении центров свечения и тушения. — Журнал прикладной спектроскопии, 1972, т. 17, № 4, с. 636—641. Совместно с Ю. В. Вороновым и Ю. П. Тимофеевым.

Литература ¹

- Лазарев П. П.* Десять лет Института физики и биофизики НКЗ. М.: Институт физики и биофизики, 1929, с. 23, 24, 26, 51, 60, 65, 85, 87.
- Академик С. И. Вавилов* о работах В. Л. Лёвшина. — За социалистическую науку, 1935, 23 марта.
- Профессор В. Л. Лёвшин.* — За социалистическую науку, 1935, 1 мая.
- Математика и естествознание в СССР.* М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1938, с. 249—251.
- Вреден-Кобецкая Т. О., Окулич Б. И.* Доктор физико-математических наук, профессор Вадим Леонидович Лёвшин. — В кн.: Материалы к библиографии трудов ученых СССР. М.: Фундаментальная библиотека АН СССР, 1938. 14 с. (Серия физика; Вып. 3).
- Гаухман Р. П.* Материалы к библиографии по истории русской науки (Лёвшин Вадим Леонидович). М.: Изд-во МГУ, 1948, с. 86, 87.
- Работы сотрудников АН СССР, удостоенные Государственной премии за 1950 г. — Вестник АН СССР, 1951, № 5, с. 42.
- Свешников Б. Я.* Рец. на кн.: Лёвшин В. Л. Фотолюминесценция жидких и твердых веществ. М.; Л.: Гостехиздат, 1951. 456 с. — Советская книга, 1951, № 12, с. 29—38.
- Теренин А. Н., Теофилов П. П.* Крупнейший советский ученый-оптик (К 60-летию со дня рождения В. Л. Вавилова). — Вестник ЛГУ, 1951, № 3, с. 112, 115, 117.
- Шпольский Э. В.* Сергей Иванович Вавилов. — Успехи физических наук, 1951, т. 43, вып. 3, с. 334, 335, 341. Об этом же см. в кн.: Проблемы физической оптики. М.; Л.: Гостехиздат, 1951, с. 10, 11, 15, 19.
- Теренин А. Н.* Научная деятельность С. И. Вавилова в области оптики. — В кн.: Памяти Сергея Ивановича Вавилова. М.: Изд-во АН СССР, 1952, с. 29, 31, 34, 35, 37. Об этом же см. в кн.: Труды сессии, посвященной памяти академика Сергея Ивановича Вавилова. М.: Оборонгиз, 1953, с. 5, 6, 9, 11.
- История естествознания в СССР. Раздел физика. М.: Изд-во АН СССР, 1952, т. 3, с. 262, 268.
- Несмеянов А. Н.* Советская наука служит народу. — Правда, 1952, 13 марта.
- Скобелцын Д. В.* Праздник советской науки. — Литературная газета, 1952, 13 марта.
- Боевой авангард университетского коллектива. — Московский университет, 1952, 22 мая.
- Лёвшин В. Л. — В кн.: БЭС. 2-е изд., 1953, т. 24, с. 403.
- История Московского университета (1755—1955 гг.). М.: Изд-во МГУ, 1955, т. 2, с. 196, 360, 361.
- В. Л. Лёвшин. (К 60-летию со дня рождения). — Оптика и спектроскопия, 1956, т. 1, вып. 3, с. 441—442.
- Шпольский Э. В.* Сорок лет советской физики. М.: Физматгиз, 1958, с. 38, 39, 41.

¹ Ссылки на источники, освещающие жизнь и деятельность В. Л. Лёвшина, приведены в хронологическом порядке.

- Лёвшин Вадим Леонидович. — В кн.: Биографический словарь деятелей естествознания и техники. М.: Советская энциклопедия, 1958, с. 504.
- Лёвшин Л. В. Сергей Иванович Вавилов. М.: Изд-во МГУ, 1960, с. 14—16, 25, 28, 55, 82—87. (Замечательные ученые Московского университета; № 24).
- Келер В. Сергей Вавилов. М.: Молодая гвардия, 1961, с. 81—83, 115, 116, 125, 126, 167, 181. (Жизнь замечательных людей; вып. 8).
- Библиографический указатель работ сотрудников лаборатории люминесценции Физического института им. П. Н. Лебедева Академии наук СССР (1934—1961 гг.). — Труды ФИАН, 1963, т. 23, с. 136—163.
- Рахматов М. Н. Физики нашей родины. Ташкент: Учитель, 1965, с. 200. На узбекском языке.
- Вадим Леонидович Лёвшин (К 70-летию со дня рождения). — Журнал прикладной спектроскопии, 1966, т. 4, вып. 1, с. 95—97.
- Вадим Леонидович Лёвшин (К 70-летию со дня рождения). — Оптика и спектроскопия, 1966, т. 21, вып. 1, с. 142.
- Клемент Ф. Д. От законов затухания к природе центров свечения. — Труды Института физики и астрономии АН Эстонской ССР, Тарту, 1966, № 31, с. 3—18.
- Московский университет за 50 лет Советской власти. М.: Изд-во МГУ, 1967, с. 210, 220, 221, 711, 714.
- Развитие физики в СССР. М.: Наука, 1967, кн. 2, с. 43, 45, 47, 50, 53, 56, 57, 59.
- Рахматов М. Н. Выдающиеся представители отечественной физики [Лёвшин Вадим Леонидович]. — Научные труды Бухарского гос. педагогического института и Ташкентского гос. университета, 1967, вып. 3, Ташкент; Бухара, с. 96—108.
- Шпольский Э. В. Пятьдесят лет советской физики. — Успехи физических наук, 1967, т. 93, вып. 2, с. 238, 240, 249.
- Королев Ф. А. Развитие оптики в Московском университете. — В кн.: История и методология естественных наук. М.: Изд-во МГУ, 1968, вып. 6, Физика, с. 120.
- Лёвшин Л. В. Научные исследования в области люминесценции. — В кн.: История и методология естественных наук, М.: Изд-во МГУ, 1968, вып. 6, Физика, с. 123—128, 131, 136.
- Шпольский Э. В. Очерки истории развития советской физики (1917—1967). М.: Наука, 1969, с. 15, 74, 75.
- Жевандров Н. Д. В. Л. Лёвшин (Некролог). — Успехи физических наук, 1970, т. 101, вып. 1, с. 89—91.
- Королев Ф. А. В. Л. Лёвшин (Некролог). — Московский университет, 1970, 13 января.
- В. Л. Лёвшин (Некролог). — Вестник МГУ. Серия 3, Физика, астрономия, 1970, № 3, с. 119, 120.
- В. Л. Лёвшин (Некролог). — Журнал прикладной спектроскопии, 1970, т. 12, вып. 3, с. 566—568.
- В. Л. Лёвшин (Некролог). — Оптика и спектроскопия, 1970, т. 29, с. 816.
- Памяти В. Л. Лёвшина (Некролог). — Известия АН СССР. Серия физическая, 1970, т. 34, вып. 3, с. 474—475.
- Лёвшин Л. В. Библиография научных трудов В. Л. Лёвшина. М.: Изд-во МГУ, 1970. 46 с.

- Лёвшин Л. В.* Люминесценция. — В кн.: Развитие физики в России. М.: Просвещение, 1970, т. 2, с. 52, 53, 56, 58—64, 67—69, 71, 73, 75.
- Лёвшин Л. В.* Сергей Иванович Вавилов. — В кн.: Основатели советской физики. М.: Просвещение, 1970, с. 189—191, 194, 195, 199.
- Лёвшин Л. В.* Сергей Иванович Вавилов. М.: Просвещение, 1970, с. 29, 52, 55—59, 63, 64, 66, 67, 72, 79, 96, 109, 118, 120, 128, 153—156.
- Лёвшин Л. В.* Библиография научных трудов сотрудников, аспирантов и студентов кафедры оптики физического факультета МГУ (1942—1970). М.: Изд-во МГУ, 1971. 71 с.; То же. — В кн.: История и методология естественных наук. М.: Изд-во МГУ, 1972, вып. 12, Физика, с. 152—190.
- Ахманов С. А.* Нелинейная оптика. — В кн.: БСЭ. 3-е изд., 1974, т. 17, с. 1312.
- Жевандров Н. Д., Лёвшин Л. В., Рыжиков Б. Д., Славнова Т. Д., Тимофеев Ю. П., Туницкая В. Ф.* Творческий путь профессора Московского университета Вадима Леонидовича Лёвшина. — В кн.: История и методология естественных наук. М.: Изд-во МГУ, 1974, вып. 15. Физика, с. 179—220.
- Лёвшин Л. В.* Работы кафедры оптики физического факультета МГУ в области люминесценции и молекулярной спектроскопии (1942—1972). — В кн.: История и методология естественных наук. М.: Изд-во МГУ, 1974, вып. 15. Физика, с. 124—138.
- Келер В.* Сергей Вавилов. М.: Молодая гвардия, 1975, с. 8, 90, 96—98, 118, 124, 129—132, 143, 144, 154, 161, 203, 230, 231, 250, 251, 317. (Жизнь замечательных людей; Вып. 11).
- Тридцать лет работы Научного совета: (Научный совет по проблеме «Люминесценция и развитие ее применений в народном хозяйстве»). М.: Ротапринт ФИАН АН СССР, 1976, с. 5, 13, 36, 37, 41, 49, 62, 63, 72, 75, 78, 83.
- Красильников В. А.* 60 лет Великого Октября и развитие физики в Московском университете. — Вестник МГУ. Серия 3, Физика, астрономия, 1977, т. 18, № 5, с. 5, 6.
- Лёвшин Л. В.* Сергей Иванович Вавилов. М.: Наука, 1977, с. 8, 91—93, 115, 122, 123, 127—132, 137—139, 142, 143, 145—147, 151, 153, 168, 178—180, 189, 210, 216—218, 249, 256, 267, 279, 285, 292, 295—297, 303, 347, 350, 354—367, 369, 370, 372, 373, 375—380, 382, 385, 416.
- Лёвшин Л. В., Тимофеев Ю. П.* Вадим Леонидович Лёвшин. М.: Изд-во МГУ, 1977. 130 с. (Замечательные ученые Московского университета; № 46).
- Храмов Ю. А.* Лёвшин Вадим Леонидович. — В кн.: Физики: (Библиографический справочник). Киев: Наукова думка, 1977, с. 192, 193.
- Сергей Иванович Вавилов. (Очерки и воспоминания). М.: Наука, 1979, с. 7, 9, 10, 22, 23, 28, 47, 52, 55—57, 62, 133, 171, 188, 254, 255, 267, 279, вклейка.
- Спасский Б. И., Лёвшин Л. В., Красильников Ф. А.* Физика и астрономия в Московском университете. (К 225-летию основания университета). — Успехи физических наук, 1980, т. 130, вып. 1, с. 162.

Оглавление

| | |
|---|-----|
| Введение | 5 |
| Семья, детские и юношеские годы | 6 |
| В студенческие годы | 13 |
| Первые шаги в науке. Институт физики и биофизики | 17 |
| Исследование поляризованной люминесценции рас- творов | 31 |
| Возвращение в университет. Установление правила зеркальной симметрии | 37 |
| Работа в Физическом институте АН СССР имени П. Н. Лебедева в предвоенные годы | 45 |
| В годы Великой Отечественной войны | 51 |
| Исследование процессов молекулярной ассоциации и их влияния на концентрационное тушение люми- несценции | 56 |
| Исследование общих проблем свечения кристаллофос- форов и возможностей их применений | 66 |
| Педагог, руководитель и воспитатель научных кадров | 78 |
| Исследование центров захвата в кристаллофосфорах и кинетики их заполнения | 91 |
| Изучение природы и взаимодействия центров све- чения в кристаллофосфорах | 101 |
| Научно-организационная деятельность | 112 |
| Работы в области истории науки. Издательская деятельность | 123 |
| Труженик науки | 130 |
| Основные даты жизни и деятельности | 140 |
| Основные научные труды | 144 |
| Литература | 156 |

Леонид Вадимович Лёвшин,
Юрий Петрович Тимофеев

В. Л. Лёвшин
1896—1969

*Утверждено к печати редколлегией
научно-биографической серии
Академии наук СССР*

Редактор *В. С. Лунач*
Художественный редактор *Н. А. Фильчагина*
Технический редактор *Н. Н. Плохова*
Корректоры *Н. И. Казарина, Л. В. Лукичева*

ИБ № 18440

Сдано в набор 8.07.80.
Подписано к печати 30.10.80.
Т-15687. Формат $84 \times 108^{1/32}$.
Бумага типографская № 2.
Гарнитура обыкновенная
Печать высокая
Усл. печ. л. 8,4. Уч.-изд. л. 9,2
Тираж 20 500 экз. Тип. зак. 1620
Цена 55 коп.

Издательство «Наука»
117864 ГСП-7, Москва В-485, Профсоюзная ул., 90
Ордена Трудового Красного Знамени
Первая типография издательства «Наука»
199034, Ленинград, В-34, 9 линия, 12



*Л. В. Лёвшин,
Ю. П. Тимофеев*

**Вадим Леонидович
ЛЁВШИН**



ГОТОВИТСЯ К ПЕЧАТИ КНИГА:

Старосельский П. И., Никулина Е. П.
МИХАИЛ МИХАЙЛОВИЧ КОНОВАЛОВ

(1858—1906)

10 л. 65 к.

Книга рассказывает о жизни и деятельности выдающегося русского ученого-химика Михаила Михайловича Коновалова — исследователя, педагога, просветителя, человека редких душевных качеств. Один из виднейших представителей московской школы химиков-органиков, М. М. Коновалов получил широкую известность своими исследованиями по нитрованию углеводов, открывшими возможность химической переработки обширного класса углеводов, что позволило подойти к нефтехимическому синтезу, получившему в наши дни огромное научное и практическое значение. Книга рассчитана на широкий круг читателей, интересующихся развитием отечественной науки.

Заказы просим направлять по одному из перечисленных адресов магазина «Книга — почтой» «Академкнига»:

- 480091 Алма-Ата, 91, ул. Фурманова, 91/97
- 370005 Баку, 5, ул. Джапаридзе, 13
- 734001 Душанбе, проспект Ленина, 95
- 252030 Киев, ул. Пирогова, 4
- 443002 Куйбышев, проспект Ленина, 2
- 197110 Ленинград, П-110, Петрозаводская ул., 7-А
- 117192 Москва, В-192, Мичуринский проспект, 12
- 630090 Новосибирск, 90, Морской проспект, 22
- 620151 Свердловск, ул. Мамина-Сибиряка, 137
- 700029 Ташкент, Л-29, ул. К. Маркса, 28
- 450059 Уфа, ул. Р. Зорге, 10
- 720001 Фрунзе, бульвар Дзержинского, 42
- 310003 Харьков, Уфимский пер., 4/6