

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
Физический институт им. П.Н. Лебедева

**К истории ФИАН**  
Серия «Знаменательные события»  
*Выпуск 1*

**1800-й СЕМИНАР ОТДЕЛА ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ**

Москва 2003

К истории ФИАН.

Серия «Знаменательные события». Выпуск 1.

1800-ый семинар Отдела люминесценции.

Составитель – Березанская В.М.

ISBN 5-902622-02-6

Настоящий сборник открывает серию публикаций «Знаменательные события» и является авторизованной расшифровкой аудиозаписи юбилейного 1800-го семинара Отдела люминесценции. В сборнике в качестве иллюстраций использованы фотографии, сделанные на семинаре составителем, фотографии из архива С.А. Фридмана, из личных архивов Т.И. Вознесенской и З.А. Чижиковой.

Составитель выражает глубокую благодарность М.В. Фоку и В.А. Исакову за редактирование научных докладов, а также П.Д. Березину за помощь в оформлении издания.



СЕМИНАР  
ОТДЕЛА ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ  
*юбилейное заседание*

**№1800**

состоится  
5 марта 2003 года в 10<sup>00</sup> в колонном зале ФИАН

В программе:

воспоминания о прошлом и мечты о будущем,  
подведение итогов и построение планов.

Докладчики

1. З.А.Чижикова «Из записок архивариуса»
2. М.В.Фок
3. А.Г.Витухновский
4. А.М.Леонтович
5. А.Н.Георгобиани
6. Ю.П.Тимофеев

Приглашаются все друзья отдела.

Тел. для справок: 68-88 Пименов А.В.



**Сотрудники Лаборатории люминесценции ФИАН. 1967 г.**

(слева направо, начиная с первого ряда) Жевандров Н.Д., Фок М.В., Туницкая В.Ф., Левшин В.Л., Галанин М.Д., Моргенштерн З.Л., Фридман С.А., Чижикова З.А., Арапова Э.Я., Панасюк Е.И., Кондрашкин С.Г., Воронов Ю.В., Горбачева Н.А., Соколова Н.С., Данилова М.В., Хрущев Ю.В., Щаенко В.В., Леонтович А.М., Орановский В.Е., Царьков М.В., Наконечный С.Ф., Панфилов Б., Крымова А.И., Гутан В.Б., Чихачева В.А., Архангельский Г.Е., Кучаева Э.Л., Петунин А.А., Савин А., Митрофанова Н.В., Неуструев В.Б., Сморчков В.Н., Зенина Н.В., Юденок В.С., Беликова Т.П., Буке Е.Е., Пахомычева Л.А., Анфиногенов Б., Свириденков Э.А., Голубева Н.П., Ковалевский В.В., Бочков Ю.В., Тимофеев Ю.П., Буянов В., Осип Л.Е., Григорьев Н.Н., Винокуров Л.А., Комарова Е.И., Цыганова Л.М., Прохорова В.П., Калеева З.П.

## Содержание

<b>Предисловие .....</b>	<b>7</b>
1. Вступительное слово заведующего Отделом люминесценции А. Г. Витухновского .....	12
2. <i>Чижикова З.А.</i> «Записки архивариуса». Из истории Отдела люминесценции.....	13
3. <i>Антонов-Романовский В.В.</i> Эпизоды .....	20
4. <i>Фок М.В.</i> Как проходили семинары по люминесценции полвека назад ...	21
5. <i>Леонтович А.М.</i> Работы по лазерам .....	24
6. <i>Чижикова З.А.</i> Дополнение к докладу А.М. Леонтовича .....	30
7. <i>Попов Ю.М.</i> Об истории некоторых работ и о перспективах .....	31
8. <i>Георгобиани А.Н.</i> Кое-что о себе и о направлениях работ моей группы .....	36
9. <i>Витухновский А.Г.</i> Органические светоизлучающие диоды и их перспективы .....	38
10. <i>Тимофеев Ю.П.</i> О люминесценции .....	42
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ .....</b>	<b>47</b>
1. <i>Березанская В.М.</i> Работы Отдела строения вещества ФИАН в 1934-1936 гг., предваряющие исследования Лаборатории люминесценции.....	48
2. <i>Вознесенская Т.И.</i> Что я знаю и помню о семинаре .....	50
3. <i>С.А. Фридман, З.Л. Моргенштерн.</i> Лаборатория люминесценции ФИАН во время войны .....	55

## Предисловие

Настоящий сборник представляет собой расшифрованную и авторизованную аудиозапись 1800-го семинара Лаборатории люминесценции Физического института им. П.Н. Лебедева РАН (ФИАН), который состоялся 5 марта 2003 года. Это юбилейное событие стало праздником не только для сотрудников лаборатории, но и для всех присутствующих. Докладчики З.А. Чижикова, В.В. Антонов–Романовский, М.В. Фок, М.А. Леонтович, Ю.М. Попов А.Н. Георгобiani, А.Г. Витухновский, Ю.П. Тимофеев, сумели создать на семинаре атмосферу любви и преданности к профессии и ФИАНу, атмосферу гордости своей причастностью к известному научному коллективу, созданному С.И. Вавиловым. Сергея Ивановича старшие сотрудники лаборатории вспоминают постоянно, и говорят о нем с обожанием. Будучи директором ФИАНа, а затем и президентом Академии наук, С.И. Вавилов руководил Лабораторией люминесценции до конца жизни (1951 г.). Это было его детище, которое он действительно любил и лелеял. Деятельность такой грандиозной личности дала свои плоды. Здесь были заложены основы вавиловской школы и целого ряда направлений в люминесценции. С этой старейшей лабораторией Института связаны и два самых знаменитых фиановских открытия, удостоенные Нобелевской премии – эффект Вавилова–Черенкова и создание лазеров.



Рис. 1. С.И. Вавилов с сотрудниками ФИАН, 1945 г.

Предыстория Лаборатории люминесценции такова. В августе 1934 г., когда ФИАН вместе с Академией наук переехал из Ленинграда, в Москву были переведены два существовавших там отдела: Теоретический (руководителем которого стал И.Е. Тамм) и Экспериментальный отдел строения вещества (рук. С.И. Вавилов). В Москве были образованы еще два отдела: Оптический отдел (рук. Г.С. Ландсберг) и Отдел колебаний (рук. Н.Д. Папалекси).

Собственной внутренней структурой обладал только один из четырех отделов – Экспериментальный отдел строения вещества. Он включал в себя пять лабораторий: Лабораторию космических лучей и атомного ядра (рук. С.И. Вавилов), Лабораторию структуры жидкости, Лабораторию окрашивания кристаллов (рук. С.А. Арцыбышев), Лабораторию диэлектриков (рук. Б.М. Вул) и Лабораторию структуры поверхности (рук. П.Д. Данков). **В конце 1934 г. были созданы Лаборатория фосфоресценции (рук. С.И. Вавилов) и Лаборатория молекулярной физики (П.А. Ребиндер).** Тематика лаборатории фосфоресценции (на 13.11.1936 г.) была определена следующим образом: «...исследование законов и применения люминесценции жидкостей и кристаллических фосфоров, а также связанных с ними вопросов окрашивания кристаллов».

Первые работы по люминесценции начали проводиться еще в Ленинграде сотрудниками разных лабораторий Экспериментального отдела строения вещества и затем продолжались после переезда в Москву. В приложении (*Приложение 1*) дана выписка из Архива РАН, в которой перечислен ряд работ по люминесценции (с указанием исполнителей), выполненных в период с 1934 по 1936 год.

**26 декабря 1936 г.** на заседании Ученого совета ФИАН (Архив РАН, ф. 532, оп. 1, д. 10) была заслушана информация С.И. Вавилова о проекте реорганизации Института и было вынесено постановление:

*«Отделы упразднить и вместо них создать следующие лаборатории:*

*Лаборатория теоретическая. Руководитель И.Е. Тамм.*

*Лаборатория оптики. Руководитель Г.С. Ландсберг.*

*Лаборатория люминесценции. Руководитель С.И. Вавилов, заместитель В.Л. Левшин.*

*Лаборатория диэлектриков. Руководитель Б.М. Вул.*

*Лаборатория атомного ядра. Руководитель С.И. Вавилов, заместитель И.М. Франк.*

*Лаборатория молекулярной физики. П.А. Ребиндер.*

*Лаборатория колебательных процессов. Н.Д. Папалекси.»*

Формально **день 26 декабря 1936 г. можно считать Днем рождения Лаборатории люминесценции.** На самом деле зарождение Лаборатории связано с первыми шагами в научной деятельности оптика С.И. Вавилова еще в Ленинграде в Физико-Математическом институте, из Физического отдела которого в 1934 г. был образован ФИАН.

С.И. Вавилов явился и основателем Семинара Лаборатории люминесценции, 1800-е заседание которого представлено в данном сборнике. Вся деятельность Лаборатории и Семинара как бы осеяны личностью Сергея Ивановича, и это придает особый смысл происшедшему событию.

С.И. Вавилов понимал исключительную важность научного общения между учеными. И.М. Франк в своих воспоминаниях пишет: *«Мне понятно, что Сергей Иванович в своей научно-организаторской деятельности придавал немаловажное значение семинарам. Удивительно только, как рано пришло к нему это понимание».* По воспоминаниям С.И. Ржевкина еще в лаборатории П.Н. Лебедева в Мертвом переулке *«Сергей Иванович сделал первый опыт организации самостоятельного физического коллоквиума».* Опять из воспоминаний И.М. Франка: *«Когда в 1934 г. он (С.И. Вавилов) привлек меня к работам*



по ядерной физике, он немедленно поручил начать семинар по ядерной физике и сам первые годы регулярно его посещал».

В архивах первое упоминание о семинарах по люминесценции относится к 1936 году: «Коллоквиум Лаборатории фосфоресценции (совместный с Лабораторией кристаллов) имел 9 заседаний» (Архив РАН, ф. 532, оп. 1, д. 15, 1936 г.).

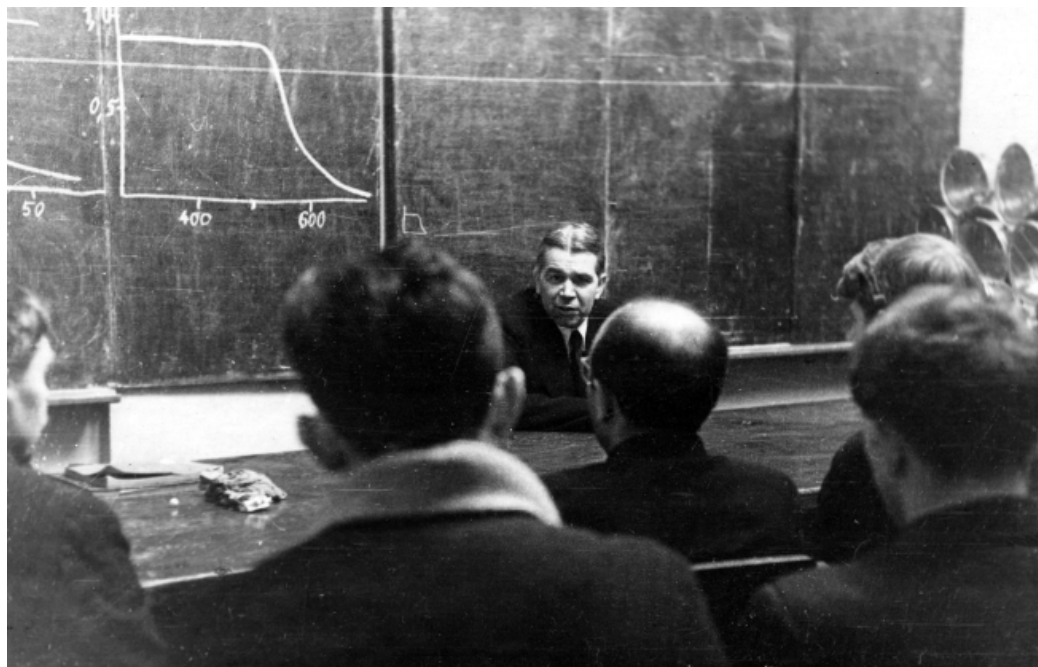


Рис. 2. Семинар Лаборатории люминесценции, 1945 г.

На юбилейном 1800-ом семинаре (отсчет ведется с первого семинара, зарегистрированного в архивных тетрадях 8.01.1947 г.) выступили ведущие сотрудники Лаборатории люминесценции. Докладчики дали общее представление о прошлых, настоящих и перспективных работах лаборатории. Первым докладом на семинаре был доклад, кратко излагающий историю лаборатории и проводимых ею семинаров. Особый интерес представляет приведенный в докладе график данных о семинарах по годам, составленный по архивным тетрадям, аккуратно ведущимся секретарями семинаров, начиная с 1947 года.

Выполняя расшифровку аудиозаписи семинара<sup>1</sup>, составитель сборника еще раз отчетливо поняла, насколько переложенные на бумагу звукозаписи теряют по сравнению с оригиналом. Теряется эмоциональный настрой оратора, его темперамент, его акценты. Пропадает сама атмосфера собрания.

Метод сохранения исторических фактов в виде звукозаписей выступлений, интервью и т. п. введен в практику и носит название «устной истории» (на Западе – *oral history*). В этом смысле, можно сослаться на доклад Г.Е. Горелика «Устная история, история науки и искусство истории» (конференция по Аудиокультурологии «ЭХОЛОТ», Москва: 22 –

<sup>1</sup> Необходимо отметить, что и расшифровка, и авторизация (редактирование расшифровки докладчиком) требуют весьма трудоемкой работы.

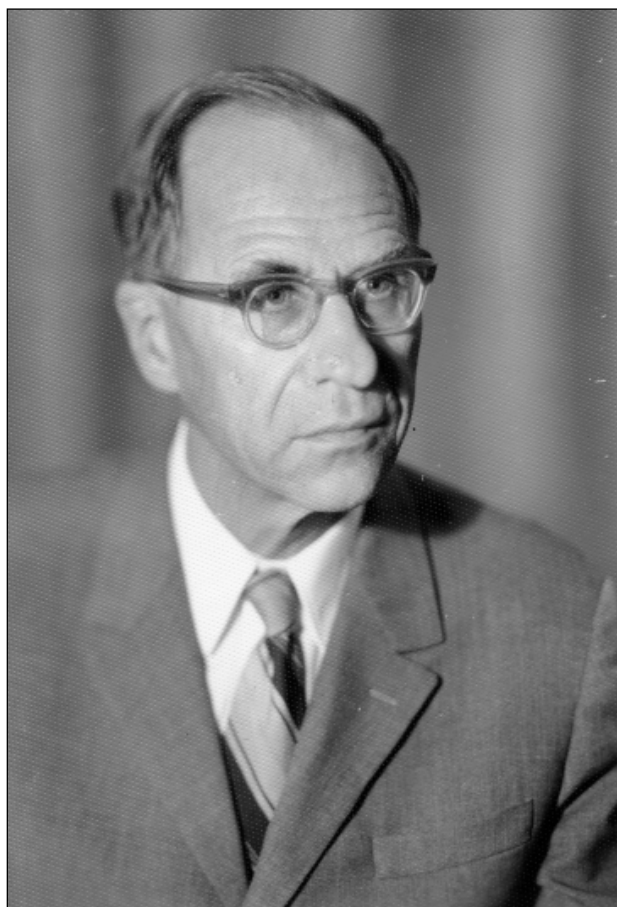
25 мая 2001 г.), в котором весьма аргументированно излагаются достоинства такого метода сохранения исторических фактов и исторического исследования.

Распространению «устной истории» способствует то обстоятельство, что сегодня появилось очень эффективное средство «публикации» аудиоматериалов – Интернет. Автор считает целесообразным попытаться внедрить методы «устной истории» в практику издания исторических документов в ФИАНе.

Материалы данного издания будут помещены и в Интернете в электронном журнале ФИАН также с использованием нового вида историко-научной публикации – звуковых цитат, в данном случае представляющих собой наиболее интересные фрагменты из аудиозаписи докладов.

*Березанская В.М.*

*Галанин Михаил Дмитриевич – физик-оптик, чл.-корр. РАН, заслуженный деятель науки РСФСР, зав. Отделом (ранее Лабораторией) люминесценции с 1963 по 1988 г., ныне советник РАН, работает в ФИАНе с 1938 г. с перерывом на службу в Красной Армии с 1939 по 1945 г., за работы по люминесценции удостоен Золотой медали имени С.И. Вавилова и золотой медали имени П.Н. Лебедева.*



**Юбилейный 1800-ый семинар Отдела люминесценции ФИАН открыл председатель семинара, заслуженный деятель науки РСФСР, член-корреспондент РАН Галанин Михаил Дмитриевич.**



Рис. 3. Колонный зал ФИАН. Семинар № 1800, 5 марта 2003 г.

## 1. Вступительное слово заведующего Отделом люминесценции А.Г. Витухновского

Поздравляю всех со столь серьезным для нас событием – юбилейным семинаром. У нас существует колоссальный разрыв между ветеранами, людьми, которым 70 и больше, и молодежью. Я очень рад, что молодежь приходит. У нас есть и студенты и аспиранты, которые пытаются продолжать дело ветеранов. Поэтому преемственность с одной стороны есть. Но вот разрыв и отсутствие среднего звена 30-40-летних – это очень тяжелая проблема. И очень трудно, видимо, будет залечивать эту рану. Может быть, только по прошествии времени. И тогда есть надежда, что на новом витке наша наука люминесценция будет дальше развиваться.

Вообще я хотел бы, чтобы мы рассказали о науке. Конечно, воспоминания всякие – приятные вещи, но хотелось бы все-таки очертить те рамки, в которых мы можем сейчас работать и обсудить реальные работы. Я надеюсь, что наши товарищи, которые сейчас выступят, расскажут о текущих работах. Мне вспомнились стихи Эльдара Рязанова, который, кроме того, что режиссер – неплохой поэт. У него есть такие строчки:

*Мы не пашем, не сеем, не строим,  
А гордимся общественным строем.*

Так вот я хочу, чтобы мы не только гордились, что мы в ФИАНе, что у нас старинная лаборатория и так далее, но надо нам все-таки и пахать и сеять и строить. Вот это, мне кажется, именно сейчас надо делать. Понимаете? А не просто гордиться «родством» с С.И. Вавиловым.

## 2. Чижикова З.А. «Записки архивариуса». Из истории Отдела люминесценции



Чижикова Зоя Афанасьевна –  
физик-оптик, к.ф.-м.н.,  
сотрудник Отдела  
люминесценции с 1953 года.

Сегодня мы собрались на очередной семинар Отдела люминесценции (ранее Лаборатории люминесценции) № 1800. Что это значит? У нас сохранились тетради с записями обо всех семинарах с января 1947 г. Сквозная нумерация семинаров дает нам сегодня № 1800. Я расскажу об истории нашей лаборатории, используя сведения из этих тетрадей и других источников.

**О становлении лаборатории.** ФИАН ведет свою родословную со времени появления в 1724 г. в Петербурге Академии наук: 1725 г. – Физический Кабинет, 1912 г. – Физическая лаборатория, 1921 г. – Институт физики и математики. В 1932 г. физический отдел этого института возглавил С.И. Вавилов. В 1934 г. С.И. Вавилов с небольшой группой сотрудников переехал в Москву в здание на Миуссах, где по указу от 28 апреля 1934 г. образовался Физический институт АН СССР (ФИАН). 18 декабря 1934 г. ФИАНу было присвоено имя П.Н. Лебедева. Еще в Ленинграде С.И. Вавилов дал аспиранту П.А. Черенкову тему: «*Люминесценция растворов ураниловых солей под  $\gamma$ -лучами*». Работа продолжалась и в ФИАНе. Первое сообщение о новом явлении было в 1934 г., а в 1937 г. вышла статья И.М. Франка и И.Е. Тамма о теории явления. В 1958 г. присуждена Нобелевская премия «за открытие и объяснение эффекта Вавилова – Черенкова». Можно сказать, что люминесценция в ФИАНе родилась в свой звездный час. П.А. Черенков пишет в книге «Сергей Иванович Вавилов» (Мос-

ква, «Наука», 1979 г.): «*Это открытие могло осуществиться только в такой научной школе, как школа С.И. Вавилова, где были изучены и определены основные признаки люминесценции и где были разработаны строгие критерии различения люминесценции от других видов излучения. Не случайно, поэтому, что даже в такой крупнейшей школе физиков, как парижская, прошли мимо этого явления, приняв его за обычную люминесценцию*». Попытка объединения ученых люминесценщиков была еще до войны. Посмотрите на рис. 4. Это – пригласительный билет на первое совещание по люминесценции. Докладчики – основатели советской школы люминесценции: С.И. Вавилов, В.Л. Левшин, В.В. Антонов–Романовский, М.А. Константинова–Шлезингер, С.А. Фридман, В.А. Фабрикант и др. Но, увы, совещания не было. Посмотрите на дату: 30 июня 1941 г. За 8 дней до этого началась Великая Отечественная война. И только в 1944 г. в ФИАНе состоялось первое совещание по люминесценции. По его решению была создана при ФИАНе Комиссия по люминесценции (распоряжение Президиума АН СССР от 28.08.1945 г.). А с 1957 года она была преобразована в Научный совет по проблеме «Люминесценция и развитие ее применений в народном хозяйстве». Председателями были: С.И. Вавилов, В.Л. Левшин, М.Д. Галанин. Сейчас – академик Н.А. Борисевич. Ученым секретарем Научного совета с 1945 г. по 1991 г. в течение 46 лет был С.А. Фридман. Он внес неоценимый вклад в организацию совещаний, конференций, выставок.

**АКАДЕМИЯ НАУК  
СОЮЗА СОВЕТСКИХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ РЕСПУБЛИК**

Отделение Физико-Математических Наук

**СОВЕЩАНИЕ**

по луминесценции твердых и жидких тел

**ПРИГЛАСИТЕЛЬНЫЙ БИЛЕТ**

**УВАЖАЕМОЙ ТОВАРИЩ!**

Оргбюро приглашает Вас принять участие в работе совещания по луминесценции твердых и жидких тел.  
Совещание откроется 30 июля 1941 г., в 18 час. в помещении Физического института Академии Наук СССР.

Москва, 3-я Мусковская ул., д. 3 (пол. часть 4-я Мусковская часть)  
проезд: В. 4, 20, 28, 30, 32, 43, 47, ш. Халдеевский, 1, 6 и 12 —  
остан. Васильевский пер.; М е ш р о — ст. вл. Матковский.  
Телефоны: А-1-12-00, А-1-12-04.

Во время совещания организуется выставка аппаратуры по исследованию луминесценции, образцов люминофоров, а также изделий с применением люминофоров.

**Председатель Оргбюро**  
**академик С. И. ВАВИЛОВ**  
Секретарь **С. А. ФРИДМАН**

**ПРОГРАММА СОВЕЩАНИЯ**

**30 июля (вечер)**

1. С. И. ВАВИЛОВ — Большое испускательное слоевое.
2. В. Д. ЛЕВИН — Луминесцентные границы твердых флюороидов.
3. В. А. АНТОНОВ-РОМАНОВСКИЙ — Современное состояние "теории флюороидов".

**1 июля (утро)**

1. Ф. Д. КЛЕМЕНТ — Исследования в области луминесцентной спектрографии флюороидов.
2. В. Д. ЛЕВИН — Физические исследования люминофорных систем.
3. С. А. ФРИДМАН — Исследования по радиолюминесценции.

**1 июля (вечер)**

1. С. И. ВАВИЛОВ — Прогнозы люминесцентной флюороидов в газодисперсных системах.
2. В. Д. ЛЕВИН — Рентгеновский люминесцентный анализ люминофоров.
3. В. ВАРГИН и Т. М. ВЕЙНЕРТ — Люминесцентная спектроскопия.

**2 июля (утро)**

1. Г. А. НИГАЛИКИН — Рентгеновские экраны.
2. В. М. КУДРЯЦЕВА — Люминесценция при г-лучевом излучении.
3. А. Ф. ПРИЖОВКО — Люминесценция в люминофорах при действии ультрафиолета.

**2 июля (вечер)**

1. С. И. ВАВИЛОВ — Современное состояние теории люминесценции.
2. Л. А. ТУМЕРМАН — Амплитудный возбужденный люминофорный люминесцент.
3. А. Н. ЗАЙДЕЛЬ — Флуоресценция резких телескопов в люминофорах.

**3 июля (утро)**

1. А. А. ШИЛОВСКИЙ — Свойства новых люминофоров в области люминесценции.
2. М. А. ШЛЕЗЕНТЕР — Свойства люминофоров в области люминесценции.
3. Е. М. БРУМБЕРГ — Люминесцентная ультрафиолетовая спектроскопия.

**3 июля (вечер)**

1. А. С. ГОРЮН — Физические и физико-химические основы люминесцентной спектроскопии.
2. В. Н. ИОНАТЯКОВ — Хемолюминесцентная люминесценция.
3. В. В. СВЕШНИКОВ — Хемолюминесцентная люминесценция в люминофорах.

**4 июля (утро)**

Совещание в приложении к луминесценции в различных областях.

**1 июля (вечер)**

Заключительные заседания.  
**Утреннее заседание — с 10 до 13 час.**  
**Вечернее заседание — с 15 до 18 час.**

Место: 3-я Мусковская ул., д. 3 (пол. часть 4-я Мусковская часть)  
Для отправки на проезд: Пискаревский пр., Митяев, Гурзуновский пр., Ж. В.

Рис. 4. Приглашительный билет на совещание по луминесценции в 1941 г.



Рис. 5. Всесоюзная конференция по люминесценции, г. Тарту, 1956 г.

Руководители в первом ряду (слева-направо): М.Д. Иллани (3-ий), А.М. Бонч-Бруевич (5-ый), П.П. Феофанов (6-ой),

В.Л. Левшин (12-ый), Ф.Д. Клемент (13-ый), М.А. Константинова-Шлезингер (14), Н.А. Толстой (15),

В.В. Антонов-Романовский (16); более 30 человек из Лаборатории люминесценции: Фридман, Леонтович, Чижикова, Алещев, Черетнев, Моргенштерн, Панасюк, Орановский, Арапова, Каржавина, Горбачева, Георгобидани, Васильева, Винокуров, Леонов, Куделина, Блажевич, Трофимов, Воронова, Букс, Фокс, Морозов, Воронов, Гутман, Григорьев, Пахомычева.

Лаборатория люминесценции стала «головной» в своей области. Она участвовала вместе с Научным советом в организации всех конференций по разным вопросам люминесценции. Так в 60-80-ые годы количество конференций было от двух до пяти в год. Проводились они во многих городах страны и за рубежом. В лаборатории совместно с библиотекой ФИАН постоянно составлялись еженедельные бюллетени новой литературы, выпускались библиографические указатели.

С образованием Комиссии по люминесценции в середине 1945 года С.И. Вавилов постановил: быть московскому семинару по люминесценции в ФИАНе по средам в 10 часов утра. Эта традиция сохраняется и по сей день.

**О работах по люминесценции.** Сначала был период изучения явления люминесценции. Исследовались основные характеристики: спектры поглощения и люминесценции, выход, поляризация, кинетика, перенос энергии. В лаборатории исследовалась люминесценция при разных видах возбуждения: фото-, радио-, катодо-, электро-. Было разделение – на люминесценцию молекулярную и кристаллофосфоров. О второй подробнее расскажут последующие докладчики. Заметным событием в ФИАНе стала эпоха лазеров. Известно, что еще задолго до мазеров и лазеров С.И. Вавилов интересовался проблемой излучения при больших плотностях возбуждения. В нашей лаборатории впервые в ФИАНе и Москве заработал лазер на рубине 18 сентября 1961 г. Первые советские публикации с рубиновыми лазерами были у наших сотрудников в 1962 г. Исследовалась сама генерация, и были получены новые эффекты под действием лазеров. У нас была открыта «внутрирезонаторная спектроскопия». В последние годы успешно развивалась молекулярная люминесценция на таких объектах, как ленгмюровские пленки, J – агрегаты, наноструктуры. За годы работы лаборатория получила семь Государственных премий.

**О сотрудниках лаборатории.** Вся жизнь нашей лаборатории определялась жизнью нашей страны. Воевали на фронтах Великой Отечественной войны Е.Е. Букке, Л.А. Винокуров, М.Д. Галанин и др. Самоотверженно трудились сотрудники в эвакуации в Казани. В годы послевоенных репрессий были арестованы двое ученых из Лаборатории люминесценции – С.А. Фридман и Л.А. Тумерман. С.А. Фридман якобы за «сионизм». Он работал в одной с А.И. Солженицыным «шарашке». Профессор Л.А. Тумерман – за то, что жил в Доме на набережной на одной лестничной площадке с Алилуевыми. Вернулись в ФИАН в середине 50-х.

С годами ФИАН быстро развивался. В 1951 г. было уже 500 сотрудников, в 1973 г. более 3,5 тысяч (данные из архива по Д.В. Скобельцыну). Бурный рост начался с 1953 г. по двум причинам: переезд в новое здание и политика государства на быстрое развитие науки и техники. Наша лаборатория в 1953 г. имела около 30 человек, потом росла примерно до 1963 г. и сохранялась на уровне 74-76 человек примерно до 1987 г. Со временем менялся состав лаборатории. Кроме естественного ухода был и уход по карьерным соображениям (в хорошем смысле этого слова). После защит диссертаций сотрудники уходили за более высокой должностью и зарплатой, как правило, в ФИАНе, сохранив доброе отношение к лаборатории как к «альма-матер». Например, В.Е. Орановский, Ю.М. Попов, В.Б. Неуструев, Ю.С. Леонов, Ю.В. Воронов. Когда уходил В.В. Осико (позже стал академиком), М.Д. Галанин при мне сказал: «Большому кораблю Большое плавание». Большую роль в лаборатории играли когда-то химики (еще со времен С.И. Вавилова). Они составляли треть лаборатории, готовили нужные серии новых люминофоров. Химики у нас были от лаборантов до профессора М.А. Константиновой-Шлезингер. В лаборатории были защищены 7 диссертаций по химии. Сейчас у нас нет ни одного химика. От нашей лаборатории отпочковались группы сотрудников. Так в 1959 г. ушла группа Н.Н. Соболева. Сейчас это



отдел НТП (Отдел оптики низкотемпературной плазмы). В 1959 г. ушла группа Л.А. Тумермана в Институт молекулярной биологии АН. Он создал у нас группу по изучению фотосинтеза. Это был первый случай занятия биологией в ФИАНе.

**О семинарах.** Сергей Иванович Вавилов вел в ФИАНе семинары по люминесценции и до 1945 года, но никакие записи тех времен не сохранились. В начале доклада я сказала, что у нас семинар № 1800 с января 1947 г. Но недавно, в другой «летописи» (в отчете Научного Совета за 1945-1975 годы), мы обнаружили, что семинары велись одновременно с образованием Комиссии по люминесценции с середины 1945 г. и к январю 1947 г. их прошло 54, а первая тетрадоочка с записями утеряна, возможно, при аресте С.А. Фридмана<sup>2</sup>. Значит у нас сегодня на самом деле семинар № 1854. Посмотрим, как выглядит запись, например, за 24 января 1951 г. (рис. 6). Докладчик З.Л. Моргенштерн пишет в воспоминаниях, что Сергей Иванович, открывая семинар, сказал: «Сегодня Зинаида Лазаревна расскажет нам о своих бриллиантах». Она изучала люминесценцию коллекции уральских алмазов. На другое утро стало известно, что ночью скоропостижно скончался в возрасте 59 лет Сергей Иванович. 31 января состоялся семинар, посвященный памяти С.И. Вавилова (рис. 6).

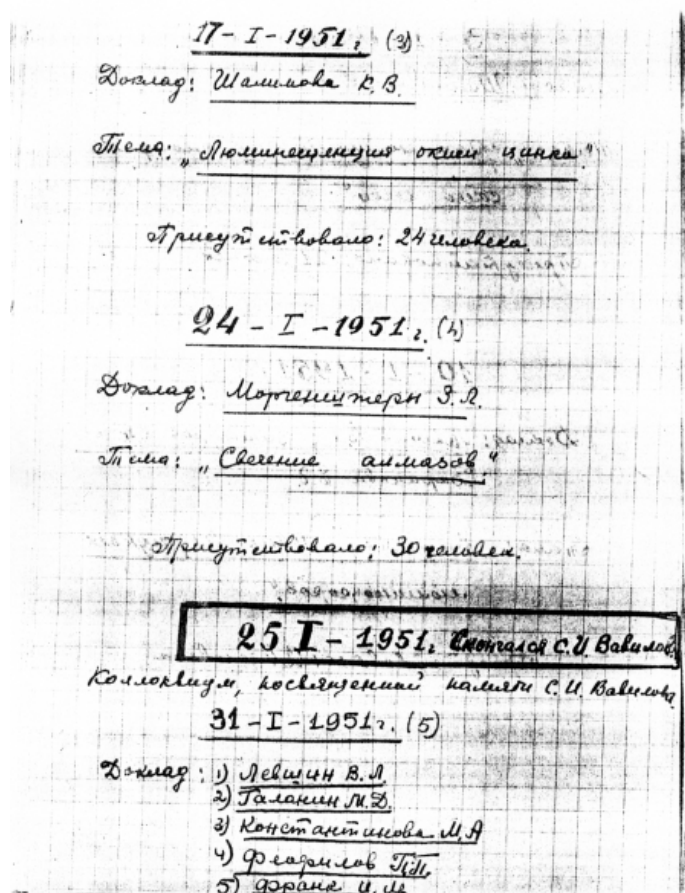


Рис. 6. Страница из архивной тетради записи семинаров.

<sup>2</sup> (Примечание редактора) После С.А. Фридмана записи о семинарах вели: несколько сотрудников, фамилии которых не удалось восстановить, потом Н.П. Голубева, Т.И. Вознесенская, М.Б. Попов, Э.А. Свириденков, З.А. Чижикова.

На семинарах рассказывались оригинальные и реферативные работы, диссертации, часто были юбилейные заседания. Постоянно были гости-докладчики и слушатели из других коллективов. Доля докладчиков из нашей лаборатории была от 45% до 75%. Первые доклады иностранцев были в 1956 г. Любимым детищем нашего семинара стали Вавиловские чтения, проводимые ежегодно в честь дня рождения С.И. Вавилова. Первые были организованы по инициативе С.А. Фридмана к 85-летию С.И. Вавилова в 1976 г. Чтения проводятся Научным советом по люминесценции и нашей лабораторией также по средам утром. В этом году будут 27-ые. На них выступали с докладами ведущие ученые из ФИАНа и других институтов. Так из ФИАНа были В.П. Силин, С.С. Рухадзе, Б.М. Болотовский, С.Г. Раутиан, И.И. Собельман, Е.Л. Фейнберг, В.В. Осико, Нобелевские лауреаты И.М. Франк, Н.Г. Басов, А.М. Прохоров.

Мною обработаны записи о наших лабораторных семинарах за 58 лет. Результаты обработки приведены на рис. 7.

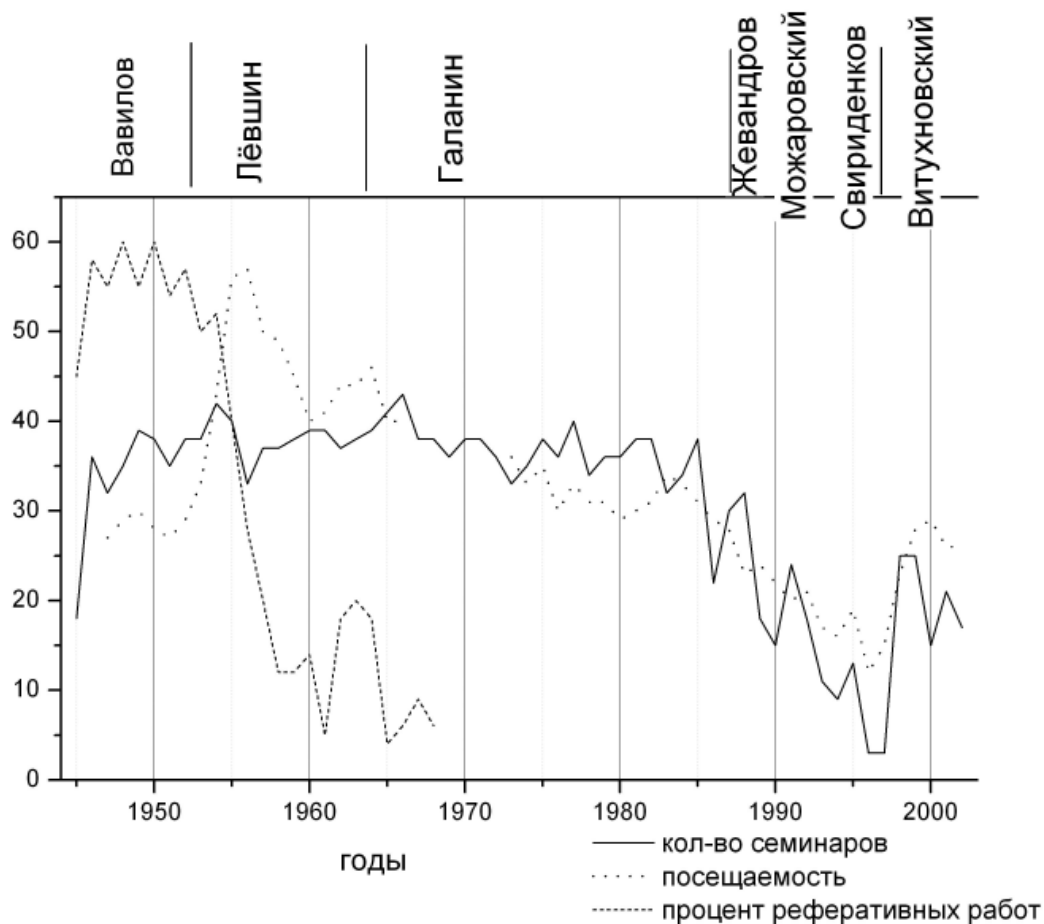


Рис. 7. Данные о семинарах по годам.

Сверху – фамилии заведующих лабораторией в соответствующие годы. Количество семинаров по годам. С 1945 г. по 1988 г. идет стабильная кривая в пределах 35-43 семинара в год. Потом спад, резкий с 1992 г. по 1997 г. В стране начались большие перемены, реформы, тяжелые годы для науки. Лаборатория стала сильно меняться. Буквально «иных уж нет, а те далече». Трое ученых ушли в бизнес, десять за границу, иные навсегда, иные на длительные контракты, четверо умерли, не дожив до пенсии. Как и везде в науке, резко уменьшилось число сотрудников «среднего возраста». Низкая зарплата не очень привлекает студентов оставаться работать после защиты диплома. Негативно сказалась и возможность посылать статью в печать без доклада на семинаре. Наша лаборатория практически уменьшилась от своего максимума почти вдвое. Кривая посещаемости. Каждая точка – усредненная посещаемость (количество сотрудников) по всем семинарам за год. Семинары с большим числом участников (юбилейные, Вавиловские чтения, иногда было до 200-300 человек) исключались, брали только рабочие. Кривая росла до 60, а потом установилась на 35-40 человек. В 90-ые годы кривая идет резко вниз. Надо отметить, что сильно уменьшилось и количество конференций. Если раньше было по 2-5 в год, то с 1990 г. удалось провести только три – в 1991 г., 1994 г., 2001 г. Все они проведены в ФИАНе. На последней Международной конференции в 2001 г. было заслушано 101 устный и 156 стендовых докладов. Участниками были представители из 27 городов России, из 9 бывших республик СССР, из 8 других стран. С 1998 г. заведующим Отделом люминесценции стал А.Г. Витухновский. Число докладов 15-25 в год и посещаемость выросли. Любопытна кривая – доля реферативных докладов к общему числу докладов. Когда-то она была большая, т.к. в те годы было мало сотрудников и еще мало оригинальных работ. И на семинарах рассказывалось много рефератов. Так в 1949 г. В.В. Антонов–Романовский сделал 11 реферативных докладов, М.Д. Галанин – 9.

В заключение хочу сказать фразу из гимна оптиков МГУ:

*«Нет вещи красивей на свете, чем ЛЮ-МИ-НЕС-ЦЕН-ЦИ-Я!».*

### 3. Антонов–Романовский В.В. Эпизоды

В ФИАНе под непосредственным руководством Сергея Ивановича стал регулярно работать семинар по люминесценции. Ответственным за работу семинара был Самуил Аронович Фридман, а после его ареста в 1947 году – я. Сергей Иванович с удовольствием посещал семинар. По-видимому, отчасти оттого, что это отвлекало от многочисленных, подчас нелегких дел. Об одном таком деле, по-видимому, судьбоносном для нашей науки, я узнал от самого Сергея Ивановича. Он, не обращая внимания на какой-то мой вопрос, грустно сказал:

– Эх, Всеволод Васильевич, мне сейчас советскую физику спасать надо!

Атмосфера на семинаре была весьма демократичной. Помню, была длительная и яростная перепалка между докладчиком и Сергеем Ивановичем – палили друг в друга с «двух бортов», и это считалось нормой. Однажды ввиду отсутствия докладчика, семинар был отменен, но Сергей Иванович этого не знал и подошел к закрытой двери. Мне потом он огорченно сказал:

– Как говорится, поцеловал замок!

На меня его тон так подействовал, что я про себя решил – больше не допущу ни одного пропуска. И это мне удалось. Даже после кончины Сергея Ивановича в течение почти тридцати лет не было пропусков в заседаниях. Был случай, когда у докладчика (это был сотрудник лаборатории Александр Алексеевич Черепнев) в день доклада случился микроинфаркт, так семинар состоялся в четверг, на следующий день.

В другой раз заведующий Лабораторией люминесценции Вадим Леонидович Левшин по случаю посещения ФИАНа президентом Академии наук Несмеяновым хотел отменить семинар. Но после сделанного мною замечания: «Вы что же, приравливаете приезд президента к микроинфаркту?» семинар все же состоялся.



*Антонов–Романовский  
Всеволод Васильевич – физик-оптик,  
д. ф.-м. н., в ФИАНе работает с  
1934 г., ныне старший научный  
сотрудник-консультант ФИАН, за работы  
по люминесценции удостоен  
Государственной премии II степени,  
Золотой медали имени С.И. Вавилова,  
премии имени Л.И. Мандельштама,  
награжден Орденом «Знак почета».*

## 4. Фок М.В.

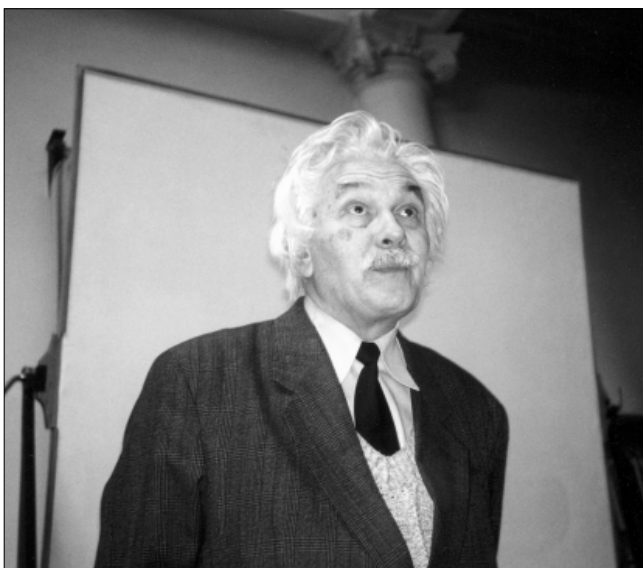
### Как проходили семинары по люминесценции полвека назад

Я пришел в ФИАН в конце 1949 г. Тогда он находился еще на Миусской площади. Семинары проходили в полуподвальном этаже в небольшой комнате. Лифта не было, а Сергею Ивановичу было трудно подниматься в конференц-зал.

Наряду с оригинальными, было много реферативных докладов. Нередко заседание начиналось небольшим реферативным докладом, а потом шел оригинальный. Проходили семинары по средам, каждую неделю, за исключением летних месяцев. Хотя у нас нередко докладывали и гости, но, конечно, набрать оригинальные сообщения на все доклады было невозможно. Однако, я думаю, что большое количество реферативных докладов было вызвано просто тем, что Сергей Иванович считал необходимым держать в курсе мировой науки всех сотрудников. Иначе не было бы нужды ставить по два, а иногда и по три доклада на одном семинаре. А оригинальные доклады были действительно оригинальными и при Вавилове, и при сменившем его Левшине. Они не повторяли вычитанные в литературе результаты.

Сергей Иванович строго следил, чтобы слушатели не мешали докладчику своими вопросами и высказываниями. Вопросы разрешалось задавать только после доклада, а высказывания – после вопросов. Этот порядок поддерживал и В.Л. Левшин. После оригинального доклада нередко возникала дискуссия, иногда весьма оживленная. После каждого доклада Сергей Иванович обычно кратко подытоживал его содержание. Когда я пришел в ФИАН, я был всего лишь студентом (Физфак МГУ, группа оптики), но у меня не осталось чувства, что я не понимаю доклад. В то время я только еще начинал знакомиться с люминесценцией, и это подытоживание очень помогало мне понимать доклады. Конечно, и другим сотрудникам оно помогало.

Сергей Иванович все время обращал внимание не только на собственно люминесцентные явления, но и на то, что из них проистекает, как с точки зрения физики, так и с точки зрения приложений. Ведь это он показал, что выход люминесценции настолько велик, что можно использовать ее для освещения. До этого считалось, что это какое-то очень слабое свечение, едва заметное. И он занимался как раз организацией введения в употребление люминесцентных ламп. Я хорошо помню, как у нас на окне в лаборатории снаружи была такая трубчатая лампа, которую изучали, как она зимой светит. Зимой она



*Фок Михаил Владимирович – физик-оптик, д. ф.-м. н., в Отделе люминесценции работает с 1949 г., удостоен Государственной премии УССР.*

плохо светила, но это тоже надо было исследовать. По этому поводу вспоминаю такой случай. Михаил Николаевич Аленцев, который как раз этим занимался, рассказывал о разговоре с главным энергетиком освещения Москвы. Михаил Николаевич говорит: «Ну, что же у вас там что-то плохо делается?» Тот отвечает: «Так если у вас на каждую лампу по два кандидата, то, конечно, они будут хорошо гореть». Так или иначе, по «два кандидата» на лампу у нас были (строго говоря, кандидат был один – М.Н. Аленцев, а второй – Л.А. Винокуров стал кандидатом позже, что не меняет дела). Отсюда видно, что С.И. Вавилов придавал этому вопросу большое значение.

Теперь перехожу к тому, что относится к кристаллофосфорам. Тут тоже, кроме собственно явлений люминесценции, таких как выход, послесвечение, зависимость яркости от интенсивности возбуждения (это, так сказать, внешняя, описательная сторона), все время возникали вопросы, а почему это так? О чем это говорит? Тут уже говорили, что Всеволод Васильевич тогда очень много докладов сделал на семинаре. Это было именно потому, что надо было разобраться в механизме люминесценции кристаллофосфоров. Ведь это сейчас мы знаем про электроны и дырки. А в свое время, то, что между центрами свечения происходит обмен не только электронами, но и дырками, это было совершенно нетривиально. Как раз Всеволод Васильевич на эту тему много работал. Потом – строение центров свечения. Это до сих пор проблема, которой многие занимаются. У меня вот на столе лежит диссертация кандидатская, которую мне надо будет оппонировать. Там тоже основной вопрос по строению центров свечения исследуется именно люминесцентными методами. Сергей Иванович большое значение придавал и люминесцентному анализу. Мне кажется, очень важно, что было сочетание глубокой физики и применения люминесценции. Я много занимался кинетикой люминесценции. Это же собственно физика полупроводников. Кстати в свое время «полупроводниковцы» не считали это физикой полупроводников потому, что темновая проводимость очень маленькая. Я хотел их тогда спросить: «А, начиная с какой проводимости, они полупроводник считают полупроводником? Например, если германий охладить до температуры жидкого гелия, то по этому признаку он тоже перестанет быть полупроводником?». «Полупроводниковцы» интересовались главным образом кристаллами с большой темновой проводимостью. На нашем семинаре были доклады и по теории рекомбинации и по роли дырок во взаимодействии центров люминесценции друг с другом и по освобождению неравновесных носителей заряда теплом (термовысвечивание), инфракрасным светом (вспышка) и самим возбуждающим светом. Обсуждалось и строение центров свечения в кристаллофосфорах. Словом, круг тем все более и более расширялся.

Так или иначе, важно то, что все новое, в сущности говоря, рождалось на стыке разных направлений. Люминесценция и физика полупроводников, химия и люминесцентный анализ, техника и люминесцентные лампы. Причем применения самые разные. Ну, вот Всеволод Васильевич, например, во время войны делал экраны маленькие такие для инфракрасных биноклей, чтобы можно было сигнализировать невидимым глазом светом и видеть его в бинокль. Это применялось даже. Всюду и глубокая физика и применение. Ну, это то, что касалось, так сказать старого.

А теперь совсем немножко о том, чем мы сейчас занимаемся, так сказать, о перспективах. Я не буду об этом говорить подробно. На прошлом семинаре выступал Александр Романович Зарицкий, а после него было выступление врача, который говорил насчет того, насколько нужно наше направление в практической диагностике. Так как многие на том семинаре не были, то я немножко об этом скажу, суть дела. Мы исследуем биофизические процессы, в частности, процессы внутри эритроцитов. Оказалось, что оболочка эритроцита в цикле кровообращения изменяет свою проницаемость для кислорода не много ни мало, как на четыре порядка. И вот эти самые четыре порядка играют огромную

---

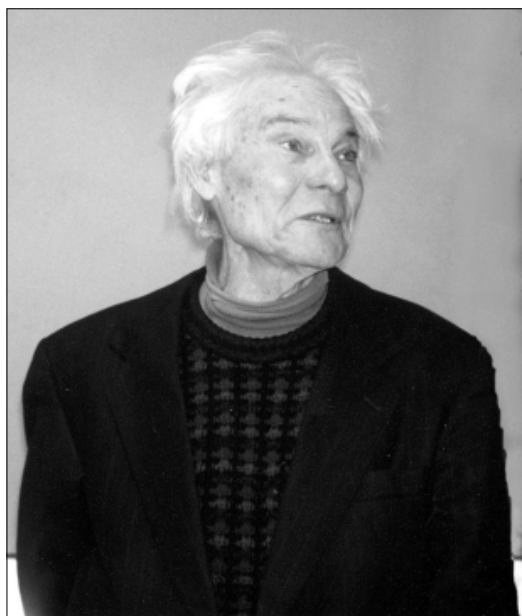
роль в регуляции снабжения кислородом клеток организма. Чтоб давать им не слишком много кислорода и не слишком мало. И бывают нарушения этой работы, отчего человек страдает. Мы сейчас перешли от кинетики люминесценции к кинетике этих процессов. Кинетика-то кинетикой осталась, только участники этой кинетики другие. Это очень, на мой взгляд, важно, потому, что речь идет о здоровье людей. Можно таким образом ставить диагноз. А здоровье людей – это значит и наше здоровье. Надеюсь, что мы сможем и дальше работать в этом направлении, хотя условия очень трудные, потому что, диагностику еще как-то можно в клинике проводить, а на научные исследования – сейчас материальных возможностей нет. Так что мечты есть насчет того, чтобы это развивать, а насчет возможностей их осуществления ....

## 5. *Леонтович А.М.* Работы по лазерам

Я хочу вспомнить о работах по лазерам в нашей лаборатории. Эти работы возникли по инициативе Н.Г. Басова осенью 1960 года, вызванной тем, что, начиная с 1958 года, когда Шавлов и Таунс, а также Прохоров опубликовали статьи о перспективности получения генерации в оптической области спектра с использованием индуцированного излучения, а затем американскими учеными (Мейманом и другими) в 1960 году были получены обнадеживающие результаты с рубином. М.Д. Галанин с радостью откликнулся на это предложение, и он сам, Зоя Афанасьевна Чижикова и я занялись этой проблемой. В начале мы повторили опыты американцев по обнаружению изменения населенности верхнего уровня хрома при накачке импульсной лампой. Поскольку эти результаты были повторением американских опытов, то они опубликованы не были, а вошли только в закрытый отчет 1960 года. В начале 1961 года появились публикации Меймана о получении оптической генерации в рубине (как стало понятно потом, он получил еще не генерацию, а только усиление люминесценции индуцированным излучением – сверхлюминесценцию). Настоящая, «пиковая» генерация в рубине была получена в работе группы Шавлова, опубликованной тоже в 1961 году, но позднее работы Меймана.

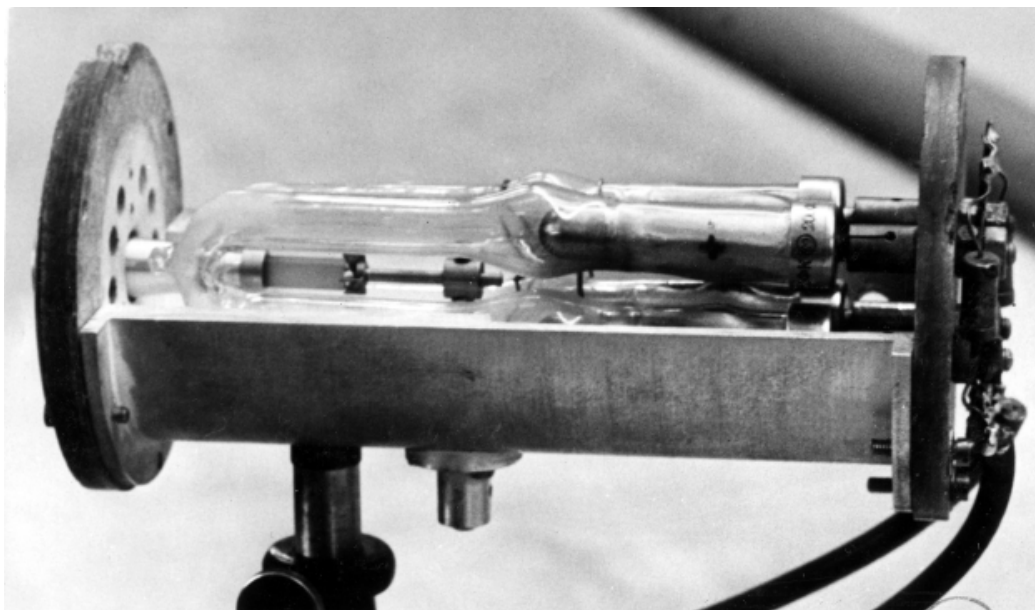
Весной 1961 г. наша группа создала собственно лазерную установку, в которой образец рубина длиной 4 см с концентрацией хрома 0,05% накачивался двумя импульсными лампами в кожухе с напыленной MgO.

На этой установке мы добились генерации 18 сентября 1961 года (подробное описание лазера было дано в закрытом отчете ФИАН в декабре 1961 года). После исследования когерентных свойств излучения нашего лазера мы опубликовали статью в ЖЭТФ, т. 43, №7, за 1962 г. (см. рис. 9). Это была первая публикация в Советском Союзе по эксперименту с оптическим генератором. Продолжая эту работу, мы опубликовали также заметку о пиковом режиме рубинового лазера в «Оптике и спектроскопии», т. 14, № 2, за 1963 г. (авторы – Галанин, Леонтович, Свириденков, Сморгчов, Чижикова). В этой и следующей работе, которые были доложены на 3-ей международной конференции по квантовой электронике, проходившей в Париже в феврале 1963 года, нами было показано, что режим пульсаций и когерентность излучения взаимно связаны.



*Леонтович Александр Михайлович – физик-оптик, д. ф.-м. н., сотрудник Отдела люминесценции с 1951 г.*





*Рис. 8. В 1967 году в ФИАНе была организована выставка научных достижений института за 1934-1967 годы. На ней был представлен наш реальный первый лазер на рубине. Позже мы передали его в Политехнический музей, в отдел истории физики.*

Наша работа вызвала большой интерес не только в нашем институте, но и физиков других научных учреждений Союза, которые приходили к нам за консультациями и опытом.

Эти и дальнейшие исследования, посвященные также и режиму гигантского импульса, составили предмет моей докторской диссертации. В них, кроме упомянутых, участвовали также молодые научные работники Попова, Ведута, Коробкин, Щелев, Бельский, Можаровский и другие. На материале этих работ все они защитили свои кандидатские диссертации.

На первых этапах нашей работы много внимания было отдано качеству рубиновых образцов (как оптического, так и в отношении примесей), к которому предъявляются высокие требования. В ФИАНе не было соответствующей аппаратуры для изготовления рубина, и мы получали его из 2-х мест — из Института кристаллографии и из «почтового ящика», который снабжал до этого мазерные работы, и мы пробовали и те и другие. Причем как раз рубины из Института кристаллографии не заработали. А загенерировали образцы из «почтового ящика». Но, по-видимому, в Институте кристаллографии подумали, что генерацию мы получили на их кристаллах, а от них это скрыли. Поэтому у нас очень сильно охладилась отношения с Институтом кристаллографии и никаких кристаллов мы потом получить от них не смогли.

Весной 1961 года, не добившись успеха ни с теми, ни с другими кристаллами, мы ушли в отпуск на лето, отдав кристаллы Федюшину (нашему аспиранту) и Пашинину (из Прохоровской лаборатории) с которыми они продолжали эксперименты. Генерацию на них они получить не смогли. Вернувшись из отпуска, мы более серьезно взялись за проверку свойств рубинов (в основном с помощью интерферометра Майкельсона) и после этого смогли получить генерацию. В это же время в нашем распоряжении оказался и американский образец рубина, (полученный по закрытой линии), генерацию от которого мы также получили, примерно с теми же параметрами, что и с нашими образцами.

## КОГЕРЕНТНОСТЬ И НАПРАВЛЕННОСТЬ ИЗЛУЧЕНИЯ ОПТИЧЕСКОГО ГЕНЕРАТОРА НА РУБИНЕ

М. Д. Галанин, А. М. Леонтович, З. А. Чижикова

Направленность излучения оптического генератора на кристалле рубина обычно хуже дифракционного предела, определяемого размерами кристалла. Это обусловлено оптическим несовершенством кристаллов. Нельсоном и Коллинсом [1] было показано, что излучение когерентно на протяжении малых областей торцевой поверхности кристалла. Предполагалось, что дифракция на границах этих областей и обуславливает угловое расхождение генерируемого пучка излучения. Однако, как было показано Мастерсом и Паррентом [2], излучение когерентно на участках, отстающих друг от друга более чем на 3 мм.

Описываемые ниже опыты имели целью исследовать соотношение между когерентностью и направленностью излучения рубинового генератора. Прежде всего было показано, что пульсации излучения при генерации возникают одновременно по всей излучающей поверхности кристалла.

23\*

Письма в редакцию

349

$k$ -е кольцо соответствует условию  $2nl \cos \theta_k = (m - k) \lambda$ , где  $l$  — длина кристалла,  $n$  — показатель преломления,  $\theta_k$  — угол между нормалью к фронту волны внутри кристалла и нормалью к плоскости торца. Измеренные диаметры подтверждает это соотношение.

Авторы выражают благодарность А. С. Бебчуку и Ю. Н. Соловьевой за предоставление исследованных кристаллов, а также В. Н. Луканину и Н. Е. Щелкалину за обработку кристаллов.

Авторы благодарны также Н. Г. Басову за постоянное внимание и обсуждение этой работы.

Поступило в редакцию  
18 мая 1962 г.

### Литература

- [1] D. J. Nelson, R. J. Collins. J. Appl. Phys., **32**, 739, 1961.  
[2] J. I. Masters, G. V. Parrent. Proc. of J. R. E., **50**, 230, 1962.

Рис. 9. Первая публикация в СССР по эксперименту с оптическим лазером  
(первая и последняя страницы статьи в ЖЭТФ, т.43, № 7, 1962 г.)



Рис. 10. Семинар лаборатории люминесценции, 1967 г.

Тогда был какой-то предрассудок насчет формы образцов — все первые рубины были в форме параллелепипедов, и американские и наши. Это, по-видимому, было наследие от мазерной эры. Может быть также, сыграла свою роль и одна работа Прохорова, в которой обсуждался вопрос о резонаторе для оптических генераторов, и в ней резонаторы другой формы не рассматривались. А потом было понято, что это не играет роли, что важна только параллельность торцов этих кристаллов, на которые тогда и наносились зеркала. Потом появились образцы цилиндрической формы и, когда стали применять внешние зеркала, — с брестеровскими торцами.

Как я сказал выше, мы занялись исследованием хаотических пульсаций излучения при генерации. В процессе этого исследования я рассчитывал на ЭВМ модели, и в некоторых из них очень близко подошел к результатам, которые потом были получены математиком Лоренцом, открывшим явление так называемого странного аттрактора (тоже путем расчетов на ЭВМ). Это одно из крупнейших математических открытий нашего времени и сейчас его исследуют многие математические школы мира, занимающиеся теорией хаоса (у нас особенно интенсивно — нижегородская школа Андронова). Я об этом узнал только позднее. Интересно, что в ФИАНе аналогичные результаты были получены в работах Ораевского, также занимавшегося теоретически проблемой хаотических пульсаций.

В конце концов, оказалось, что хаос в пульсациях не имеет отношения к проблеме странного аттрактора, а обусловлен тепловыми нестабильностями термических и оптико-механических свойств при нагревании той же лампой, что осуществляет и оптическую накачку.

Затем мы исследовали процессы генерации гигантского импульса, опять – на рубине. Сначала в этом нам помогали Зуев и Крюков, из лаборатории Басова, а позднее Щелев из отдела Прохорова. В этом явлении нестабильности условий генерации также влияют на динамику генерации, но теперь это не термические нестабильности, а неоднородности распределения инверсии населенности, не только начальные, но и изменяющиеся в процессе генерации. Теоретические расчеты этих процессов проводились Сучковым, тогда тоже нашим аспирантом.

Потом мы занялись изучением пикосекундных импульсов, как процессом их генерации, так и взаимодействием их со средой. Здесь, с моей точки зрения, были получены самые интересные результаты. Я говорю о явлениях так называемого когерентного взаимодействия. Дело в том, что когда сверхкороткий импульс когерентного излучения, в соответствии с принципом неопределенности, имеет спектр, ширина которого больше, чем ширина линии поглощения или усиления в среде, то форма этого импульса при прохождении через среду изменяется совсем не так, как для длительного импульса с узким спектром. Для рубина при низкой, «азотной» температуре такие условия и реализуются. Исследованиями этих явлений у нас занимался Можаровский (вместе с Киркиным, Варнавским, Сидорук) и потом по ним защитил докторскую диссертацию. Он открыл явление индуцированного когерентного спонтанного испускания, происходящее в усиливающей среде при воздействии пикосекундного импульса, и изучал явление так называемого когерентного поглощения в рубине.

К сожалению, явления чистого когерентного спонтанного испускания, индуцированного первым спонтанным фотоном в резонансной среде с инверсией населенности, нам не удалось получить, так как для этого необходимо охлаждение рубина до «гелиевых» температур, при которых взаимодействие электронных переходов с решеточными фононами происходит настолько редко, что резонансная линия перехода делается очень узкой. Обратная ширина этой линии становится больше времени развития усиления излучения (называемого сверхизлучательным временем) начиная с первого спонтанного фотона, что и позволяет развиваться импульсу когерентного спонтанного испускания. Нам недоставало соответствующей аппаратуры, с получением которой стали возникать очень большие трудности.

В 70-х годах мы занимались очень интересным явлением – так называемой лазерной плазмой, возникающей при фокусировании пикосекундного импульса на мишень. Из-за короткой длительности оптического импульса температура возникающей плазмы очень высока – до тысяч электрон-вольт. Если бы длительность существования плазмы была большой, и выполнялся критерий Лоусона, то такие температуры уже близки к тем, которые необходимы для термоядерного синтеза. Поэтому изучение этой плазмы важно для понимания процессов при лазерном термоядерном синтезе. В этой работе принимали участие Киркин, Можаровский, Блаженков (аспирант лаборатории элементарных частиц), Мирзоян (прикомандированный из АН Армянской ССР). Температура нашей плазмы, измеренная по рентгеновскому излучению ее, была в пределах 0,4–1 кэВ при плотностях мощности светового потока до  $10^{14}$  Вт/см<sup>2</sup>. Но оказалось, что некоторая часть электронов плазмы имеет гораздо большую температуру – до 10 кэВ. Это явление может очень сильно затруднить получение термоядерной реакции. Дело в том, что необходимое нагревание плазмы создается при абляционном обжатии ее лазерным излучением, происходящем адиабатически. Конечная температура сжатой плазмы сильно зависит от начальных условий и наличие сверхтепловых электронов меньшей плотности приведет к уменьшению конечной температуры, недостаточной для зажигания термоядерной реакции. Кроме этого, были обнаружены и другие интересные явления, например поляризованное рентгеновское излучение, что в этой области спектра редко встречается. Пикосекундная лазерная плазма может найти применение как мгновенный рентгеновский источник.

Из других работ по лазерной тематике осталось рассказать о внутрирезонаторной лазерной спектроскопии (ВРЛС). Это направление родилось у нас в лаборатории в 1970 году в результате открытия Э.А. Свириденкова и А.Ф. Сучкова. Сущность явления состоит в следующем. В резонатор лазера, обладающего большой однородной шириной полосы усиления, помещают кювету с поглощающим веществом, имеющим узкие линии поглощения в спектральной области генерации лазера. Такой лазер действует подобно многоходовой оптической кювете, но с тем принципиальным отличием, что все не связанные с линиями поглощения широкополосные потери компенсируются активной средой лазера. В результате этого эффективная толщина поглощающего слоя определяется длиной пути, который лазерное излучение успевает пройти в поглощающем веществе за время генерации лазера. Поэтому чувствительность метода ВРЛС возрастает при увеличении длительности генерации. Фундаментальный предел чувствительности обусловлен спонтанными шумами лазера. По коэффициенту поглощения предел чувствительности, достигнутый в настоящее время, –  $10^{-10} \text{ см}^{-1}$ , что с сильными линиями поглощения дает возможность измерять концентрацию частиц до нескольких единиц в кубическом сантиметре.

Благодаря своим уникальным возможностям метод ВРЛС нашел широкое применение в различных научных исследованиях, как то: регистрация спектров поглощения атмосферного воздуха в области прозрачности атмосферы, обнаружение слабых линий усиления, измерение сечений нелинейных процессов, изучение нестационарных процессов в электрическом разряде, исследование кинетики химических газозофазных реакций и др.

В работах по развитию метода ВРЛС под руководством Э.А. Свириденкова участвовали В.М. Баев, Т.П. Беликова, С.А. Коваленко, Л.А. Пахомычева, Н.А. Распопов, А.Н. Савченко, Д.Д. Топтыгин, М.П. Фролов и др.

В настоящее время метод ВРЛС является общепризнанным аналитическим методом. Он успешно используется и развивается во многих зарубежных мировых научных центрах и применяется в промышленности, и на его основе выпускаются приборы для обнаружения ничтожных газовых примесей.

Благодарю за внимание.



Рис. 11. М.Д. Галанин, А.М. Леонтович, З.А. Чижикова в годы работы над лазером.

## 6. Чижикова З.А.

### Дополнение к докладу А.М. Леонтовича

Комната 356 (комната А.М. Леонтовича), в которой появился первый рубиновый лазер, стала неким «лазерным центром» в ФИАНе. Посмотреть на работу лазера толпой шли посетители. Запомнилось, что радовались как дети Николай Геннадьевич Басов и Игорь Евгеньевич Тамм. Иногда гостей сопровождал Н.Г. Басов. Были и высокие гости: зав. отделом науки ЦК КПСС академик В.А. Кириллин, зам. Председателя Совета Министров СССР Д.Ф. Устинов и академическое начальство. Мы работали тогда с большим энтузиазмом. Сам директор ФИАНа Дмитрий Владимирович Скобельцын постоянно интересовался ходом работы. Первую публикацию везли в редакцию ЖЭТФ на директорской машине, а не отсылали. Речь шла о престиже ФИАНа и советской науки. Эти работы позволили свести к минимуму отставание наших лазерных работ от американских.

М.Д. Галанин и я с 1963 года занялись работой с использованием лазера как мощного источника излучения. А в комнате 356 в течение нескольких лет дружно и плодотворно над «тайнами» генерации трудились не только наши сотрудники (а также Анатолий Ведута и Марина Попова), но и «басовцы» Виталий Зуев и Петр Крюков и «прохоровцы» Владлен Коробкин и Михаил Щелев. Такая «дружба народов» позже в ФИАНе была редкой. К Александру Михайловичу Леонтовичу часто приходили консультироваться по проблемам оптической генерации физики из ФИАНа и других институтов Москвы, приезжали из лабораторий Киева, Минска, Горького, Ленинграда, и др. Это были незабываемые дни для нашей группы.

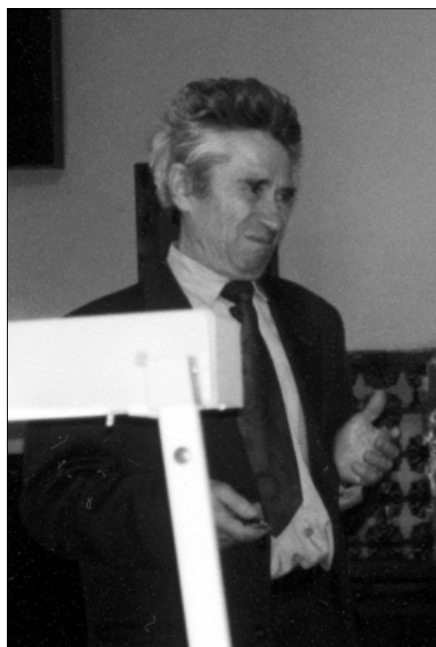
## 7. Попов Ю.М.

### Об истории некоторых работ и о перспективах

В дополнение к тому, что говорил сейчас Александр Михайлович, хочу рассказать, что первый отчет по началу лазерных работ не только в СССР, но и во всем мире был выполнен в ФИАНе. Первый лазер (на рубине) был осуществлен Мейманом, о чем «голос Америки» сообщил 15 мая 1960 года. Он использовал, как ни странно, сантиметровой кубик рубина, т.е. далеко не оптимальный режим. Вставил его в лампу, которую производила его же фирма «Хьюз», они самые мощные вспышечные лампы делали, и получил направленное излучение. Было много люминесцентного излучения, но все-таки было и лазерное. Он направил в *PhysRev* статью и ему *PhysRev* отказал. Потом он в *Science* направил и только *Science* опубликовал. Потом были еще публикации Кайзера с целой компанией из «Белл». Там уже использовался не кубик, а цилиндрический рубин, и на нем велись физические исследования.

Хочу сказать, что работы по лазерам в СССР были начаты по инициативе Николая Геннадиевича Басова еще до 1960 года. Приблизительно они были начаты в 1958 году с расчетом окончания первого этапа в 1961 году. Исполнителей работ можно увидеть на титульном листе отчета по теме «Применение квантовых систем для генерации, усиления и индикации оптического излучения» (окончен в 1961 г.).

Среди исполнителей только два младших научных сотрудника – это Олег Николаевич Крохин и Энгельсина Ивановна Заварицкая. С целью привлечения к участию в этих работах Николай Геннадиевич обратился в лабораторию люминесценции. Раньше существовала иерархия, за которой следили специальные службы, и ее нельзя было обойти, чтобы начать эти работы. Николай Геннадиевич обратился, конечно, к Вадиму Леонидовичу Левшину. Сам Вадим Леонидович был убежденный люминесцентщик. Научную жизнь он провел в люминесценции. Было решено, что в этих исследованиях будут участвовать более молодые – это Михаил Дмитриевич Галанин, Александр Михайлович Леонтович и совсем молодая Зоя Афанасьевна Чижикова. Первая работа о действующем в СССР лазере (последнее время я ее рекламирую) вышла в апреле 1962 года, а сам лазер в ФИАНе был сделан в сентябре 1961 года. Публикация появилась в апрельском номере ЖЭТФ за 1962 год (т. 63, вып. 7, стр. 349), где не только говорилось о создании первого лазера, но и измерялась когерентность излучения. Эти работы говорят о том, что фактически лазерные исследования в ФИАНе начались в лаборатории люминесценции. С этим я вас



*Попов Юрий Михайлович – физик-теоретик, д. ф.-м. н., сотрудник Лаборатории люминесценции с 1956 г., ныне сотрудник Нейтронно-физического отдела ФИАН, удостоен Ленинской премии, Государственной премии СССР, премии РАН им. А.Ф. Иоффе, награжден орденом Трудового Красного знамени.*

ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ им. П.Н. ЛЕБЕДЕВА АКАДЕМИИ НАУК СССР

УТВЕРЖДАЮ.

Директор  
Физического института АН СССР  
академик

"30" декабря 1961 г.

*Д. В. Снобелъцин* (Д. В. Снобелъцин)

О Т Ч Е Т

по теме "ПРИМЕНЕНИЕ КВАНТОВЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ,  
УСИЛЕНИЯ И ИНДИКАЦИИ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ".

Руководитель работы  
доктор физ.мат.наук -

*Н. Г. Басов* (Н. Г. Басов)

Ответственные исполнители:

Профессор П. А. Бакулин  
Член-корр. АН СССР Б. М. Вул  
Профессор В. Л. Левшин  
Доктор технич. наук А. Б. Фрадков  
Доктор физ.мат. наук М. Д. Галанин  
Мл. научн. сотр. Е. И. Заварицкая  
Мл. научн. сотр. О. Н. Крохин  
Кандидат ф.м.н. А. М. Леонтович  
Кандидат ф.м.н. В. И. Малышев  
Кандидат ф.м.н. Б. Д. Осипов  
Кандидат ф.м.н. Ю. М. Попов  
Кандидат ф.м.н. С. Г. Раутиан  
Кандидат ф.м.н. И. И. Собельман  
Кандидат ф.м.н. В. Ф. Туницкая.

*П. А. Бакулин*  
*Б. М. Вул*  
*В. Л. Левшин*  
*А. Б. Фрадков*  
*М. Д. Галанин*  
*Заварицкая*  
*Крохин*  
*Леонтович*  
*Малышев*  
*Осипов*  
*Попов*  
*Раутиан*  
*Собельман*  
*Тунцкая*

Москва, 1961 г.



поздравляю. Я не был участником замечательных работ по эффекту Черенкова, но я знаю о других замечательных работах, которые были сделаны по люминесценции, и в которых я принимал участие. Было правительственное задание. В то время, как вы знаете, очень безобразничали американские самолеты, которые летали над нашей территорией до того, как был сбит самолет Пауэрса. Это конец пятидесятих годов. Во-первых, их видеть и достать было трудно, они высоко летали, но видеть их и многое другое надо было на люминесцентных экранах. Экраны в то время обладали большим послесвечением и малым быстродействием. Поэтому было дано специальное задание. Оно исходило в основном из 801 института, научным руководителем которого в то время был Леонид Николаевич Курбатов. Было задание разработать такой люминофор, который бы не имел длительного послесвечения, и обладал, возможно, большим КПД. Эта тема была секретной и называлась «Снег». Она была выполнена в конце 50-ых – начале 60-ых годов. В ней принимало участие большое число сотрудников – почти все химики, которых было много. Тема была выполнена, и позднее ее содержание было опубликовано. Я тоже принимал участие. Вначале мы думали, что можно сделать КПД катодолюминесценции близким к 100%. Но в результате довольно простых соображений было показано, что все-таки больше 36% не получить, а реально где-то максимум 25%. После этого уже и не стремились делать люминофоры, работающие при катодолюминесценции с большим, чем 30% КПД. Публикация этих исследований знаменита. Есть американский выпуск, есть и русский, но оформлен хуже. Эта монография пользуется большим успехом. До сих пор у меня ее чаще всего берут и с нее делают копии.

Потом была прекрасная работа по идентификации инфракрасного излучения с переводом его в видимое излучение. Мы эту работу знаем хорошо. Потом хорошие работы были по свечению на  $p$ - $n$ -переходах и электролюминесценции. Теперь Алексей Григорьевич Витухновский правильно сказал, что нужно определить, куда двигаться дальше. Конечно, я тут не советчик, но прямо скажу, что люминесценция, она не только нас освещает, но и кормит. Во-первых, в темноте и ложку мимо рта пронесешь, а второе – если вы посмотрите все парники, где растут растения овощные (а нам, наверно, как сказал Алексей Григорьевич, с возрастом надо много овощей есть), люминесценция играет колоссальную роль. Но не только в этом проблема. Что в мире больше всего продается? По-видимому, люминесцентные источники. Это не люминесцентные лампы и не лазеры, как хотелось бы мне. Нет. Это – светодиоды. Поэтому я думаю, конечно, ближайшее будущее будет именно за светодиодами. Ну, конечно, потребуются и лазеры для многих целей. Но что еще важно. Светодиоды и лазеры дают узкополосное излучение. Продажные лазеры сейчас имеют 45-50% КПД, а в ближайшее время, может быть, дотянут до 70%.

В организованном Максимовским совещании года четыре назад фирмой *Hewlett Packard* было предсказано, что к 2005 году 80% освещения будет осуществляться светодиодами и диодными лазерами. На каждый светодиод или несколько светодиодов будет надеваться колпачок, который будет обмазан люминофором. Таким люминофором, который будет давать тот свет, который вы пожелаете. По-моему это очень перспективно. Наверно, опять надо вернуться к тем люминофорам, которые будут хорошо преобразовывать излучение монохроматическое в то освещение, которое нам нужно. Есть фотография больших мостов в Америке, где все освещение моста уже сделано из таких лампочек. В «*Природе*» опубликована статья по этому поводу. Я думаю, что в этом направлении работать перспективно. Как сказал Алексей Григорьевич, органические светодиоды хороши тем, что они дешевы. Но я уже по себе знаю, что не всегда все-таки дешевое бывает и хорошим. Поэтому органика все-таки у нас вызывает подозрительность. Когда на прибор затратили много денег, а он работает хорошо, мы не сожалеем. Когда же мало заплатили, а он вышел из строя – это вызывает у нас очень большие сожаления. Поэтому, к

*В. Л. ЛЕВШИН, Э. Я. АРАПОВА, А. И. БЛАЖЕВ, Ч. Ю. В. ВОРОНОВ,  
И. Г. ВОРОНОВА, В. Б. ГУТАН, А. В. ЛАВРОВ, Ю. М. ПОПОВ,  
С. А. ФРИДМАН, В. А. ЧИХАЧЕВА и В. В. ЩАЕНКО*

## ИССЛЕДОВАНИЯ КАТОДОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ ЦИНКСУЛЬФИДНЫХ И НЕКОТОРЫХ ДРУГИХ КАТОДОЛЮМИНОФОРОВ

### ПРЕДИСЛОВИЕ

Несмотря на очень большое значение катодолюминесценции и многочисленность ее технических применений, принципиальные вопросы, связанные со спецификой возбуждения кристаллофосфоров катодными лучами изучены еще недостаточно.

Особенностями катодного возбуждения являются: 1) неселективное поглощение энергии катодных лучей люминофором, причем почти все поглощение происходит в кристаллической решетке фосфора, а не в центре свечения; 2) последовательный обмен энергии возбуждающих частиц ведущий к появлению внутри кристаллофосфора вторичных электронов с малой энергией; 3) высвечивающее действие возбуждающих электронов на локализованные электроны; 4) малая глубина проникновения катодных лучей которая приводит, с одной стороны, к увеличению роли поверхностных слоев, с другой — к очень большой плотности возбуждения, вызывающей обычно значительное разогревание действующего объема фосфора.

Все эти особенности катодного возбуждения отражаются на выходе длительности свечения фосфоров и отчасти на спектрах излучения.

Настоящее исследование имело целью рассмотреть теоретически и экспериментально вопросы о потерях энергии возбуждения при катодолюминесценции, установить примерную величину предельного выхода катодолюминесценции, изучить обмен энергии электронного пучка при прохождении слоя люминофора, а также развитие отдельных процессов свечения в зависимости от плотности возбуждения и температуры. Особенно большое внимание было уделено исследованию инерционных свойств ZnS-фосфоров и их связи с расположением и заполнением уровней локализации электронов и дырок.

Настоящая работа выполнена под руководством В. Л. Левшина. Теоретические расчеты потерь при термализации сделаны Ю. М. Поповым (гл. I). Исследования энергетических потерь электронов в слое люминофора проведены А. И. Блажевичем (гл. II). Изучение спектральных свойств энергоотдачи выполнено Ю. В. Вороновым (гл. III). Исследования длительности и законов затухания проведены А. И. Блажевичем и В. А. Чихачевым (гл. IV). Исследования заполнения мест локализации электронов и дырок и их связи с инерционными свойствами выполнены В. Б. Гутаном (гл. IV). Разработка и приготовление сублимированных экранов и пленок проведены Э. Я. Араповой (гл. II). Химические исследования, разработка

новым изделиям надо подходить с большой осторожностью. Конечно, это очень хорошее направление, но вот данные по сроку службы очень важны. Но это и есть предмет исследований. Думаю, что это более или менее все, о чем я хотел сказать.

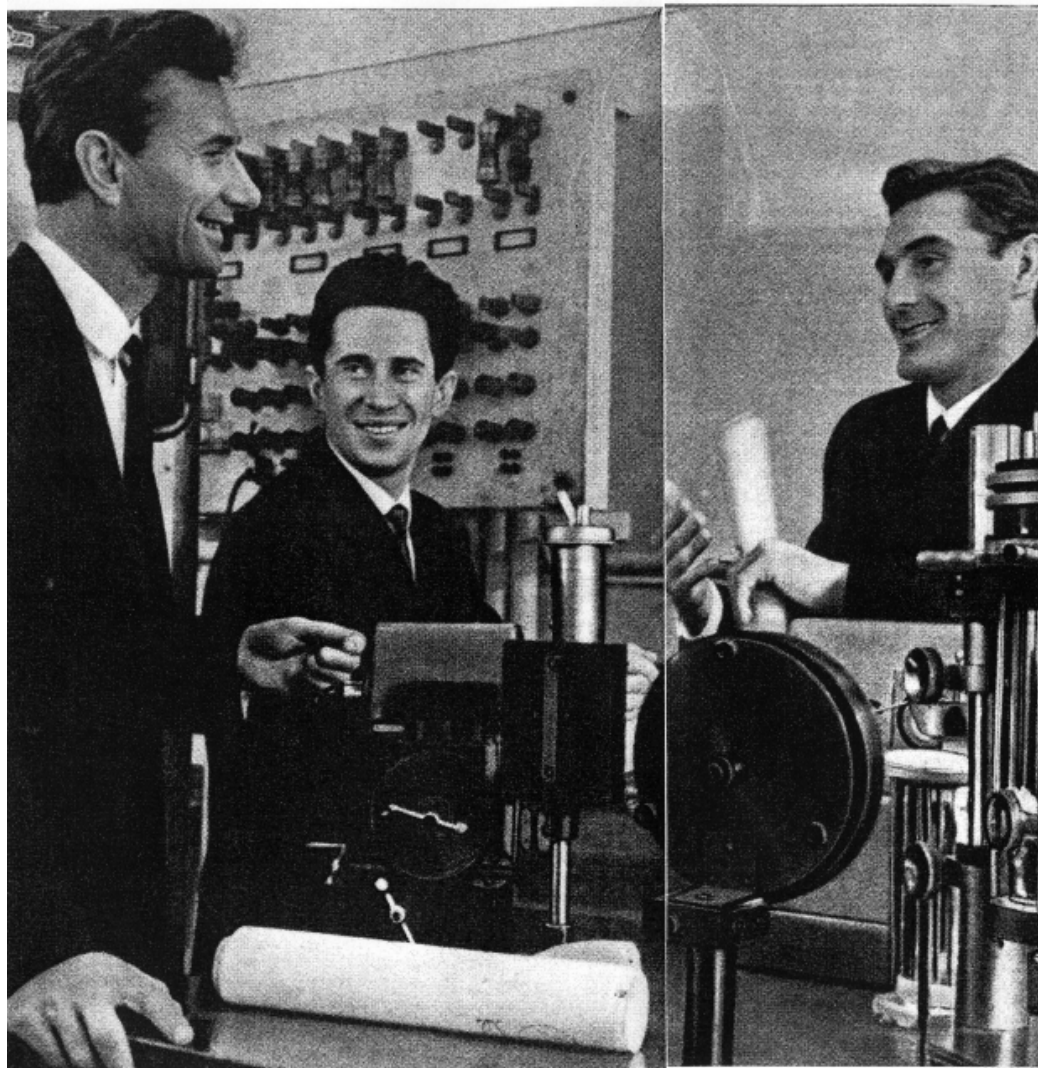


Рис. 13. А.П. Шотов, Ю.М. Попов и О.Н. Крохин. 1964 г.

В то время (60-ые годы) было хорошее содружество лабораторий люминесценции, квантовой радиофизики и физики полупроводников. Очень плодотворное. Были хорошие теоретики, которые фактически снабжали теорией эти лаборатории. Вот снимок того времени. Это 1964 год, год присуждения Ленинской премии за полупроводниковые лазеры. Это Алексей Петрович Шотов, я и наш директор Олег Николаевич Крохин. Еще раз поздравляю лабораторию люминесценции. Желаю вам дальнейших больших-больших успехов. И думаю, что они придут обязательно. Спасибо за внимание.

## 8. *Георгобиани А.Н.*

### Кое-что о себе и о направлениях работ моей группы

Первое мое впечатление о нашем семинаре, к сожалению, было плохое. Дело в том, что я окончил с отличием МИФИ в 1954 году по специальности ядерная физика. Практику и дипломную работу проводил в ЛИПАНе под руководством академика Георгия Николаевича Флерова. Теперь это Институт им. И.В. Курчатова. Это был «звездный» период ядерной физики. Распределен я был в МГУ в секретную лабораторию № 15. Руководил этой лабораторией проходимец А.П. Знойко – аналог Лысенко, но в физике. Естественно, что он враждовал со здравомыслящими учеными, работавшими в области ядерной физики. Примерно через год после моего зачисления в эту лабораторию она была ликвидирована. Сотрудники лаборатории оказались безработными, поскольку нас считали его единомышленниками. Я приходил с просьбой о работе в лаборатории ядерной физики. Мне говорили: «О, окончили МИФИ с отличием. Конечно, нужны. Где Вы работали в прошедшем году?» «В лаборатории №15 МГУ». «А ..., к сожалению, сейчас у нас нет свободной вакансии, оставьте свой телефон, мы Вам позвоним».

После этого я обратился к декану моего факультета в МИФИ профессору Бахметьеву, который относился ко мне очень хорошо. Он сказал: «В ядерную физику тебе путь закрыт, но я рекомендую тебя в ФИАН в лаборатории другого профиля. Он связался с заведующим аспирантурой ФИАН, который направил меня к Михаилу Дмитриевичу Галанину. Михаил Дмитриевич предложил мне посетить семинар лаборатории люминесценции. Докладчиком был химик Александр Алексеевич Черепнев. Прищуриль глаза, он заунывным голосом рассказывал о том, как перемешивал смесь порошков, затем клал эту смесь в тигель, помещал тигель в печь и прокаливал, а затем охлаждал. Это вызвало у меня такое нудное впечатление, что я еще три месяца походил безработным. Наконец, жизнь заставила, и я пришел снова к Михаилу Дмитриевичу. Он предложил меня Всеволоду Васильевичу Антонову–Романовскому, и тот принял меня в свою группу. Моим непосредственным руководителем и учителем стал Михаил Владимирович Фок. С их помощью и под влиянием нашего семинара я освоился в области люминесценции. Через пять лет защитил кандидатскую диссертацию, а еще через семь лет – докторскую.

В дальнейшем я понял, насколько все, о чем говорил А.П. Черепнев, было важно, и насколько плохо то, что сейчас мы растеряли всех технологов, всех химиков. У нас в отделе нет технологов, а люминесценция без технологии мертва. Вот Алексей Григорьевич Витухновский процитировал: «Мы не сеем, не пашем...». Моя сотрудница, Панасюк Евгения Ивановна, когда хвалила кого-нибудь из моих хороших аспирантов, говорила: «Он пашет, как



*Георгобиани Анатолий Неофитович, физик-оптик, д. ф.-м. н., профессор, академик РАЕН, сотрудник Отдела люминесценции с 1955 г.*

пчелка». Я ее убеждал, что пчелка не пашет. Но в следующий раз она повторяла то же самое. К сожалению, она здесь сейчас не присутствует, говорит, что очень плохо выглядит и стесняется приходить. Как я ее не уговариваю, мне это не удается.

Теперь о текущей работе моей группы. Я буду краток, потому, что это неинтересно слушать. Интересно слушать научный доклад, а не перечисление ведущихся тем. Одно из направлений нашей работы – исследование квантоворазмерных структур, в том числе их люминесценции. Это сверхрешетки и квантовые ямы. Интерес к этим исследованиям связан с тем, что свободные носители, возникающие в этих структурах, «сваливаются» в квантовые ямы. Возбуждение оказывается локализованным в пространстве и энергетически – в возбужденном экситоном состоянии. Это приводит к большой эффективности этого излучения и высокой локальной яркости. Скоро мы перейдем к исследованиям структур, в которых барьеры полумагнитные. Это позволит управлять свойствами излучения с помощью магнитного поля. Другое направление наших работ – это исследование широкозонных полупроводников, в том числе, оксида цинка и нитрида галлия. Дело в том, что именно с помощью этих полупроводников возможно перекрыть всю видимую область спектра и даже ближний ультрафиолетовый участок. Особенно интересно то, что  $\text{ZnO}$  и  $\text{GaN}$  очень близки по свойствам. У них одинаковые кристаллические решетки и по параметрам и по структуре. В связи с этим нами был изготовлен гетеропереход на их основе с ультрафиолетовой электролюминесценцией.

Третье направление наших работ – это исследование тройных полупроводниковых соединений. В основном – это соединения типа  $\text{II-III}_2\text{VI}_4$ , в том числе  $\text{CaGa}_2\text{S}_4$ . Чем интересны эти полупроводники? Дело в том, что Ca по размеру ионов близок к редкоземельным элементам. В результате в такую матрицу можно ввести до десятка процентов редкоземельных элементов, что приводит к большой эффективности связанного с ними излучения. Это три наших основных направления.



Рис. 14. Группа А.Н. Георгобидани, 1985 г.

## 9. Витухновский А.Г.

### Органические светоизлучающие диоды и их перспективы

Я хочу немного рассказать о наших последних работах связанных с созданием и исследованием OLED. Что такое OLED? OLED – это Organic Light Emitting Diode (органический светоизлучающий диод). Создание эффективного OLED с моей точки зрения, огромная и благородная задача, и наш отдел, Отдел люминесценции, должен включиться в решение этой задачи в полном объеме, потому что у нас накоплены значительные знания в области рекомбинационной люминесценции и есть некоторые силы.

Напоминаю, что если сопоставить лампочку накаливания, которую в народе по легенде называют «лампочкой Ильича», и полупроводниковый излучатель, то вы видите, что эффективность последнего очень высока, до 100 люмен/ватт. Это очень яркий источник света.

Сейчас наблюдается явный прогресс по созданию лабораторных образцов органических и неорганических светоизлучающих диодов. Для некоторых типов LED сейчас уже достигнут срок службы до 10000 часов. Те, кто связан с какими-либо промышленными изделиями, знают, что для внедрения в производство принимается только то, что служит больше 10000 часов. Несомненно, что при такой высокой эффективности энергосбережения исключительно велики и поэтому в этом направлении работают десятки научных групп в мире, а в России, к сожалению, нет государственной программы и работают разрозненные исследователи. Поэтому усилия нашего коллектива весьма актуальны.

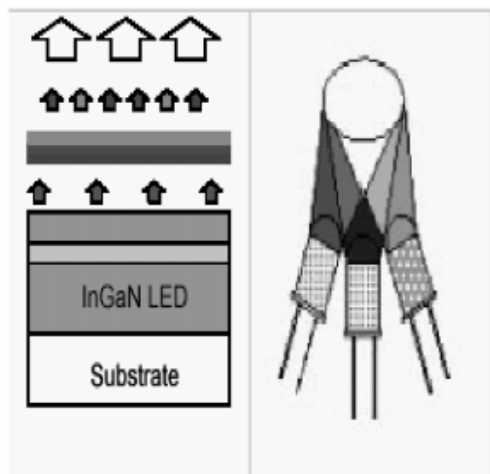
Исключительно важно, что органические светодиоды обладают определенными преимуществами по отношению к неорганическим. Сложные органические слоистые структуры с применением иридиевых комплексов в активном слое имеют квантовую эффективность около 8%. Главное преимущество – возможность создавать электролюминесцентное устройство на гибкой подложке.

Подложку такого типа можно гнуть и использовать для освещения, так называемые «светящиеся обои». Другой важный аспект использования OLED - замена жидкокристаллических дисплеев на активные матрицы - более яркие, дающие излучение в 2р, более экономичные и дешевые.

Надо сказать, что в нашей стране совершенно нет никакой программы, связанной с использованием различного рода светодиодов и замены ими лампочек накаливания. В этом отношении, я боюсь нареканий со стороны патриотов, но я хочу привести закон (bill) Конгресса США, принятый в прошлом году. Соединенные Штаты приняли специальное постановление о замене лампочек накаливания диодами, светодиодными источниками света, в частности, в законе есть пункт третий – относительно создания органических светоизлучающих диодов (OLED).



*Витухновский  
Алексей Григорьевич –  
физик-оптик, д. ф.-м. н.,  
зав. Отделом  
люминесценции.*



**50-100 Lm/W**  
**theory limit up to**  
**300 Lm/W**

**15-20 Lm/W**

Рис.15. Сравнение лампочки накаливания и светоизлучающего диода.

### OLED Characteristics

**High luminance (>100,000 Cd/m<sup>2</sup>)**  
**High efficiency (20 Lm/W)**  
**low bias**  
**color management**  
**flexible substrate**  
**low cost technology (Lm/\$)**



Рис. 16. Преимущества OLED.

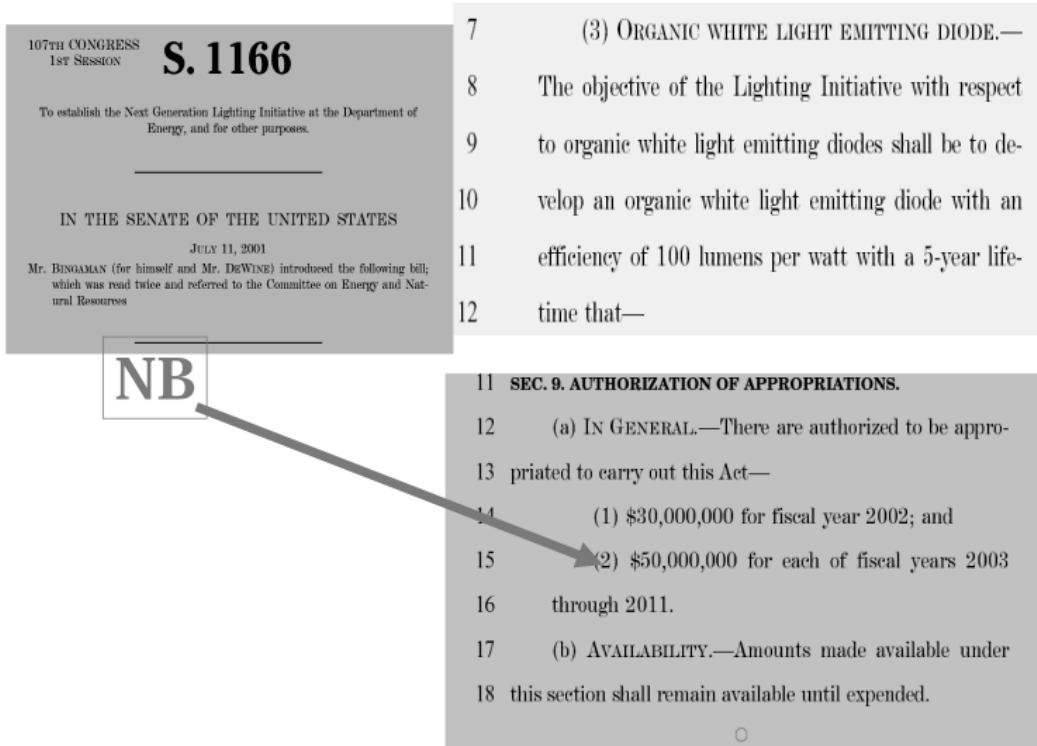


Рис. 17. Фрагменты текста закона (bill) Конгресса США.

Соединенные Штаты будут выделять ежегодно до 2011 года по \$50 000 000 на программу по созданию источников света на совершенно другом принципе, нежели лампочки накаливания.

Кратко, чтобы не утомлять вас, я хочу рассказать, что сейчас достигнуто в нашем Отделе, в области электролюминесценции органических соединений.

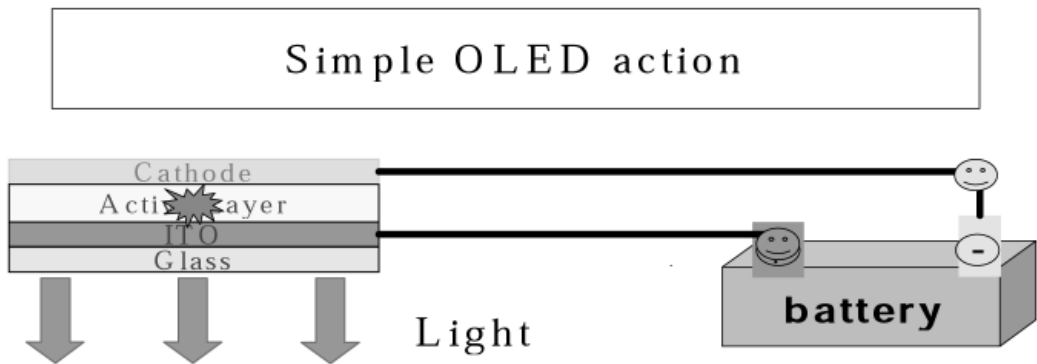


Рис. 18. Принцип действия OLED.



У нас была предложена концепция использования в качестве активного слоя таких сложных органических макромолекул, имеющих «периферию» и «центр». Это так называемые дендримеры, или дендритные структуры, где в центре можно поместить эффективно излучающий элемент.

## Active layer idea

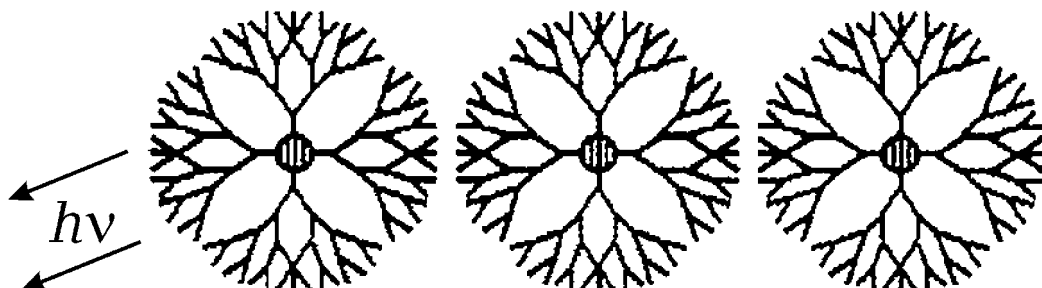


Рис. 19. Предложенная концепция активного слоя OLED.

В частности, мы сейчас пробуем в качестве центрального фрагмента редкоземельные элементы. Имеется ряд преимуществ у таких систем по сравнению с традиционными конъюгированными полимерами и металлоорганическими комплексами. Например, так называемый эффект оболочки «shell-effect» для центрального фрагмента. Наши партнеры химии синтезируют принципиально новые соединения. Ион европия распложен между двумя такими вот «дисками» органической периферии. Электрон-дырочная рекомбинация приводит к возбуждению периферии макромолекулы и осуществляется эффективная передача энергии электронного возбуждения на центральный элемент – ион, и он интенсивно светит.

Анатолий Неофитович Георгобиани сейчас сказал, что у нас нет технологов, нет специалистов. Сзади Вас сидит Олег Мирзов, который сделал первый в Отделе органический светодиод. Это наш студент Физтеха. Диод выглядит неказисто, но это реальный и работающий светодиод, в котором используется наша концепция. Органический, подчеркиваю. Мы этим воодушевлены и занимаемся этим делом, и я считаю, что есть реальные перспективы развития этого актуального направления нашей науки люминесценции.

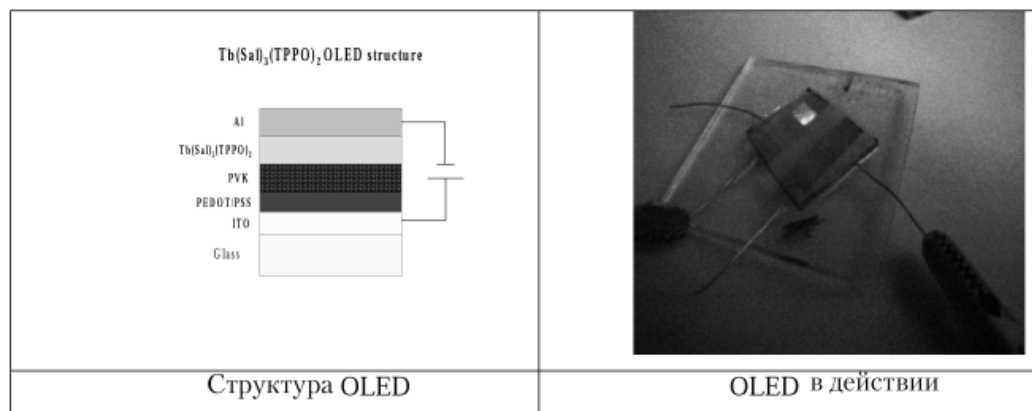
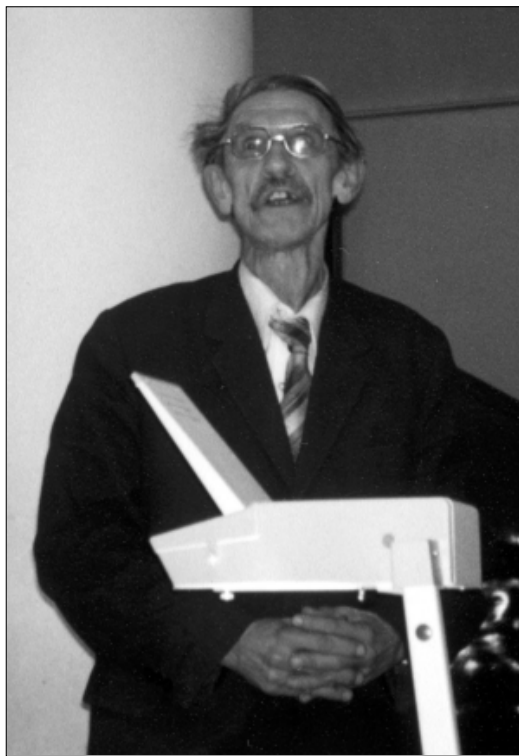


Рис. 20. Конструкция и вид OLED отдела люминесценции.

## 10. Тимофеев Ю.П. О люминесценции

Задача моего выступления весьма упрощается, потому что М.В. Фок и А.Г. Витухновский уже многое сказали о явлении люминесценции и ее многочисленных применениях. Одно из основных предназначений люминесценции – преобразовывать невидимые человеческим глазом излучения (ультрафиолетовые, рентгеновские или инфракрасные лучи), энергию потоков заряженных частиц (обычно электронов), а то и непосредственно электрическую энергию, в видимый свет. Эффективность такого преобразования может быть достаточно высока, что впервые было осознано благодаря исследованиям С.И. Вавилова, его сотрудников и учеников. Ими же были введены четкие определения энергетического и квантового выхода люминесценции, предложены и реализованы надежные методы их измерений. Многие здесь присутствующие это хорошо знают, но для наших гостей, студентов и аспирантов кратко напомним об этих важнейших характеристиках люминесценции.



*Тимофеев Юрий Петрович, физик-оптик, д. ф.- м. н., работает в ФИАНе с 1963 г., лауреат Государственной премии СССР.*

Итак, квантовый выход  $\eta$  – отношение числа квантов люминесцентного излучения  $N_l$  к числу квантов возбуждающего излучения  $N_e$ , поглощаемых веществом в единицу времени, т.е.  $\eta = N_l/N_e$ . Энергетический выход  $\eta = W_l/W_e$ , где  $W_l$  и  $W_e$  – соответственно мощности люминесцентного и возбуждающего излучения (потока заряженных частиц или электрического поля), поглощенного в люминофоре. При фотолюминесценции эти величины связаны между собой очевидной формулой  $\eta = \eta \cdot \frac{\overline{h\nu_l}}{\overline{h\nu_e}}$ , где  $\overline{h\nu_l}$  и  $\overline{h\nu_e}$  – средние величины квантов люминесцентного и возбуждающего излучений.

Кажется, все это элементарно. Однако необходимо учесть различие угловой направленности (а также поляризации) люминесцентного и возбуждающего излучения, которое часто не полностью поглощается в люминесцирующем веществе, произвести далее усреднение по величине этих квантов, что в целом отнюдь не просто. Поэтому принципиальное значение для развития исследований и многочисленных применений

люминесценции имели первоначальные работы С.И. Вавилова, М.Н. Аленцева, В.В. Антонова–Романовского и др. по энергетике этого явления, проведенные еще в первой половине XX века. В этих работах было установлено, что квантовый выход фотолюминесценции некоторых растворов красителей (флюоресцеин, родамин 6G и др.), а также кристаллофосфоров (например,  $ZnS : Cu$ ) может достигать по крайней мере 60-80%. В дальнейшем аналогичные результаты были получены в других научных центрах и на других объектах, в том числе на лазерных кристаллах и стеклах активированных редкоземельными ионами или ионами хрома.

Одновременно происходило углубление представлений о различных этапах преобразования и переноса энергии электронных возбуждений в конденсированных люминесцентных средах (М.Д. Галанин, В.Л. Левшин, Ч.Б. Лушчик, П.П. Феофилов, М.В. Фок и др.). Усовершенствовалась технология синтеза и соответственно спектрально-энергетические характеристики различных люминофоров и лазерных сред; успешно развивались многочисленные применения люминесценции в источниках света и системах оптического отображения информации. Я не имею возможности останавливаться на всех этих вопросах, но приятно отметить, что существенный вклад в их решение внесли отечественные ученые, в том числе сотрудники Отдела люминесценции ФИАН.

Существуют 3 основных метода измерения выхода люминесценции, которые имеют различные способы их реализации, причем точность таких измерений в настоящее время доходит до 1-2%.

1) Первоначальный метод С.И. Вавилова, при котором производят сравнение интенсивности люминесценции с интенсивностью возбуждающего излучения, диффузно рассеянного отражающим экраном (например, из  $MgO$ ).

2) Метод интегрирующей светотехнической сферы, успешно развитый З.Л. Моргенштерн, В.Б. Неуструевым и др., при котором автоматически учитывается различие угловой направленности и поляризации люминесцентного и возбуждающего излучения.

3) Калориметрический метод, впервые использованный М.Н. Аленцевым в 1951 г. и впоследствии усовершенствованный рядом авторов (в том числе и докладчиком). При этом непосредственно измеряется доля мощности возбуждающего излучения  $W_g$ , переходящая в тепло  $Q$ , а энергетический выход люминесценции определяется по простой формуле  $\eta_s = 1 - Q/W_g$ .

В 1981 году к юбилею С.И. Вавилова в нашей лаборатории под руководством М.Д. Галанина проводились измерения квантового выхода фотолюминесценции ряда эталонных растворов красителей методом С.И. Вавилова и усовершенствованным методом интегрирующей сферы. Было получено хорошее согласие результатов обоих методов. Правда, квантовый выход составлял не 60-80%, как в работах С.И. Вавилова и М.Н. Аленцева, а доходил до 90-95%, что вполне объяснимо существенным усовершенствованием этих объектов.

Я мог бы долго рассказывать о специфике этих экспериментов и их результатах. Отмечу лишь главное. Различные процессы (размножение электронно-дырочных пар в полупроводниках, ступенчатые внутрицентровые или кроссрелаксационные межзонные переходы в редкоземельных ионах) могут приводить к так называемому «фотонному умножению», при котором квантовый выход фотолюминесценции существенно превышает единицу (200% и более). Аналогичные процессы размножения возбуждений имеют место и при других видах возбуждения люминесценции, что весьма существенно для энергетики катодо- и электролюминесценции. Об этом многое могли бы рассказать Ю.М. Попов и М.В. Фок. В настоящее время энергетический выход этих видов люминесценции, важных

для многих применений, лежит в пределах от 25% до 70%, в согласии с соответствующими теоретическими представлениями.

Значительно более скромные результаты получены при люминесцентном преобразовании инфракрасного излучения в видимый свет. Энергетический выход такого антистоксова преобразования (т.е. противоречащего эмпирическому правилу Стокса), обусловленного, например, суммированием нескольких электронных возбуждений на одном излучающем редкоземельном ионе, составляет всего несколько процентов. Это, однако, не препятствует его использованию для визуализации полей излучения полупроводниковых и других инфракрасных лазеров, в том числе при медико-биологических применениях. Разработка таких (первоначально «вспышечных») люминофоров была начата в нашем отделе (тогда лаборатория) еще в 1930-40 гг. (В.В. Антонов–Романовский, В.Л. Левшин, З.Л. Моргенштерн и З.А. Трапезникова), и позже успешно продолжена в группе С.А. Фридмана (Государственные премии СССР 1952 и 1985 гг.). В последних работах принимал участие и автор сообщения, причем благодаря сотрудничеству с лабораторией колебаний ФИАН (Н.А. Ирисова, А.П. Бажулин, Е.А. Виноградов) удалось визуализировать не только более длинноволновое ИК излучение (например,  $CO_2$  лазеров в области 10 мкм), но и СВЧ излучение миллиметрового и сантиметрового диапазона длин волн («радиовизор»). В данном случае использовалось не оптическое, а тепловое воздействие регистрируемого излучения, которое приводило к температурному тушению обычной фотолюминесценции, возбуждаемой дополнительным источником ультрафиолетового излучения. Таким образом, на люминесцентном экране возникает негативное изображение пространственного распределения регистрируемых полей длинноволнового излучения, причем пороговая плотность такого излучения не столь велика ( $\sim 1$  мВт/см<sup>2</sup>).

Почему я остановился на вопросе о нагревании люминофоров оптическим излучением? Дело в том, что в последнее десятилетие, к сожалению, не в России, а в США, были получены, казалось бы, неожиданные, а на самом деле вполне объяснимые, новые красивые результаты. Некоторые кристаллы и стекла, активированные редкоземельными ионами ( $Yb$  или  $Tm$ ) при воздействии на них инфракрасного лазерного излучения (в области 1,0 и 1,9 мкм) не нагреваются, а, наоборот, охлаждаются. Эффект охлаждения составляет несколько десятков градусов, начиная от комнатных температур при мощности лазерного облучения около 1 Вт. Он зарегистрирован различными способами (теловизионные камеры, микротермомпары и т.д.) и его реальность не вызывает сомнений. Эти работы поддерживаются рядом грантов (в том числе NASA); получены патенты и высказываются весьма оптимистические (возможно даже излишне) прогнозы о его применениях в лазерной, полупроводниковой и сверхпроводящей технике.

Не берусь сейчас обсуждать, на сколько обоснованы эти прогнозы, но упоминание, а еще лучше демонстрация, этого эффекта, на мой взгляд, весьма желательны при чтении лекций по физике. Действительно, наличие такого эффекта однозначно свидетельствует, что энергетический выход люминесценции может, по крайней мере, на несколько (а то и на десяток) процентов превышать 100%. Таким образом, эти объекты высокого качества изготовления ( $\eta_k \sim 97-98\%$ ), дают больше люминесцентного излучения, чем в них поглощается возбуждающего излучения.

Как же это происходит, и нет ли здесь противоречия с общеизвестными началами термодинамики? Предыстория этой проблемы начинается еще с тридцатых годов XX века и известна специалистам в области люминесценции как дискуссия С.И. Вавилова и П. Принсгейма о принципиальной возможности получения энергетического выхода люми-

нессценции превышающего единицу. Такое предположение было впервые высказано П. Принстеймом в 1929 году, но не было им обосновано ни теоретически, ни экспериментально. Более того оно находилось в противоречии с экспериментальными данными того времени по резкому падению квантового выхода люминесценции в уже упомянутой антистоксовой области спектра, когда длина волны возбуждающего излучения превышает среднюю длину волны люминесцентного излучения, а величины их квантов очевидно соответствуют обратному условию  $\overline{h\nu_s} \geq \dots$ .

В тридцатые годы, во время научной командировки в Германию, С.И. Вавилов некоторое время работал в лаборатории П. Принстейма и они часто беседовали, в том числе по этому вопросу. А незадолго до кончины, С.И. Вавилов в 1951 г. редактировал перевод известной монографии П. Принстейма, и сделал целый ряд серьезных замечаний и примечаний.

По предложению С.И. Вавилова вопрос о предельном выходе фотолюминесценции был впервые математически рассмотрен Л.Д. Ландау на основе термодинамики неравновесных процессов. В его работе, опубликованной в 1947 г., было показано, что для монохроматического (узкополосного) люминесцентного измерения  $\eta_s$  не может быть выше 1. Однако, если энтропия возбуждающего излучения меньше энтропии люминесцентного измерения, то такие процессы возможны, т.е. не противоречат началам термодинамики. Несколько упрощая ситуацию и не приводя соответствующих формул, можно сказать, что для этого необходимо, чтобы ширина спектра люминесценции была существенно больше ширины спектра возбуждающего излучения. Такое условие, конечно, выполняется, если для возбуждения использовать лазеры. При этом на люминесценцию используется часть тепловой энергии вещества, и оно охлаждается. Принципиальные схемы таких процессов были рассмотрены В.В. Антоновым–Романовским, М.В. Фоком, белорусскими учеными Б.И. Степановым и др. Более конкретные расчеты были далее проведены рядом авторов (М.А. Weinstein, Ю.П. Чукова и др.) и для других видов люминесценции (например, электролюминесценции). При этом термодинамический предел  $\eta_s$  доходит до 160%, правда при очень низкой интенсивности свечения – реально 110-120%. В шестидесятые годы предпринимались первые, правда не совсем удачные, попытки по экспериментальному обнаружению эффекта оптического охлаждения («скрытое» охлаждение на  $\sim 0,5^\circ$ , которое маскировалось другими побочными эффектами). Приятно отметить, что ссылки на теоретические работы Л.Д. Ландау и Ю.П. Чуковой имеются в современных работах зарубежных авторов (R.I. Epstein и др.) по оптическому охлаждению твердых тел. Жаль только, что экспериментальные работы по этой тематике в России в настоящее время не проводятся. Причина достаточно очевидна – крайне низкий уровень финансирования науки в нашей стране.

Наличие эффекта оптического охлаждения вселяет радужные надежды и о возможностях существенного увеличения предельной яркости люминесценции, в том числе при других способах ее возбуждения (например, электрическим полем). Действительно, при стационарном возбуждении эта яркость обычно ограничена нагреванием люминофора источником возбуждения и развитием температурного тушения (при температурах  $\geq 100$  С). Поэтому, увеличивая энергетический выход свечения, например, от 90 до 99%, мы получим увеличение предельной яркости свечения не на 9%, а более чем в 10 раз!

В заключение отмечу, что эффект оптического охлаждения дает четкие ответы на некоторые вопросы по энергетике люминесцентных процессов, важные как в научном,

так и прикладном отношении. Вместе с тем он порождает и новые вопросы, на которые еще нет однозначных ответов. Действительно, этот эффект имеет место лишь в очень ограниченном диапазоне длин волн – при меньших и больших длинах волн возникает наоборот нагревание. Так что прав был С.И. Вавилов, когда говорил об уменьшении квантового выхода в антистоксовой области спектра, если длина волны возбуждающего света существенно превышает среднюю длину волны люминесцентного излучения. Чем обусловлено это падение? Скорее всего, неактивным поглощением возбуждающего излучения на неконтролируемых примесях и других дефектах. Добавка тепловой энергии не столь велика и составляет в настоящее время примерно  $\sim 2 kT$ , т.е. существенно меньше величины кванта возбуждающего излучения (не более 4% для  $\lambda \sim 1$  мкм и 8% для  $\lambda \sim 2$  мкм при  $T = 300$  К). Эта добавка может быть обусловлена установлением теплового равновесия по штарковским подуровням, как основного, так и возбужденного состояния люминесцирующего иона. Относительная роль этих процессов пока что не ясна, как и не понятно, а нельзя ли увеличить добавку тепловой энергии, например, до 3-4  $kT$ ? Впрочем, возникновение новых вопросов присуще любой развивающейся области научных исследований, а не только люминесценции.

Извините, что я превысил лимит предоставленного мне времени. Благодарю за внимание и долготерпение.

## **ПРИЛОЖЕНИЯ**

**1. БЕРЕЗАНСКАЯ В.М.****РАБОТЫ ОТДЕЛА СТРОЕНИЯ ВЕЩЕСТВА ФИАН В 1934-1936 гг.,  
ПРЕДВАРЯЮЩИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЛАБОРАТОРИИ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ.**

(ФОРМУЛИРОВКИ РАБОТ ДАНЫ В ТОЧНОМ СООТВЕТСТВИИ С ОТЧЕТАМИ ТЕХ ЛЕТ).

Приведенные ниже выписки из Архива РАН дают представление о работах по люминесценции (с указанием исполнителей), выполненных в период с 1934 по 1936 год.

*Работы 1934 года:*

- изучалось свечение чистых жидкостей и растворов под действием  $\gamma$ -лучей (**С.И. Вавилов, П.А. Черенков**);
- обсуждались возможные причины синего свечения жидкостей (**С.И. Вавилов**);
- исследовался вопрос о возбуждении щелочно-галлоидных кристаллов (**М.В. Севостьянова**);
- изучалось образование зародышевых центров в кристаллах галлоидосеребряных солей (**М.В. Севостьянова, А.С. Топорков**);
- проводилось исследование эффекта Керра в растворах (**В.А. Иоффе**);
- были проведены работы в связи с выяснением природы границы окрашивания каменной соли и изучался электролиз меди в  $NaCl$ ; разработана новая методика для определения подвижности металлических ионов в щелочно-галлоидных кристаллах (**С.А. Арцыбышев, А.С. Топорков**);
- изучалась подвижность ионов меди в  $NaCl$  и  $KCl$ ;
- была исследована диффузия меди и др. металлов в  $NaCl$  (**С.А. Арцыбышев**);
- изучался выход электронов из  $Na$  в каменную соль при аддитивном окрашивании;
- проведено исследование кристаллического фотоэффекта в неоднородно окрашенной каменной соли (**Л.В. Грошев**);
- исследовано спектральное распределение внутреннего фотоэффекта в солях, окрашенных коллоидально распределенным металлом.

*Работы 1935 года:*

- проведена работа по быстрому определению малых примесей озона в воздухе; разработан флуоресцентный метод определения кислорода (**М.А. Константинова–Шлезингер**);
- выяснялись условия возникновения экспоненциального и гиперболического закона затухания фосфоров (**асп. В.В. Антонов–Романовский**);
- изучался спектр люминесценции чистых жидкостей под влиянием  $\gamma$ -лучей (**асп. П.А. Черенков**);
- исследовалось соответствие спектров адсорбции и люминесценции (**В.Л. Левшин**);
- исследовались механические свойства адсорбционных слоев в водных растворах (**А.А. Трапезников**);
- изучалась природа антистоксовых спектров (**Л.А. Тумерман**);
- исследовались законы затухания и возбуждения технических фосфоров (**В.Л. Левшин, С.А. Фридман**);
- проводилось исследование спектров затухания и поляризации щелочно-галлоидных фосфоров (**М.А. Константинова–Шлезингер**);
- проведены работы по исследованию диффузии металла в щелочно-галлоидные кристаллы (**С.А. Арцыбышев**);



– исследовалось строение адсорбционных слоев и поверхностная активность в растворах (**А.Б. Таубман**);

– проведено исследование затухания борных и алюминиевых фосфоров (**В.Л. Левшин, Винокуров**);

– определялась подвижность меди в  $NaCl$  и зависимость подвижности от концентрации (Борисов) и подвижность и диффузия ионов золота в  $KCl$ ,  $NaCl$  и медных в  $KCl$  (**С.А. Арцыбышев, Богомолова**).

По отчетам заведующих о работе лабораторий в 1935 г. на заседании Ученого совета ФИАН от 16.01.1936 г. (протокол № 1) было вынесено постановление:

«Выделить как наиболее выдающуюся по результатам работу М.А. Константиновой–Шлезингер: «О люминесцентном методе определения малых примесей озона» и работу В.В. Антонова–Романовского «Влияние неравномерного распределения центров фосфоресценции и родственных им факторов на затухание ленардовских фосфоров»».

*Работы 1936 года:*

– исследование соответствия спектров абсорбции и люминесценции ураниловых солей (**В.Л. Левшин, Завьялов**);

– исследование свойств фосфоров, активированных различными активаторами (**В.Л. Левшин, С.А. Фридман, Новичкова**);

– изучение зависимости спектра флуоресценции и интенсивности свечения от концентрации водородных ионов в растворе (**М.А. Шлезингер, Губарева**);

– исследование природы антистоксовских спектров (**Л.А. Тумерман, Садовский**);

– исследование условий возникновения гиперболического экспоненциального закона затухания (**В.В. Антонов–Романовский**);

– определение концентрации озона в воздухе (**М.А. Шлезингер, Губарева**);

– определение озона в стратосфере (**М.А. Шлезингер, Губарева**).

## 2. ВОЗНЕСЕНСКАЯ Т.И. ЧТО Я ЗНАЮ И ПОМНЮ О СЕМИНАРЕ

Статья представлена доктором физ.-мат. наук М.В. Фоком. Т.И. Вознесенская являлась секретарем семинара Лаборатории люминесценции с 1960 по 1987 г.

Секретарем научного семинара по люминесценции я была более четверти XX века. На эту «удочку» меня поймал ответственный руководитель семинара Всеволод Васильевич Антонов–Романовский (В.В.). Как-то он встретил меня в коридоре и радостно произнес: «А, вот идет секретарь семинара». В то время я была в научной группе В.В. и возразить «начальству» не посмела. Безропотно согласилась, не сознавая, какую ношу на себя приняла. Тетрадь с записями семинаров мне с удовольствием передала предыдущий секретарь химик Н.П. Голубева. Все предыдущие и последующие секретари оставляли записи названий и авторов докладов в тетради, каждый на свой лад.

Исторически ценной оказалась печальная запись.

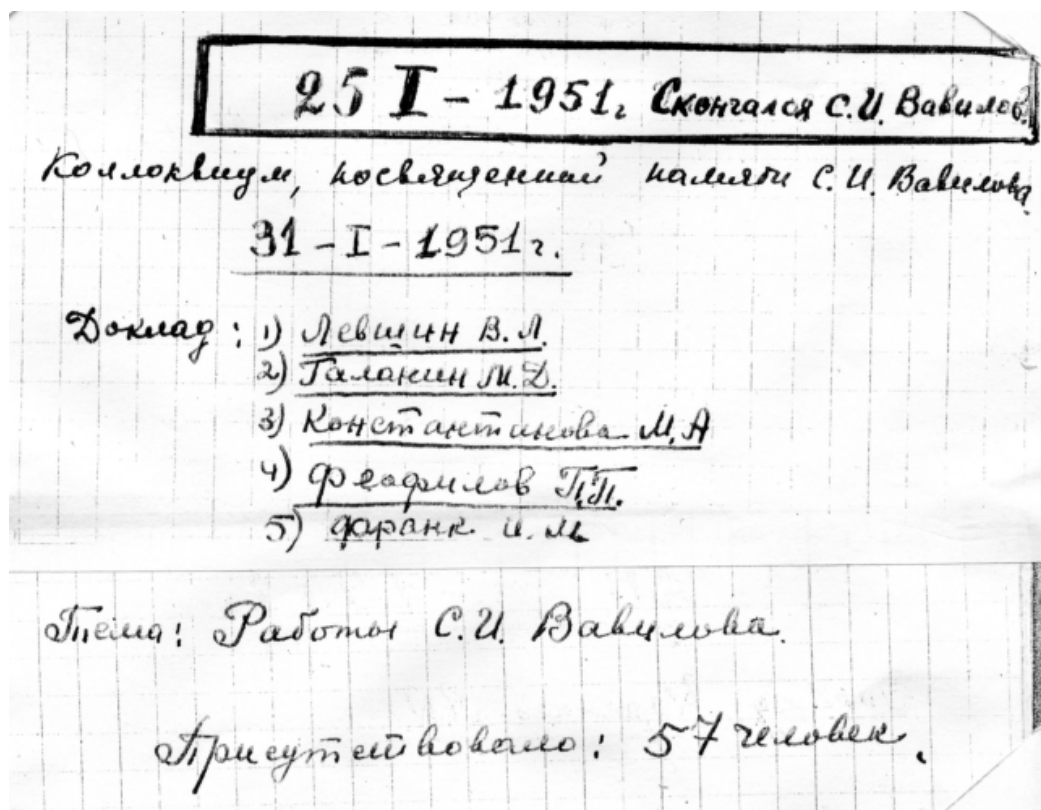


Рис. 21. Запись в архивной тетради семинаров.

Семинар потерял своего основателя и руководителя. В годовщину памяти С.И. Вавилова специально семинара не проводилось, а состоялось открытие мемориальной доски на старом здании ФИАНа (Миусская пл., дом 3). В тетради семинаров была сделана запись:

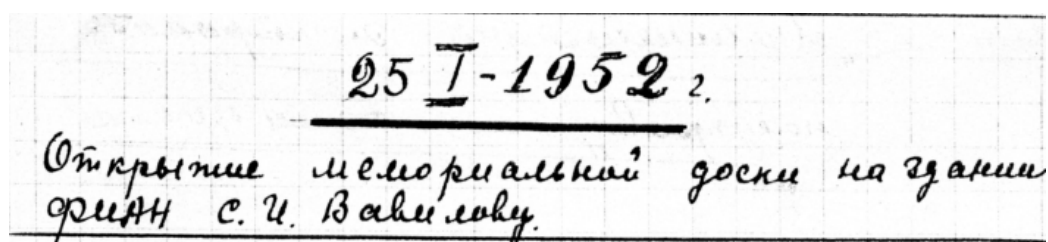


Рис. 22. Запись в архивной тетради семинаров.

Первые сведения об истории семинара мне сообщил секретарь научного совета по люминесценции Самуил Аронович Фридман. Я узнала, что семинар возник в мае 1945 г. по инициативе С.И. Вавилова, который являлся и первым его руководителем. Ответственным за работу семинара в 1945-1946 г. был С.А. Фридман до момента своего ареста в 1947 г. К сожалению, архивы за эти два года не сохранились и теперь мы не знаем, каким докладом открывался первый семинар.

Добавлю к истории семинара такую подробность из книги В.Л. Левшина «Сергей Иванович Вавилов. 1891-1951»:

«С первых же дней образования Лаборатории люминесценции в Физическом институте начал работать еженедельный семинар по люминесценции. В его работе вначале участвовали лишь сотрудники ФИАН...».

Позже этот семинар из «для внутреннего пользования» перерос в общемосковский, а затем в общесоюзный. О работе последних я и рассказываю.

К 30-летию семинара (1945–1975 гг.) я составила таблицу. Привожу фрагмент.

Таблица 6. Семинары в ФИАН<sup>ме</sup>

Год	Общее число семинаров	Доклады				Год	Общее число семинаров	Доклады			
		Общее число докладов	Со-трудн. ФИАН	Другие организации				Общее число докладов	Со-трудн. ФИАН	Другие организации	
				Все-го	в том числе иностран.					Все-го	в том числе иностран.
1945	18	24	18	6	—	1961	39	46	30	16	—
6	36	46	34	12	—	2	37	48	31	17	—
7	32	45	34	11	—	3	38	52	30	22	—
8	35	56	46	10	—	4	39	54	35	19	—
9	39	68	54	14	—	5	41	56	32	24	—
1950	38	66	50	16	—	6	43	65	35	30	1
1	35	55	38	17	—	7	38	56	32	24	2

Рис. 23. Фрагмент таблицы.

Таблица была отражена в препринте «Тридцать лет работы научного совета по люминесценции», который составил и издал С.А. Фридман. Из таблицы видно, что семинар работал в те годы регулярно. В год проходило примерно 38 семинаров, заслушивался в среднем 51 доклад. Из них две трети было доложено сотрудниками лаборатории, остальные учеными других институтов, в том числе иностранными учеными. На семинаре докладывались оригинальные работы, реферативные статьи, обсуждались подготовленные к защите диссертации, научные книги. Обстановка на семинаре была непринужденная. Каждый участник мог выразить свою точку зрения, задать вопрос, обоснованно возразить. А.Н. Георгобиани критиковал тихим, мягким голосом, с доброжелательной улыбкой. Поэтому даже отрицательную критику можно было принять за положительную. Заключительную оценку докладчику и его работе давали руководители семинара, В.Л. Левшин, М.Д. Галанин.

Я уже упоминала, что на семинарах выступали и иностранные ученые. Хорошо помню ученых из Франции. Это были неразлучные супруги Маргарита и Эдмон Грийо. Оба были физики, профессора университета Пьера и Марии Кюри. Они дружили со многими нашими физиками, посещали семинар нашей Лаборатории в 1960-1970 гг., рассказывали о результатах своей работы. Перед началом семинара я встречала их за воротами ФИАНа. Проходили мимо охраны, которая меня пропускала в этот раз без предъявления пропуска. Этим подчеркивалось, что проход в Институт свободный, чего в действительности не было.

Проводились семинары, посвященные юбилейным датам ученых. Всеволоду Васильевичу Антонову–Романовскому отмечали все круглые и половинчатые даты. Когда исполнилось 50 лет, кроме приятных слов и пожеланий, преподнесли торт «Близнецы». Это была шоколадная коляска. В ней лежали два младенца: Антонов и Романовский. В.В. обозвал нас людоедами.

Семинаров в ФИАНе было много. Залы интенсивно использовались. За семинаром Лаборатории люминесценции был закреплен Колонный зал. Временами зал «окупировали» теоретики семинара академика В.Л. Гинзбурга. Приходилось уступать. У них были сотни участников, у нас – десятки. Приспосабливались проводить семинар в «предбаннике» перед конференц-залом, в парткоме, в комнате 128 у теоретиков.



Рис. 24. Семинар в «предбаннике».

**КОЛОНЫЙ ЗАЛ**

СРЦАН.  
1979 год

ДАТА	Время	ФАМИЛИЯ	ЛАБОРАТОРИЯ	ТЕЛЕ-ФОН	Звонки
7.12.79	13 <sup>00</sup>	Соловьев	ОГР	6-23	
7.12.79	15 <sup>20</sup>	Воробей	ПКУ	4-80	Лод
11.12.79	14 <sup>00</sup>	Сухарев	Лаб. колд.	5-07	Глы
12.12.79	17 <sup>20</sup>	Захаров	Лаб. колд.	1-45	Зах
13.12.79	10 <sup>00</sup>	Земельс	Одн. колд.	3-37	З
13/12	11 <sup>20.5</sup>	Космин	Одн.	6-67	Космин
13-12	16 <sup>00</sup>	Лунин	ОИИП	6-35	Лунин
13.12.79	17 <sup>20</sup>	Сурожин	науч. центр	6-73	Сурожин
14.12.79	9 <sup>00</sup>	Мерзлов	КРФ	808	Мерзлов
17.12.79	12 <sup>00</sup>	Сидя	ОГР	6-20	Сидя
18/12/79	9 <sup>00</sup>	Колосов	ОГР	4-60	Колосов
18/12/79	9 <sup>20</sup>	Савин	Кол. центр	3-86	Савин
18.12.79	12 <sup>00</sup>	Савин	ОИИП	6-35	Савин
18/12	15 <sup>00</sup>	Сахаров	Теор. ОГ	3-54	А. Сахаров ✓
19/12/79	9 <sup>55</sup>	Вознесенская	Лаб.	5-08	Вознесенская
19/12	14 <sup>25</sup>	Щербанов	Одн. колд.	2-71	Щербанов
20/12/79	10 <sup>30</sup>	Косин	ОГР	4-04	Косин
21/12/79	9 <sup>00</sup>	Аксенова	ОГР	3-87	Аксенова
23/12/79	9 <sup>20</sup>	Кашин	ОГР		Кашин
24/12/79	10 <sup>00</sup>	Крутицкий	ОГР		Крутицкий
25/12/79	16 <sup>15</sup>	Колосов	Лаб. колд.	7-84	Колосов
26/12	12 <sup>30</sup>	Мусаев	Лаб. колд.	5-83	Мусаев
27/12/79	9 <sup>00</sup>	Сидя	Лаб. колд.	4-79	Сидя
27/12/79	9 <sup>00</sup>	Мусаев	Лаб. колд.	5-83	Мусаев
27.12.79	14 <sup>10</sup>	Щербанов	Одн. колд.	2-71	Щербанов
28.12.79	9 <sup>30</sup>	Щербанов	Одн. колд.	2-71	Щербанов
3.1.80	16 <sup>00</sup>	Савин	ОИИП	6-35	Савин
4.1.80	11 <sup>00</sup>	Сидя	ОИИП	4-33	Сидя
4.1.80	15 <sup>30</sup>	Сидя	ПКУ	4-70	Сидя
8.1.80	15 <sup>00</sup>	Сахаров	Теор. ОГ	3-52	А. Сахаров
9.1.80	9 <sup>50</sup>	Вознесенская	Лаб.	5-08	Вознесенская

Рис. 25. Фрагмент «журнала-сторожа».

Ключи от залов находились у гардеробщиц. По известной забывчивости, рассеянности ученые физики уносили ключи с собой в кармане. Случалось даже – домой. Пришлось завести «журнал-сторож». В нем фиксировали когда, кто, в какое время брал ключи от залов. Помогло. Особенно благодарили меня гардеробщицы. Их первыми «пытали», когда искали ключи. Ниже приведен фрагмент записи в «журнале-стороже». Обратите внимание на подпись Андрея Дмитриевича Сахарова.

Как ни старался В.В. обеспечить регулярную работу семинара, иногда их приходилось отменять. Если среда приходилась на первую неделю Нового года, семинара не было. Сотрудники «впадали в детство», уходили на школьные каникулы с детьми. В.В. это называл «детской болезнью». В предпраздничные среды, когда наступали майские и революционные ноябрьские праздники, опечатывали помещения, семинар отменялся. В одну из сред вся Лаборатория выезжала на уборку овощей.



Рис. 26. На свекольном поле. К. ф.-м. н. Л.С. Лепнев и к. ф.-м. н. А.Г. Витухновский.



Фридман Самуил Аронович



Моргенштерн Зинаида Лазаревна

### **3. С.А. ФРИДМАН, З.Л. МОРГЕНШТЕРН.**

#### **ЛАБОРАТОРИЯ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ ФИАН ВО ВРЕМЯ ВОЙНЫ.**

*Статья представлена З.А. Чижиковой с просьбой предварить ее следующим текстом: «Этот материал я недавно обнаружила в одной из папок. По-видимому, он нигде не печатался. Позднее С.А. Фридман взял некоторые факты из него в главу «ФИАН в годы Великой Отечественной войны» в издание «Физический институт Академии наук на Миусской площади» (авторы И.Р. Геккер, А.Н. Стародуб, С.А. Фридман, препринт № 78, ФИАН, Москва, 1989 г.). Выражаю благодарность за помощь заведующей библиотекой ФИАН А.И. Беловой».*

23-го июня 1941 года в ФИАНе был митинг, на котором все мужчины записались в ополчение. Военкомат ответил – «пока работайте, когда нужно будет, вас призовут». От отсрочек по призыву отказались М.А. Дивильковский, М.И. Филиппов и Л.А. Винокуров, бывший в то время аспирантом в лаборатории люминесценции. Они ушли на фронт добровольцами и первые двое не вернулись. Еще один аспирант лаборатории люминесценции М.Д. Галанин был мобилизован еще в 1939 г. и всю войну пробыл на фронте.

Вскоре выяснилось, что ФИАН эвакуируется в Казань, и началась подготовка к срочному переезду. Отбирались и упаковывались приборы и оборудование. По распоряжению С.И. Вавилова переезжала и библиотека, почти со всеми фондами. Как потом выяснилось, это оказалось очень прозорливым решением, т.к. многие институты не смогли этого сделать, и библиотека ФИАН в Казани стала сразу же центром научной литературы по физике. Вагоны с оборудованием сопровождали сотрудники Института С.Н. Вернов, А.Н. Чарахчян и А.А. Шубин. Выехали из Москвы 22-го июля и через три дня прибыли в Казань.

ФИАН разместился в здании Университета на ул. Чернышевского 18. Занимал ФИАН часть 3-го этажа правого крыла, в этом же крыле на 1-м и 2-м этажах разместились Институт Физических проблем и Ленинградский Физико-Технический институт. В этом же здании находились некоторые химические институты и Президиум АН СССР.

Каждая лаборатория ФИАН имела только одну комнату, а в некоторых случаях даже меньше. Так оптик института Л.Л. Бенгуэрель занимал угол в комнате Лаборатории оптики, а Лаборатория люминесценции делила свою комнату с теоретиками. Библиотека разместилась в светлом коридоре, в передней части которого находились канцелярия и бухгалтерия, а перед дверью кабинета С.И. Вавилова – стол его референта.

С.И. Вавилов был в то время директором ФИАН, научным руководителем ГОИ и уполномоченным Государственного Комитета Оборона. ФИАН находился в Казани, ГОИ в Йошкар-Оле, а Госкомитет Оборона в Москве. Сергей Иванович регулярно бывал и работал в этих трех городах. В ФИАНе он бывал в то время в течении одного-двух дней в неделю и этих дней сотрудники Института ожидали как праздника – Сергей Иванович был чрезвычайно прост и доступен для всех. В свое посещение он успевал поговорить со многими работниками Института, а уж с сотрудниками своей лаборатории Сергей Иванович разговаривал каждый раз. И это было очень важно – Сергей Иванович обладал замечательным свойством – он умел вдохновлять людей.

Лаборатория люминесценции состояла поначалу из пяти приехавших из Москвы человек. Это были: В.Л. Левшин, В.В. Антонов-Романовский, С.А. Фридман, А.А. Черепнев и Л.А. Тумерман. Затем к ним присоединились З.Л. Моргенштерн (осенью 1941 г.) и З.А. Трапезникова (в начале 1942 г.). Условия для работы были трудные. Здание зимой очень плохо отапливалось, мы все работали в пальто и в валенках. С.А. Фридман А.А. Черепнев каждое утро после совещания в лаборатории отправлялись на завод ТОП, где у них была производственная база, часто пешком, а расстояние было немалое, около 4-х километров. Ну, и, само собой разумеется, были у нас у всех и трудности бытового характера.

Коллектив Института был в то время небольшой (около 100 чел.) и очень дружный. Вместе мы ездили на станцию Обсерватория (~ 30 км от Казани), где нам выделили земельные участки – сажать и окучивать картофель; иногда по воскресеньям ходили на Волгу – разгружали баржи с дровами. Здесь все соревновались – кто больше поленьев положит на свою «козу». Передовиками обычно оказывались Н.А. Добротин, П.А. Черенков, В.В. Антонов-Романовский. И жили мы все одним – сводками Совинформбюро. Когда по радио (в коридоре) раздавался голос Левитана, все высыпали из своих лабораторий, слушали, затаив дыхание. Работали все самозабвенно, столько, сколько было нужно. Почти в каждой лаборатории велись работы, связанные с оборонной тематикой. В нашей лаборатории это были следующие работы.

По заданию Наркома Авиационной промышленности С.А. Фридман организовал в Казани новое производство светосоставов постоянного действия. Это производство, после эвакуации Гиредмета из Москвы, оказалось единственным в Советском Союзе, и оно обеспечивало с марта 1942 г. бесперебойное снабжение авиационной промышленности этим важным видом продукции. Приказом Наркома Авиапромышленности была выражена благодарность Президиуму АН СССР и ФИАНу. При организации этого производства внедрено предложение С.А. Фридмана о замене радия другими радиоактивными веществами, за что ему (совместно с сотрудниками Радиового института АН СССР) в 1943 г. была присуждена Государственная премия.

На том же заводе был налажен выпуск опытных образцов люминесцентных ламп для Военно-морского флота и бактерицидных ламп для госпиталей (последнее совместно с Институтом Экспериментальной медицины).

После возвращения ФИАНа в Москву непосредственно на Московском электраламповом заводе по инициативе С.И. Вавилова было организовано первое в Советском Союзе производство люминесцентных ламп дневного света. Приоритетности этого производства в 1943-1944 гг. большая работа была проведена бригадой ФИАН – С.А. Фрид-



ман (руководитель), А.А. Черепнев, Л.А. Тумерман, по уточнению технологии ламповых люминофоров, по налаживанию оптических измерений и разработке способов нанесения люминофоров на стенки ламп.

Исследования чувствительности возбужденных фосфоров к ИК-лучам были впервые начаты в Советском Союзе в ФИАНе (В.Л. Левшин, В.В. Антонов–Романовский). Поскольку с помощью таких фосфоров можно обнаруживать ИК-источники, развитие этих работ имело оборонное значение. Руководил ими С.И. Вавилов. Сразу после переезда в Казань С.И. Вавилов, Б.М. Вул, В.Л. Левшин и С.А. Фридман отправились в Военскую часть с вопросом, чем может Институт помочь фронту. Была обстоятельная беседа, во время которой один из ведущих военных вручил экран, обнаруженный на трофейном танке. Как потом выяснилось это был люминесцентный экран, дававший яркую красную вспышку под действием ИК-лучей. В 1943 г. в лаборатории были получены и исследованы фосфоры (на основе  $\text{CaS}\cdot\text{SrS}$  с двумя редкоземельными активаторами  $\text{Ce}$ ,  $\text{Sm}$  или  $\text{Eu}$ ,  $\text{Sm}$ ), дающие яркую (зеленую или красную) вспышку под действием ИК-лучей. Яркость красной вспышки не уступала трофейному образцу. По чувствительности к ИК-свету (она имела максимум при 1,1 мкм и простиралась до 2 мкм), по величине запасаемой при возбуждении энергии (световой суммы) они значительно превосходили все известные в то время люминофоры. Первые испытания этих фосфоров в полевых условиях проходили в Москве в августе 1943 г. В сентябре 1943 г. ФИАН возвратился в Москву и наша дальнейшая работа проходила в старом здании ФИАНа на Миуссах. Из полученных фосфоров были изготовлены тонкие экраны, которые могли вводиться в фокальную плоскость имевшихся биноклей – полевого (Б-6) и морского (Б-8). Будучи выведены из фокальной плоскости экраны попадали под специальные светофильтры и могли заряжаться – запасать световую энергию, которой хватало для работы на длительное время (на недели). С помощью таких биноклей можно было в ночное время осуществлять сигнализацию в ИК-лучах. Разработанные приборы БИ-6 и БИ-8 успешно прошли Государственные испытания (в ноябре-декабре 1943 г. в г. Батуми; представителем от АН СССР в Госкомиссии была З.Л. Моргенштерн) и были приняты на вооружение. Опытные партии этих приборов, с экранами, сделанными в ФИАНе, были изготовлены в 1944 г. на Оптико-Механическом заводе в Дербышках (под Казанью), а затем на заводе в Новосибирске. По неофициальным данным (сообщение П.П. Феофилова) нам известно, что они применялись во время войны при проходе в ночное время кораблей по реке Неве.

В дальнейшем на основе этих же фосфоров были разработаны методы ядерной дозиметрии и фотографирования в ИК-лучах.

Соответствующие работы были отмечены в 1947 г. премией Президиума АН СССР имени акад. Л.И. Мандельштама (В.В. Антонов-Романовский, В.Л. Левшин, З.Л. Моргенштерн, З.А. Трапезникова). В 1952 г. тот же коллектив авторов был удостоен Государственной премии СССР по разделу Наука за «Исследование новых светящихся составов и разработку теории их действия».

29/iv 85

З.Л. Моргенштерн  
Фридман  
С.А. Фридман



*Рис. 27. Авторы этой статьи С.А. Фридман и З.Л. Моргенштерн (справа) и В.В. Шаенко, З.А. Чижикова, И.Д. Хан-Магомедова, Э.Л. Кучаева, Л. Цивцивадзе после юбилейного семинара «80 лет С.А. Фридману», 1983 г.*

Подписано в печать 8.12.2003 г.  
Формат 70x100/16. Заказ № 8. Тираж 300 экз. П.л. 3,8  
Отпечатано в РИИС ФИАН  
119991 Москва, Ленинский проспект, 53. Тел. 132 5128