

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

ХРОНИКА

ВТОРОЕ ВСЕСОЮЗНОЕ СОВЕЩАНИЕ ПО ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ

С 17 по 22 мая 1948 г. в Москве происходило Второе всесоюзное совещание по люминесценции и применению светосоставов, созданное Комиссией по люминесценции при Отделении физико-математических наук АН СССР. Совещание подвело итоги работе в области люминесценции, проделанной за время, прошедшее после первого совещания, состоявшегося в октябре 1944 г.

Неослабевающий интерес к вопросам люминесценции со стороны физиков, химиков, светотехников, геологов, биологов и представителей других специальностей показывает большое научное и практическое значение этой области оптики.

Открывая Совещание, акад. С. И. Вавилов обрисовал исторический ход развития учения о люминесценции. Начавшись с описания отдельных «курьёзных» явлений, поражавших исследователей своей необычностью, оно выросло в стройную науку, теснейшим образом связанную с остальной физикой, сделавшись неотъемлемой частью учения о строении атомов, молекул и кристаллов и определяя весь характер современной оптики. История развития области люминесценции является превосходной иллюстрацией плодотворного влияния практики на теорию. В течение ряда столетий никаких серьёзных попыток создания теории явления не предпринималось, несмотря на то что в истории люминесценции фигурируют такие имена, как Бойль, Ньютон, Ломоносов, Эйлер, Бошкович, Петров, Араго, Брюстер, Стокс, Беккерель, Ломмель и многие другие. Имелись лишь более или менее удачные попытки объяснения отдельных явлений. Внутреннему упорядочению учению мешало, с одной стороны, отсутствие совершенно необходимых «неклассических» представлений квантовой физики и учения о строении вещества и, с другой стороны, полная оторванность люминесценции от практических запросов и техники, лишавшая эту область знаний могучего, настойчивого влияния практического фактора. Несомненно, что если бы практическое значение люминесценции было осознано раньше, чем это произошло на самом деле, то пути развития всей физики могли бы быть совершенно иными, так как пути к открытию квантовых особенностей явлений природы в области люминесценции более просты и прямы. Главный и основной урок, который можно вывести из всей многовековой истории люминесценции, состоит, как указал С. И. Вавилов, в необходимости и крайней важности укрепления связи теории и практики.

Под этим знаком теснейшего единения теории и практики проходила вся работа Совещания, на котором наряду с глубокими теоретическими исследованиями докладывались работы, имеющие важное прикладное значение.

На 11 заседаниях Совещания было прочитано 39 докладов, посвящённых различным вопросам теории люминесценции и её практическому при-

менению. Основными разделами повестки Совещания были: 1. Люминесценция и структура молекул. 2. Люминесценция кристаллофосфоров и стёкол. 3. Методика исследования люминесценции. 4. Люминесцентный анализ. 5. Люминесцентные источники света и их применение. 6. Применение светосоставов.

1. На первом заседании Совещания были заслушаны два больших доклада акад. А. Н. Теренина и акад. С. И. Вавилова, касавшихся вопросов энергетики сложных органических люминесцирующих молекул.

А. Н. Теренин в докладе «Тушение фотолюминесценции и метастабильные состояния» рассказал о результатах экспериментальной работы, проделанной в его лаборатории А. В. Карякиным. А. В. Карякин исследовал количественно тушение кислородом флуоресценции антрахинона и его производных в парах и в адсорбированном состоянии. При этом было установлено, что флуоресценция тушится кислородом только в том случае, если максимум спектра флуоресценции расположен при длинах волн короче 500 мμ. Если же длина волны в максимуме превышает 530 мμ, то флуоресценция не тушится ни в парах, ни в адсорбатах. В частности, было установлено, что β-замещённые (ОН, NH₂, CH₃) с максимумами флуоресценции при $\lambda < 500$ мμ тушатся, в то время как α- и полизамещённые с более длинноволновым спектром ($\lambda > 530$ мμ) совершенно не тушатся. В 1943 г. А. Н. Терениным была высказана гипотеза о механизме тушения кислородом, согласно которой тушение происходит в том случае, если разность энергии между возбуждённым и метастабильным уровнями флуоресцирующей молекулы, находящимися на глубине $\sim 1,5$ eV, достаточна для перевода молекулы O₂ из триплетного в синглетное состояние. Для подтверждения этой гипотезы новыми данными была предпринята попытка найти в исследованных соединениях метастабильный уровень на глубине $\sim 1,5$ eV. Эта попытка увенчалась успехом. Обнаружение фосфоресценции в инфракрасной части спектра позволило дать схему энергетических уравнений молекул производных антрахинона и подтвердило высказанную гипотезу.

Интересному и важному вопросу о межмолекулярном обмене энергией возбуждения был посвящён доклад С. И. Вавилова (сделанный им от своего имени и от имени М. Д. Галанина и Ф. М. Пекерман) «Экспериментальное исследование миграции энергии возбуждения во флуоресцирующих растворах». Как известно, с ростом концентрации флуоресцирующего вещества в растворе выход свечения, степень его поляризации и длительность пребывания молекулы в возбуждённом состоянии уменьшаются. Несколько лет тому назад С. И. Вавилов развил общую теорию всех трёх явлений, исходя из представлений о существовании между возбуждёнными и невозбуждёнными молекулами своеобразного индуктивного резонанса, вследствие которого энергия возбуждения может переходить от одной молекулы к другой. В своё время эта теория сопоставлялась со всеми известными экспериментальными данными, однако эти данные были в значительной мере случайными, и систематическое совместное изучение всех трёх явлений не предпринималось. За последние годы все три явления были подвергнуты новому тщательному и систематическому исследованию в работах М. Д. Галанина и Ф. М. Пекерман, причём полученные экспериментальные результаты полностью подтвердили правильность как теории в целом, так и отдельных её выводов. В ходе исследования удалось установить некоторые новые закономерности, которые, как можно надеяться, позволят в дальнейшем уточнить механизм индуктивного взаимодействия. Так, например, удалось установить феноменологическую связь между возможностью индуктивного резонанса и спектральными характеристиками люминесценции. Необходимым условием для развития всех трёх явлений, связанных с ростом концентрации, оказалось наличие более или менее

значительного наложения спектральных полос излучения и поглощения. С. И. Вавилов подчеркнул в докладе, что представления о резонансной передаче энергии возбуждения, вошедшие в учение о люминесценции через квантовую механику, по сути дела содержатся уже в классической физике, однако до сих пор в ней не рассматривались. Индуктивный резонанс и являющаяся его следствием миграция энергии должны проявляться не только в явлениях люминесценции. Возможно, что с индуктивным резонансом связан ряд ещё не разгаданных явлений в области фотохимии, биофизики и в других областях науки.

2. В разделе, посвящённом вопросам связи между строением органических молекул и их люминесцентными свойствами, отсутствовавшем в программе 1-го Совещания, были прочитаны 4 доклада, показавшие, что в изучении этих основных и в то же время весьма слабо исследованных вопросов советские исследователи достигли определённых успехов.

В докладе П. П. Феофилова «Поляризация люминесценции и строение молекул» были рассмотрены основные характеристики поляризованной люминесценции, причём было показано, что поляризационные диаграммы, т. е. диаграммы, указывающие пространственное распределение поляризации люминесценции, позволяют установить (в большинстве случаев однозначно) природу элементарных излучателей — их мультипольность, что поляризационные спектры, т. е. кривые, выражающие зависимость наблюдаемой поляризации от длины волны возбуждающего света, дают возможность установить относительное расположение элементарных осцилляторов молекулы, определяющих испускание и поглощение света различных длин волн, и что, наконец, изучение предельных значений поляризации, т. е. значений, наблюдаемых при устранении всех известных деполаризующих факторов, позволяет высказать определённые суждения относительно симметрии строения молекул. Рассматривая с этой точки зрения ряд примеров, докладчик старался показать, что исследование поляризации люминесценции может явиться новым методом изучения строения молекул.

Доклад В. В. Зелинского касался основной проблемы люминесценции — связи между флуоресценцией и строением органических молекул. Докладчик указал, что существующий экспериментальный материал не был в своё время достаточно критически обработан и к тому же его обработка устарела, в результате чего у ряда авторов возникали сомнения в ценности самого материала. Однако анализ всех имеющихся экспериментальных данных показывает, что основные закономерности, установленные старыми авторами, могут быть сохранены, хотя и нуждаются в модернизации. Проблема сводится к отысканию причин, вызывающих тушение флуоресценции — превращение электронной энергии, приобретённой при возбуждении, в энергию колебаний молекулы. Функциональные группы, входящие в состав молекулы, могут быть разделены на два класса: 1) группы, обладающие большим сродством к электронам; на них приходится отрицательный конец диполя молекулы; эти группы действуют тушащим образом (диминофлорные группы); 2) группы, обладающие малым сродством к электронам; на них приходится обычно положительный конец диполя; в ряде случаев эти группы также ослабляют флуоресценцию. В процессе поглощения света характер связи отрицательно заряженных групп меняется, что приводит к внутренней конверсии энергии электронного возбуждения в колебательную энергию — к тушению. Докладчик проиллюстрировал эти положения рядом примеров, рассмотрев и более сложные случаи нескольких «активных» заместителей. Рассматривая исследованный им гомологический ряд фталимидов, а также литературные данные о других рядах соединений, В. В. Зелинский высказал предположение, что различное действие заместителей при различном их взаимном распо-

ложении может быть связано с линейным характером осцилляторов, определяющих поглощение и испускание света.

Плодотворность исследования гомологических рядов соединений была продемонстрирована также в докладе Н. Д. Жевандрова, В. Л. Лёвшина и К. К. Мозговой «О влиянии структуры на оптические свойства 9—10-диарилдиаминоатраценов», прочитанном В. Л. Лёвшиным. В этой работе изучалось влияние природы и положения заместителей, вводимых в побочную цепь соединения, на оптические свойства молекул (спектры поглощения и люминесценции, выход свечения, длительность возбуждённых состояний). Влияние природы заместителей оказалось более сильным, чем влияние их положений. Исследованные соединения люминесцируют как в растворах, так и в кристаллическом состоянии, что позволило сопоставить их оптические свойства в различных агрегатных состояниях. Длительность возбуждённого состояния оказалась у кристаллов порядка нескольких единиц 10^{-9} сек. Большая длительность свечения в кристаллах и большой выход свечения свидетельствуют об относительно слабом взаимодействии молекул в кристаллическом состоянии. Обнаружено очень сильное, хотя и не регулярное влияние агрегатного состояния на спектральные характеристики. Сопоставление длительности возбуждённых состояний и выхода люминесценции различных соединений исследованного ряда позволило установить качественный параллелизм между этими величинами; наиболее ярко люминесцирующие соединения обладают наибольшей длительностью возбуждённых состояний.

Доклад Б. Я. Свешникова был посвящён флуоресценции органических соединений, наблюдаемой при введении молекул в твёрдую среду или при адсорбции их на поверхности различных сред. Исходя из схемы Яблонского, предполагающей существование у молекул метастабильного уровня с несколько меньшей энергией, чем энергия возбуждённой молекулы, докладчик рассмотрел кинетику процессов перехода между нормальным, возбуждённым и метастабильным уровнями и показал, что переход из возбуждённого состояния в метастабильное совершается в течение всего времени пребывания молекул в возбуждённом состоянии. Вопрос о природе метастабильных уровней нельзя признать решённым; наиболее общепринятой в настоящее время является гипотеза Теренина-Льюиса, согласно которой метастабильные состояния соответствуют триплетному (бирадикальному) состоянию молекулы. Исследование зависимости длительности флуоресценции от вязкости среды, проведённое в бинарных смесях различных растворителей (не вызывающих тушения), показало, что длительность является однозначной функцией вязкости. Докладчик отметил в заключение интерес, который представляет изучение метастабильных состояний, являющихся необходимым звеном ряда химических реакций.

3. Центральное место в повестке Совещания занимали вопросы теории флуоресценции твёрдых тел. Оживлённая дискуссия по всем докладам этого раздела свидетельствовала о большом интересе к этим сложным и актуальным вопросам, исследование которых существенно не только для учения о люминесценции, но также и для построения современной теории твёрдого тела.

В. Л. Лёвшин сделал доклад от имени четырёх авторов — В. В. Антонова-Романовского, В. Л. Лёвшина, З. Л. Моргенштерна и З. А. Трапезниковой о «взаимодействии активаторов и механизме свечения у вспышечных фосфоров».

На основании всестороннего исследования фосфоров, обладающих свойством высвечивать аккумулярованную световую энергию под действием длинноволнового света, авторам удалось выяснить характер взаимодействия активаторов этих фосфоров — двух редких земель, одновременное присутствие которых в фосфоре приводит к развитию вспышечной способности. Исследование кривых температурного высвечивания одно- и двухактива-

торных фосфоров показало, что кривые двухактиваторных фосфоров не могут быть аддитивно получены из кривых соответствующих одноактиваторных, что говорит о появлении в двухактиваторных фосфорах особых уровней локализации электронов, связанных с образованием в фосфоре взаимодействующих групп различных активаторов. При исследовании спектрального состава излучения в момент возбуждения обнаружено, что введение второго активатора не только изменяет интенсивность излучения первого — самария, но ведёт даже к появлению новых линий в его спектре, что свидетельствует о существовании весьма сильного взаимодействия активаторов в фосфоре. Различие спектров излучения в момент возбуждения фосфоресценции, термического и оптического высвечивания указывает на различие в механизме этих процессов. Исследование температурных свойств оптического высвечивания показало, что для него необходимо некоторое тепловое возбуждение электрона с энергией порядка 500 кал. Исследован подробно выход оптического высвечивания в функции длины волны высвечивающих лучей для фосфоров с одним и двумя активаторами. На основании всей совокупности экспериментальных данных авторы приходят к заключению о существовании в двухактиваторных фосфорах прочных химических образований типа комплексов между двумя активаторами.

Как показал в своём докладе «О высвечивающем действии возбуждающего света». В. В. Антонов-Романовский, ряд экспериментальных данных, относящихся к широкой группе фосфоров разных классов, служит прямым доказательством того, что возбуждающий свет обладает также и высвечивающим (иногда тушащим) действием, вследствие чего предельная концентрация запасённой световой суммы является функцией длины волны возбуждающего света. Наличие этой зависимости позволяет думать, что энергия поглощённого кванта может передаваться не только электронам, находящимся в центрах свечения (возбуждение), но и электронам, локализованным в каких-то местах решётки (высвечивание). Спектральная область высвечивающего действия перекрывает спектральную область возбуждения, поэтому возбуждающий свет любой длины волны может обладать большим или меньшим высвечивающим действием. Докладчик показал, что недостаточная способность фосфора к накоплению световой суммы не может быть объяснена ограниченностью концентрации локальных уровней, так как при этом остаётся непонятной спектральная зависимость высвечивающего действия.

С большим интересом был прослушан доклад Э. И. Адировича «Зонная теория кристаллофосфоров и явление холодной вспышки». Рассматривая зонную теорию как основу современных высказываний о люминесценции кристаллофосфоров, докладчик указал на необходимость отчётливо представлять границы применимости этой теории. Процессы люминесценции кристаллофосфоров следует рассматривать как совокупность оптических (протекают в центрах люминесценции) и полупроводниковых (разыгрываются во всём кристалле) процессов. В компетенцию зонной теории входят лишь последние. Этими же процессами определяется кинетика фосфоресценции. Зонная модель позволила объяснить несбыточно большую длительность послесвечения и получить закон затухания, удовлетворительно согласующийся с опытом. Однако для объяснения температурных зависимостей необходимо дополнительное усложнение модели. В частности, можно ввести представления о тепловом барьере на уровнях возбуждённых центров. Эти представления позволили докладчику предсказать весьма любопытное явление «холодной вспышки», обнаруженное впоследствии на опыте. Холодная вспышка представляет собой свечение, наблюдаемое при сильном охлаждении фосфора, предварительно возбуждённого, а затем высветившегося при комнатной температуре. Рядом опытов доказано, что наблюдаемое свечение не связано с триболюминесценцией, которая могла бы быть вызвана разрушением кристаллов при резком сжати-

дении. Для количественного объяснения холодной вспышки необходимо сделать предположение о существовании мелких локальных уровней прилипания. Это предположение может быть обосновано экспериментально.

С иных точек зрения подходит к вопросам механизма фотолюминесценции твердых тел В. М. Кудрявцев в своём докладе «Взаимодействии электронных переходов с тепловыми колебаниями в кристаллической решётке». Автор рассматривает спектры поглощения и низкотемпературной флуоресценции кристаллического сернистого цинка и окиси цинка и показывает, что оба спектра имеют электронно-колебательный характер. Своеобразное температурное излучение ZnS и ZnO легко объясняется при рассмотрении спектров поглощения этих веществ на основании закона Кирхгофа.

В работе Ф. И. Вергунас исследовалась зависимость интенсивности спонтанного послесвечения некоторых кристаллофосфоров от интенсивности возбуждения. Температурное гашение спонтанного послесвечения может быть описано формулой

где $I = \frac{I_0}{1 + C \cdot e^{-\frac{u}{km}}}$, где коэффициент C растёт с уменьшением интен-

сивности возбуждения E по закону $C_i = \frac{C}{E_i^m}$ (индекс i указывает на

уменьшение E в i раз). Таким образом, отсутствие линейной связи I и E может быть объяснено зависимостью C от E , т. е. может быть поставлено в связь с наличием температурного гашения. Эксперименты, проведённые

с фосфорами $\text{ZnS} \cdot \text{Zn}$, ZnO и др., показали, что $C \sim \frac{1}{\sqrt{E}}$, а также, что,

в-согласии с теоретическими ожиданиями, зависимость I от E линейна при низких температурах; при высоких температурах I уменьшается быстрее, чем пропорционально E .

Практически важные вопросы затухания люминесценции при катодном возбуждении рассмотрел в своём докладе А. В. Москвин. В ряде случаев кривую затухания удаётся разделить на три этапа: два экспоненциальных с длительностью $\sim 10^{-6}$ и 10^{-3} и более длительный гиперболический. Эти этапы выражены у разных люминсфоров по разному и их можно рассматривать как отражение параллельно идущих процессов.

Свечение $\text{ZnS} \cdot \text{Cu}$ при возбуждении α -лучами (радиолуминесценция) исследовалась в работе Т. В. Тимофеевой. Существенным результатом этой работы явилось установление пропорциональности яркости сцинтилляций объёму кристалла вплоть до некоторых предельных размеров кристалла ($d \sim 5\mu$). При дальнейшем увеличении размеров яркость сцинтилляции остаётся постоянной. Это свидетельствует о том, что вплоть до определённых размеров кристалла α -частица возбуждает весь кристалл как целое. В работе исследовался также выход свечения при возбуждении α -лучами. Полученное значение выхода (2—4,5%) находится в согласии с данными ряда предыдущих исследований и противоречит данным, полученным недавно Рилем.

Доклад Ф. Д. Клементя был посвящён выяснению природы инфракрасного тушения в фосфорах. Изложив обширный экспериментальный материал, полученный с фосфорами $\text{CaS} \cdot \text{Pb}$ и $\text{ZnS} \cdot \text{Cu}$, докладчик показал, что, несмотря на существенно различный механизм свечения этих фосфоров, инфракрасное тушение в обоих случаях связано с наличием в зоне проводимости добавочных электронов — сверх того числа, которое соответствует числу положительных дырок, образовавшихся в основной зоне. Увеличение числа электронов в зоне проводимости ведёт к увеличению числа безрадиационных переходов, т. е. к тушению.

Доклады М. Л. Каца и И. А. Парфиановича касались люминесценции щёлочно-галогидных кристаллов, содержащих центры окраски. Относительная простота строения этих фосфоров и специфическое их поведение при нагревании — наличие нескольких отчётливо выраженных максимумов на кривой температурного высвечивания — позволяют построить достаточно надёжную схему энергетических уровней, приписав отдельные уровни тем или иным образованиям в кристаллической решётке.

На необходимость учёта наряду с энергетическими характеристиками фосфоров их кристаллохимического строения указала в своём докладе «Люминесцентные свойства кристаллофосфоров и их химическая структура» М. А. Константина-Шлезингер. Основой процесса активации докладчик считает комплексообразование — образование вполне определённых связей атома активатора с основной решёткой. Диффузия активатора является необходимым, но отнюдь не достаточным условием. Изучение химических связей в кристаллофосфорах должно указать путь к рациональному изготовлению свет составов.

В докладе «О некоторых свойствах ZnS , $\text{ZnS} - \text{CdS}$ и $\text{ZnS} - \text{Se}$ люминофоров и о влиянии на них химической обработки» А. А. Бундель показал, что активаторами сернистого цинка, помимо общеизвестных Ag , Cu , Mn и Zn , могут служить также Fe , Ni , Co , а также и Cd при малых концентрациях. Изучение зависимости люминесценции от характера химических воздействий при изготовлении люминофора показывает, что такие активаторы, как Ag , Cu , Mn , Fe и Co , присутствуют в свободном состоянии. Докладчик показал, что активаторами сернистого цинка могут быть не только металлы, но и металлоиды (например селен).

О ряде новых интересных явлений, обнаруженных при изучении люминесценции ураниловых солей и стёкол, рассказал А. Н. Севченко. Им был установлен специфический характер зависимости степени поляризации люминесценции ураниловых стёкол от длины волны возбуждающего света. Вид зависимости оказался весьма чувствительным к небольшим изменениям состава стекла. Степень поляризации свечения резко падает по мере затухания последнего, что согласуется с теорией концентрационных явлений, развитой С. И. Вавиловым. Спектр свечения некоторых стёкол меняется по мере затухания, приобретая более резко выраженную структуру. Помимо обычного свечения иона уранила, длящегося 10^{-4} сек., обнаружено и исследовано свечение стёкол и кристаллов, наблюдаемое при температуре жидкого воздуха и длящееся несколько секунд. Рядом тщательно поставленных опытов докладчик показал, что вопреки высказываниям, делавшимся ранее, кристаллы ураниловых соединений могут светиться и при полном отсутствии кристаллизационной воды.

Т. И. Вейнберг рассказала о проведённом ею исследовании люминесценции стёкол, содержащих медь, свинец и самарий. У медных стёкол обнаружено интенсивное длительное послесвечение, позволяющее сделать вывод о наличии в стекле кристаллических образований.

4. Специальное заседание было посвящено вопросам методики исследования люминесценции.

В докладе Н. А. Толстого и П. П. Феофилова была изложена разработанная авторами новая осциллографическая методика исследования процессов разгорания и затухания люминофоров, протекающих в интервале времени $10^{-5} - 10^{-1}$ сек. В основе метода лежит периодическое возбуждение люминесценции прямоугольными световыми (или какими-либо иными) импульсами, фотоэлектрическая регистрация свечения и развёртка кривых разгорания и затухания на экране катодного осциллографа, происходящая по экспоненциальному закону с произвольно и непрерывно меняющимся параметром экспоненты (τ). Если изучаемый процесс экспоненциален, то, подбирая параметр развёртки равным

искомому параметру (критерий — спрямление кривой на экране), можно немедленно найти последний. Незначительное усложнение метода позволяет распространить его и на неэкспоненциальные процессы. Быстрота измерений и высокая точность получаемых результатов позволяют использовать новую методику для изучения влияния на характер разгорания и затухания различных факторов (температура, интенсивность возбуждающего света, внешние поля и т. д.).

Прибор, построенный на основе этой методики («тауметр»), демонстрировался на выставке, открытой при Советании.

Е. М. Брумберг и Ф. М. Пекерман доложили о новом методе изучения спектров поглощения кристаллофосфоров. Как известно, основным препятствием при изучении поглощения мелкокристаллических порошков является сильное рассеяние света. Используя спектральную насадку (с кварцевой оптикой) на ультрафиолетовый микроскоп Е. М. Брумберга, докладчики смогли получать спектры поглощения для отдельных микрокристалликов фосфоров. Применение иммерсии позволило в значительной мере ослабить влияние рассеянного света.

Е. К. Пуцейко рассказала о применении метода конденсатора к изучению фотоэлектрической чувствительности красителей и фосфоров. Метод конденсатора основан на регистрации появления фотоэлектронов, освобождаемых внутри вещества, по изменению ёмкости конденсатора, наполненного исследуемым веществом. Пользуясь этим методом, удалось определить фотоэлектрическую чувствительность фосфоров ZnO и ZnS , причём было установлено приближённое совпадение области фотоэлектрической чувствительности с областью собственного поглощения. Метод позволяет также определять знак носителя тока — характер проводимости (электронная, дырочная, смешанная).

О методах и возможностях люминесцентной микроскопии рассказал М. Н. Мейсель в большом докладе «Некоторые итоги и перспективы применения люминесцентной микроскопии в биологии». Докладчик указал, что в ряде случаев установка для люминесцентной микроскопии может быть осуществлена с успехом весьма простыми средствами при использовании для возбуждения коротковолнового видимого (синего) света. Возможность усиления интенсивности возбуждающего источника ограничивается фотохимическими процессами, поэтому для увеличения чувствительности целесообразнее пользоваться более резко контрастирующими флуорохромами, повышением выхода люминесценции и уменьшением потерь света в оптике микроскопа.

Чрезвычайно эффективным для целей люминесцентной микроскопии оказался разработанный Е. М. Брумбергом и С. А. Гершгориним новый opak-иллюминатор для люминесцентного микроскопа, основанный на применении интерференционных светофильтров.

На основании обширных исследований, проведённых докладчиком и его сотрудниками, удалось установить, что флуорохромирование живых объектов и последующее люминесцентно-микроскопическое исследование позволяют выявить в ряде случаев тонкие клеточные структуры, их физико-химические особенности, а также начальные стадии функциональных и патологических изменений клеток. Особенно существенны результаты, полученные с помощью люминесцентного микроскопа при изучении процессов дегенерации и отмирания живых организмов, механизма действия бактерицидных и антибиотических веществ. Люминесцентная микроскопия сделала доступным исследование поступления, перемещений и превращений некоторых витаминов и опухолевывающих веществ в организме и внутри отдельных клеток.

5. Вопросам макроскопического люминесцентного анализа был посвящён обзорный доклад М. А. Константиновой-Шлезингер и ряд докладов о конкретных применениях люминесцентного анализа к различным частным задачам.

Люминесцентный анализ, как отметила в своём докладе М. А. Константинова-Шлезингер, претерпел за последние годы значительную эволюцию, причём наблюдается как рост шири, так и развитие вглубь. Имеется ряд областей, в которых люминесцентный анализ уже вполне оправдал себя. Так, например, он широко применяется при поисках полезных ископаемых (в особенности нефти, где развивается целое направление люминесцентной битуминологии), в области дефектоскопии, при сортировке оптического стекла и т. д. Возникают новые области применения (например, судебная химия). Наряду с этим ведётся работа по изысканию новых методов и приёмов, привлекаются новые дополнительные характеристики люминесценции (спектры, длительность свечения, зависимость от температуры, тушение и др.). Развитие анализа вглубь встречается с некоторыми принципиальными трудностями, в частности, с недостаточной выясненностью явления тушения и вопроса о возможности парализации тушащего действия. Широкому применению люминесцентного анализа всё ещё сильно мешает недостаток аппаратуры.

Привлечение для целей люминесцентного анализа фосфороскопических наблюдений и коротковолнового ультрафиолетового возбуждения позволило Е. М. Брумбергу, З. М. Свердлову и Т. В. Тимофеевой разработать люминесцентный метод сортировки оптического стекла, дающий возможность идентифицировать значительную часть стёкол из богатого ассортимента, выпускаемого промышленностью.

О необходимости привлечения при люминесцентном анализе минералов физических характеристик свечения говорил в своём докладе Г. Ф. Комовский. В качестве таких характеристик докладчик указал: 1) цветность свечения, 2) его интенсивность, 3) спектр, 4) свечение при катодном возбуждении, 5) свечение при ультрафиолетовом облучении, 6) флуоресценция, 7) фосфоресценция. Основной характеристикой всё же представляется спектр свечения, достаточно, а иногда и весьма характерный у ряда минералов.

А. Ф. Фиолетова в докладе о люминесцентном анализе битумов отметила, что в настоящее время люминесцентный метод является основным методом исследования битуминозности пород и вод.

Применению люминесценции в дефектоскопии было посвящено сообщение М. М. Лаушкиной.

6. Ряд докладов был посвящён люминесцентным лампам как одному из основных технических применений люминесценции. О состоянии производства люминесцентных ламп говорил в своём докладе Р. А. Нилендер. В докладе Д. А. Шкловера были приведены спектральные и цветовые характеристики излучения люминесцентных ламп и изложены методы их контроля.

Вопросы физики люминесцентных ламп исследовались в работе Ф. А. Бутаевой и В. А. Фабриканта. Чрезвычайно интересными представляются полученные в работе данные, говорящие о том, что при возбуждении люминофоров второй резонансной линией ртутного разряда ($\lambda = 1850 \text{ \AA}$) выход люминесценции почти в два раза превосходит выход при возбуждении светом с длиной волны $2537 \text{ \AA}$.

Несколько докладов было посвящено вопросам эксплуатации люминесцентных ламп. Специальными исследованиями была показана эффективность применения люминесцентных источников света для выращивания растений при искусственном свете, было установлено благоприятное влияние новых источников света на зрение и т. д. О большой работе по люминесцентному освещению выставочных зал Эрми-

та же рассказал Д. Н. Лазарев. Потребность в люминесцентных лампах очень велика и не может быть удовлетворена тем сравнительно небольшим количеством, которое выпускается в настоящее время.

7. Применение светящихся составов в различных областях жизни чрезвычайно разнообразно, и на Совещании могли быть рассмотрены лишь некоторые отдельные вопросы. З. М. Горев поделился опытом практического использования свет составов, рассказав о новых типах люминесцентных осветителей для шкал различных приборов и о способах защиты люминофоров от атмосферного воздействия.

С большим интересом были прослушаны сопровождавшиеся эффектными демонстрациями доклады Е. М. Мандельберга и И. В. Горбачёва о применении люминесценции в изобразительном искусстве и в архитектуре.

Совещание показало, что в области исследования и применения люминесценции продолжается большая, разнообразная и продуктивная работа. За годы, прошедшие со времени первого Совещания, разрешены некоторые важнейшие проблемы люминесценции, касающиеся свечения молекул и кристаллов, разработаны новые оригинальные методы исследования. Люминесценция получила, наряду с прежними, новые важные применения для светотехнических и аналитических целей. Совещание показало, что советские специалисты по люминесценции, составляющие, как отметил акад. С. И. Вавилов, подводя итоги Совещания, бесспорно очень сильный отряд настоящей науки, успешно выполняют задачу, поставленную перед всей нашей наукой — догнать и превзойти достижения зарубежной науки.

П. Феофилов
