

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК**РАЗВИТИЕ ИДЕЙ С. И. ВАВИЛОВА В ОБЛАСТИ  
ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ***В. Л. Левшин*

В многогранной деятельности С. И. Вавилова его творчество в области фотолюминесценции занимает совершенно особое место. Именно в этой области им достигнуты самые значительные результаты, именно фотолюминесценция неизменно привлекала его внимание на протяжении всей жизни.

Решение серьезно заняться вопросами люминесценции возникло у С. И. в 1920 г. Оно было вызвано его интересом к действию света на вещество, который зародился еще при выполнении первой, студенческой работы (1912—1913 гг.), связанной с фотохимическими исследованиями его руководителя П. П. Лазарева. Близкая к фотохимии, люминесценция — другой важной вид действия света на вещество.

К 1920 г. спектральные свойства люминесценции были довольно широко исследованы работами зарубежных авторов; однако ее развитие в разных условиях оставалось неизученным. В те годы для искусственного освещения применялся практически только свет от раскаленных тел, природа холодного свечения — люминесценция была еще неясной, люминесценция все еще казалась загадочным процессом.

В качестве объектов исследования С. И. выбрал растворы люминесцентных красителей.

Мне вспоминается разговор с С. И. в начале 20-х годов о роли наших будущих работ по люминесценции. Он отметил, что избранное нами направление исследований — изучение свечения растворов — в то время нигде серьезно не развивалось. Фотолюминесценция растворов стала основной областью работ С. И. Он далеко продвинул изучение процессов их свечения, вскрыл его энергетику и кинетику, установил важнейшие закономерности.

Начав работы в малоисследованной области, С. И., естественно, старался сосредоточить внимание на явлениях с простой кинетикой, правильно считая, что всякие усложнения затрудняют выяснение развития основного процесса и его интерпретацию. Этим объясняется очень осторожное отношение С. И. к свечению фосфоров, где выделение основного процесса зачастую совершенно невозможно: признавая необходимость изучать люминесценцию кристаллофосфоров вследствие их огромной практической важности, С. И. способствовал развитию этих работ, сформулировал некоторые задачи, осуществлял руководство некоторыми из работ, но не делал кристаллофосфоры объектом своих личных исследований.

Как я уже говорил, целью, поставленной С. И., было создание количественной картины фотолюминесценции растворов. К решению этой сложной проблемы С. И. подходил несколькими путями, как бы атакуя

ее с разных сторон. За краткостью времени мы остановимся лишь на трех главных направлениях.

Первое направление — установление величины коэффициента трансформации энергии в процессах люминесценции и факторов, изменяющих эффективность преобразования энергии возбуждения.

Второе направление — изучение кинетики процессов с помощью исследования длительности и законов затухания послесвечения.

Третье направление — изучение характера люминесцентных молекул, уподобляемых элементарным излучателям, и кинетики люминесценции, используя поляризацию свечения.

Естественным завершением этих работ были установление связи между изученными явлениями и создание единой теории, объединяющей их.

Мое сообщение должно дать представление о развитии учения о люминесценции после кончины С. И. и, прежде всего, тех ее областей, в которых работал С. И.

---

Первым по времени в работах С. И. был поднят вопрос о коэффициенте использования поглощенной световой энергии. В начале 20-х годов существовали весьма смутные представления о величине коэффициента трансформации энергии поглощаемого света в свет люминесценции. Для флуоресценции жидкостей общепринятым было представление, что коэффициент трансформации ничтожен.

Абсолютные измерения слабого излучения представляли большие трудности. С. И. придумал остроумный способ определения абсолютного коэффициента трансформации из относительных измерений, путем сравнения интенсивности возбуждающего света, рассеянного матовой поверхностью, с интенсивностью света флуоресценции растворов. Он нашел, что для наиболее эффективных флуоресцентных растворов красителей коэффициент трансформации очень велик и достигает 80%. Отношение энергии полученного света флуоресценции к энергии поглощенного света С. И. назвал «выходом» флуоресценции.

Введение понятия «выход» открыло путь к проведению количественных энергетических расчетов. Вместе с тем появилась необходимость изучать факторы, изменяющие его величину.

Но прежде, чем перейти к этому вопросу, мы остановимся на дальнейшем развитии самого понятия «выход». Это понятие было введено С. И. для процессов флуоресценции, в которых стационарное состояние свечения устанавливается мгновенно; его перенос на длительные свечения требует уточнений. При этом возможны два различных подхода к измерению выхода.

Первый метод определения выхода заключается в том, чтобы измерить всю энергию, поглощенную невозбужденным веществом, и затем все излучение, выделяемое веществом иногда за очень долгое время; отношение двух найденных энергий и будет выходом. Однако, помимо крайнего неудобства измерения энергии весьма длительных затухающих свечений, при таком подходе трансформация энергии на отдельных этапах излучения происходит в различных условиях и полученный выход соответствует лишь некоторой средней величине.

Второй метод заключается в измерении энергий излучения и поглощения за один и тот же интервал времени. В этом случае при установившемся режиме свечения поглощаемая энергия идет на поддержание определенного состояния возбуждения и выход оказывается функцией этого состояния. В случае неустановившегося режима получаемая величина также имеет реальный смысл, однако мало говорит о совершенстве транс-

формации энергии веществом, так как не учитывает части энергии, аккумулируемой веществом и отдаваемой им впоследствии.

Таким образом, для инерционных процессов возможна сильная зависимость выхода от режима возбуждения (его интенсивности и длительности), что для кратковременных процессов флуоресценции было несущественно.

В настоящее время известно много веществ, особенно среди кристаллофосфоров, в которых одновременно развивается несколько взаимодействующих процессов свечения, существенно отличающихся по кинетике, а нередко и по спектру излучения. В этих случаях, естественно, встает очень трудный вопрос об определении парциальных выходов для каждого из свечений.

Переходя к рассмотрению условий, от которых зависит выход, следует прежде всего остановиться на установленной Сергеем Ивановичем зависимости выхода от длины волны возбуждающего света (рис. 1). Это явление описывается известным законом Вавилова, имеющим следующую формулировку: «До тех пор пока длина волны света люминесценции больше, чем длина волны возбуждающего света, выход люминесценции растет пропорционально длине волны.

В области, где длина волны люминесценции становится меньше длины волны возбуждающего света, наблюдается быстрое падение выхода».

Первое утверждение вытекает из левой прямолинейной части экспериментальной кривой рис. 1, проходящей при экстраполяции через начало координат. Оно соответствует тому, что на рассматриваемом интервале частот квантовый выход люминесценции, т. е. отношение числа квантов люминесценции к числу поглощенных квантов, остается постоянным. Второе утверждение указывает, что в антистоксовской области спектра (правая часть рисунка) происходит быстрое уменьшение выхода. В данной области за счет меньших квантов возбуждающего света получают кванты с большей энергией. Дополнительная энергия берется из колебательной энергии молекул. Если допустить постоянство квантового выхода и в этой области, то энергетический выход люминесценции мог бы сделаться больше единицы; энергия люминесценции превосходила бы энергию возбуждающего света, возрастая за счет тепловой энергии среды. Опыт, однако, показывает иное. Энергетический выход в этой области быстро падает. Следовательно, при таком возбуждении все большая часть поглощенных квантов переходит в тепло.

Вопрос о возможности выхода, большего единицы, и о причинах падения выхода в антистоксовской области при жизни С. И. остался нерешенным. Работы, проведенные Б. И. Степановым с сотрудниками В. В. Антоновым-Романовским, М. А. Аленцевым и М. В. Фоком уже

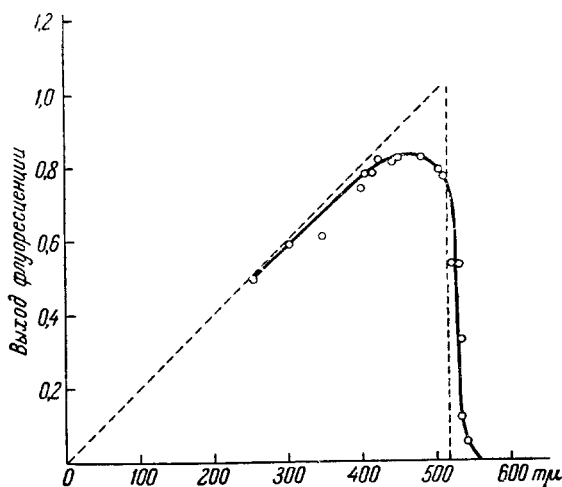


Рис. 1. Зависимость выхода флуоресценции водного раствора флуоресцина от длины волны возбуждающего света (С. И. Вавилов).

Пунктиром намечен ход кривой, который она имела бы, если бы строго соблюдался закон эквивалентов Эйнштейна

после кончины С. И., показали, что в определенных системах и при определенных условиях возможно получить выход, несколько больший единицы, и что это не противоречит второму закону термодинамики. В тех же работах было введено понятие отрицательной люминесценции, под которой подразумевается уменьшение излучения в некотором спектральном интервале ниже уровня температурного излучения, вызываемое опустошением относительно низких энергетических уровней молекул, служащих исходными для переходов с излучением в рассматриваемом спектральном интервале. Опустошение производится лучами возбуждающего света, переводящими электроны с опустошаемых уровней на более высокие. Восстановление равновесного заполнения уровней по прекращении возбуждения происходит не мгновенно, т. е. отрицательная люминесценция обладает некоторой инерционностью.

Вопрос о причине антистоксовского падения выхода в последние годы был также предметом ряда теоретических работ и экспериментальных исследований. Однако и в настоящий момент он не может считаться решенным.

Выход люминесценции уменьшается различными процессами тушения: введением посторонних примесей-тушителей, увеличением концентрации люминесцентного вещества и растворителем. Эти виды тушения существенно отличаются друг от друга по кинетике процесса.

В некоторых случаях важную роль играет диффузия возбужденных молекул за время возбужденного состояния, приводящая к сближению их с молекулами тушителя. Подобного рода процессы рассматривались Сергеем Ивановичем, а в дальнейшем теория диффузионных процессов была дополнена Б. Я. Свешниковым. Эти работы опередили соответствующие зарубежные исследования более чем на 15 лет. В настоящее время они успешно продолжают под руководством Б. Я. Свешникова.

Однако диффузионные смещения далеко не всегда необходимы для развития тушения; в ряде случаев тушение протекает с большой силой в твердых веществах и в весьма вязких растворах, в которых диффузия практически отсутствует. В этих случаях для объяснения явления необходимо предположить существование переноса энергии с возбужденных молекул на тушащие центры. Такими центрами могут служить или специальные примеси, или, в некоторых случаях, измененные молекулы самого люминесцентного вещества.

В последние годы в наших работах отчетливое подтверждение получила ассоциационная теория концентрационного тушения, согласно которой в концентрированных растворах тушащими центрами являются ассоциированные молекулы люминесцентного вещества, потерявшие вследствие ассоциации способность люминесцировать. Миграция энергии на такого рода ассоциаты ведет к тушению.

Интересные исследования внутримолекулярного переноса энергии были проведены учеником С. И.— А. Н. Севченком.

---

Перейдем к рассмотрению работ второго направления. Кинетика процессов люминесценции разнообразна. Возможно прямое возбуждение люминесцентных молекул и их непосредственное высвечивание. Возможно возникновение свечения при рекомбинации электронов с ионизованными центрами, возникающими под действием возбуждающего света. Возможно, наконец, участие в процессе различных метастабильных состояний, задерживающих высвечивание возбужденного вещества. Во всех указанных случаях изменение интенсивности свечения по прекращению возбуждения будет протекать по различным законам и продолжаться различное время.

Отсюда явствует важность исследования законов затухания и длительности свечения.

В дополнение к определению люминесценции, данному Видеманом, С. И. ввел в него критерий длительности. Люминесценция по Вавилову есть избыток излучения над температурным излучением, обладающий длительностью, большей, чем период собственных колебаний молекул.

Изучение законов затухания свечения в целях выяснения природы свечения достигло особенно широкого развития в 30-е годы. Оно позволило установить природу свечения многих веществ, в частности ураниловых и др. соединений. Однако при изучении очень кратковременных свечений экспериментаторы встретились с большими трудностями. Значительным успехом было создание приборов, носящих название флуорометров, дающих возможность измерять длительности свечения порядка миллиардных долей секунды. Такие флуорометры были построены Л. А. Тумерманом и В. В. Шимановским и М. Д. Галаниным. Все же измерения оставались не очень надежными. Кроме того, определенный интервал времен от  $10^{-5}$  до  $10^{-8}$  сек вообще не поддавался исследованию.

После кончины С. И. вопрос совершенствования аппаратуры был решен. Особенно много было сделано учениками С. И. — А. М. Бонч-Бруевичем и Н. А. Толстым. Н. А. Толстому удалось построить приборы — ультратауметры, полностью закрывающие ранее недоступный диапазон длительностей от  $10^{-5}$  до  $10^{-8}$  сек. С помощью этих совершенных устройств было изучено протекание затухания у ряда новых классов соединений, в частности, были изучены рубины и платино-синеродистые соединения.

Используя особенно совершенный флуорометр, А. М. Бонч-Бруевич решил задачу, поставленную С. И. Еще раз с большей точностью он доказал независимость скорости распространения света от движения источника, т. е. подтвердил один из основных постулатов теории относительности.

Изучение длительности возбужденных состояний и законов затухания послесвечения и в настоящий момент составляет одну из важнейших проблем люминесценции и проводится систематически при изучении кинетики свечения. Однако лишь в редких случаях дело сводится к элементарным процессам. Обычно, особенно у кристаллофосфоров, наблюдается наложение многих процессов, отличающихся по природе. Современной задачей является разделение элементарных процессов и выявление их влияния друг на друга.

Можно отметить, что при проведении работ по изучению длительностей возбужденных состояний С. И. и автором доклада впервые при мощном возбуждении наблюдалось значительное накапливание молекул в возбужденном состоянии (проявлявшееся в уменьшении поглощения на основном уровне), которое широко используется в настоящее время для усиления и генерации света в нужном оптическом диапазоне.

Возвращаясь к приведенному выше определению люминесценции Видемана — Вавилова, использующему температурное излучение в качестве исходного уровня энергии излучения, от которого идет отсчет энергии люминесценции, отметим, что недавно в работах Б. И. Степанова особенно ясно показано существование сильной связи этих двух различных видов свечения, проявляющейся в возможности по спектрам поглощения люминесцентного вещества и по спектру температурного излучения черного тела устанавливать форму спектра люминесценции.

С другой стороны, вследствие сложности процессов люминесценции понятие длительности люминесценции, подобно понятию выхода, подвергается в настоящее время внимательному обсуждению и уточнению.

Существенной характеристикой свечения служит его поляризация. Степень поляризации, с одной стороны, зависит от свойств излучателей, с другой — от их взаимного расположения. Поэтому исследование поляризационных явлений открывает широкие возможности для установления природы элементарных излучателей, для определения их расположения в пространстве, изучения перемещения излучателей во время возбужденного состояния и обнаружения и изучения миграции энергии между излучателями.

Как указывалось, С. И. особенно интересовал вопрос о природе элементарных излучателей. Для его решения он разработал метод поляризационных диаграмм. Так были названы кривые, выражающие зависимость

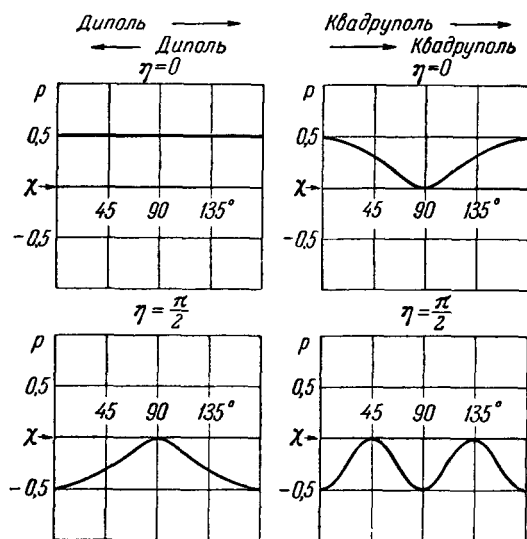


Рис. 2. Поляризационные диаграммы.

$\rho$  — степень поляризации,  $\eta$  — угол между электрическим вектором возбуждающего света и вертикалью,  $\chi$  — угол между направлением наблюдения и направлением возбуждающего луча.

развитие этой методики несомненно принесет большое количество сведений о природе элементарных излучателей.

Для изучения структуры электронного облака молекул, вне сомнения, большое значение будут иметь установленное Г. П. Гуриновичем и А. Н. Севченко изменение степени поляризации излучения в разных частях спектра люминесценции, и зеркальная симметрия, относительно частоты электронного перехода, поляризационных кривых, выражающих зависимость поляризации от длины волны возбуждающего света и длины волны люминесценции.

Другим важным направлением изучения поляризационных явлений служит рассмотрение деполяризации свечения в зависимости от миграции энергии между возбужденными молекулами.

Уже в работах С. И., а также А. Н. Севченко и М. Д. Галанина было показано, что даже в твердых телах и в предельно вязких растворах, в которых вращение самой молекулы невозможно, в определенных условиях происходит деполяризация свечения. С. И. объяснил это явление переносом энергии возбуждения от системы возбужденных молекул к невозбужденным. Как увидим ниже, эти явления подверглись в последующие

степени поляризации излучения от азимута наблюдения и угла, составляемого световым вектором возбуждающего света с плоскостью наблюдения. Указанные кривые имеют характерную форму, существенно различаясь у магнитных и электрических диполей и квадруполь (рис. 2).

Предложенный С. И. метод поляризационных диаграмм был значительно расширен дополнительными расчетами П. П. Феофилова, А. Н. Севченко и Г. П. Гуриновича. Используя этот метод на практике, П. П. Феофилов установил природу элементарных излучателей — редкоземельных элементов и урана, служащих включениями в кристаллах кубической системы, а также расположение этих излучателей относительно осей кристаллической решетки. Дальнейшее

годы дальнейшему подробному исследованию. На рис. 3 дается сводка величин, характеризующих люминесценцию.

Мы рассмотрели три основных направления, три пути, по которым шел С. И. к выяснению природы фотолюминесценции растворов и ее кинетики. Эти пути с известными вариациями и дополнениями применяются и сейчас для изучения люминесценции.

Получив обширный материал, С. И. впервые объединил его одной теорией, которая дает объяснение изменению выхода свечения, изменению продолжительности свечения и его деполяризации (рис. 4). Теория была развита на основе предположения о существовании индукционной связи между возбужденными и невозбужденными молекулами. Миграция энергии возбуждения на хаотически расположенные невозбужденные молекулы люминесцентного вещества естественно должна приводить к деполяризации свечения. При наличии некоторой доли переходов, ведущих к тушению, миграция должна сопровождаться уменьшением выхода. Развитие процессов тушения этого рода приводит к уменьшению длительности свечения.

Описанные представления С. И. получили существенное развитие в последующее время в работах М. Д. Галанина, Б. Я. Свешникова и др. Вместо феноменологической теории, исходящей из опытных данных, но не учитывающей специфические свойства осцилляторов поглощения и излучения, М. Д. Галаниным была развита более детальная теория, исходящая из определенного представления об электрической природе взаимодействующих частиц. Учет взаимодействия осцилляторов дает возможность провести более полно расчет изменения длительности, выхода и поляризации свечения.

Особенно далеко продвинулась теория деполяризации свечения, вызываемого миграцией энергии, экспериментально подробно проверенная в последних работах Б. Я. Свешникова и его сотрудников. В соответствии с теорией, в растворах, где расположение молекул нерегулярно, как при увеличении концентрации, так и при переходе к исследованию более поздних стадий затухания свечения наблюдается быстрая деполяризация свечения.

Очень своеобразный эффект был обнаружен в молекулярных кристаллах Н. Д. Жевандровым. Он показал, что вследствие регулярности кристаллической решетки миграция энергии приводит здесь не к деполяризации,

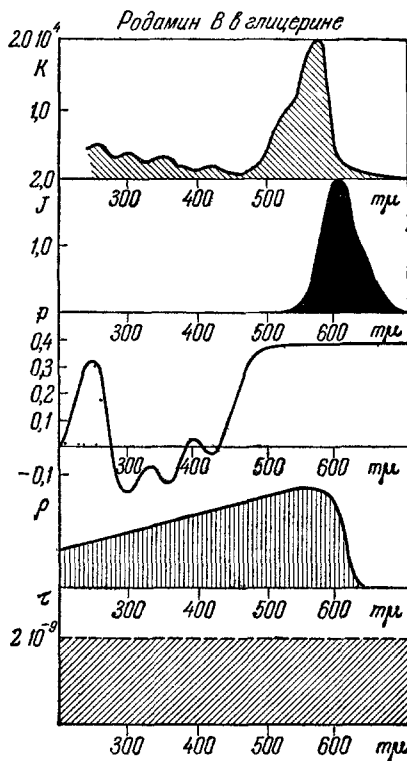


Рис 3. Составленная С. И. Вавиловым сводка величин, характеризующих люминесценцию глицериновых растворов родамина В.

Сверху вниз спектр поглощения, спектр флуоресценции, изменение предельной поляризации при изменении длины волны возбуждающего света, выход свечения, длительность свечения

а к независимости степени поляризации от положения электрического вектора возбуждающего света. Наблюдаемая постоянная степень поляризации определяется при этом расположением молекулярных осцилляторов.

Сложнее обстоит дело с тушением люминесценции. Процессы тушения разнообразны и механизм их неодинаков. В ряде случаев, как было доказано С. И. и Б. Я. Свешниковым, существенную роль играет диффузия молекул во время возбужденного состояния. В других случаях в твердых телах и вязких растворах тушение осуществляется при передаче энергии резонансным путем. Расчет, проведенный М. Д. Галаниным, показал, что затухание свечения в этих случаях идет по закону, отличному от экспоненты, а изменения выхода и длительности свечения не должны совпадать.

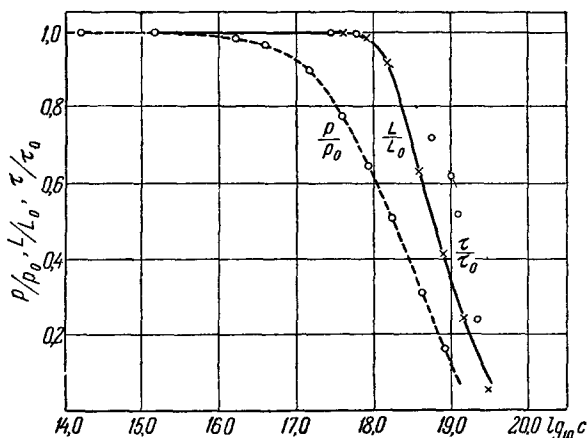


Рис. 4. Изменение степени поляризации  $p/p_0$ , выхода  $L/L_0$  и средней длительности возбужденного состояния  $\tau/\tau_0$  в растворе флуоресцеина в глицерине при комнатной температуре.

Проведенные в нашей лаборатории исследования показали, что тушение при больших концентрациях связывается прежде всего с миграцией энергии на нелюминесцентные ассоциаты и существенно осложняется неактивным поглощением самих ассоциатов.

Теоретические исследования А. С. Давыдова и многочисленные работы, проведенные в последние годы в Украинской АН А. Ф. Прихотько с сотрудниками, выяснили большую важность миграции энергии в молекулярных кристаллах. Экситонная передача энергии, на необходимость существования которой указывал еще Я. И. Френкель, привлекает все большее внимание экспериментаторов и теоретиков. В этом направлении работают Е. Ф. Гросс, М. Д. Галанин, Н. Д. Жевандров, В. М. Агранович, А. С. Селиваненко и многие другие.

Таким образом, теория миграции энергии получила в последнее время многочисленные подтверждения, хотя характер явления и его кинетика оказались значительно сложнее, чем учитывалось в первоначальной феноменологической теории.

До сих пор мы рассматривали вопросы, связанные с фотолюминесценцией молекулярных соединений. Другим, практически еще более важным классом люминесцентных веществ являются кристаллофосфоры, составляющие особый вид полупроводников. Кинетика их свечения существенно отлична от кинетики люминесценции в растворах.



Работа по систематическому изучению кристаллофосфоров началась в Советском Союзе на 12 лет позже, чем изучение свечения молекул. Некоторые из задач уже этих первых исследований были также сформулированы Сергеем Ивановичем. Работы по кристаллофосфорам вскоре получили большой размах.

Несмотря на отличие свечения кристаллофосфоров от свечения молекул, и для него весьма существенна миграционная передача энергии возбуждения. В кристаллофосфорах также рассматриваются многие виды тушения люминесценции, сходные с процессами в растворах. Само излучение, исходящее из особых центров, часто сохраняет черты излучения атомов, входящих в состав центра. Здесь так же, как в области молекулярной люминесценции, определяются выход свечения, длительности свечения и законы затухания. Таким образом, многосторонний опыт, приобретенный в результате работ С. И. и его сотрудников в области молекулярной люминесценции, мог быть широко использован. Этот опыт помог понять основные черты сложной кинетики свечения кристаллофосфоров, слагающейся из взаимодействия ряда отдельных процессов, обладающих различной инерционностью.

Исследование свечения кристаллофосфоров составляет в настоящее время основную ветвь работ по люминесценции, ведущихся в Советском Союзе.

Помимо изучения фотолюминесценции, в настоящее время широким фронтом исследуются свечения и при других видах возбуждения; значительное внимание уделяется катодолюминесценции, во многих лабораториях Союза изучается электролюминесценция. Отметим работы В. В. Антонова-Романовского, А. М. Бонч-Бруевича, М. В. Фока, А. Н. Георгобиани, В. Е. Орановского, В. Н. Фаворина и др. Значительные успехи достигнуты при исследовании радиолюминесценции — свечения сцинтилляций в молекулярных и ионных кристаллах, возникающего под действием жестких радиаций и элементарных частиц. Эти процессы изучаются М. Д. Галаниным, З. Л. Моргенштерн, И. М. Розманом и др. Все это — новые направления, получившие широкое развитие в течение последнего десятилетия и успешно изучаемые советской школой люминесценции.

Свои научные работы С. И. всегда стремился связать с решением задач народного хозяйства и техники.

Одним из важнейших направлений практических исследований, развитием которого руководил С. И., были работы по люминесцентному анализу. В лабораториях Физического института АН СССР М. А. Константиновой были впервые разработаны приемы количественного люминесцентного анализа. В ГОИ и других учреждениях были созданы разнообразные приборы для проведения анализа.

Люминесцентный анализ продолжал быстро развиваться и в последнее десятилетие. Большие успехи достигнуты в люминесцентной дефектоскопии, применяемой в металлообрабатывающей и вакуумной промышленности (А. В. Карякин и В. К. Матвеев и др.). Особенное значение имеет развитие люминесцентного анализа в биологии и медицине. Эти работы, осуществляемые Е. М. Брумбергом, А. В. Карякиным и М. Н. Мейселем, имели большой успех. В последние годы разработан совершенно новый прием изучения плазмы клеток, использующий их ультрафиолетовую флуоресценцию. Фотографирование клеток в этом свете с помощью ультрафиолетового люминесцентного микроскопа дает возможность изучать процессы, протекающие в плазме клеток.

Другим важнейшим практическим применением люминесценции является люминесцентное освещение. С. И. Вавилов руководил проводив-

шимися в ФИАНе, ГОИ и ВЭИ работами по созданию люминесцентных ламп. Разработанные лампы были внедрены в промышленность. Ныне люминесцентное освещение быстро распространяется. Люминесцентными лампами освещаются улицы, предприятия. Экономичность люминесцентного освещения позволяет создавать высокую освещенность на рабочем месте и обеспечивает наиболее целесообразный состав света. Это ведет к значительному повышению производительности труда.

С. И. много способствовал развитию промышленности люминофоров. Всем известно, что люминесцентные экраны составляют необходимую часть телевизоров, локационных трубок, электронно-оптических преобразователей, широко используются в автоматических устройствах, в медицинской практике и для многих других технических применений. Наши научные лаборатории на основе глубокого исследования процессов свечения кристаллофосфоров, в настоящее время обеспечивают возможность получения фосфоров с нужными для техники характеристиками, а наша промышленность — их производство.

Широкое развитие работ по люминесценции в СССР в последние годы, может быть, станет особенно ясным из таких показательных цифр. На двух всесоюзных совещаниях по люминесценции (проходивших при жизни С. И. в 1944 и 1948 гг.), охватывавших все разделы люминесценции, было заслушано по 50—60 докладов. В настоящее время такие совещания проводятся ежегодно, они имеют тематический характер, на них обычно заслушивается более 100 докладов.

Помимо общих совещаний, проводятся крупные тематические совещания по более узким вопросам, а также совещания по отдельным республикам.

---

Работы по люминесценции в Союзе не ограничиваются, конечно, теми, которые мне удалось упомянуть в докладе. Нельзя не отметить весьма важный вклад в исследование других областей люминесценции, который вносится школой академика А. Н. Теренина, в частности, его учеником Б. С. Непорентом и его сотрудниками.

Для последних лет характерно возникновение новых крупных центров: в Тарту по изучению кристаллофосфоров, возглавляемого Ф. Д. Клементом; в Киеве, в Украинской Академии наук и университете, возглавляемых А. Ф. Прихотько и учеником С. И. — А. А. Шишловским. Большой новый центр создан в Белорусской АН. Им руководят Б. И. Степанов и ученик С. И. — А. Н. Севченко.

Люминесценция увлекла и привлекла к себе ряд крупных ученых, интересы которых ранее лежали в других областях. Среди них — Э. В. Шпольский и Е. Ф. Гросс. Они и их школы уже обогатили учение о люминесценции очень важными результатами. Необходимо отметить и развитие теоретических изысканий в области химии люминофоров, которыми заняты большие лаборатории.

Люминесценция проникла во все самые далекие концы нашей родины. Ею занимаются в Сыктывкаре — на севере, в Оше — на юге, в Чите и других многочисленных городах Сибири и Средней Азии.

Насколько можно судить по литературе, советские физики количественно и качественно вносят в развитие учения о люминесценции больший вклад, чем физики какой-либо другой страны.

Это — лучший памятник Сергею Ивановичу Вавилову, лучшее доказательство важности и плодотворности его трудов.

---