



БОРИС ЯКОВЛЕВИЧ
СВЕШНИКОВ

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУКPERSONALIA**БОРИС ЯКОВЛЕВИЧ СВЕШНИКОВ**

10 сентября 1962 г. скончался профессор, доктор физико-математических наук Борис Яковлевич Свешников, выдающийся специалист в области люминесценции.

Научная деятельность Б. Я. Свешникова началась в Московском университете, где он после окончания физического факультета стал сотрудником Научно-исследовательского института физики МГУ и начал работать под руководством С. И. Вавилова.

В это время вопросы энергетики люминесценции находились в центре внимания С. И. Вавилова и его школы; проводилось широкое обследование причин, вызывающих уменьшение выхода свечения люминесцентных растворов. Б. Я., естественно, включился в работу над этой тематикой. После первой работы, посвященной рассмотрению выхода свечения и спектров абсорбции растворов красителей в области предельно малых концентраций, Б. Я. перешел к изучению тушения люминесценции растворов посторонними примесями, не поглощающими в видимой области.

Вначале работа проводилась в МГУ, а затем с 1933 г. в Ленинграде, в ГОИ, куда Б. Я. перешел по приглашению С. И. Вавилова. Здесь он работал непрерывно до своей кончины.

Тушение неокрашенными примесями происходит лишь при очень большом сближении возбужденной молекулы люминесцентного вещества и молекулы тушителя. Вследствие этого важную роль в процессе играет диффузия взаимодействующих молекул за время возбужденного состояния люминесцентной молекулы, приводящая к их сближению, диффузия особенно значительна в маловязких средах.

Уже в первых работах Б. Я. проявилось его стремление глубоко прояснить в самую суть явления и давать ему математическое обоснование. Поэтому, помимо точного экспериментального исследования процесса, Б. Я. всегда подвергал вопрос теоретическому рассмотрению. Это очень ценное сочетание искусного эксперимента и глубокой теоретической разработки вопроса сохранилось и во всех позднейших работах Б. Я., посвященных явлениям люминесценции.

Вопросы тушения люминесценции и, в особенности, развитие диффузионной теории тушения посторонними примесями сделались одним из основных направлений работ Б. Я. и, постепенно совершенствуясь, продолжались почти 30 лет до последних дней его жизни. Им была посвящена и кандидатская диссертация Б. Я., защищенная в ГОИ в 1936 г.

В эти годы Б. Я. вел и научно-организационную работу, являясь заместителем С. И. Вавилова в лаборатории люминесценции ГОИ. Вторым направлением работ Б. Я. были исследования хемилюминесценции, в которых он вскрыл сложный характер этих процессов, неодинаковый у различных веществ и сводившийся к появлению возбужденных молекул на одном из звеньев сложных химических преобразований, происходящих в хемилюминесцирующих средах.

Третьим направлением работ Б. Я. явилось исследование длительного свечения молекул органических соединений.

Многочисленные важные результаты, выявившие природу и кинетику этих процессов, стали содержанием его докторской диссертации, защищенной в ФИАН в 1951 г.

После кончины С. И. Вавилова, Б. Я., ученик и его ближайший помощник, принял заведование лабораторией люминесценции ГОИ. В этот последний период своей деятельности он особенно много внимания уделял руководству работой молодых сотрудников лаборатории. Многие ученики Б. Я. в последующем сделались самостоятельными учеными.

Самим Б. Я. и под его руководством было проведено в это время большое число исследований. Еще полнее была развита теория тушения люминесценции посторонними примесями и экспериментально проверена в различных направлениях. Была

исследована роль триплетных состояний в развитии процессов люминесценции и при передаче энергии в растворах.

Перу Бориса Яковлевича принадлежит 95 научных работ и обзоров, напечатанных в ведущих советских журналах.

На протяжении всей своей деятельности Б. Я. стремился использовать исследуемые им явления люминесценции для решения различных практических вопросов и старался внедрить результаты своих работ в народное хозяйство.

Б. Я. был прекрасным товарищем, охотно делившимся своими глубокими знаниями и опытом со всеми окружающими.

В последние годы своей жизни Б. Я. тяжело болел. Он перенес инфаркт миокарда, затем у него обнаружился рак желудка. Проведенная в декабре 1960 г. операция не привела к радикальному излечению и лишь отсрочила его кончину.

Несмотря на тяжелую болезнь, Б. Я. до самого последнего времени интенсивно работал, продолжая руководить лабораторией, и проводил теоретические исследования. В этом проявилась его исключительная твердость духа и любовь к науке.

ИЗУЧЕНИЕ КИНЕТИКИ ТУШЕНИЯ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ РАСТВОРОВ ПОСТОРОННИМИ НЕПОГЛОЩАЮЩИМИ ВЕЩЕСТВАМИ

Цикл исследований тушения люминесценции растворов посторонними, не поглощающими в видимой области веществами является одним из основных в научном наследии Б. Я. Этой проблеме он уделял особое внимание на протяжении всей своей научной деятельности; результаты последних исследований в этой области были опубликованы уже после его кончины. Столь большое внимание к вопросам тушения люминесценции объясняется тем, что это явление имеет большое значение для понимания основных закономерностей люминесценции; кроме того, его исследование весьма важно для установления кинетики бимолекулярных химических реакций в растворах.

Основы теории тушения люминесценции растворов посторонними, не поглощающими веществами были заложены еще в 20-х годах С. И. Вавиловым. Однако развитая им диффузионная теория не смогла объяснить наблюдаемую на опыте нелинейную зависимость величины тушения от концентрации тушителя и текучести растворителя.

Выяснению причины этого несоответствия была посвящена кандидатская диссертация Бориса Яковлевича, тогда аспиранта Сергея Ивановича. В ходе этой работы Борисом Яковлевичем был создан вариант теории диффузионного тушения, радикально отличающийся от предшествующих способом подсчета числа эффективных (приводящих к тушению) соударений молекул тушителя с возбужденными молекулами. Им было показано, что при расчете диффузии за время жизни возбужденных молекул ($\sim 10^{-8}$ сек) нельзя пренебрегать нестационарным членом в решении соответствующего диффузионного уравнения. Учет этого обстоятельства позволил правильно описать зависимость величины тушения от концентрации тушителя. Однако на этом этапе теория Б. Я. еще не давала в строгой математической форме объяснения наблюдаемой в большинстве случаев резко нелинейной зависимости величины тушения от текучести растворителя и была дополнена им очень убедительным качественным обоснованием этого явления.

Сопоставляя экспериментальные данные по изменению тушения и вращательной деполаризации свечения растворов, полученные при различных способах изменения вязкости, Борис Яковлевич показал, что замедление увеличения тушения с ростом текучести растворителя связано с уменьшением входящей в теорию в качестве параметра вероятности тушения при встрече возбужденной молекулы с молекулой тушителя, которая в свою очередь определяется уменьшением продолжительности встречи.

Позднее эти важные качественные выводы были обоснованы Б. Я. в строгой математической форме; в одной из самых последних работ Борис Яковлевич, сохранив в основных чертах прежний подход к решению проблемы, создал новый вариант диффузионной теории, количественно объяснившей все известные экспериментальные проявления тушения люминесценции растворов посторонними непоглощающими веществами, в том числе и зависимость величины тушения от вязкости растворителя.

Однако и первый вариант теории Б. Я. Свешникова был существенным шагом вперед; он не только более правильно описал экспериментальные факты, но и предсказал новые особенности описываемых теорией явлений. Так, из теории следовало, что закон затухания потушенных растворов должен быть неэкспоненциальным даже в том случае, когда люминесценция непотушенных растворов затухает по экспоненциальному закону.

Экспериментальное обоснование этого важного вывода теории явилось бы решающим подтверждением правильности не только основных положений диффузионной теории, но и положенных в ее основу формул нестационарного броуновского движения Смолуховского. В 30-х годах, во время создания теории, техника эксперимента не позволяла зарегистрировать это не очень сильное нарушение экспоненциального свечения, длящегося всего несколько наносекунд. Спустя 20 лет в лаборатории Бориса

Яковлевича, под руководством А. М. Бояч-Бруевича, были построены светосильные прецизионные флуорометры. В самое последнее время в развитие этих работ учениками Бориса Яковлевича по его заданию, для исследования законов затухания свечений наносекундной длительности, был разработан флуорометр со сверхвысокой частотой модуляции возбуждающего света.

Благодаря этим работам флуорометрические методы прочно вошли в лабораторию Б. Я. в практику исследований по люминесценции органолюминофоров. Прямыми флуорометрическими измерениями на различных частотах модуляции возбуждающего света Б. Я. с сотрудниками доказали, что закон затухания потухенных растворов действительно не экспоненциален и что характер этого отличия находится не только в качественном, но и в удовлетворительном количественном согласии с теорией.

Много лет спустя после создания диффузионной теории Шмиллен, а затем и сам Борис Яковлевич обнаружили на опыте непропорциональность уменьшения выхода и длительности свечения при тушении люминесценции вязких растворов посторонними непоглощающими веществами. Б. Я. показал, что этот результат без каких-либо дополнительных предположений прямо следует из его теории и обусловлен, так же как и неэкспоненциальность закона затухания, зависимостью вероятности тушения от времени, протекшего с момента возбуждения.

Попутно при подробном анализе явления Б. Я. обратил внимание на необходимость при неэкспоненциальном затухании свечения четко отличать среднюю длительность свечения от средней длительности возбужденного состояния, чего не учитывали многие предшествующие исследователи.

Разработанный Борисом Яковлевичем применительно к тушению люминесценции метод расчета числа эффективных соударений представляет большой интерес и для теории бимолекулярных химических реакций в растворах. В середине 30-х годов, когда создавалась теория диффузионного тушения, среди химиков господствовало мнение, что число эффективных (приводящих к реакции) соударений пропорционально общему числу соударений молекул растворенных веществ и в первом приближении не зависит от вязкости растворителя. Б. Я. было показано, что предусматриваемая этим положением независимость скорости реакции от вязкости растворителя может наблюдаться лишь в том крайнем случае, когда вероятность реакции при одном соударении мала. В другом крайнем случае, когда вероятность реакции при одном соударении равна 1, число эффективных соударений просто равно числу соударений и скорость реакции пропорциональна текущей концентрации растворителя.

Развитый Борисом Яковлевичем метод расчета числа эффективных соударений между реагирующими молекулами, основанный на применении законов диффузии, начиная с конца 30-х годов, завоевал признание в учении о кинетике химических реакций в растворах.

Значительно сложнее, чем при действии посторонних примесей, развивается тушение, вызываемое увеличением концентрации самого люминесцентного вещества.

В 30-е годы Б. Я. совместно с П. П. Теофиловым выполнили работу по исследованию концентрационного тушения и концентрационной деполяризации флуоресценции, которая до сих пор является одним из наиболее обстоятельных экспериментальных исследований этих явлений. В этой работе на основании экспериментальных результатов была предложена формула, устанавливающая зависимость концентрационной деполяризации от длительности свечения красителя (последняя изменялась с помощью прибавления посторонних непоглощающих веществ). Результаты этой работы до сих пор используются как экспериментальный критерий при проверке теоретических построений. Позднее это исследование было положено С. И. Вавиловым в основу теории концентрационной деполяризации.

ИЗУЧЕНИЕ ФОСФОРЕСЦЕНЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ И КИНЕТИКИ ВНУТРИМОЛЕКУЛЯРНЫХ ПЕРЕХОДОВ В ТВЕРДЫХ РАСТВОРАХ ОРГАНОЛЮМИНОФОРОВ

Второй большой раздел в трудах Б. Я. Свешникова составляет цикл его работ по исследованию фосфоресценции органических соединений.

В 1945 г., когда Б. Я. приступил к изучению этой очень интересной и важной области люминесценции, не было еще достаточного количества экспериментальных фактов для построения четкой физической картины явления.

Б. Я. провел большое число важных экспериментальных исследований этого процесса и в качестве основы для создания математической теории явления использовал схему трех уровней молекулы, предложенную А. Яблонским, и данную незадолго перед тем А. Н. Терениным интерпретацию фосфоресцентного метастабильного уровня как триплетного. Экспериментальные основания этой гипотезы в тот момент были еще недостаточны, имелись и другие гипотезы, например гипотеза Франка — Ливингстона о том, что молекула в метастабильном состоянии является таутомером

невозбужденной молекулы. В литературе высказывались мнения, что флуоресценция и фосфоресценция органических растворов могут излучаться разными центрами, соответствующими различному характеру взаимодействия люминесцентного вещества с жестким растворителем. Поэтому первые работы Б. Я. в этом направлении были посвящены доказательству идентичности центров флуоресценции и фосфоресценции с помощью изучения зависимости относительного выхода обоих свечений от интенсивности возбуждающего света. Проведенные исследования подтвердили гипотезу о триплетной природе метастабильного состояния.

Далее Б. Я. совместно с П. П. Дикуном провели анализ колебательной структуры спектров фосфоресценции бензола и его производных, который показал, что фосфоресцентное состояние является одним из электронных состояний молекулы. В ряде работ Б. Я. было изучено влияние среды на длительность фосфоресценции. Эти исследования также показали, что процессы фосфоресценции протекают в молекуле активатора, а среда играет хотя и существенную, но вспомогательную роль. Окончательным подтверждением указанных представлений послужили опыты ученика Б. Я., П. П. Дикуну, обнаружившего и исследовавшего фосфоресценцию некоторых ароматических соединений в парах.

Следующим, очень важным этапом в цикле работ Б. Я. о фосфоресценции было изучение путей заселения метастабильного триплетного состояния. Изучение зависимости отношения выходов фосфоресценции и флуоресценции от длины волны возбуждающего света и сравнение концентрационной деполаризации флуоресценции и фосфоресценции показали, что заселение триплетного состояния осуществляется через флуоресцентное, т. е. нижнее возбужденное синглетное состояние, в которое молекула попадает с более высоких электронных уровней после сброса избытка энергии. При переходе с этого синглетного уровня на основной излучается флуоресценция, однако часть энергии идет не на основной уровень, а на триплетный. До Б. Я. некоторые авторы предполагали, что переход в фосфоресцентное триплетное состояние осуществляется непосредственно с высоких электронно-колебательных уровней, на которые молекула переходит при поглощении кванта света.

Эти работы позволили Б. Я. подробно разработать вопрос о кинетике фосфоресценции. Он произвел расчет переходов между тремя уровнями молекулы, характеризуя их определенными вероятностями. При составлении дифференциальных уравнений для заселенности каждого из уровней все сделанные допущения были убедительно аргументированы либо работами автора, либо большим числом литературных сведений. В результате решения дифференциальных уравнений была найдена математическая связь между вероятностями переходов и экспериментально определяемыми люминесцентными характеристиками вещества (квантовым выходом, длительностью флуоресценции и фосфоресценции и т. д.).

В числе допущений, сделанных при выводе уравнений кинетики внутримолекулярных переходов, было предположение об экспоненциальности затухания люминесценции, которое на первых стадиях затухания наблюдается у большего числа органолюминофоров разных классов. Однако развитие техники физического эксперимента позволило установить существование некоторого отклонения от экспоненциальности на далеких стадиях затухания свечения. Это послужило основанием для предположения об одновременном развитии двух процессов: молекулярного и бимолекулярного; кинетика последнего определяется вероятностью рекомбинации. Все же у твердых растворов органолюминофоров мономолекулярный процесс является основным. Позже в работах Б. Я. и А. В. Аристовы были приведены дополнительные аргументы в пользу применения схемы, взятой в основу расчета внутримолекулярных переходов, в частности было показано, что переход между флуоресцентным и фосфоресцентным состояниями молекулы происходит непосредственно между изоэнергетическими уровнями этих состояний.

Применение уравнений кинетики внутримолекулярных переходов позволило дать правильную интерпретацию некоторым наблюдавшимся ранее экспериментальным фактам, например увеличению вероятности перехода из флуоресцентного в метастабильное состояние при повышении температуры и возрастании концентрации. Однако измерение обычных люминесцентных характеристик не дает достаточной информации для определения всех вероятностей переходов. Полную систему уравнений можно составить, учтя зависимость интенсивности люминесценции или абсорбции образца от плотности возбуждающего света. Б. Я. и А. В. Аристов предложили сравнительно простой способ количественной оценки такой зависимости по «насыщению» люминесценции оптически тонких слоев при больших плотностях возбуждения. Этот способ имеет преимущество перед абсорбционным, так как при его применении нет необходимости учитывать величину перекрытия спектров поглощения молекул в метастабильном и основном состояниях, а также поглощательной способности короткоживущих продуктов обратимых фотохимических реакций.

Применение новых экспериментальных данных совместно с ранее известными характеристиками дает возможность вычисления вероятностей всех переходов, необходимых для решения кардинального вопроса люминесценции о путях распада

энергии возбужденной молекулы для изучения кинетики некоторых химических реакций и для выбора оптимальных условий «накопления» молекул в метастабильном состоянии. Последнее чрезвычайно существенно, так как интерес к накоплению молекул в этом состоянии в недавнее время резко возрос вследствие применения некоторых органических сред для создания микроволновых и оптических генераторов; теория, развитая Б. Я., может быть непосредственно использована для этих практически важных определений.

Б. Я. занимался изучением почти всех основных характеристик флуоресценции. Им совместно с П. П. Дикуном и А. А. Петровым в 1951 г. была опубликована обстоятельная работа по изучению средней длительности затухания флуоресценции большого числа (около 50) различных производных бензола. В работе подчеркивалось, что длительность флуоресценции должна определяться не только запретом интеркомбинаций, но в ряде случаев и запретом симметрии.

В последние годы под руководством Бориса Яковлевича В. А. Пилипович выполнил подробное исследование отступлений от экспоненциального закона затухания у ряда соединений.

Большое внимание Б. Я. уделял изучению поляризационных характеристик флуоресценции. Под руководством Б. Я. В. Л. Ермолаевым была измерена зависимость степени поляризации от длины волны возбуждающего света и показано, что для ряда красителей направление момента электронного перехода, соответствующего флуоресценции, перпендикулярно моменту перехода, сопровождаемого флуоресценцией.

Было исследовано также влияние на флуоресценцию вязкости растворителя, тушение флуоресценции посторонними тушителями, флуоресценция при анистоксовом возбуждении и возникновение при больших концентрациях люминесцентных ассоциатов.

Б. Я. несомненно был одним из крупнейших специалистов по флуоресценции органических соединений. Формулы Б. Я., выведенные еще в 1948 г., до сих пор являются основным рабочим инструментом исследователей, занимающихся вопросами кинетики флуоресценции органических люминофоров.

РАБОТА ПО ИЗУЧЕНИЮ КОНЦЕНТРАЦИОННОГО ТУШЕНИЯ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ

В последнее десятилетие, наряду с другими проблемами люминесценции органических соединений, Борисом Яковлевичем были рассмотрены различные концентрационные эффекты в люминесцентных растворах. Б. Я. считал, что изучение люминесцентных свойств концентрационных растворов является тонким методом для выяснения природы и законов взаимодействия органических молекул в их возбужденном состоянии. Эти исследования имели и практическую цель, так как изучалось свечение люминофоров, имеющих большое значение для работы с биологическими объектами; вместе с тем они являются хорошим методом изучения жидкого состояния вещества. Подчеркивая сложность концентрационных явлений, Б. Я. отмечал, что при изменении экспериментальных условий характер взаимодействия молекул может изменяться. При исследовании спиртовых растворов триафлавина и акридинового оранжевого было выяснено, что понижение температуры от комнатной до температуры жидкого воздуха сопровождается переходом от миграционного тушения к тушению ассоциативному.

Миграционная теория концентрационных эффектов, рассматривающая действие переходов энергии между мономерами, была развита С. И. Вавиловым, Т. Ферстером, Д. Л. Декстером и М. Д. Галаниным.

Согласно этим теориям перенос энергии возбуждения с мономера на мономер должен приводить к различию скоростей затухания компонент свечения, поляризованных параллельно и перпендикулярно электрическому вектору линейнополяризованного возбуждающего света, что ведет к деполяризации свечения, возрастающей при переходе к более далеким стадиям затухания. Точные измерения, выполненные на флуорометре ГОИ, не только подтвердили существование этого эффекта, обнаруженного ранее М. Д. Галаниным, но и показали, что величина эффекта находится в хорошем количественном согласии с теорией Галанина — Ферстера.

Значение миграции энергии для развития люминесценции в концентрированных растворах в настоящее время надежно установлено. Относительно же механизма тушения при переносе существуют различные точки зрения.

Исследования формы концентрационных кривых длительности свечения растворов флуоресцеина, родамина В и триафлавина в глицерине, проведенные Борисом Яковлевичем с сотрудниками, показали, что в этих случаях определяющую роль в тушении играет перенос энергии возбуждения на нелюминесцирующие ассоциированные молекулы.

Борисом Яковлевичем и его сотрудниками всесторонне изучалось и тушение люминесценции в растворах ароматических углеводородов, в которых важную роль играет диффузия люминесцентных молекул. Найденная зависимость выхода и

длительности свечения флуоресценции растворов антрацена и его производных от вязкости подтвердила диффузионный характер тушения. Оказалось, кроме того, что концентрационное тушение диффузионного типа хорошо описывает теория, развитая применительно к тушению флуоресценции посторонними поглощающими тушителями.

При изучении флуоресценции растворов бензола и его производных впервые были произведены флуорометрические измерения в ультрафиолетовой области и определена длительность флуоресценции растворов бензола, целого ряда его производных и нафталина. В растворах некоторых ароматических углеводородов обнаружены люминесцирующие возбужденные димеры-экимеры. В работах, поставленных Б. Я. Свешниковым, свойства эксимеров впервые изучены с помощью флуорометрической техники на примере растворов бензола, пирена и мезопроизводных антрацена. Одновременные фазовые и демодуляционные измерения длительности в полосе флуоресценции эксимеров, а также измерения на различных частотах модуляции позволили доказать, что эксимеры имеют специфический, неэкспоненциальный закон затухания. Это связано с тем, что эксимеры возникают за время жизни мономеров в возбужденном состоянии, при столкновении последних в процессе диффузии.

Б. Я. было рассмотрено и влияние больших концентраций активатора на фосфоресценцию органических соединений. Тщательными измерениями, выполненными под его руководством, было доказано, что концентрационные изменения фосфоресценции не связаны с переносом энергии с фосфоресцентного уровня, поскольку деполаризация в процессе затухания не проявляется.

Изучение концентрационных характеристик флуоресценции и фосфоресценции одних и тех же объектов привело к выводу, что при больших концентрациях возникает ассоциативное взаимодействие молекул активатора, которое приводит к изменению вероятности переходов между уровнями: увеличиваются вероятности безызлучательных переходов из флуоресцентного в фосфоресцентное и из фосфоресцентного в основное состояние.

РАБОТА ПО ХЕМИЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ

Еще в начале своей научной деятельности Б. Я. Свешников заинтересовался хемилюминесценцией — свечением, возникающим при протекании некоторых химических реакций. Хотя это явление (в виде биолюминесценции) было известно с древних времен, хемилюминесценция остается и в настоящее время одним из наименее изученных типов люминесценции. В конце 30-х годов, когда Б. Я. Свешников начал свои исследования по хемилюминесценции, существовал ряд гипотез для объяснения ее механизма, однако имевшиеся в то время, главным образом химические, данные были недостаточны для правильного выбора между различными, часто явно противоречивыми, предположениями. Проанализировав эти гипотезы, Б. Я. отметил, что все они могут быть разделены на две резко отличные группы: в одной из них предполагается, что возбужденная молекула возникает при химическом взаимодействии двух молекул исходного вещества, а в другой — что она появляется в результате последовательных превращений одной молекулы. Эти два типа механизма хемилюминесценции предполагают совершенно различные зависимости интенсивности свечения (пропорциональную скорости реакции) от концентрации хемилюминесцирующего вещества — квадратичную в первом случае и линейную во втором. Проведенные Б. Я. Свешниковым исследования кинетики хемилюминесценции циклических гидразидов фталевых кислот и люцигина, наблюдающиеся при окислении их перекисью водорода в щелочной среде, однозначно показали, что зависимость начальной интенсивности хемилюминесценции от концентрации близка к линейной. Установление этого факта имело весьма важное значение, т. е. сразу же позволило исключить из рассмотрения все гипотезы, требовавшие квадратичную зависимость.

В результате исследований кинетики свечения были получены также интересные данные о влиянии различных фактов (концентрации реагирующих веществ, вязкости растворителя и др.) на интенсивность хемилюминесценции и на характер ее изменения со временем. Эти данные показывали, что испускание света является результатом сложного переплетения различных химических процессов, соотношение между скоростями которых весьма чувствительно к условиям проведения эксперимента.

Работы по хемилюминесценции, выполненные Б. Я. Свешниковым с характерной для него тщательностью проведения эксперимента и логичностью заключений, внесли существенный вклад в понимание механизма этого явления.

Говоря о цикле исследований Б. Я. по хемилюминесценции нельзя не отметить также его научно-популярные работы, посвященные этому вопросу. Написанные чрезвычайно живо и увлекательно, они не только привлекли внимание к этому интереснейшему явлению, но и дали полное представление о научных результатах, достигнутых при его изучении к тому времени.

Б. Я. Свешников был весьма разносторонне образованным ученым. В качестве примера, иллюстрирующего широту его интересов, можно привести его обзорные работы по хроматографии — вопросу, казалось бы, далекому от его непосредственной

научной деятельности. Появление этих работ было вызвано желанием привлечь внимание исследователей к весьма тонкому и перспективному хроматографическому методу разделения сложных смесей и показать выдающуюся роль в его развитии создателя метода — русского ученого М. С. Цвета.

Б. Я. Свешников уделял постоянное большое внимание вопросам практического использования люминесценции. Им и его учениками создан ряд оригинальных приборов и приспособлений. Люминесцентный метод контроля качества окраски тканей, разработанный совместно с М. Г. Качуриным и П. П. Дикуном, нашел широкое применение на текстильных фабриках страны.

В самых разнообразных приборах используются разработанные Б. Я. Свешниковым и Т. В. Тимофеевой детекторы медленных нейтронов. Значительное внимание Б. Я. уделял работе по люминесцентной дефектоскопии металлических изделий.

Во всех областях науки и практики, с которыми соприкасался Б. Я., он показывал себя вдумчивым, высококвалифицированным специалистом и вместе с тем скромным, глубоко принципиальным человеком, всегда благожелательным, всегда готовым помочь советом и делом в любом полезном начинании. Таким он останется навсегда в памяти его друзей, товарищей и всех его знавших.

*А. В. Аристов, В. Л. Ермолаев, В. Л. Левшин, Г. А. Мокеева,
А. С. Черкасов, В. И. Широков*

СПИСОК НАУЧНЫХ ТРУДОВ Б. Я. СВЕШНИКОВА

1. ТУШЕНИЕ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ ПОСТОРОННИМИ ПОГЛОЩАЮЩИМИ ВЕЩЕСТВАМИ

1. On the Theory of Photochemical Reactions and Chemiluminescence in Solutions, *Acta Physicochim. (USSR)* 3, 257 (1935).
2. О влиянии растворителя на кинетику бимолекулярных реакций в растворах, *ДАН СССР* 3, 61 (1936).
3. The Quenching of Fluorescence of Dye Solutions by Foreign Substances. I, *Acta Physicochim. (USSR)* 4, 354 (1936).
4. О зависимости скорости фотохимических реакций в растворах от концентрации компонент красителя, *ДАН СССР* 15, 177 (1937).
5. Тушение флуоресценции растворов посторонними веществами. II. Влияние растворителя на процессы тушения, *ЖФХ* 10, 654 (1937); *Acta Physicochim. (USSR)* 7, 755 (1937).
6. Тушение флуоресценции растворов посторонними веществами, *Труды ГОИ*, вып. 108 (1938) (канд. дисс.).
7. Тушение фосфоресценции растворов красителей посторонними веществами, *ДАН СССР* 60, 791 (1948).
8. К теории тушения люминесценции органических фосфоров, *ЖЭТФ* 18, 878 (1948).
9. О диффузионной теории тушения флуоресценции растворов посторонними веществами (совместно с Л. А. Кузнецовой и В. И. Широковым), *Опт. и спектр.* 2, 578 (1957).
10. О диффузионной теории кинетики бимолекулярных реакций в растворах (совместно с Л. А. Кузнецовой), *ДАН СССР* 121, 1045 (1958).
11. О кинетике тушения флуоресценции растворов посторонними веществами (совместно с В. И. Широковым, Л. А. Кузнецовой и П. И. Кудряшовым), *Изв. АН СССР, сер. физ.* 22, 1047 (1958).
12. О тушении иодидами флуоресценции растворов при температуре жидкого воздуха (совместно с Л. А. Киянской), *Опт. и спектр.* 11, 613 (1961).
13. О тушении посторонними веществами флуоресценции растворов в области больших концентраций флуоресцирующего вещества (совместно с Л. А. Киянской и П. И. Кудряшовым), *ДАН СССР* 143, 563 (1962).
14. О зависимости тушения флуоресценции посторонними веществами от вязкости раствора (совместно с А. С. Селиваненко, В. И. Широковым и Л. А. Киянской), *Опт. и спектр.* 13, 45 (1963).
15. О зависимости тушения флуоресценции посторонними веществами от вязкости растворителя. II (совместно с Л. А. Киянской), *Оптика и спектроскопия. Сб. статей. I. «Люминесценция», 1963, стр. 60.*

II. ФОСФОРЕСЦЕНЦИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

1. Об идентичности центров длительного и короткого свечения органолюминофоров, *ДАН СССР* 51, 429 (1946).
2. Абсорбция и фосфоресценция органических фосфоров при насыщении светом, *ДАН СССР* 51, 675 (1946).

3. О влиянии концентрации активатора на фосфоресценцию органолюминофоров, ДАН СССР 58, 49 (1947).
4. О зависимости длительности фосфоресценции от вязкости растворителя (совместно с П. П. Дикуном), ДАН СССР 60, 571 (1948).
5. Поглощение света на метастабильных состояниях молекул в органолюминофорах и фотохимические реакции с квадратичной зависимостью от интенсивности света (совместно с П. П. Дикуном), ДАН СССР 59, 37 (1948).
6. Исследование спектра фосфоресценции бензола (совместно с П. П. Дикуном), ДАН СССР 65, 637 (1949).
7. Исследование спектра фосфоресценции мезитилена (совместно с П. П. Дикуном), ДАН СССР 65, 827 (1949).
8. О кинетике фосфоресценции органических веществ, Изв. АН СССР, сер. физ., 13, 67 (1949).
9. Спектры фосфоресценции бензола и его метильных замещенных (совместно с П. П. Дикуном), ЖЭТФ 19, 1000 (1949).
10. О влиянии среды на фосфоресценцию органолюминофоров (совместно с А. А. Петровым), ДАН СССР 71, 461 (1950).
11. О поляризации фосфоресценции органолюминофоров при температуре жидкого воздуха (совместно с В. Л. Ермолаевым), ДАН СССР 71, 647 (1950).
12. Фосфоресценция органических соединений (докторская диссертация), ФИАН, 1951.
13. О длительности фосфоресценции бензола и его производных (совместно с П. П. Дикуном и А. А. Петровым), ЖЭТФ 21, 150 (1951).
14. К вопросу об определении относительного выхода и интенсивности фосфоресценции органолюминофоров, ДАН СССР 105, 1208 (1955).
15. Исследование спектров фосфоресценции органолюминофоров при антистоксовском возбуждении (совместно с П. И. Кудряшовым), Опт. и спектр. 1, 554 (1956).
16. Установка для детального изучения кривых затухания фосфоресценции длительностью более 0,1 секунды (совместно с В. А. Пилиповичем), Опт. и спектр. 4, 116 (1958).
17. О зависимости закона затухания послесвечения борных фосфоров, активированных флуоресцеином, от способа их изготовления (совместно с В. А. Пилиповичем), Опт. и спектр. 4, 541 (1958).
18. О возможности существования у органолюминофоров нескольких фосфоресцентных уровней (совместно с В. А. Пилиповичем), ДАН СССР 119, 59 (1958).
19. О законе затухания длительного свечения органолюминофоров (совместно с В. А. Пилиповичем), Опт. и спектр. 5, 290 (1958).
20. Об определении частот переходов между различными состояниями молекулы активатора в органолюминофорах (совместно с А. В. Аристовым), ДАН СССР 141, 586 (1961).
21. О механизме перехода возбужденных молекул органических веществ в возбужденное состояние (совместно с Г. А. Мокеевой), Опт. и спектр. 10, 86 (1961); Физические проблемы спектроскопии, т. I, М., Изд-во АН СССР, 1962, стр. 218.
22. О люминесценции спиртовых растворов бензола при -196°C (совместно с Т. В. Ивановой), Опт. и спектр. 11, 598 (1961).
23. О влиянии температуры на кинетику α -фосфоресценции органических веществ (совместно с А. В. Аристовым), Опт. и спектр. 13, 222 (1962).
24. О температурном тушении β -фосфоресценции органолюминофоров (совместно с А. В. Аристовым), Опт. и спектр. 13, 383 (1962).
25. К вопросу о внутримолекулярном тушении люминесценции растворов органических соединений (совместно с В. А. Аристовым), Оптика и спектроскопия. Сб. статей. I. «Люминесценция», 1963, стр. 58.
26. О влиянии температуры на вероятность перехода в триплетное состояние молекулы в органолюминофорах (совместно с А. В. Аристовым), Оптика и спектроскопия. Сб. статей. I. «Люминесценция», 1953, стр. 94.
27. Влиянии температуры на вероятность перехода молекулы в фосфоресцентное состояние (совместно с А. В. Аристовым), Изв. АН СССР, сер. физ. (1963) (в печати).
28. О существовании нескольких метастабильных состояний молекулы активатора в органолюминофорах (совместно с А. В. Аристовым), Опт. и спектр. (1963) (в печати).

III. КОНЦЕНТРАЦИОННОЕ ТУШЕНИЕ И КОНЦЕНТРАЦИОННАЯ ДЕПОЛЯРИЗАЦИЯ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ

1. Выход флуоресценции и коэффициенты поглощения растворов красок в области малых концентраций, ЖФХ 5, 38 (1934).
2. О концентрационной деполаризации флуоресценции растворов красителей (совместно с П. П. Феофиловым), ЖЭТФ 10, 1372 (1940); Journ. Phys. USSR 3, 493 (1940).

3. О влиянии концентрации красителя на люминесценцию спиртовых растворов акридинового оранжевого при температуре -183°C (совместно с Л. А. Кузнецовой), Изв. АН СССР, сер. физ. 20, 433 (1956).
4. О механизме концентрационного тушения флуоресценции растворов антрацена (совместно с Г. А. Тищенко), Опт. и спектр. 1, 155 (1956).
5. О возможности перехода одного вида концентрационного тушения флуоресценции в другой (совместно с Л. А. Кузнецовой и В. А. Молчановым), ДАН СССР 109, 746 (1956).
6. К теории концентрационного тушения флуоресценции растворов, ДАН СССР 111, 78 (1956).
7. К теории концентрационного тушения флуоресценции растворов, ДАН СССР 115, 274 (1957).
8. К теории поляризации флуоресценции растворов (совместно с П. И. Кудряшовым), ДАН СССР 115, 894 (1957).
9. О зависимости тушения флуоресценции растворов поглощающими веществами от вязкости растворителя (совместно с Л. А. Кузнецовой), Опт. и спектр. 4, 55 (1958).
10. О зависимости спектров флуоресценции растворов мезозамещенных антрацена от концентрации растворенного вещества (совместно с Г. А. Тищенко и А. С. Черкасовым), Опт. и спектр. 4, 631 (1958).
11. О зависимости поляризации длительного свечения органических веществ от вязкости растворителя (совместно с П. И. Кудряшовым), Изв. АН СССР, сер. физ. 22, 1403 (1958).
12. О концентрационной деполяризации фосфоресценции органолюминофоров (совместно с П. И. Кудряшовым), Опт. и спектр. 8, 651 (1960).
13. О сенсibilизированной флуоресценции в растворах (совместно с П. И. Кудряшовым и Л. А. Лимаревой), Опт. и спектр. 9, 203 (1960).
14. Кинетика концентрационной деполяризации люминесценции и межмолекулярного переноса энергии возбуждения (совместно с П. И. Кудряшовым и В. И. Широковым), Опт. и спектр. 9, 341 (1960).
15. О концентрационном тушении люминесценции органолюминофоров (совместно с Г. А. Мокеевой), Опт. и спектр. 9, 601 (1960).
16. О деполяризации флуоресценции растворов при переносе энергии возбуждения посредством излучения и при безызлучательном переносе (совместно с П. И. Кудряшовым), ДАН СССР 134, 792 (1960).
17. О длительности ультрафиолетовой флуоресценции некоторых ароматических соединений (совместно с Т. В. Ивановой и П. И. Кудряшовым), ДАН СССР 138, 572 (1961).
18. О зависимости изменений средней длительности и выхода люминесценции в процессе тушения от закона взаимодействия молекул (совместно с В. И. Широковым), Опт. и спектр. 12, 576 (1962).
19. О зависимости флуоресценции растворов бензола, толуола и *n*-ксилола от концентрации флуоресцирующего вещества (совместно с Т. В. Ивановой и Г. А. Мокеевой), Опт. и спектр. 12, 586 (1962).
20. Механизм концентрационного тушения флуоресцеина, родамина и триафлавина в глицерине (совместно с В. И. Широковым и Л. А. Лимаревой), Изв. АН СССР, сер. физ. 27, 551 (1963).

IV. ХЕМИЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ

1. О механизме хемилюминесценции 3-аминофталевого гидразида, ЖФХ 11, 720 (1938); Acta Physicochim. (USSR) 8, 44 (1938).
2. On the Chemiluminescence of Lueigenine, Acta Physicochim. (USSR) 17, 173 (1942).
3. Спектры абсорбции фталевых циклогидразидов при различных pH (совместно с В. В. Зелинским), ДАН СССР 34, 275 (1942).
4. О механизме хемилюминесцентных реакций окисления перекисью водорода, ДАН СССР 35, 311 (1942).
5. Хемилюминесценция в растворах, Изв. АН СССР 9, 341 (1945).
6. О хемилюминесценции люцигенина (совместно с П. П. Дикунном), ЖФХ 19, 289 (1945).

V. ПРИМЕНЕНИЕ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ И АДсорбционных МЕТОДОВ В ПРАКТИКЕ

1. Быстрый метод количественного анализа смеси ароматических углеводов по спектрам поглощения, Журн. прикл. химии 13, 762 (1940).
2. Лупы с люминесцентным осветителем (совместно с Г. Г. Слюсаревым), ЖТФ 14, 577 (1944).

3. Карманный люминесцентный экспонометр-люксметр (совместно с Г. Г. Слюсаревым), Заводск. лаб., 455 (1946).
4. Люминесцентный контроль вытравной печати (совместно с П. П. Дикунном и М. Г. Качуриным), Текст. пром., № 5 (1950).
5. Люминесцентный метод диагностики экспериментальных гипертонических состояний (совместно с Л. Н. Брайнес и С. Н. Брайнес), ДАН СССР 78, 47 (1951).
6. Малогабаритный осветитель для люминесцентной дефектоскопии (совместно с И. В. Зайцевым и П. И. Кудряшовым), Опт.-мех. пром., № 3, 37 (1957).
7. Простой фотоэлектрический поляриметр-флуориметр (совместно с С. В. Волковым и П. И. Кудряшовым), Опт.-мех. пром., № 5 (1958).
8. Люминесцентный детектор для медленных нейтронов (совместно с Т. В. Тимофеевой), Опт.-мех. пром., № 7, 20 (1959).
9. Борно-глицеринные органолуминофоры (совместно с П. И. Кудряшовым, А. С. Черкасовым и Г. А. Тищенко), Инж. физ. журн. 2, 62 (1959).

VI. ОБЗОРЫ И НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЕ СТАТЬИ

1. Люминесцентный анализ в медицине (совместно с С. И. Вавиловым), Новости медицины, № 2, 3 (1940).
2. Хемилюминесценция в растворах, Природа, № 2, 15 (1941).
3. Хроматографический и люминесцентный адсорбционный анализ по методу М. С. Цвета, Природа, № 6, 14 (1941).
4. Живой свет, Природа, № 3, 11 (1944).
5. Новые экспериментальные данные о механизме фотосинтеза, Природа, № 4, 29 (1944).
6. Современное состояние хроматографического анализа. Статья в книге «Избранные труды М. С. Цвета», 1946.
7. М. С. Цвет — создатель хроматографического метода, Природа, № 9, 65 (1951).
8. Памяти академика С. И. Вавилова, Журн. общ. химии 21, 601 (1951).
9. Тушение флуоресценции растворов посторонними веществами как метод исследования кинетики бимолекулярных реакций в растворах, УФН 46, 331 (1952).
10. Фосфоресценция органических соединений, Труды сессии ГОИ, посвященной памяти академика С. И. Вавилова, 1953, стр. 53.
11. Применение светосоставов постоянного действия в лупах и фотометрических устройствах (совместно с Г. Г. Слюсаревым), Труды сессии ГОИ, посвященной памяти академика С. И. Вавилова, 1953, стр. 230.
12. Сергей Иванович Вавилов, Опт. и спектр. 10, 426 (1961).
13. Тушение люминесценции растворов посторонними веществами, УФН 75, 287 (1961).
14. Рецензия на книгу «Люминесцентный анализ», Опт. и спектр. 12, 667 (1962).