

Положенные в примерах результаты могут быть использованы в линзовых лучеводах.

В заключение заметим, что интегральные уравнения (4) можно обобщить на случай многозеркальных резонаторов.

Автор благодарен В. С. Булдыреву за обсуждение работы.

### Литература

- [1] А. Г. Фох, Т. Ли. Proc. IEEE, 51, 1, 1963.
- [2] М. М. Попов. Вестн. ЛГУ, № 22, вып. 4, 42, 1969.
- [3] Т. Ф. Панкратова. Записки научных семинаров ЛОМИ АН СССР, 15, 122. Изд. «Наука», Л., 1969.
- [4] М. М. Попов. Сб. «Проблемы мат. физики», в. 6. Изд. ЛГУ, 1971.
- [5] Л. А. Вайнштейн. ЖЭТФ, 45, 684, 1963.
- [6] В. С. Булдырев. Докт. дисс. ЛГУ, 1969.

Поступило в Редакцию 15 марта 1971 г.

УДК 535.371

## БАТОХРОМНАЯ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ КРАСИТЕЛЕЙ В СПИРТОВЫХ РАСТВОРАХ И ПОЛИМЕРНЫХ МАТРИЦАХ

В. И. Томин и А. Н. Рубинов

Как известно, спектральные характеристики сложных молекул в полярных растворах существенно зависят от ориентационных взаимодействий с растворителем [1]. Ориентационные явления обуславливают, в частности, смещение спектра люминесценции в коротковолновую область, наблюдавшееся для ряда веществ при понижении температуры раствора [1-3]. В работах [4-6] было показано, что полярные растворы органических красителей следует описывать моделью элементарной ячейки раствора с учетом распределения ячеек по энергиям ориентационного взаимодействия молекул в ячейке. Такой подход позволил получить новую информацию о свойствах полярных растворов. В частности, удалось объяснить [5, 6] причины нарушения универсального соотношения Степанова для спектров поглощения и люминесценции сложных молекул при низких температурах, а также предсказать и обнаружить [4] характерную зависимость спектра люминесценции красителя от частоты возбуждающего света. Эта зависимость заключается в красном смещении спектра люминесценции при возбуждении красителя в области длинноволнового склона полосы поглощения и проявляется, когда время жизни молекулы красителя в возбужденном состоянии  $\tau^*$  больше времени ориентационной релаксации среды  $\tau_p$  (люминесценция, сдвинутая в красную область, названа батохромной люминесценцией [4]).

В работе [4] и несколько позднее в [7] сообщалось о наблюдении батохромной люминесценции в замороженных глицериновых растворах производных фталимида. В данном сообщении представлены новые экспериментальные данные, которые подтверждают существование люминесценции не только для растворов фталимидов, но и для красителей других химических классов (кумарины, полиметиновые красители) в различных растворителях, в том числе и в полимерных матрицах. Регистрация спектров люминесценции производилась фотоэлектрическим способом. Возбуждение осуществлялось через монохроматор; ширина линии возбуждения составляла 5 нм. Концентрация молекул красителя в растворе  $10^{-7}$  моль/л. В условиях записи спектров люминесценции собственное свечение растворителей в области люминесценции отсутствовало. Для растворов органических красителей, в которых ориентационные взаимодействия слабы (родамин 6Ж в различных растворителях, 3-аминофталмид в неполярных растворителях типа бензола), батохромная люминесценция в пределах точности эксперимента не зарегистрирована.

Из анализа, выполненного в работах [4-6], следует, что в жидких растворах красителей батохромная люминесценция может наблюдаться лишь при низких температурах, а в твердых полимерных растворах — при комнатных. Этот вывод подтверждается экспериментальными измерениями.

В таблице приведены названия красителей и растворителей, а также частоты максимумов полос поглощения, обычной люминесценции при низкой и комнатной темпера-

Перечень красителей, для которых наблюдалась багровая люминесценция

Название красителя	Растворитель	Максимум полосы поглощения, см <sup>-1</sup>	Максимум полосы люминесценции при T = 300 °К	Максимум полосы люминесценции при низкой температуре *	Частота возбуждения багровой люминесценции	Максимум полосы багровой люминесценции
3-Аминофталальдигид	Глицерин промывочный спирт + эфир (3 : 1)	25000	20200	21600	22000	20400
	ПММК	25000	20800	—	22200	20800
	ПММК	25000	21600	—	22000	20000
3-Амино-N-этилфталальдигид	Глицерин	24000	20000	21200	22000	20500
	ПММК	24000	21700	—	21800	20700
4-Амино-N-метилфталальдигид	Глицерин промывочный спирт + эфир (3 : 1)	26000	18500	20500	20900	19500
	ПММК	26000	19300	21200	22000	19900
	ПММК	26000	22000	—	23300	21700
3,6-Диаминфталальдигид	Глицерин	22000	18300	18800	19300	18600
	Глицерин	25000	18000	19900	19700	18500
4-Мономеламино-N-метилфталальдигид	Изопропанол	31000	22200	24400	24600	23000
	Этанол	16100	13500	14000	14450	13650
4-Метилумбеллиферон	Этанол	16700	13250	13900	14000	13300
	Этанол	16700	13250	13900	14000	13300
3,3'-Диатил-4',5'-дифенил-4-кето-5-(3''-этил-4'',5''-дифенил-4-кето-5(3''-этил-4'',5''-дифенил)тиазолино-тиазолоцианил)сульфат (№ 2943)	Этанол	16700	13250	13900	14000	13300
	Этанол	16700	13250	13900	14000	13300
Бис-1-(p-сульфофенил)-3-карбокситриазолол-5-ил-4)-пентаметиндиоксанин	Этанол	16700	13250	13900	14000	13300
	Этанол	16700	13250	13900	14000	13300

\* Спектры обычной и багровой люминесценции снимались для глицериновых растворов при температуре 200 °К, а для спиртовых растворов и смесей при 77 °К.

турах, батохромной люминесценции и частоты возбуждения батохромной люминесценции.<sup>1</sup>

На рис. 1, *a—e* приведены спектры поглощения при  $T=293^\circ\text{K}$  (1), спектры обычной люминесценции при  $293^\circ\text{K}$  (2),  $77^\circ\text{K}$  (3), а также батохромной люминесценции (4) при  $77^\circ\text{K}$  для

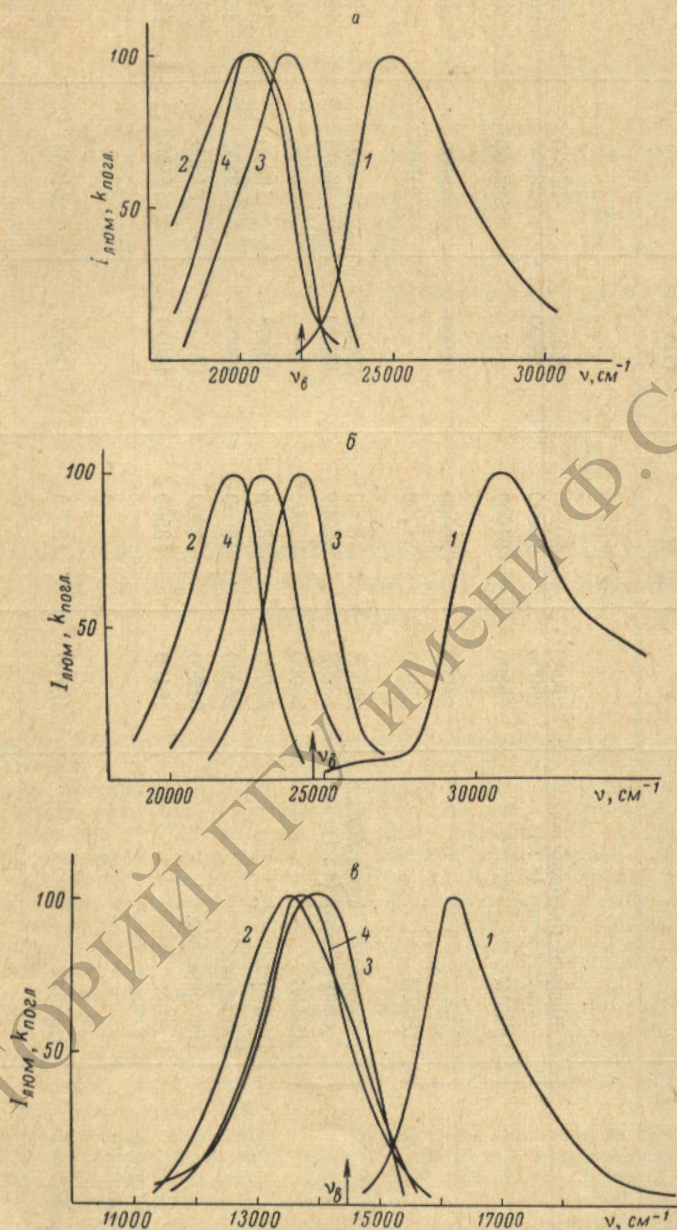


Рис. 1. Спектры поглощения при  $293^\circ\text{K}$  (1), обычной люминесценции при  $293^\circ\text{K}$  (2),  $77^\circ\text{K}$  (3) и батохромной люминесценции (4) при  $77^\circ\text{K}$  для аминофтальмида в глицерине (*a*), 4-метилумбиферона в изопропаноле (*b*) и 3,3'-диэтил-4',5'-дифенил-4-кето-5(3''-этил-4'',5''-дифенилтиазолинлиден-2''-этилиден)тиазолинотиазолианинэтилсульфата в этаноле (*c*).

при  $77^\circ\text{K}$  (4) для спиртовых растворов красителей трех разных классов. На рис. 2 представлены спектры поглощения (1), люминесценции (2) и батохромной люминес-

<sup>1</sup> Все красители и растворители, использовавшиеся в опытах, предварительно были подвергнуты тщательной очистке. Полимерные образцы приготавливались без добавления активатора.

ценции (3) для 3-аминофталимиды в полиметилметакрилате. Вертикальными линиями на рис. 1, 2 отмечены частоты возбуждения батохромной люминесценции.

Из рис. 1, 2 видно, что полоса батохромной люминесценции для данных веществ существенно смещена в длинноволновую область относительно полосы люминесценции при обычном коротковолновом возбуждении в максимуме полосы поглощения и по

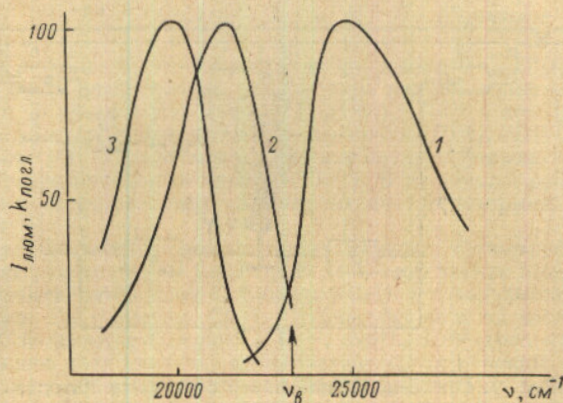


Рис. 2. Спектры поглощения (1), обычной люминесценции (2) и батохромной люминесценции (3) для 3-аминофталимиды в полиметилметакрилате (ПММК).

своему положению близка к полосе люминесценции при комнатной температуре. Существование батохромной люминесценции необходимо учитывать при люминесцентных измерениях в охлажденных растворах и полимерных матрицах, так как форма и положение спектра люминесценции будет существенно зависеть от спектрального состава возбуждающего света.

В заключение авторы считают своим приятным долгом выразить признательность Б. И. Степанову за внимание к работе, Б. Н. Касьянову и Ю. В. Старцеву за помощь в экспериментах.

#### Литература

- [1] Б. С. Непорент. ЖФХ, 30, 1048, 1956.
- [2] Л. Г. Пикулик. Изв. АН СССР, сер. физ., 24, 572, 1960; Канд. дисс., Минск, 1957.
- [3] А. С. Черкасов. Изв. АН СССР, сер. физ., 24, 591, 1960; А. С. Черкасов, Г. И. Драгнева. Опт. и спектр., 10, 466, 1961.
- [4] А. Н. Рубинов, В. И. Томин. Опт. и спектр., 29, 1082, 1970.
- [5] В. И. Томин. Матер. I Республ. конф. молодых ученых, 77, 1970.
- [6] А. Н. Рубинов, В. И. Томин. Опт. и спектр., 30, 859, 1971.
- [7] К. И. Рудик, Л. Г. Пикулик. Опт. и спектр., 30, 274, 1971.

Поступило в Редакцию 23 марта 1971 г.

УДК 621.373 : 535

## 250-МИЛЛИВАТТНЫЙ ГЕЛИЙ-НЕОНОВЫЙ ЛАЗЕР С РТУТНЫМ КАТОДОМ

И. Н. Гончарук, В. Ю. Давыдов, И. Т. Саватинова и Э. В. Числер

Благодаря высокой стабильности излучения, простоте и надежности в эксплуатации гелий-неоновые лазеры получили широкое распространение в качестве источников света для возбуждения спектров комбинационного рассеяния. Существенным недостатком лазеров этого типа является небольшая мощность излучения, не превышающая обычно 50—60 мвт. Этот недостаток особенно ощутим при исследовании высокочастотных колебательных спектров ( $> 1000 \text{ см}^{-1}$ ), где применяемые обычно фотоумножители обладают низкой чувствительностью. Ниже мы приводим параметры гелий-неонового