

*ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМ. В.Н. КАРАЗІНА  
КАФЕДРА ХІМІЧНОГО МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА*

**Спецкурс**  
**«Сучасний органічний синтез»**

**(Частина 2. Промислове виробництво органічних речовин і матеріалів)**

**Ілюстративний матеріал до теми: Люмінофори. Ч. 2**

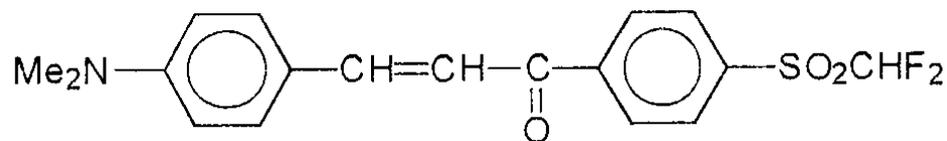
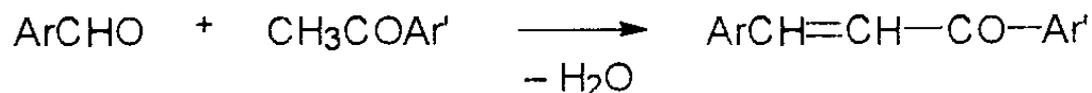
**Доцент КХімМат ХФ Шкумат А.П.**

**Харків - 2020**

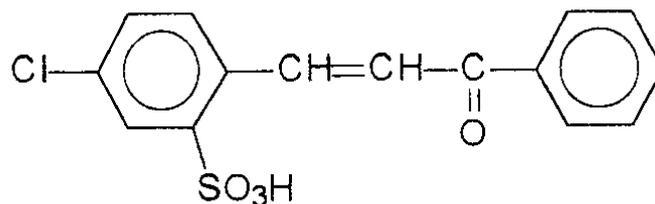
Люминофоры  
с карбонильной группой

# 1-Арил'-3-(4-диметиламинофенил)пропен-1-оны

Общая схема получения:



I

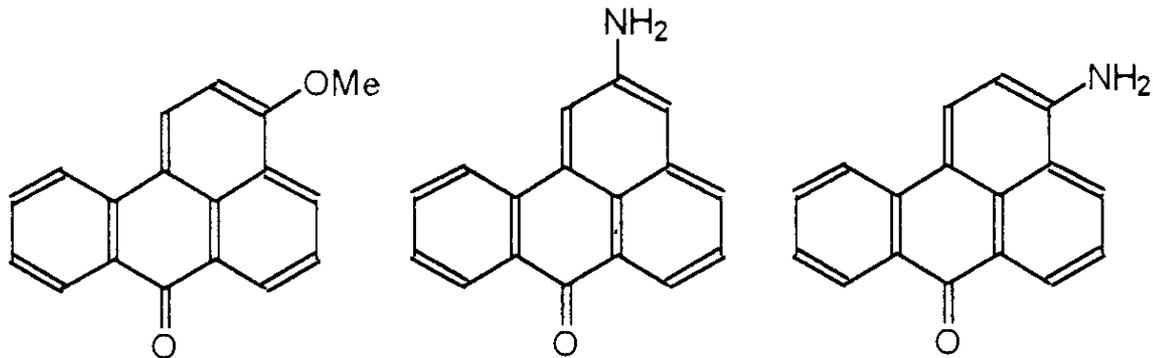


II

I – Биологический флуоресцентный зонд для определения содержания холистерина и триглицеридов в плазме крови.

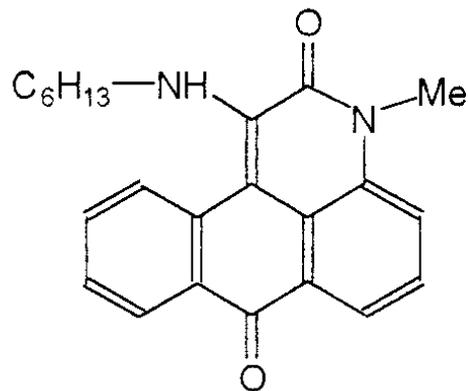
II- Зонд для определения содержания воды в углеводородных средах (интенсивная флуоресценция в твердом состоянии и отсутствие в углеводородных средах).

# Бензантроны



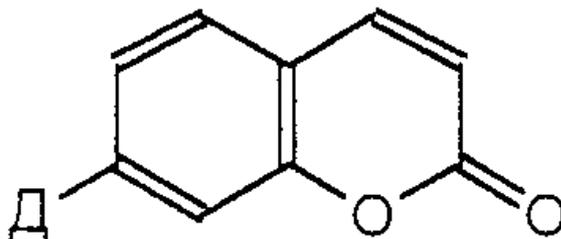
## 1-Гексиламино-N-метилантрапиридон –

люминофор для дневных флуоресцентных красок

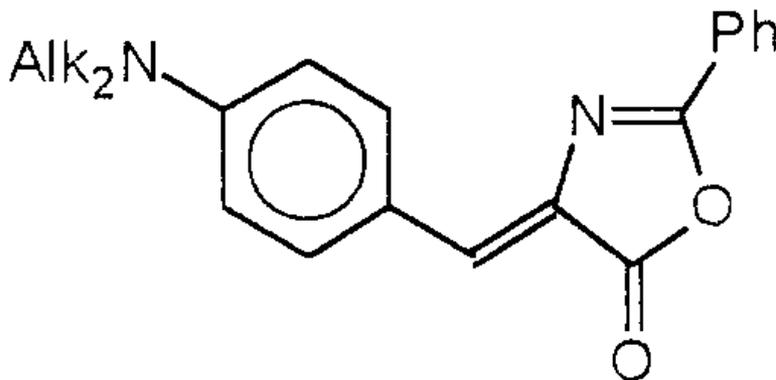


# Кумарины и оксазолонны

А

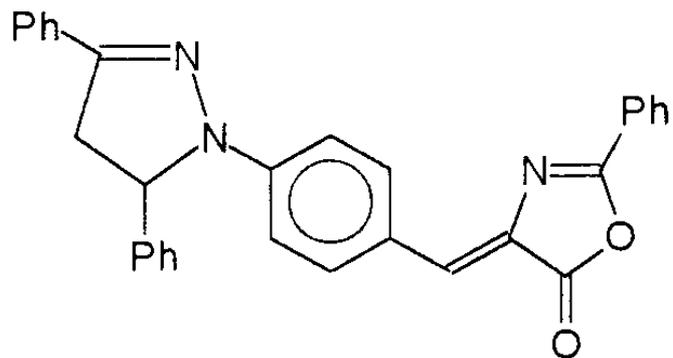
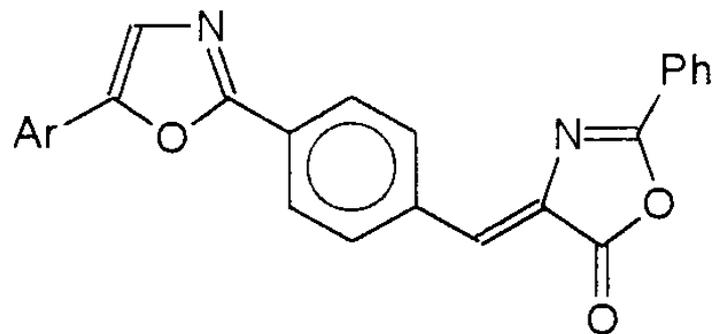


Б



**А**- оптические отбеливатели, активные среды жидкостных лазеров  
**Б**-люминофоры желто-оранжевого свечения (тв. сост.)

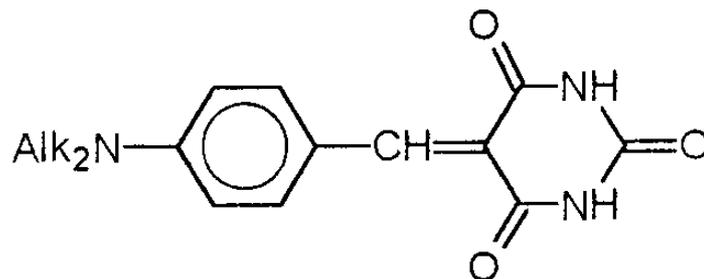
# Бифлуорофоры



**Термоиндикаторы** – меняют цвет люминесценции в  
точке плавления

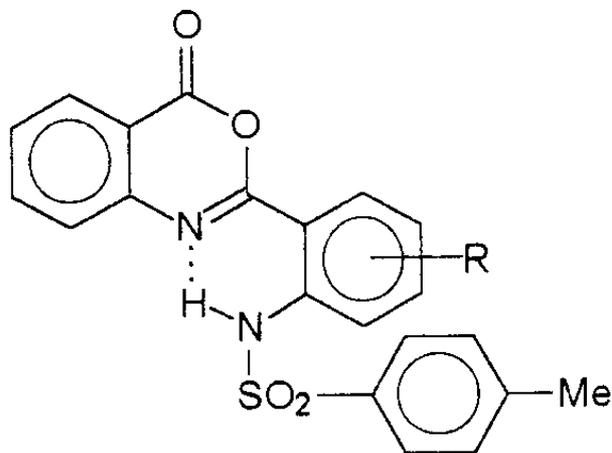
# Производные барбитуровой кислоты

**А**



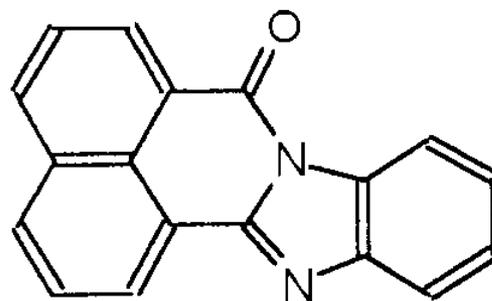
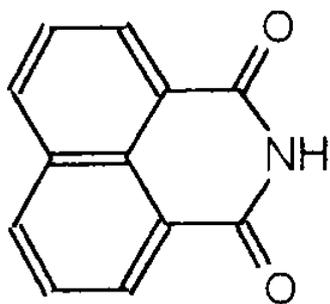
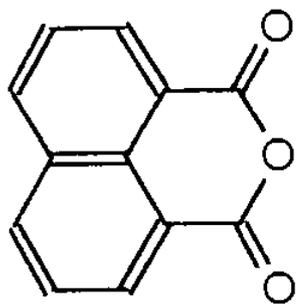
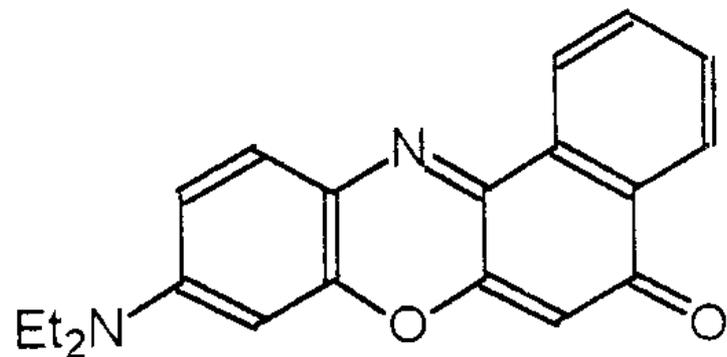
# Производные бензоксазин-5-она

**Б**

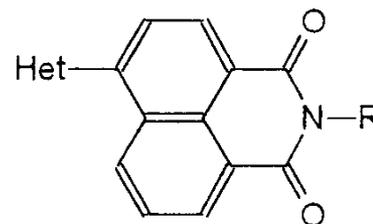
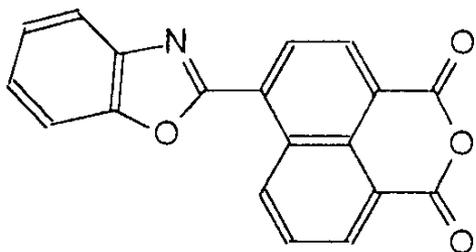
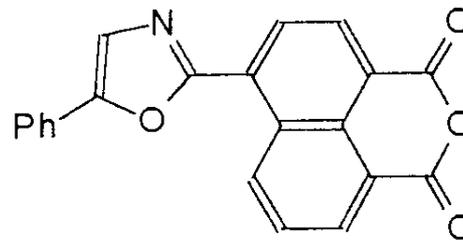
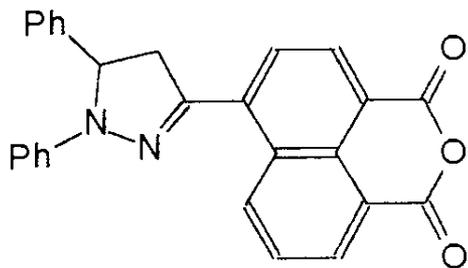


Люминесценция соед. **А** и **Б** - в твердом состоянии

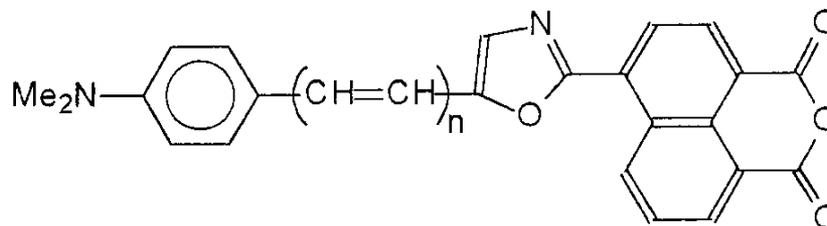
# Производные бензоксазин-5-она и нафталевой кислоты



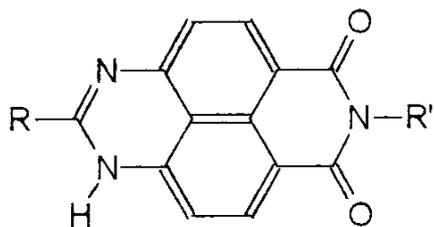
# Люминофоры на основе нафталеновой (1,8-нафталиндикарбоновой) кислоты. 1



R = H, Alk и др.

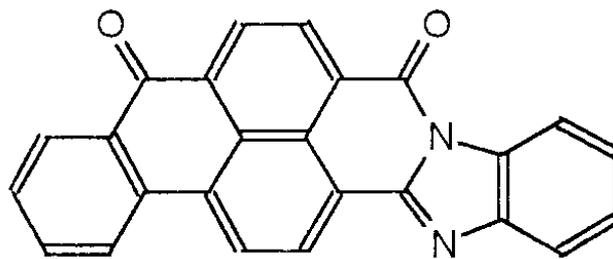
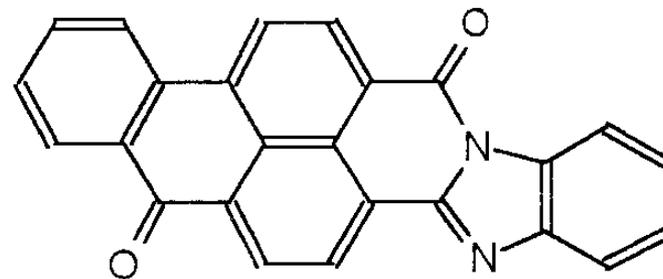
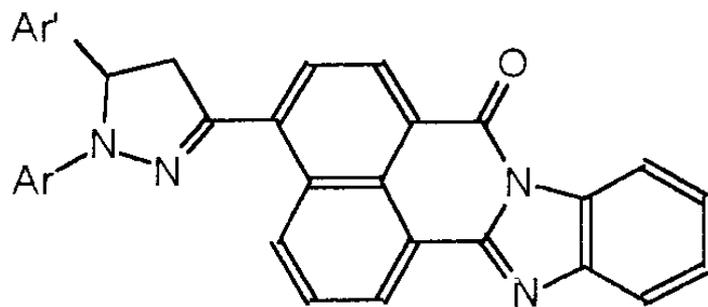
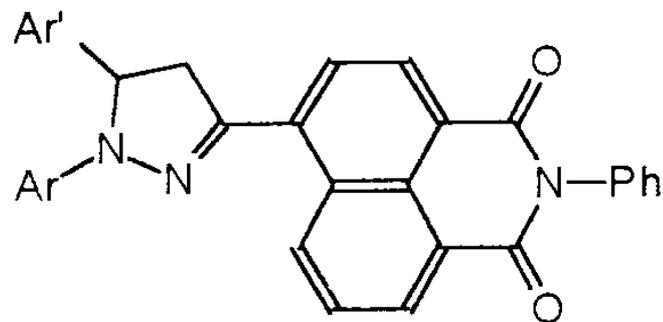
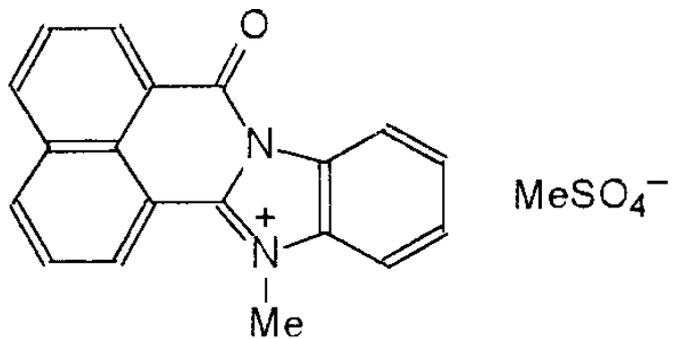


$n = 1, 2$

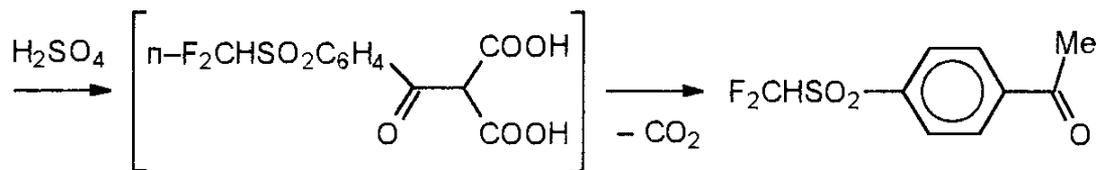
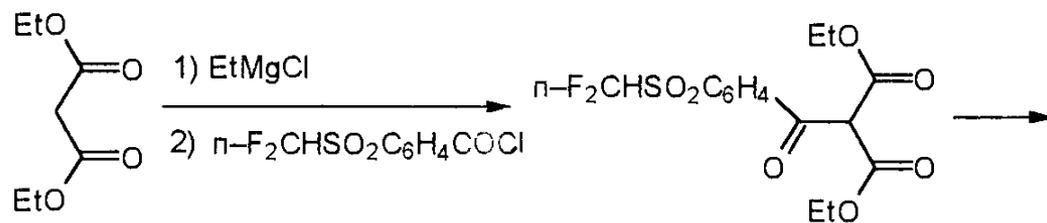


R, R' = Alk, Ar

# Люминофоры на основе нафталевой (1,8-нафталиндикарбоновой) кислоты. 2

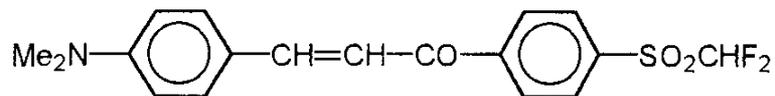
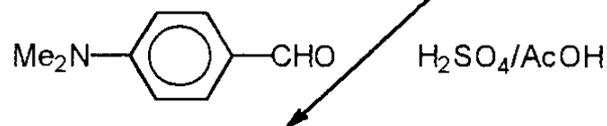


## Примеры синтезов. 1



Флуоресценция:

$\Lambda_{\text{макс}} = 545$  (толуол)



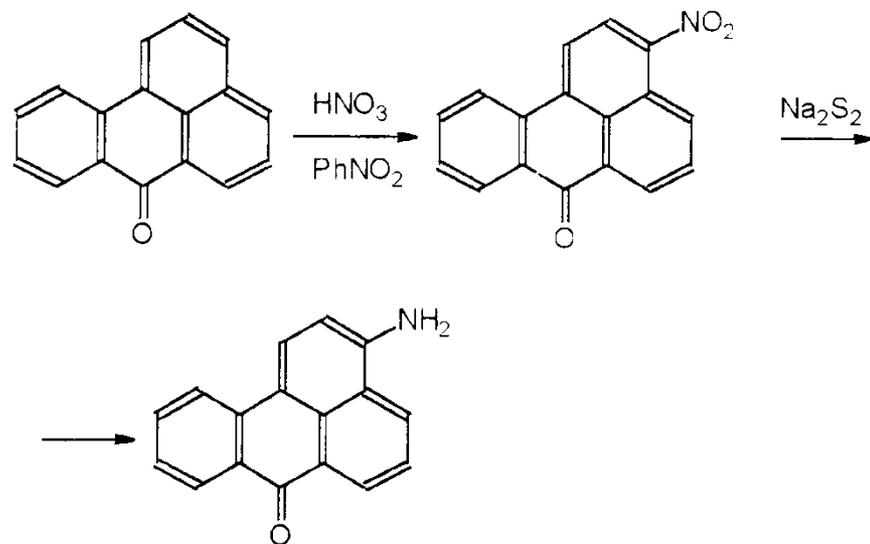
**4-Диметиламино-4'-дифторметилсульфонилбензилиденацетофенон**

# Примеры синтезов. 2

## 3-Аминобензантрон

Флуоресценция:

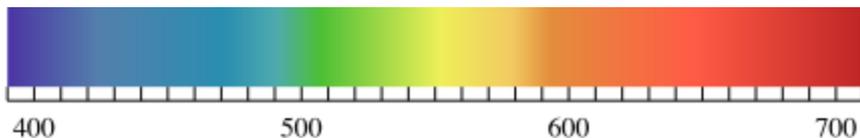
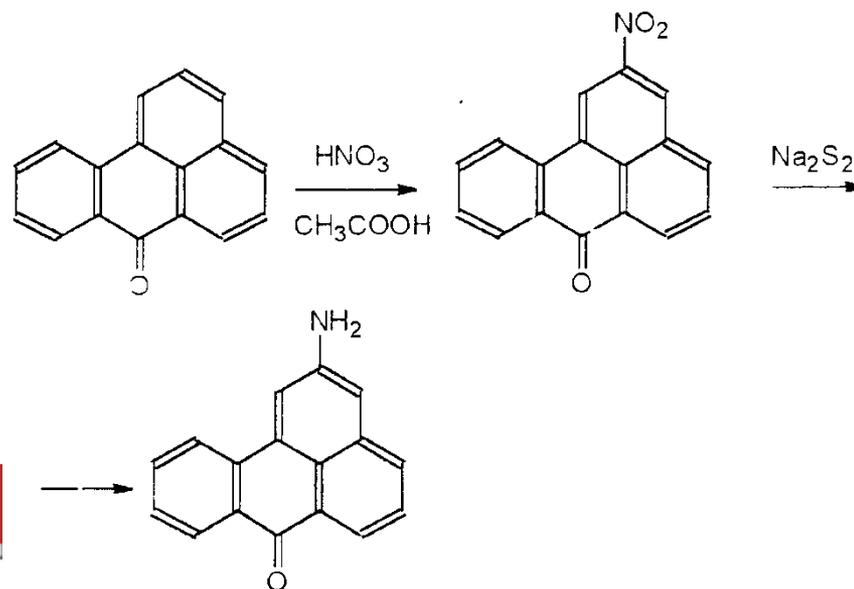
$\Lambda_{\text{макс}} = 565$  (толуол)



## 2-Аминобензантрон

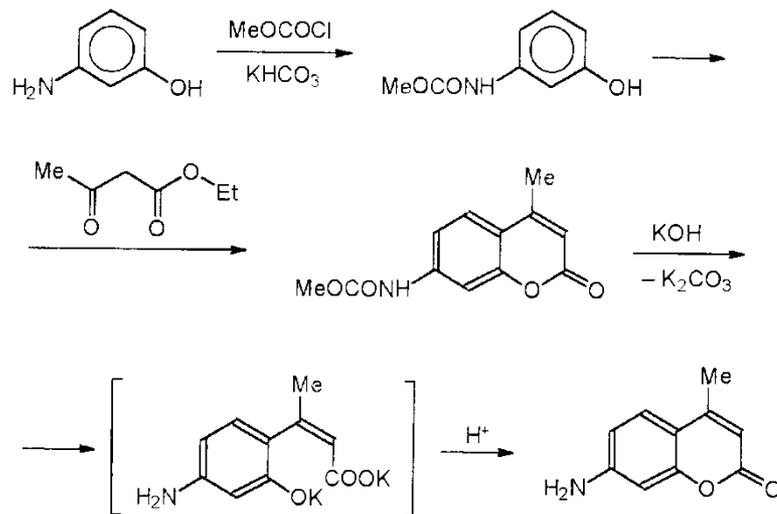
Флуоресценция:

$\Lambda_{\text{макс}} = 510$  (толуол)

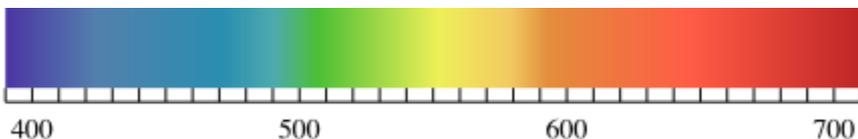
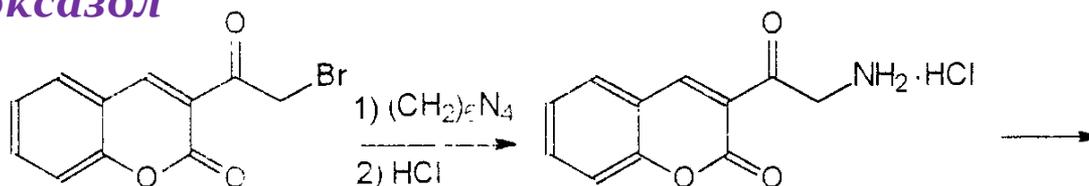


# Примеры синтезов. 3. Синтез замещенных кумаринов

## 7-Амино-4-метилкумарин

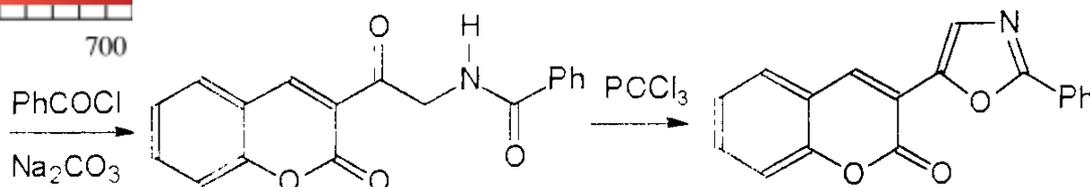


## 2-Фенил-5-(кумаринил-3)оксазол



Флуоресценция:

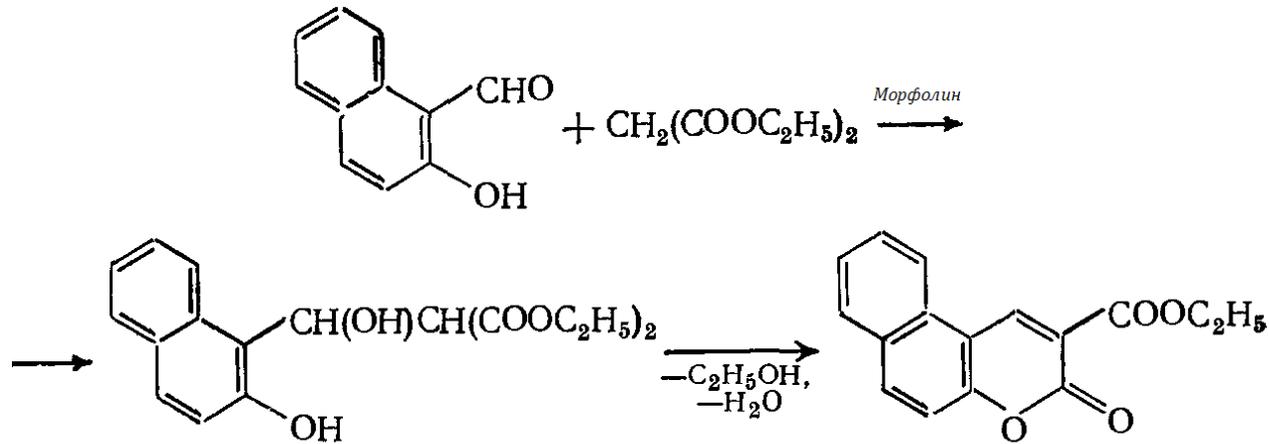
$\lambda_{\text{макс}} = 435$  (толуол)



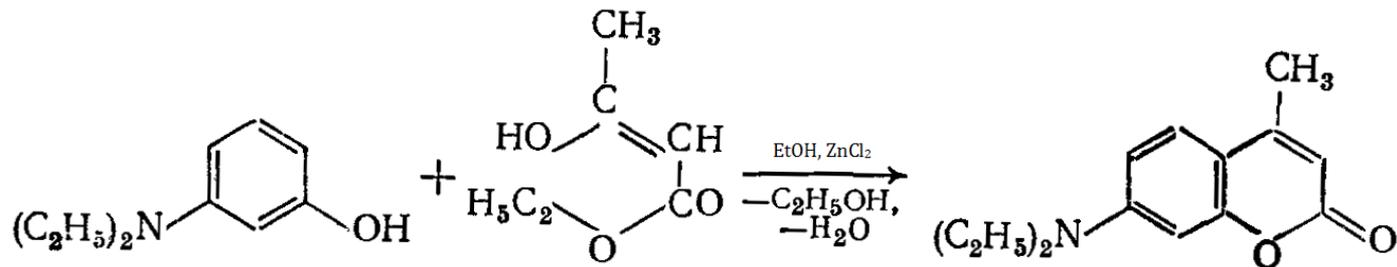


## Примеры синтезов. 4. Синтез замещенных кумаринов

### Этиловый эстер 5,6-бензокумарин-3-карбоновой кислоты

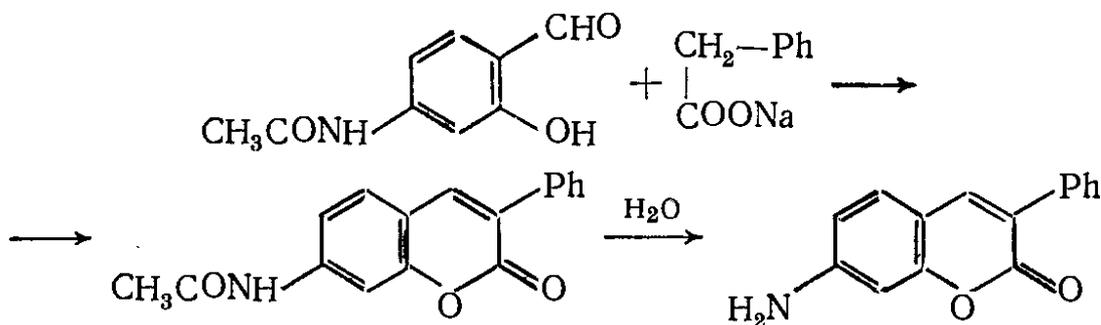


### 4-Метил-7-диэтиламинокумарин

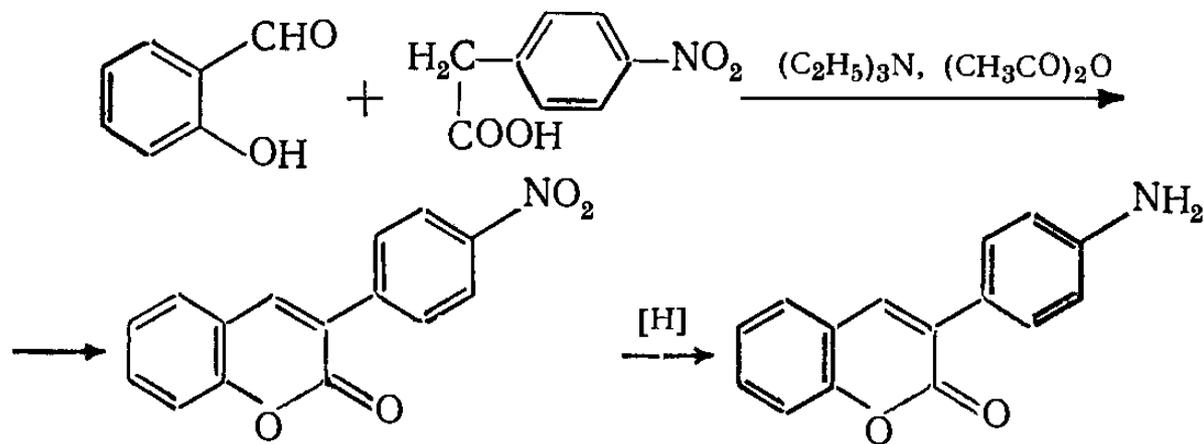


## Примеры синтезов. 5. Синтез замещенных кумаринов

### 3-Фенил-7-аминокумарин



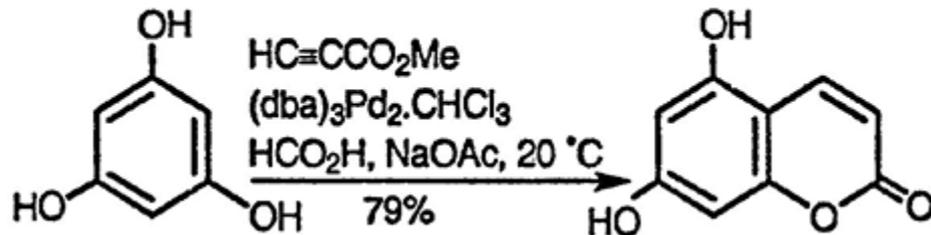
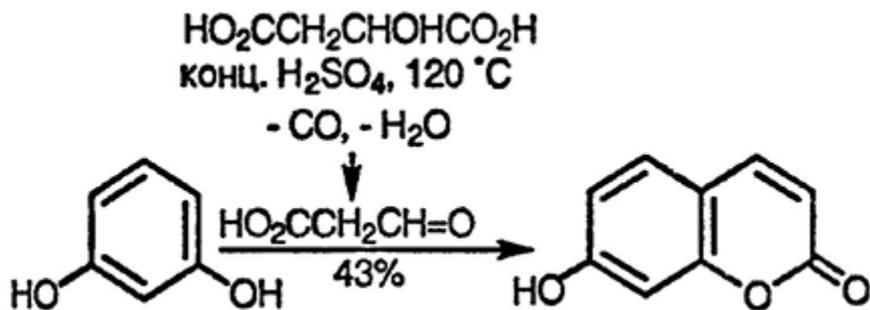
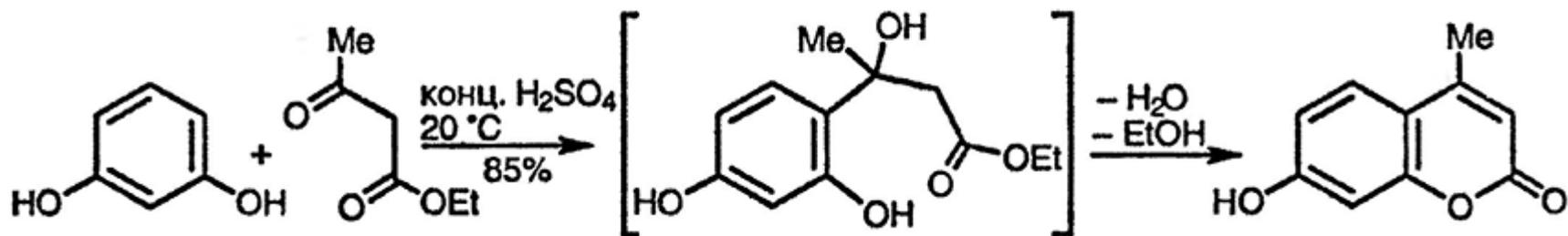
### 3-(4-Аминофенил)кумарин



# Реакция Пехмана

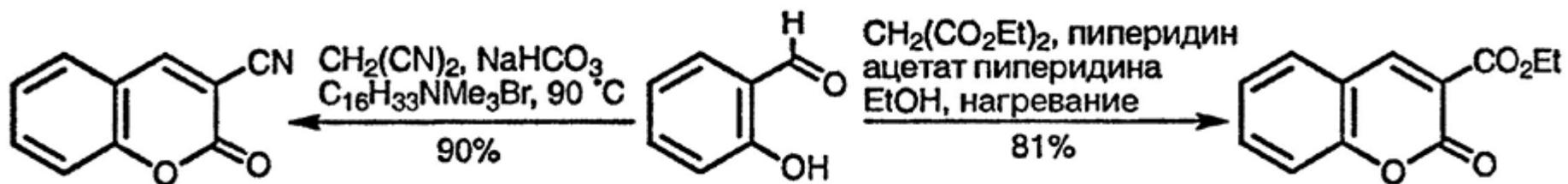
## (Из фенолов и эфиров 1,3-кетокислот)

Реакции фенолов с эфирами  $\beta$ -кетокислот, в том числе и циклических приводят к образованию кумаринов в условиях кислотного катализа — в присутствии концентрированной серной кислоты, фтороводорода или катионообменной смолы:



Использование эфира малоновой кислоты (или самой малоновой кислоты), малононитрила или замещённых ацетонитрилов на стадии конденсации Кнёве-нагеля позволяет получать таким методом эфиры 3-кумаринкарбоновых кислот, 3-циано-, 3-алкил- или 3-арилкумарины.

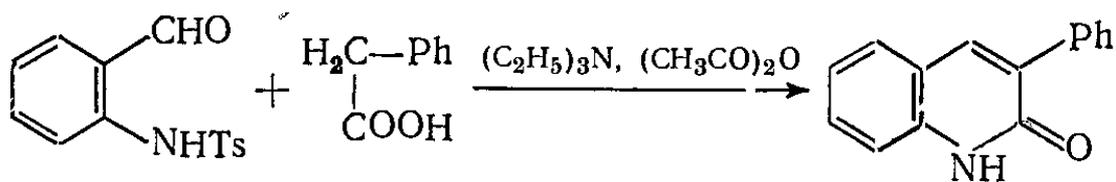
Эфиры кумарин-3-карбоновых кислот можно затем превратить в незамещённые по гетероциклическому фрагменту производные кумарина в результате гидролиза и декарбоксилирования:



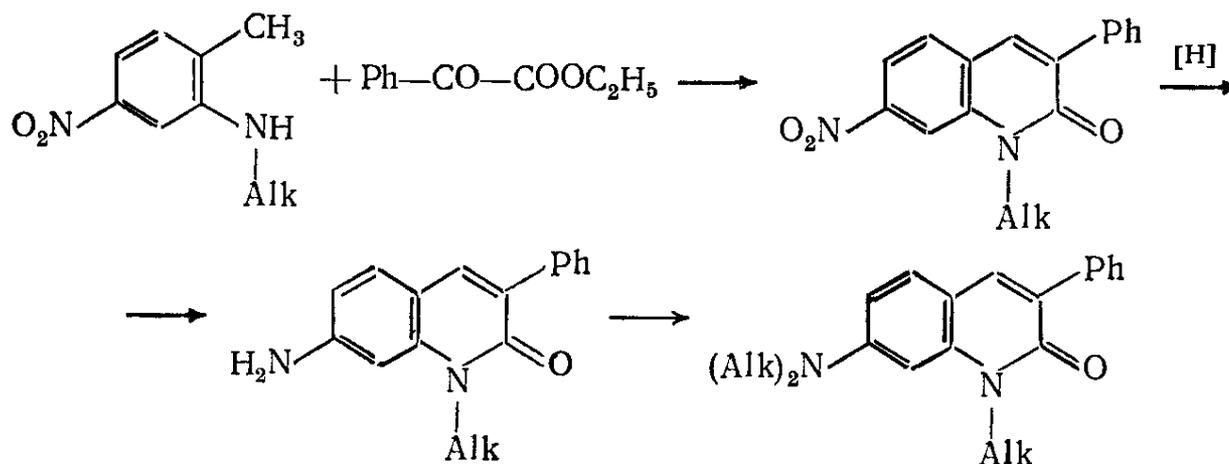
## Примеры синтезов. 6.

### Синтез аналогов кумаринов - карбостиролов

#### 3-Фенилкарбостирол

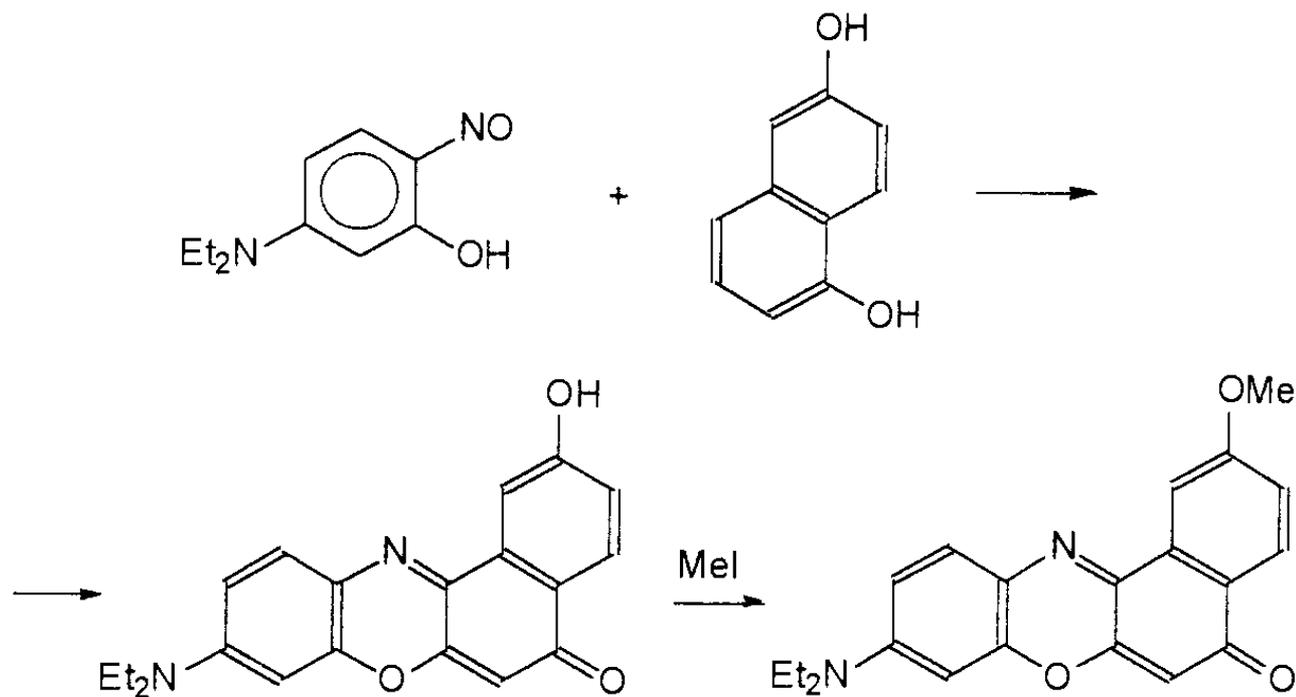


#### N-Алкил-3-фенил-7-диалкиламинокарбостирол



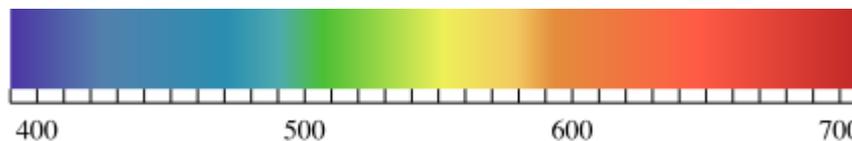
# Примеры синтезов. 7

## 2-Метокси-9-диэтиламинобензо-[a]феноксазион-5



Флуоресценция:

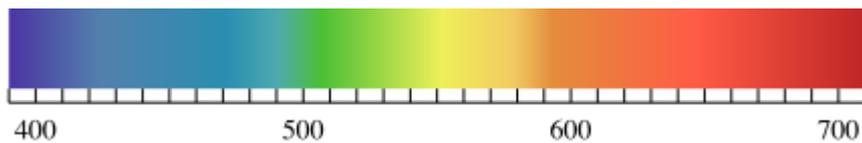
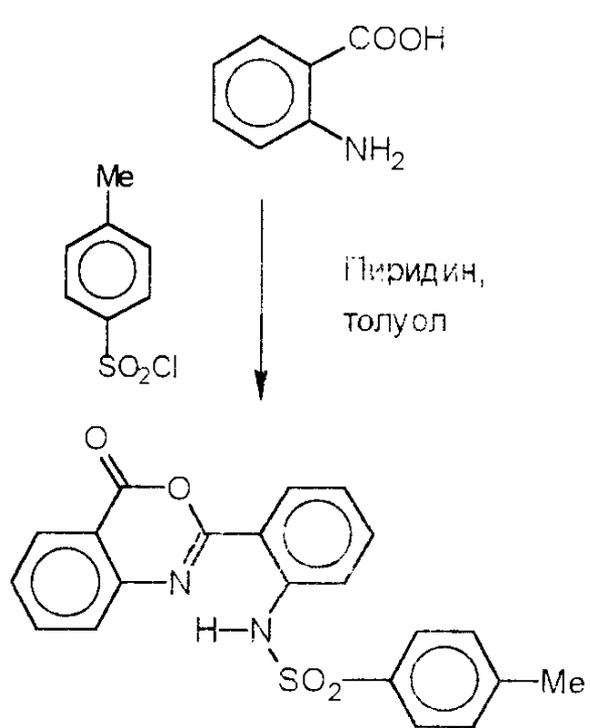
$\lambda_{\text{макс}} = 635$  (этанол)



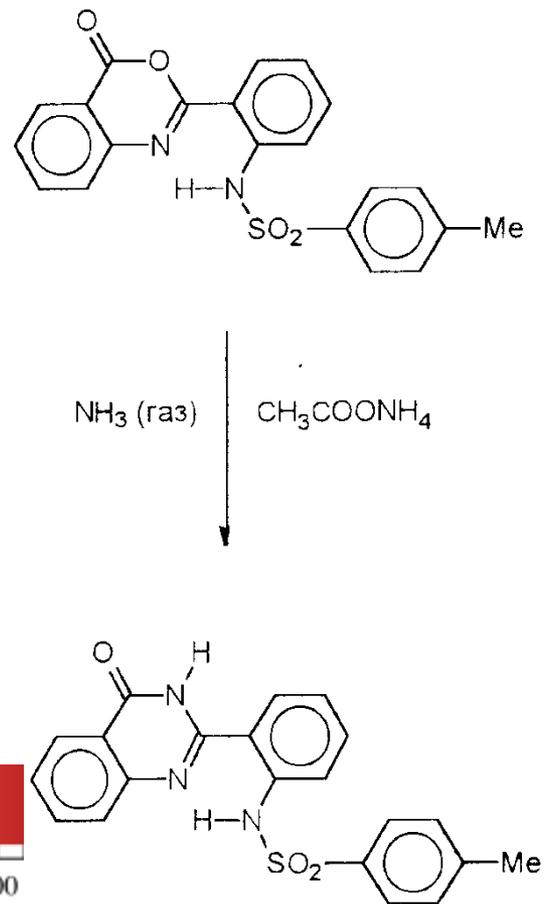
# Примеры синтезов. 8

Синтез 2-(2'-Тозиламинофенил)-4Н-3,1-бензоксазин-4-он и

2-(2'-тозиламинофенил)-хиназолинон-4



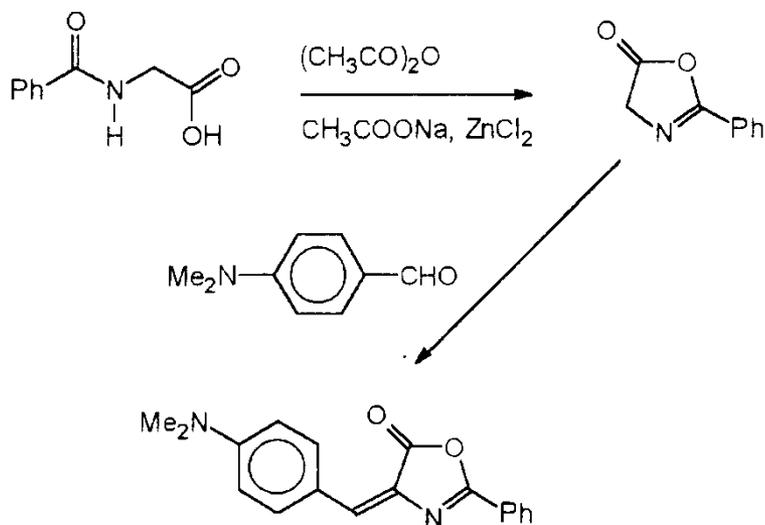
Люминесценция :  
 $\lambda_{\text{макс}} = 510$  ( тв. сост.)



Люминесценция :  
 $\lambda_{\text{макс}} = 557$  ( дихлорэтан)

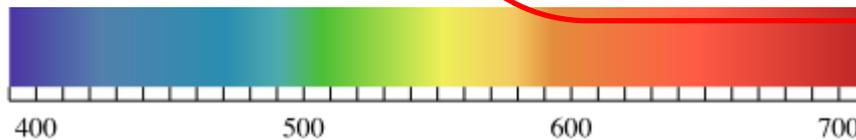
# Примеры синтезов. 9

## 2-Фенил-4-(4-диметиламинобензилиден)оксазол-5-он и

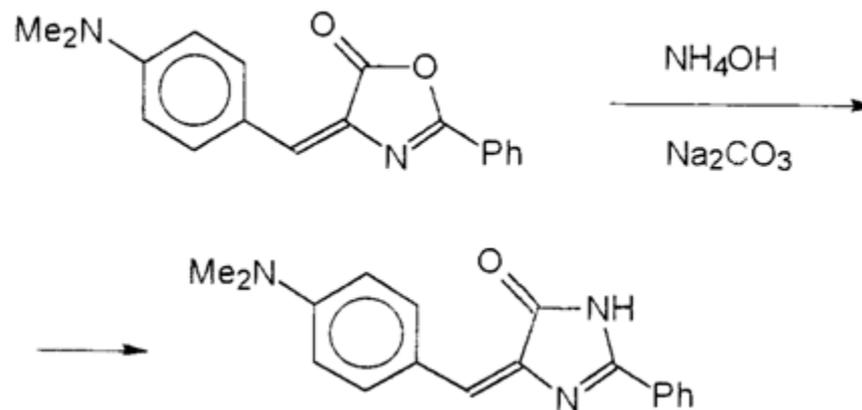


Люминесценция :

$\Lambda_{\text{макс}} = 630$  ( тв. сост.)



## 2-Фенил-4-(4-диметиламинобензилиден)имидазол-5-он

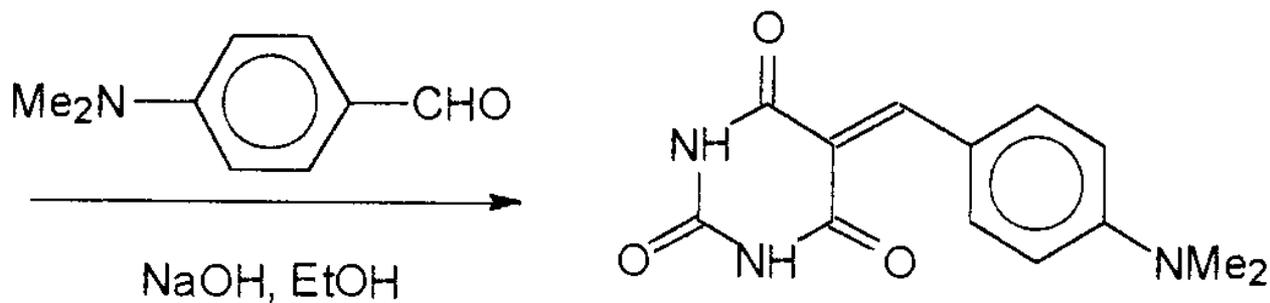
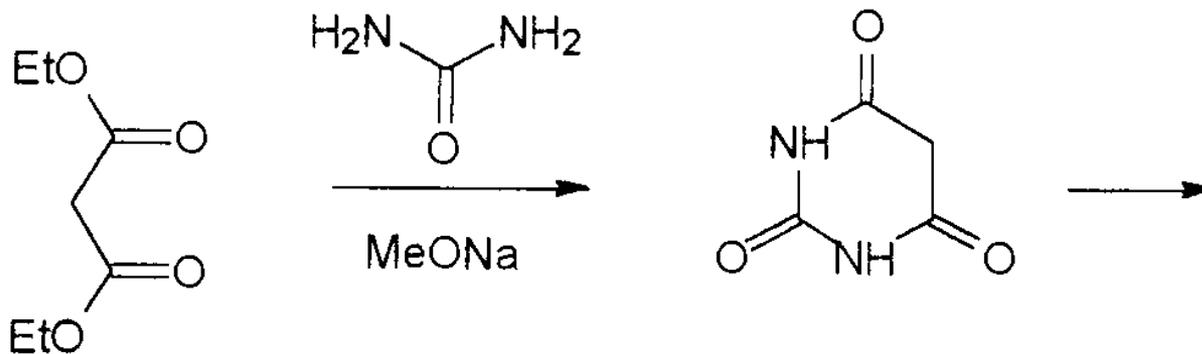


Люминесценция :

$\Lambda_{\text{макс}} = 535$  ( толуол)

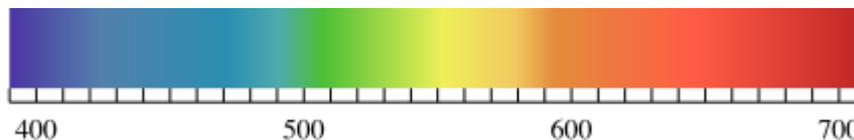
# Примеры синтезов. 10

## 5-(4'-Диметиламинобензилиден)барбитуровая кислота



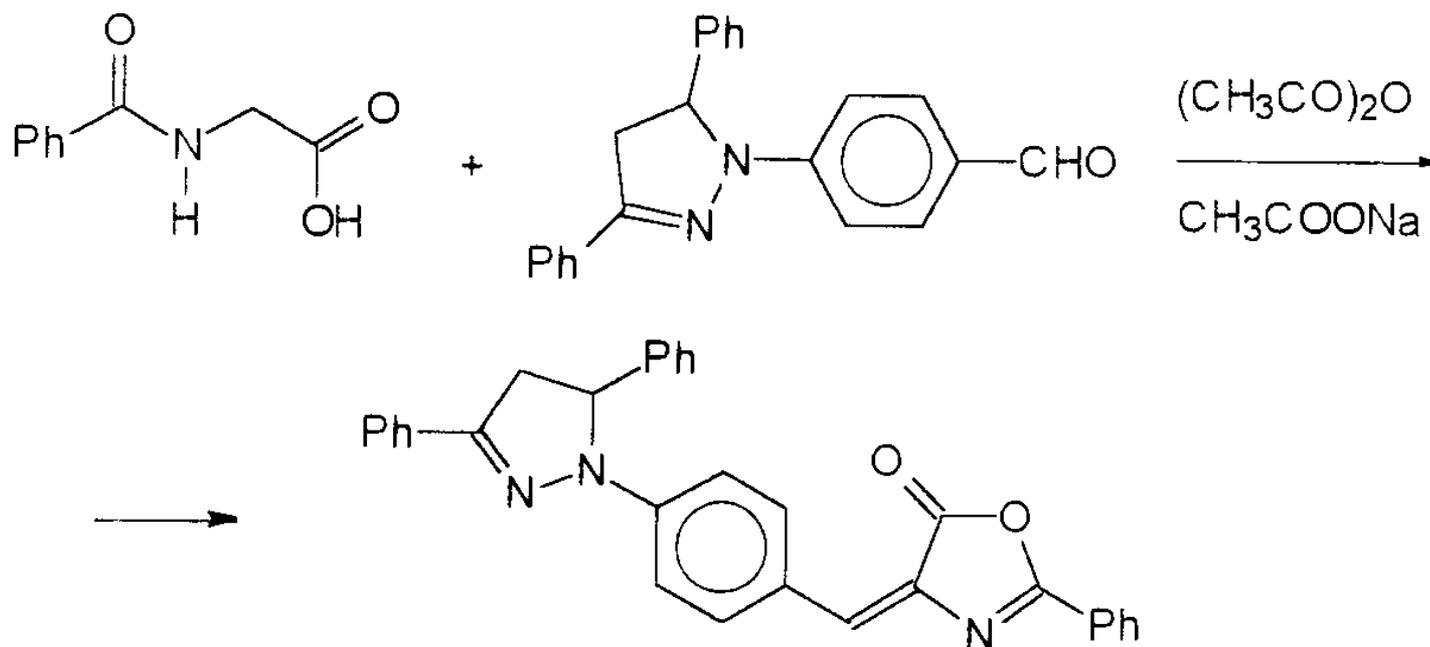
Люминесценция :

$\lambda_{\text{макс}} = 640$  ( тв. сост.)



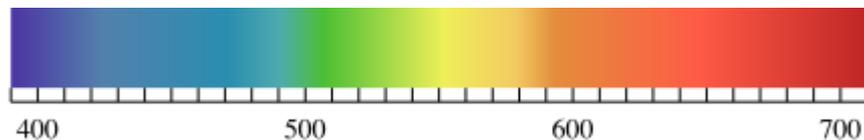
# Примеры синтезов. 11

## 4-(4-(3,5-Дифенил-2-пиразолинил-1)бензалиден)-2-фенилоксазол-5-он

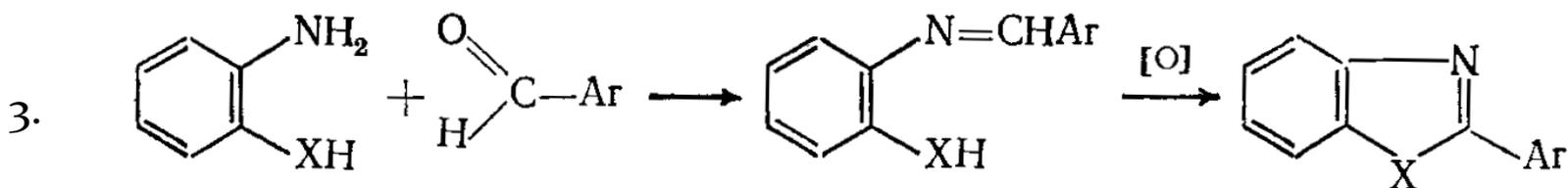
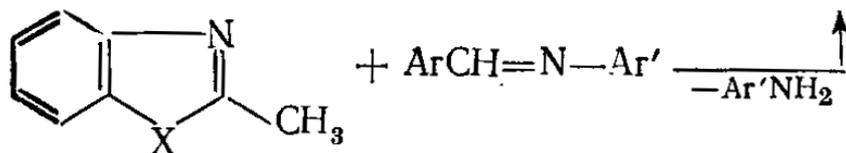
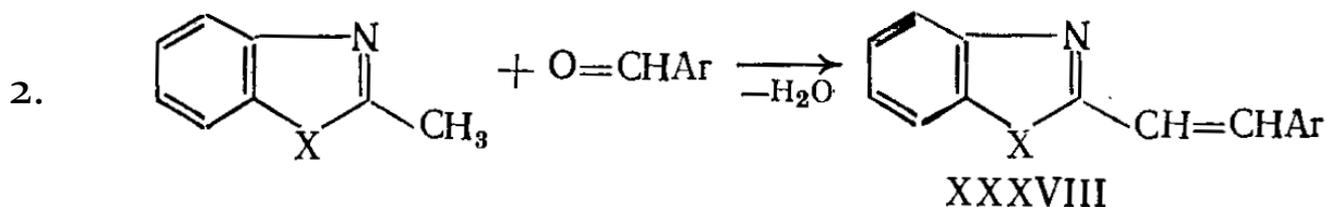
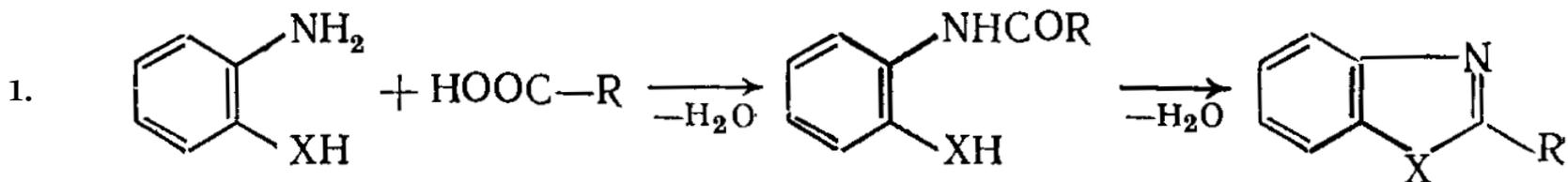


Люминесценция :

$\lambda_{\text{макс}} = 530$  ( толуол)



# Общие методы получения бензазолов



X = NH, O, S

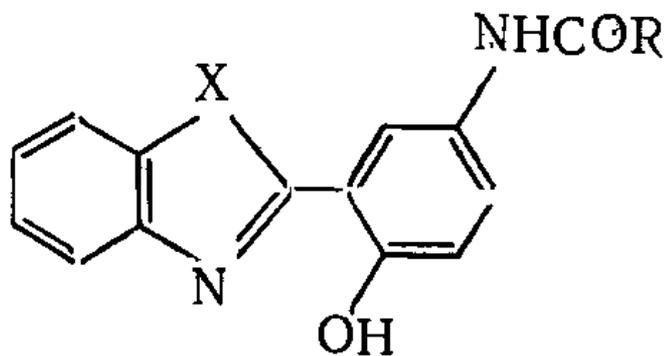
**Окислители:** тетраацетат свинца, хлоранил, N-бромсукцинимид, бензоилпероксид, перманганат калия.

Окислительная циклизация может проходить и при фотооблучении.

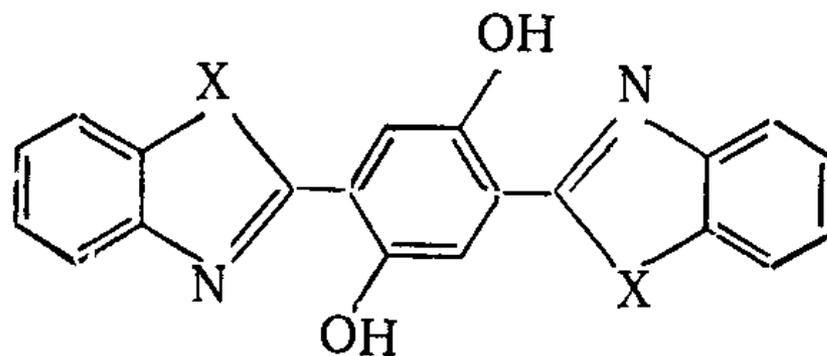
# Бензазолы

с внутримолекулярной водородной связью

1.



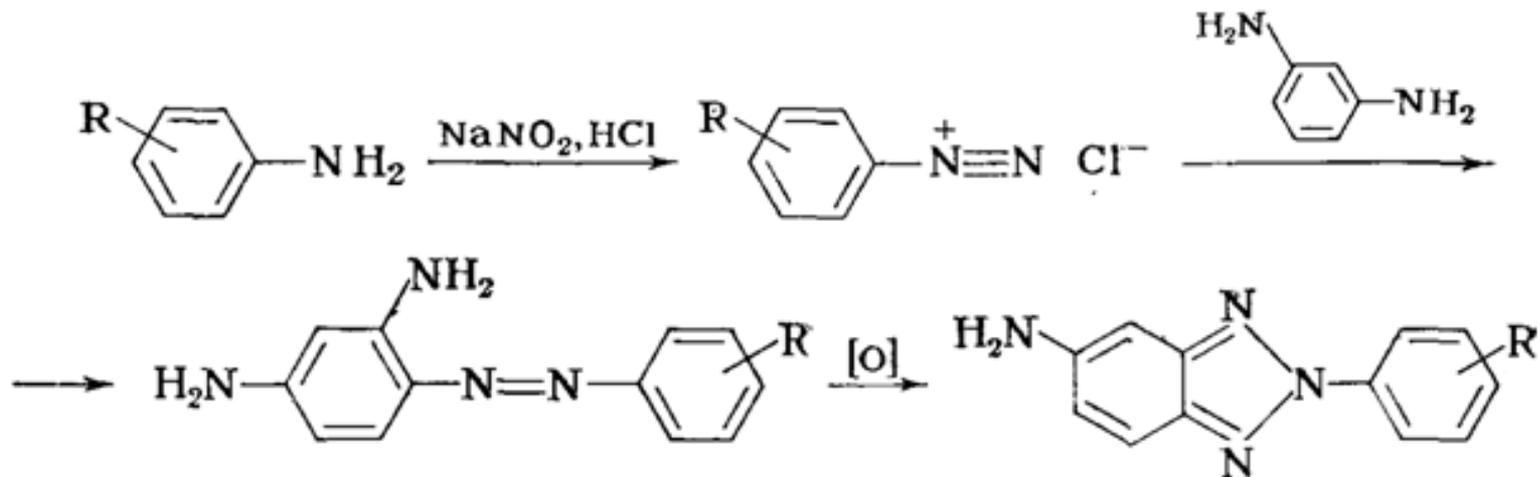
2.



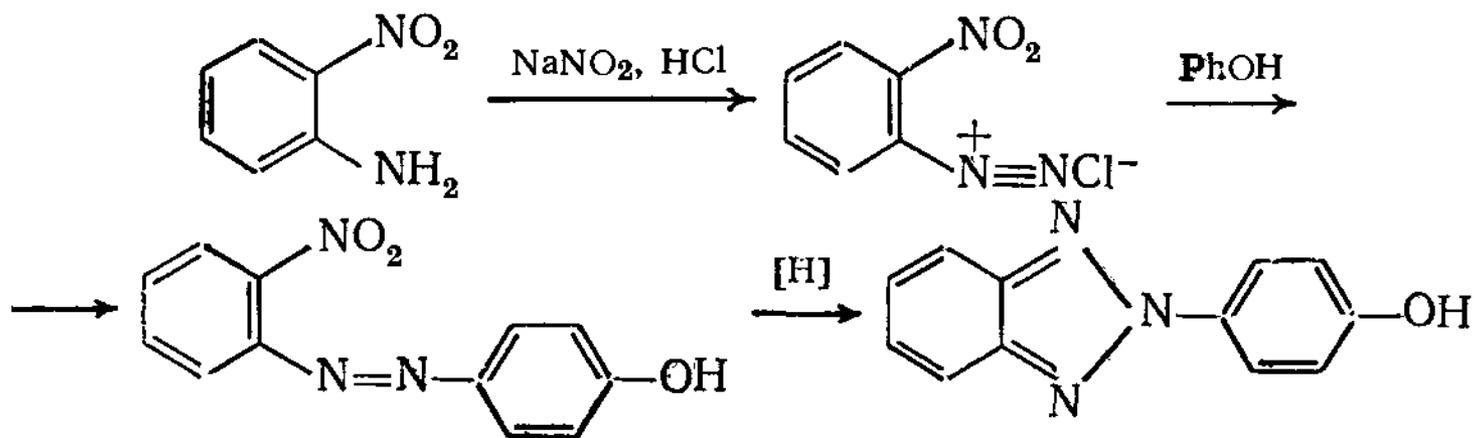
Аномально большой стоксов сдвиг у бензазолов с внутримолекулярной ВС имеют органические люминофоры, бесцветные при дневном освещении, но флуоресцирующие в зеленой, желтой и даже красной областях спектра. Таковы соединения общей формулы **1** ( $R=CH_3$ ,  $NHCH_3$ ;  $X=O$ ,  $S$ ) с желтой (производные оксазола) и оранжевой (производные тиазола) флуоресценцией.

Производные бензазолов (**2**.  $X = O$ ,  $S$ ,  $NH$ ) флуоресцируют в красной и ближней ИК-областях, поглощая свет с длиной волны короче 410 нм.

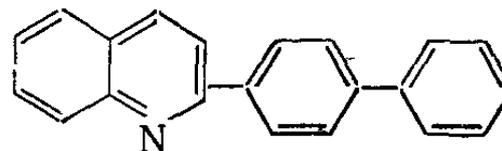
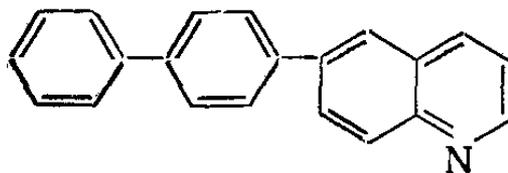
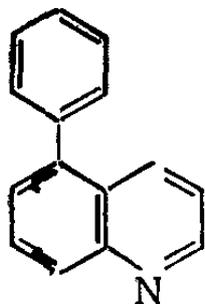
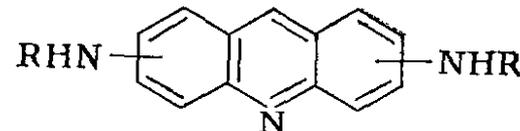
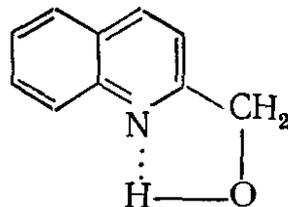
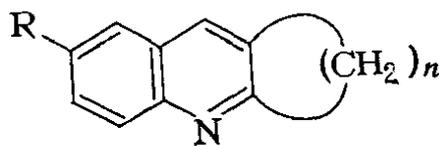
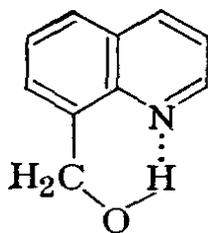
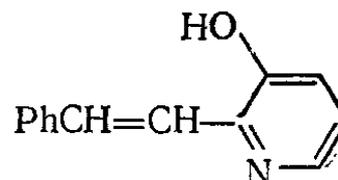
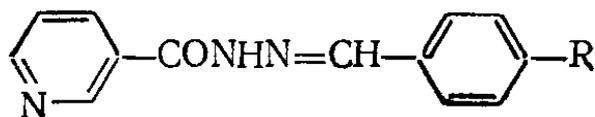
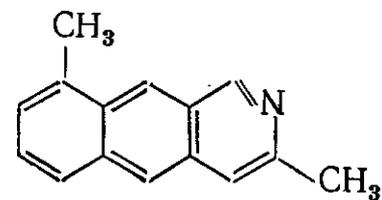
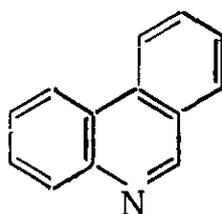
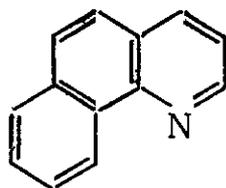
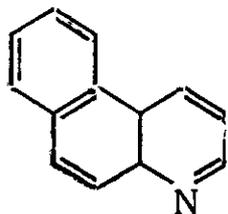
# 2H-Бензотриазолы и их производные



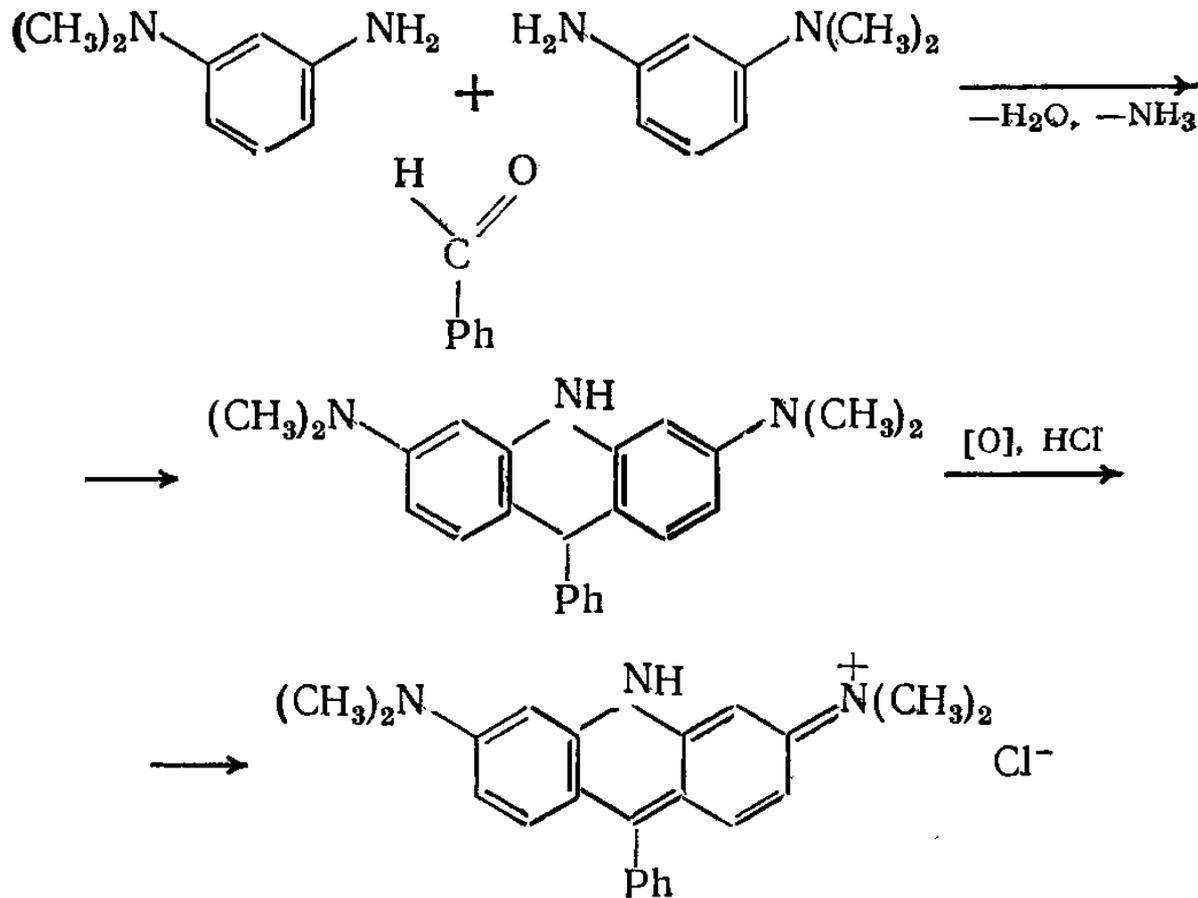
Окислители: гипохлорит натрия. амиакат или ацетат меди и др.



# Люминофоры, производные пиридина и хинолина

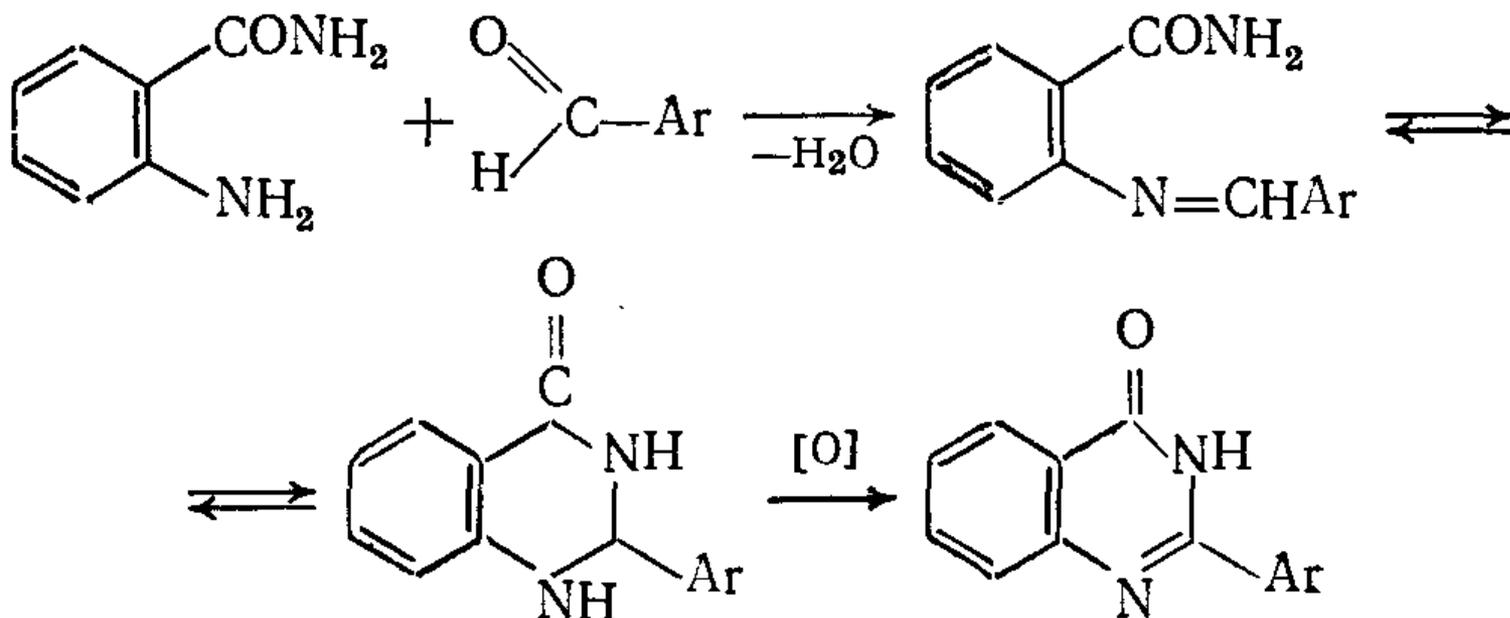


# Синтез акридинового оранжевого R



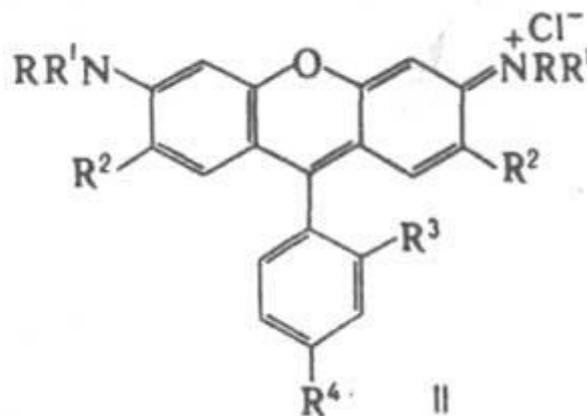
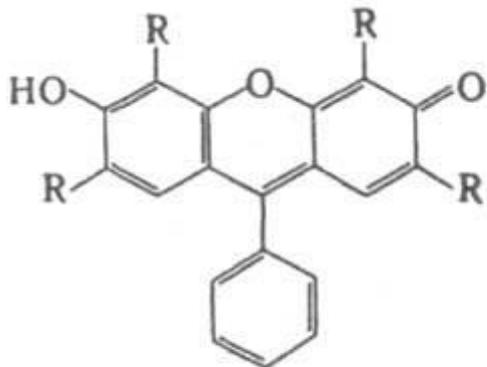
Акридиновые красители – флуоресцентные индикаторы в аналитической химии

## 2-Замещенные хиназолинона



Кислородсодержащие гетероциклы

# Ксантеновые красители



**Флуоресцеин (I; R=H)** - желтый кислотный краситель. получают конденсацией резорцина с фталевым ангидридом при 175-195°C (кат. - ZnCl<sub>2</sub>). Галогенированием флуоресцеина синтезируют более глубоко окрашенные яркие кислотные красители - розовый **эозин и красный эритрозин** (I; R=Br или I соотв.).

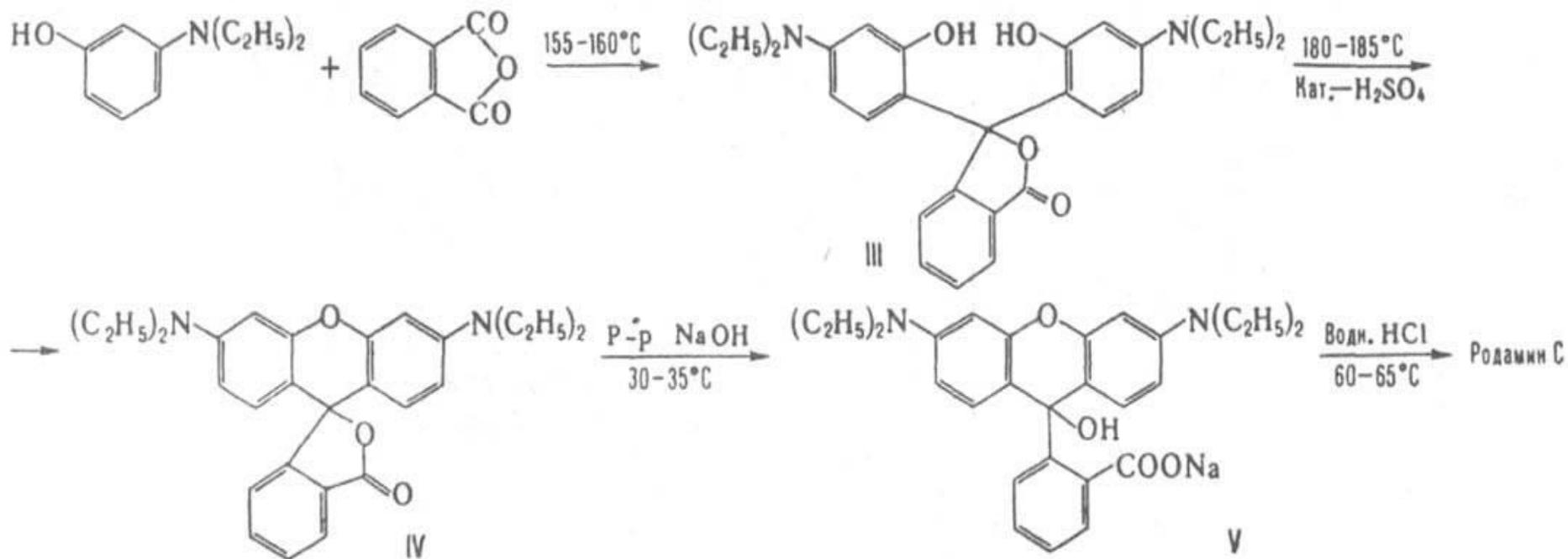
**Амино - ксантеновые красители группы родамина.** Незамещенный родамин (II; R=R<sup>1</sup>=R<sup>2</sup>=R<sup>4</sup>=H, R<sup>3</sup>=COOH) - основной краситель. получаемый **конденсацией м-аминофенола с фталевым ангидридом при 180 °С в присутствии H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.**

Большее значение имеют его алкилзамещенные - **родамин С, родамин 6Ж** и др., получаемые из фталевого ангидрида и соответствующих N-алкил-м-аминофенолов.

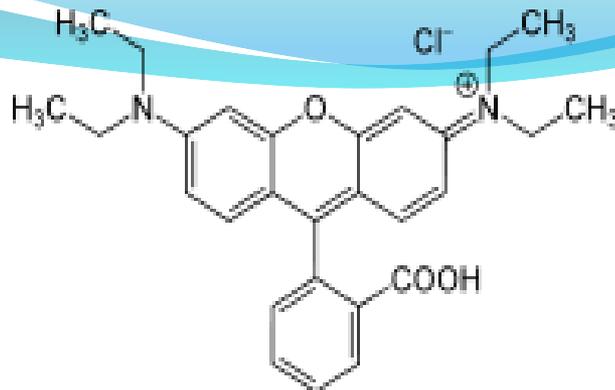
Различают **симметричные родамины (С, Ж, 6Ж, 3С)**, у которых R и R<sup>1</sup> одинаковые алкильные остатки, и **несимметричные** (R и R<sup>1</sup> - разные; например родамины 3ЖО, 4Ж); первые имеют большее значение.

Родамины - красные с различ. оттенками основные красители, флуоресцирующие при комнатной температуре. **Родамин С (II; R = R<sup>1</sup>=C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>, R<sup>2</sup>=R<sup>4</sup>=H, R<sup>3</sup>=COOH)** - ярко-красный с синим оттенком краситель.

Синтез (как и синтез гидроксиксантеновых красителей) протекает ступенчато через стадии образования диаминодигидрокситриарилметанового красителя (III), бесцветного Лактона (IV) и бесцветного карбинольного соедин. (V) по схеме:



**Родамин:** [9-(2-carboxyphenyl)-6-diethylamino-3-xanthenylidene]-diethylammonium chloride



**Rhodamine 610**, C.I. Pigment Violet 1, Basic Violet 10, C.I. 45170

## Родамины:

**Родамин Ж** (I;  $R=C_2H_5$ ,  $R^1=R^4=H$ ,  $R^2=CH_3$ ,  $R^3=COOC_2H_5$ )

**Сульфородамин С** (II;  $R=R^1=C_2H_5$ ,  $R^2=H$ ,  $R^3=R^4=SO_3H$ )

**Родамин 6Ж** (II;  $R=C_2H_5$ ,  $R^1=R^2=R^4=H$ ,  $R^3=COOC_2H_5$ )

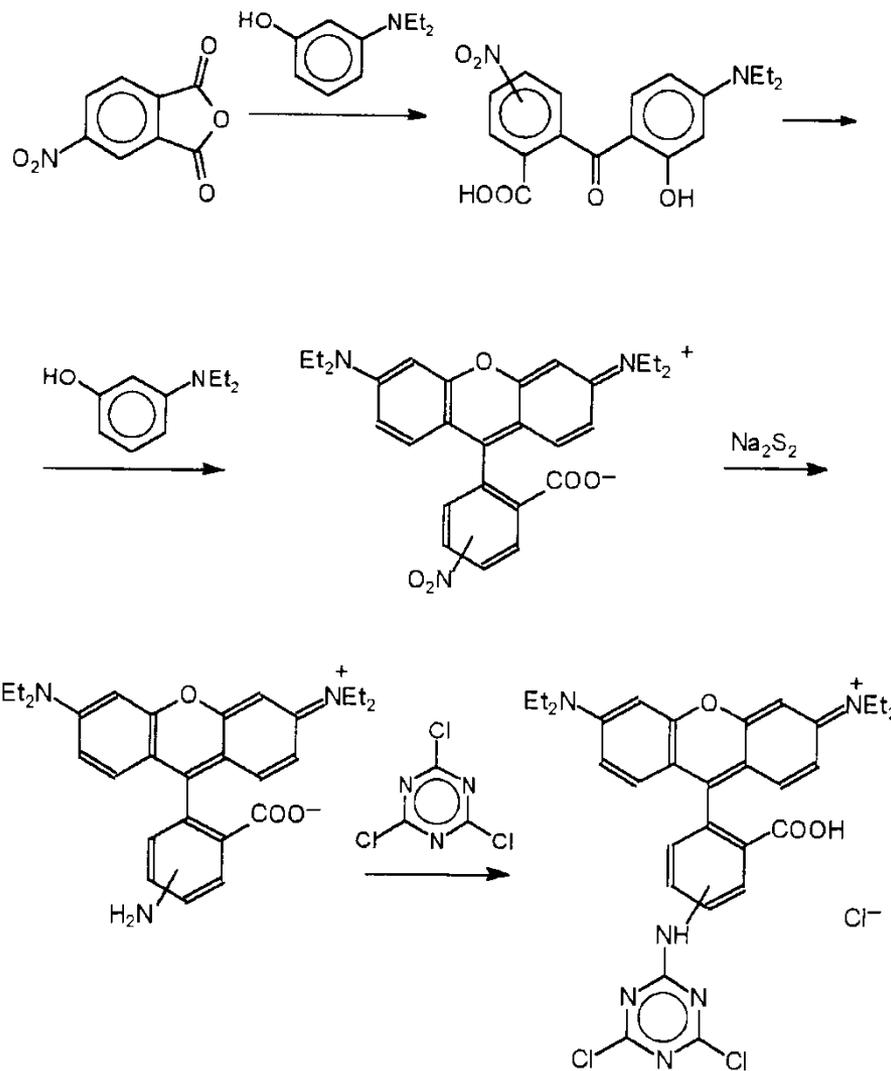
**Родамин 4С**, или 3С (II;  $R=R^1=C_2H_5$ ,  $R^2=R^4=H$ ,  $R^3=COOC_2H_5$ )

**Родамин 3ЖО** (II; слева  $R=R^1=H$ ,  $R^2=CH_3$ , справа -  $R=R^1=C_2H_5$ ,  $R^2=H$ ,  $R^3=COOC_2H_5$ ,  $R^4=H$ )

**Родамин 4Ж** (отличается от предыдущего радикалами слева -  $R=C_2H_5$ ,  $R^1=H$ )

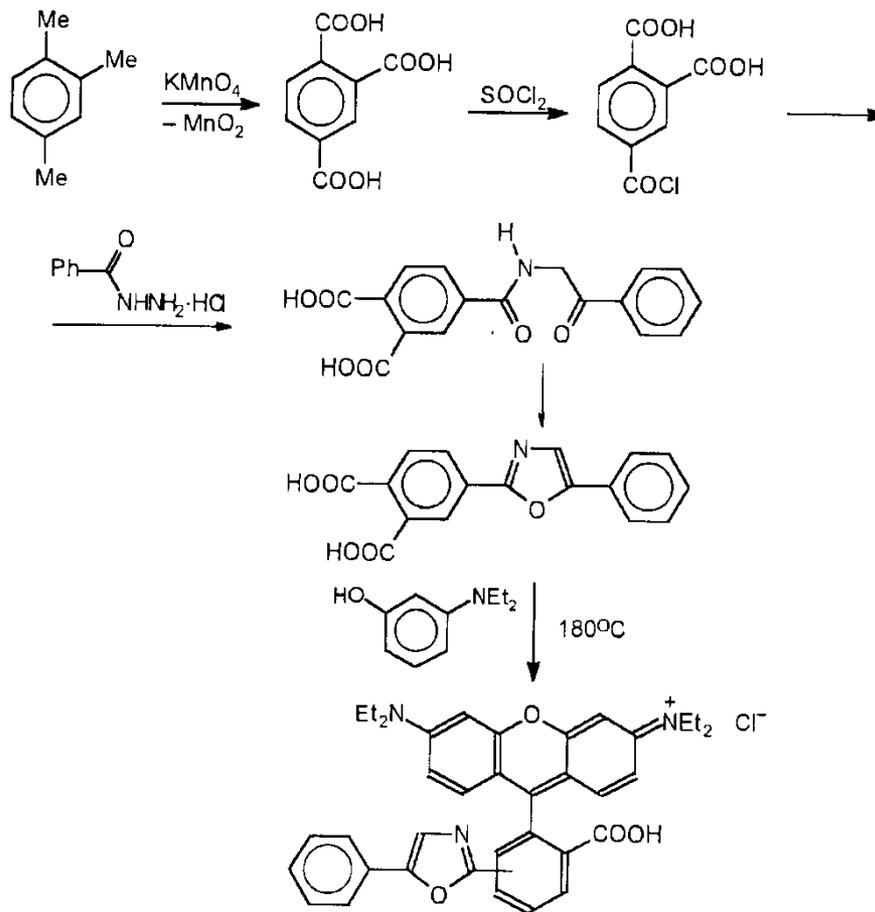
Родамины - высокочувствит. реагенты для экстракционно-флуориметрич. и экстракционно-спектрофотометрического определений элементов. Образуют экстрагируемые бензолом (толуолом) ионные ассоциаты с ацидокомплексами ( $GaG_4^-$ ,  $InBr_4^-$ ,  $TlCl_4^-$ ,  $AuCl_4^-$ ,  $SbCl_5^-$ ,  $TaF_5^-$  и др.) или анионными хелатами металлов (напр.,  $Sc^{3+}$ ,  $Th^{4+}$ ,  $UO_2^{2+}$ , РЗЭ) с салициловой и бензойной кислотами, 1-фенил-3-метил-4-бензоил-5-пиразолоном, 8-гидроксихинолином и его производными.

# 4(5)-(Дихлор-симм-триазинил) родамин В





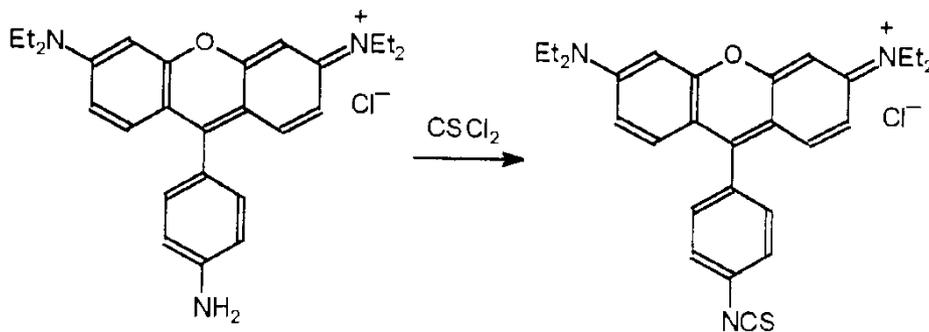
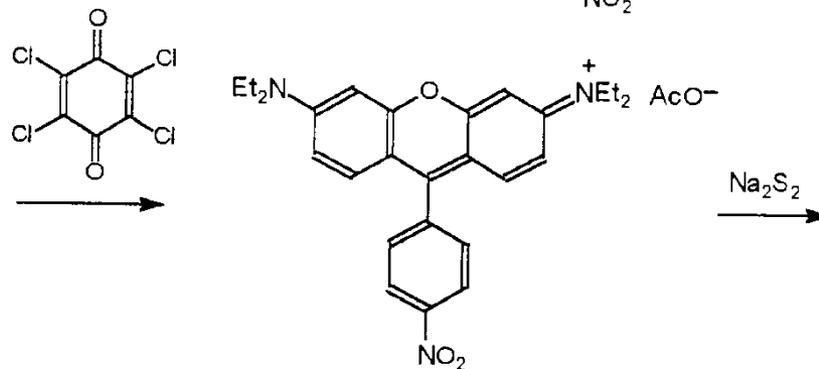
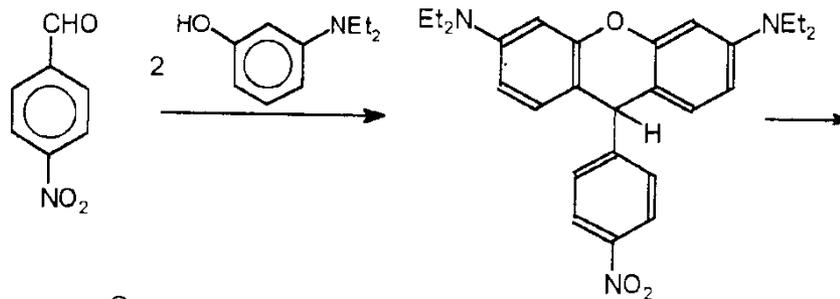
# Люминофор оранжево-красный 590РП



Флуоресценция:  
 $\lambda_{\text{макс}} = 590$  (этанол)

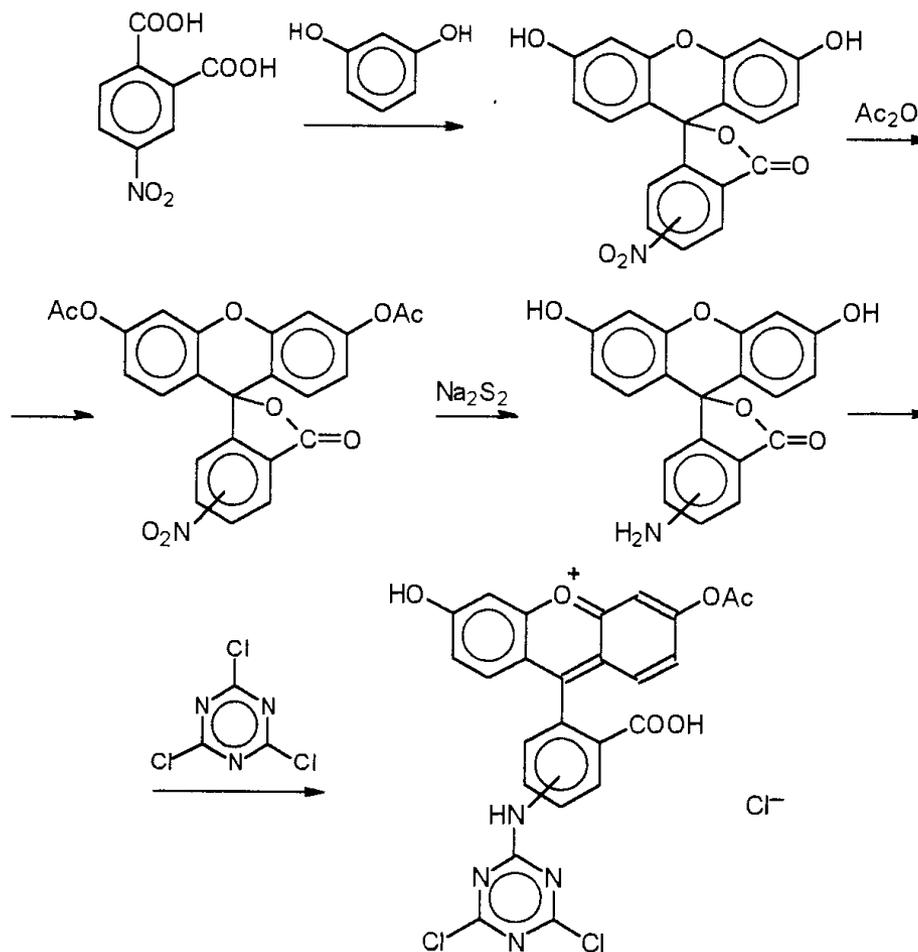


# *N,N,N,N*-Тетраэтилодамин-4-изоцианат



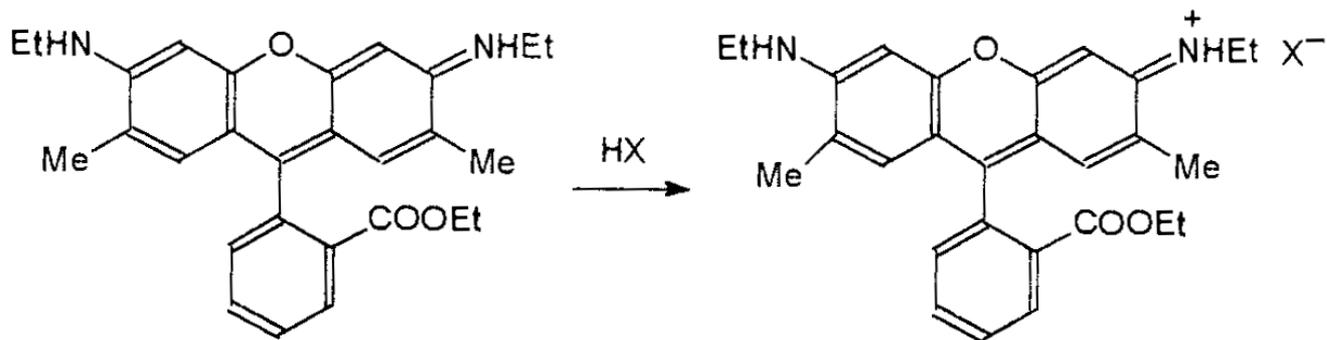
Флуоресценция  
малиново-красная (тв. сост.)

# Дихлор-симм-триазиниламинофлуоресцеин I



Флуоресценция  
зеленая

## Соли Родамина 6Ж



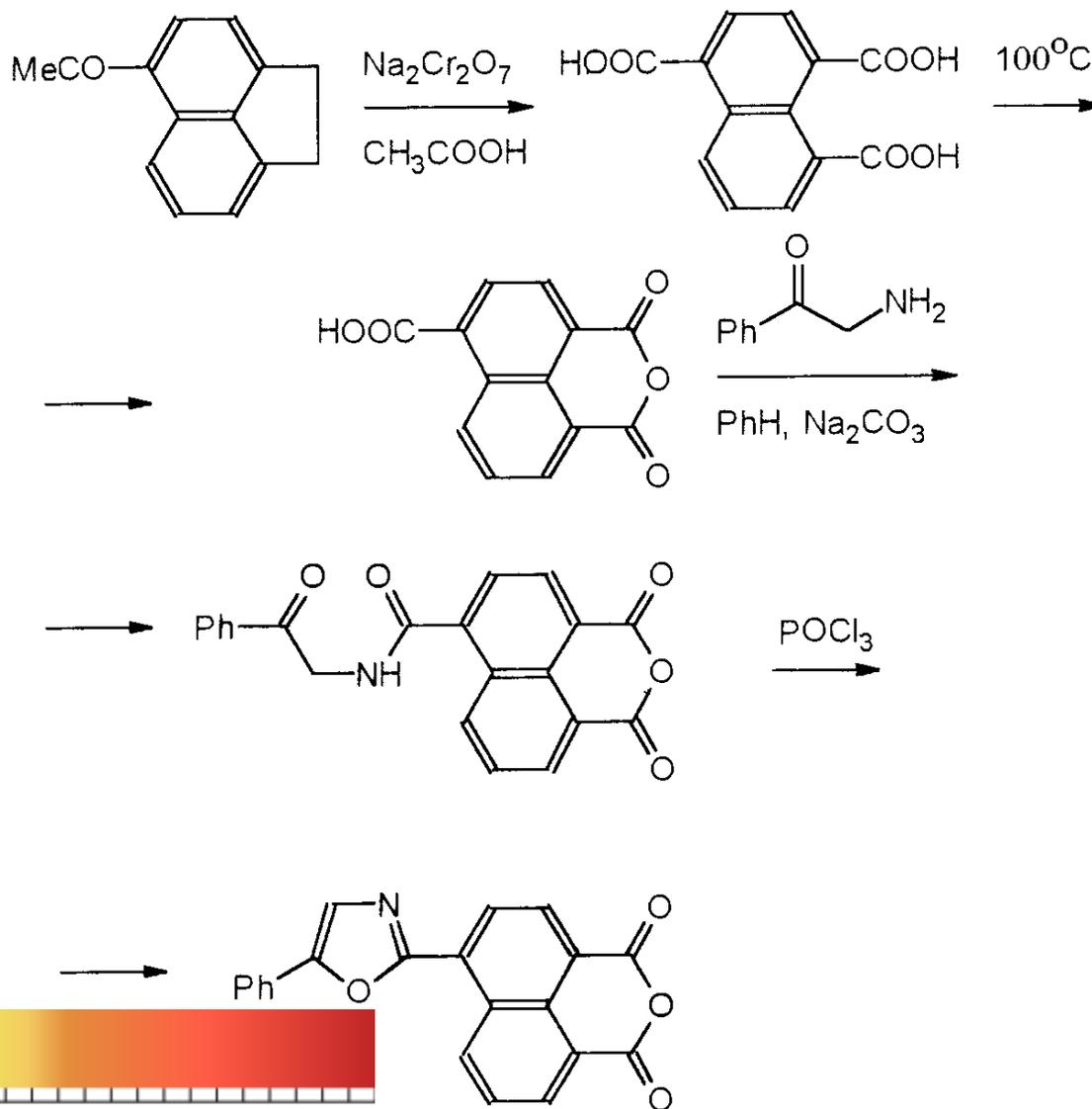
**Родамин 6Ж бромид.** Растворяют 0,5 г (1,1 М) основания родамина 6Ж при нагревании (70°) в 30 мл бензола, добавляют 3 мл 48% НВг, перемешивают 20 мин и охлаждают до комнатной температуры. Выпавший осадок отфильтровывают и сушат при 100°. Выход 0,5 г (90%).

**Аналогично** – обработкой концентрированной НСl (2 мл), 57% НI (3,5 мл), 57% НСlO<sub>4</sub> (3 мл), ННО<sub>3</sub> (2 мл), НВF<sub>4</sub> (0,5 г) получают соответственно родамин 6Ж хлорид, иодид, перхлорат, нитрат, борфторид.

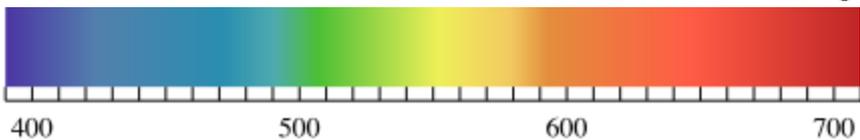
Обработкой ледяной АсОН (2 мл), (Me)<sub>3</sub>СООН (2 г), (Me)<sub>2</sub>СНСООН (0,5 мл), Me(CH<sub>2</sub>)<sub>7</sub>СООН (2 г), Me(CH<sub>2</sub>)<sub>20</sub>СООН (2 г), PhСООН (0,7 г), C<sub>5</sub>H<sub>4</sub>NCOOH (0,15 г), CF<sub>3</sub>СООН (0,7 г), CH<sub>2</sub>=C(Me)СООН (0,5 мл), Me(CH<sub>2</sub>)<sub>16</sub>СООН (1,2 г) кислотами получают соответственно родамин 6Ж ацетат, триметилацетат, изобутират, пеларгонат, бегенат, бензоат, изоникотинат, трифторацетат, метакрилат, стеарат.

Все соединения имеют в этаноле  $\lambda_{\text{макс}} = 530$  нм. Выход соединений составляет 70-90% в зависимости от природы аниона.

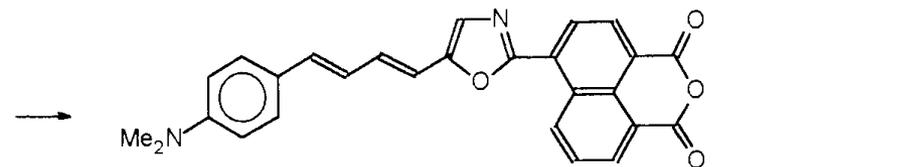
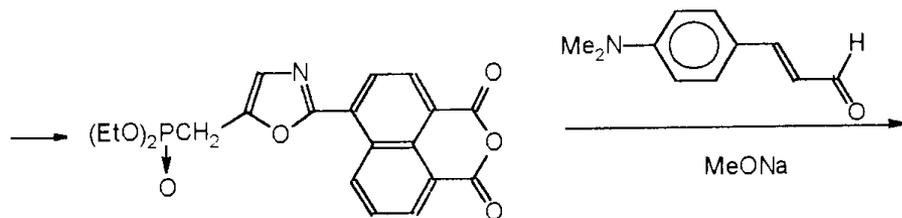
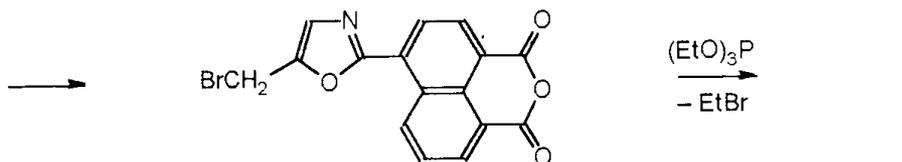
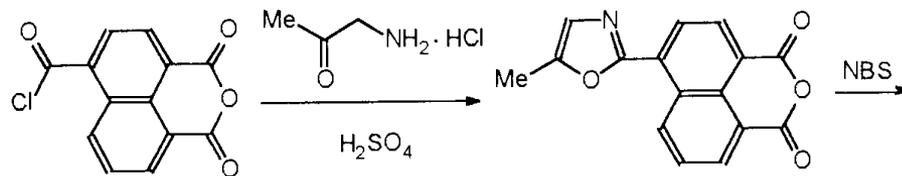
# 4-(5-Фенилоксазол-2)нафталевый ангидрид



Люминесценция :  
 $\lambda_{\text{макс}} = 480$  ( толуол)



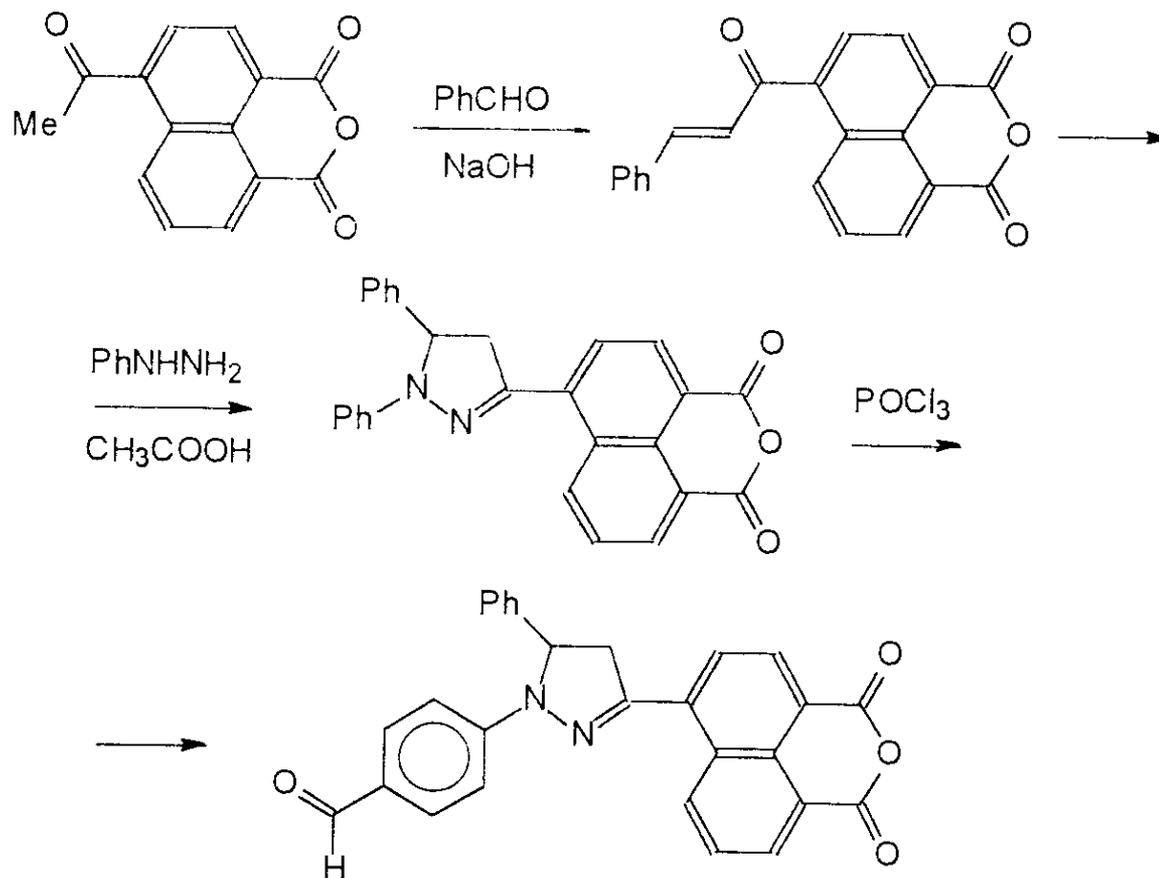
# 4-(5-(4-Диметиламинобутадиенилоксазолил-2) нафталевый ангидрид



Люминесценция :  
 $\lambda_{\text{макс}} = 710$  (толуол)

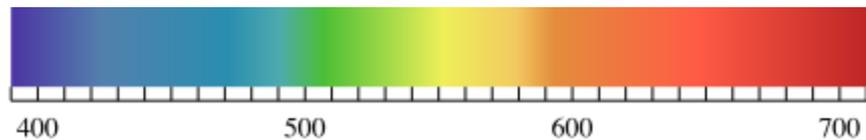


# 4-[1-(4'-Формилфенил)-5-фенил-2-пиразолинил-3)] нафталеновый ангидрид

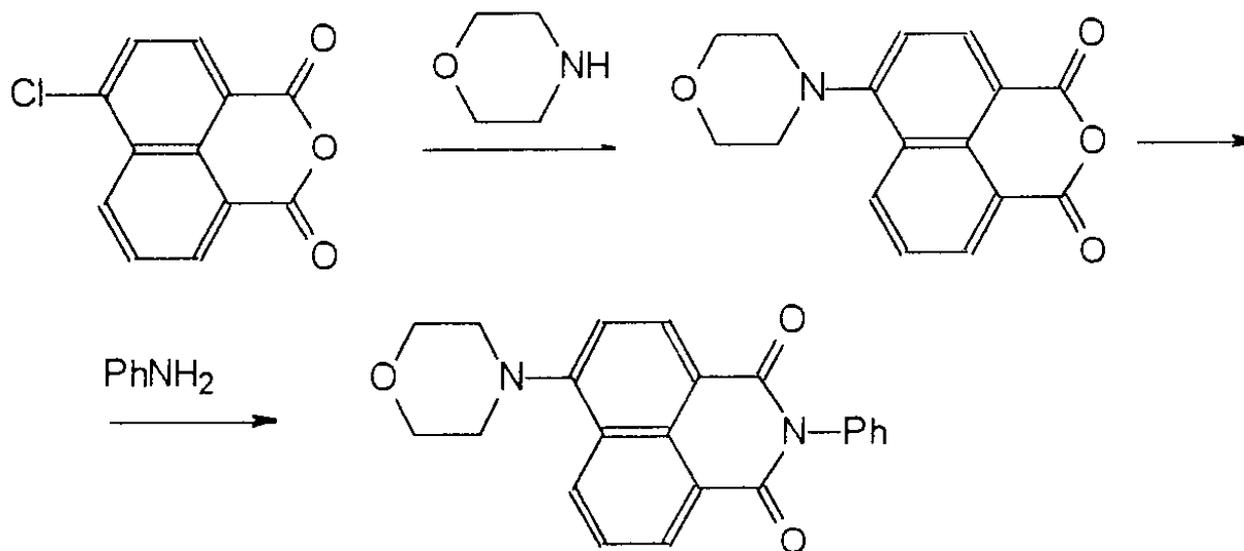


Люминесценция :

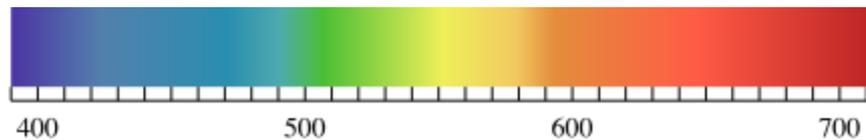
$\lambda_{\text{макс}} = 510$  ( вода )

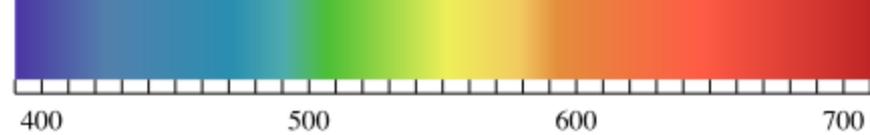


# *N*-Фенилимид 4-морфолинафталевой кислоты

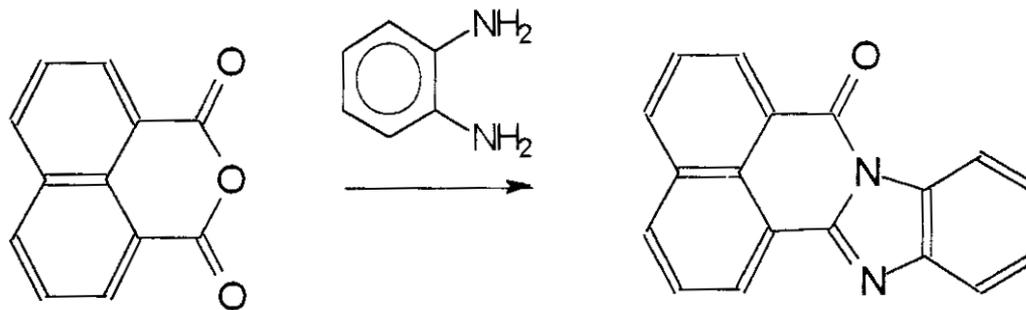


Люминесценция :  
 $\lambda_{\text{макс}} = 495$  (толуол)

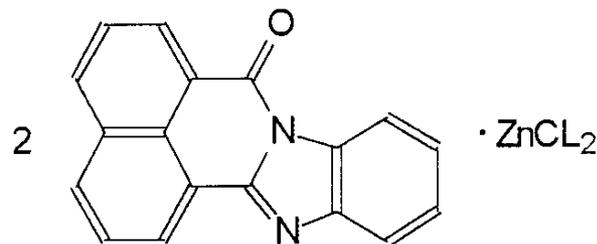
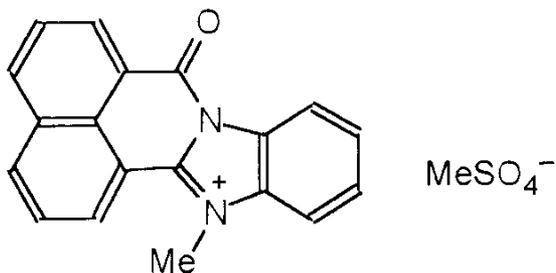
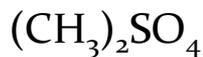




# 1,8-Нафтоилен-1',2'-бензимидазол



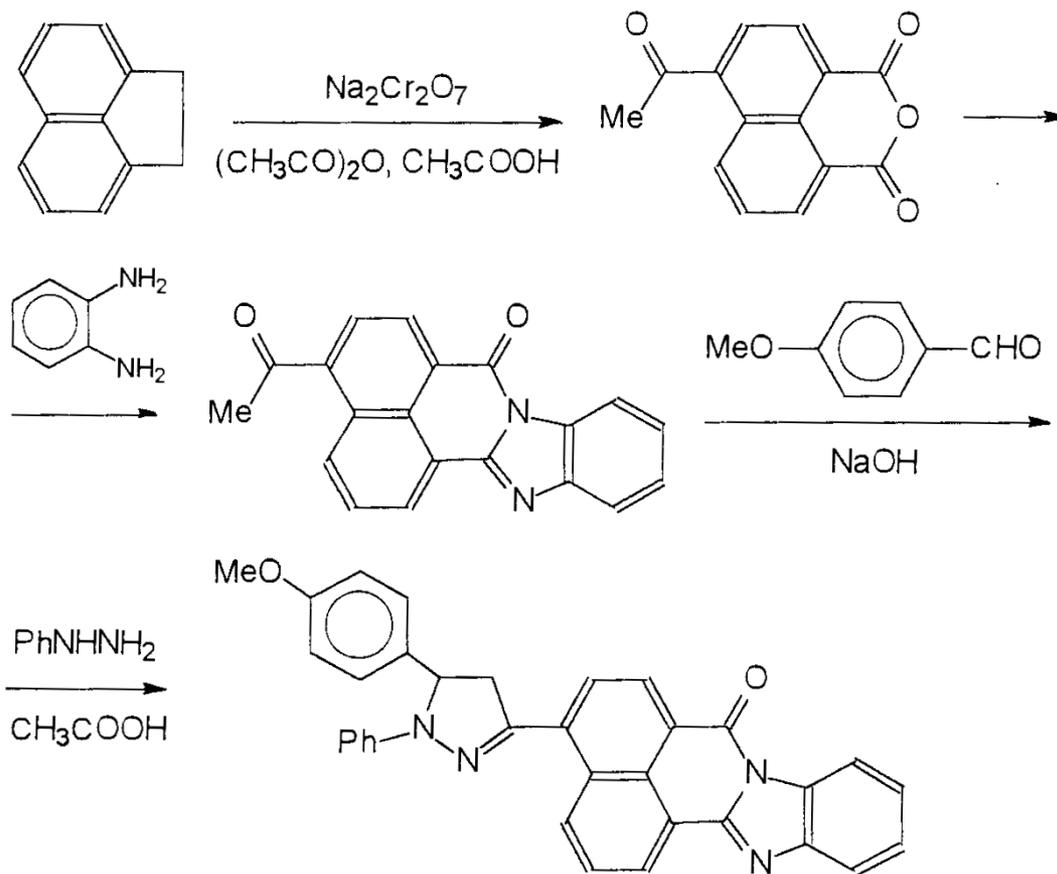
Люминесценция :  
 $\lambda_{\text{макс}} = 490$  (толуол)



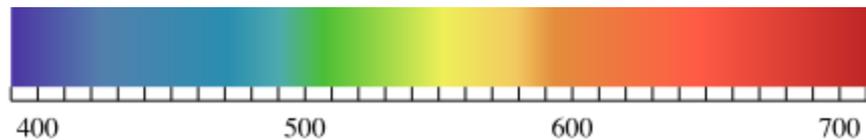
Люминесценция :  
 $\lambda_{\text{макс}} = 485$  (вода)

Люминесценция :  
 $\lambda_{\text{макс}} = 518$  (ДМФА)

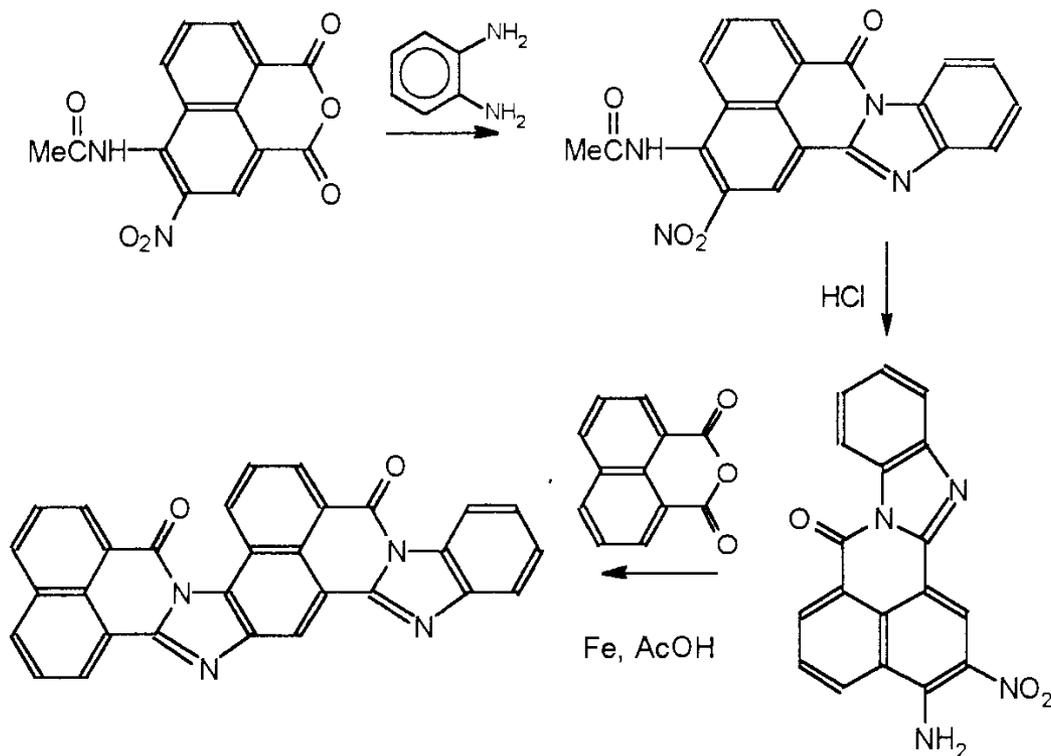
# 4(5)-(1,5-Дифенил-пиразолин-3)-1,8-нафтоилен-1',2'-бензимидазол



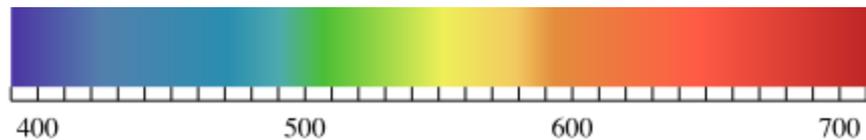
Люминесценция :  
 $\lambda_{\text{макс}} = 600$  (толуол)



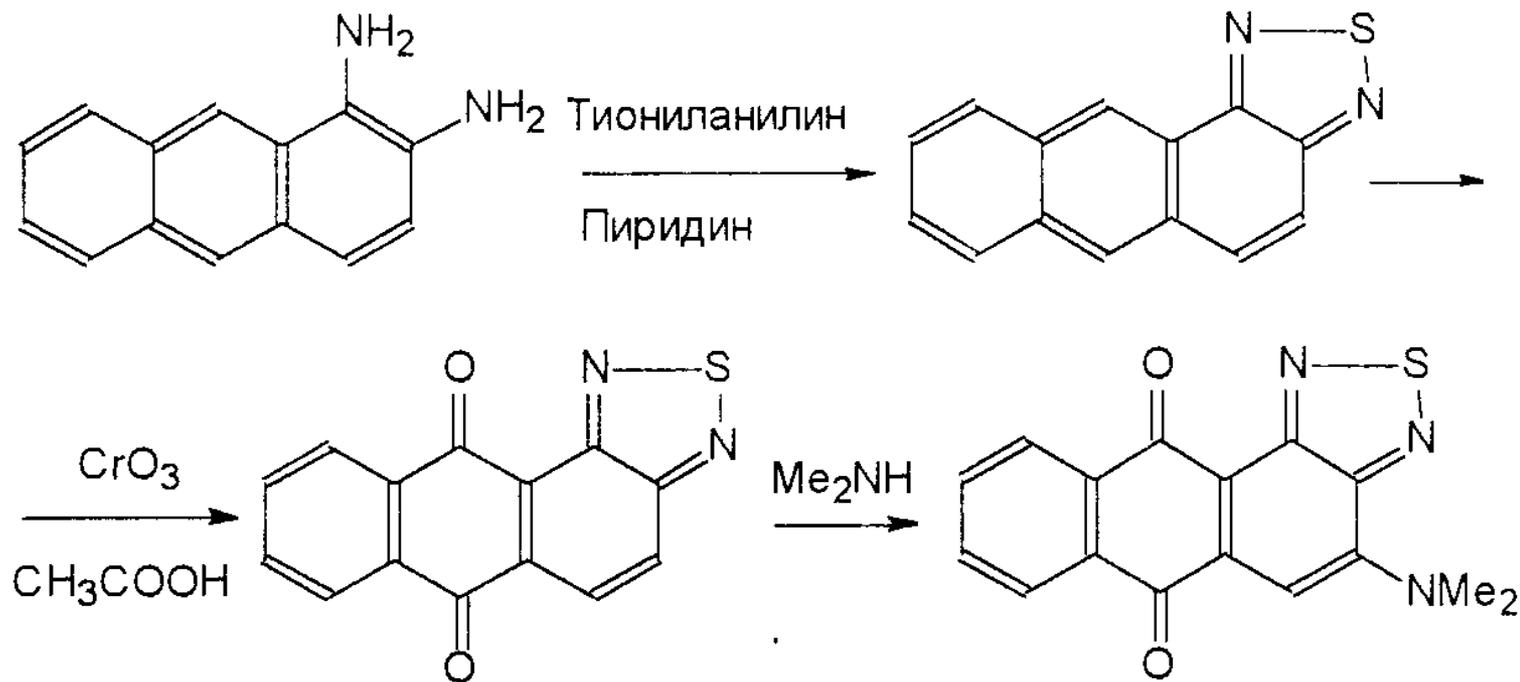
# Люминор желто-оранжевый 575 РЛП



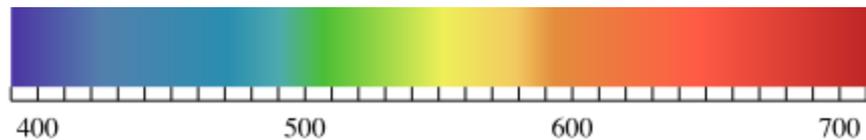
Люминесценция :  
 $\lambda_{\text{макс}} = 575$  (толуол)



# 4-Диметиламиноантра[1,2-с][1,2,5]тиадиазол-6-он



Люминесценция :  
 $\lambda_{\text{макс}} = 625$  (толуол)



*Аналитическое использование люминофоров*

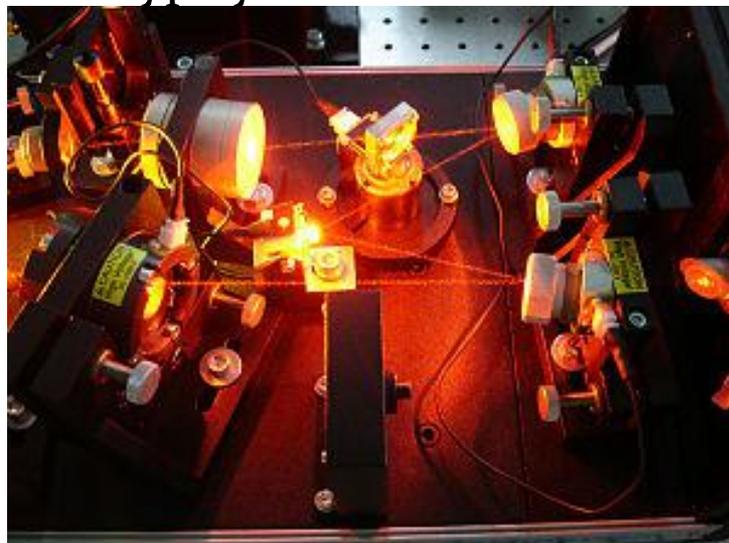
## Кислотно-основные индикаторы

Индикатор	pH области перехода	Цвет флуоресценции	
		до перехода	после перехода
3,6-Дигидроксифталимид	0,0—2,4	Синий	Зеленый
Эозин	0,0—3,0	—	Желто-зеленый
4-Этоксинакридон	1,4—3,2	Зеленый	Синий
1,5-Нафтиламинсульфамид	2,0—4,0	—	Желто-оранжевый
2-Нафтиламин	2,8—4,4	—	Фиолетовый
Диметилиафтэйродин	3,2—3,8	Фиолетовый	Оранжевый
1-Нафтиламин	3,4—4,8	—	Синий
Акридин	4,8—6,6	Зеленый	Фиолетовый
Нейтральный красный	5,0—7,4	Фиолетовый	Оранжевый
4-Метилумбеллиферон	5,8—7,5	—	Синий
3,6-Дигидроксифталимид	6,0—8,0	Зеленый	Желто-зеленый
2,3-Дицианогидрохинон	6,8—8,8	Синий	Зеленый
2-Нафтол-6,8-дисульфонат калия	7,4—9,0	—	Синий
2-Нафтол-3,6-дисульфонат натрия	8,0—10,6	Зеленый	»
Акридиновый оранжевый	8,4—10,4	Оранжевый	Зеленый
1,5-Нафтиламинсульфамид	9,5—13,0	Желто-оранжевый	»
1-Амино-8-нафтол-2,4-дисульфокислота, монокалиевая соль	10,0—12,0	Фиолетовый	Зеленый

# Лазеры на красителях

Лазеры на красителях — лазеры, использующие в качестве **активной среды органические красители**, обычно в форме жидкого раствора. Они принесли революцию в лазерную спектроскопию и стали родоначальником нового типа лазеров с длительностью импульса менее пикосекунды (Лазеры сверхкоротких импульсов).

В качестве накачки сегодня обычно применяют другой лазер, например Nd:YAG с диодной накачкой, или аргоновый лазер или азотный. Очень редко можно встретить лазер на красителях с накачкой лампой-вспышкой. Основная особенность лазеров на красителях — очень большая ширина контура усиления.



## Важнейшие классы

### *наиболее эффективных люминофоров для лазеров на красителях*

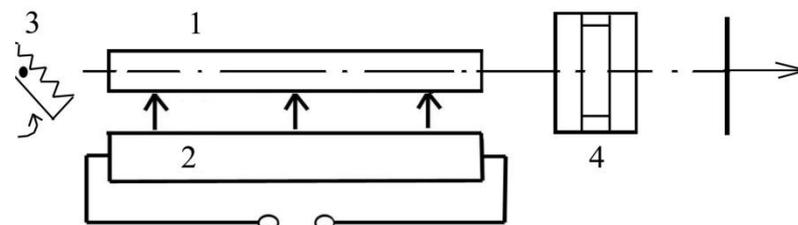
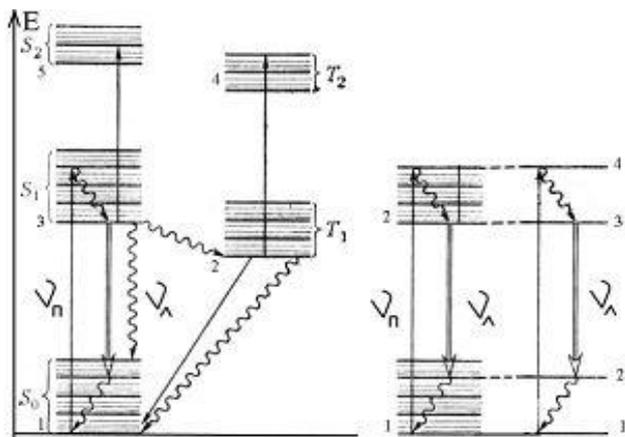
- ксантены,
- полиметины,
- оксазины,
- кумарины,
- антрацены,
- акридины,
- азины,
- фталоцианины.

Поиски среды красителей активных сред связаны с решением проблемы химической и фотохимической неустойчивости применяемых красителей, а также с подбором подходящих растворителей.

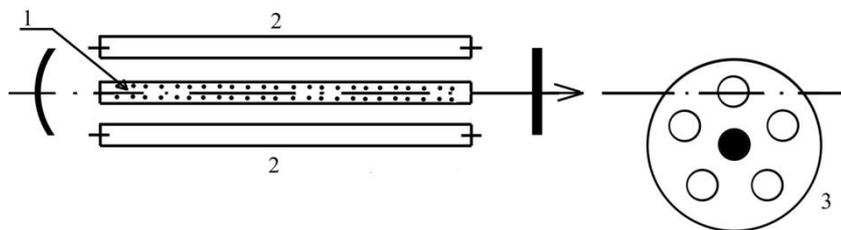
В качестве растворителя в настоящее время используют: воду, этанол, метанол, циклогексан, толуол, глицерин, бензол, ацетон и другие жидкости.

Краситель ⇄	Центр линии люминесценции, нм ⇄	Рабочая область лазера, нм ⇄	Область накачки, нм ⇄	Приемлемая концентрация, ммоль/л ⇄
Карбостирил 165	445	419—485	350—365	2,5
Кумарин 2	450	435—485	340—365	3
Кумарин 1	470	450—495	350—365	3
Кумарин 102	495	470—515	400—420	1
Кумарин 30	515	495—545	400—420	1
Кумарин 7	535	505—565	400—420	5
Кумарин 6	538	521—551	458—514	12,5
Флуоресцин	552	538—573	458—514	2,7
Родамин 110 (R110)	570	540—600	458—514	12,5
Родамин 6Ж (R6G)	590	570—650	458—514	2
Родамин Б (RB)	630	601—675	458—514	2
R101/R6G	645	620—690	458—514	1,5 R101 1,5 R6G
Крезил-виолет/R6G	695	675—708	458—514	2,4
Нильский голубой	750	710—790	647—?	1
Оксазин 1(4)	750	695—801	647—672	0,6
DEOTC-P(4)	795	765—875	647—672	0.6
НТС-P(4)	875	840—940	647—672	0.74

# Схема энергетических уровней молекулы люминофора (органического красителя (а)) и упрощенные варианты (в) и (с)

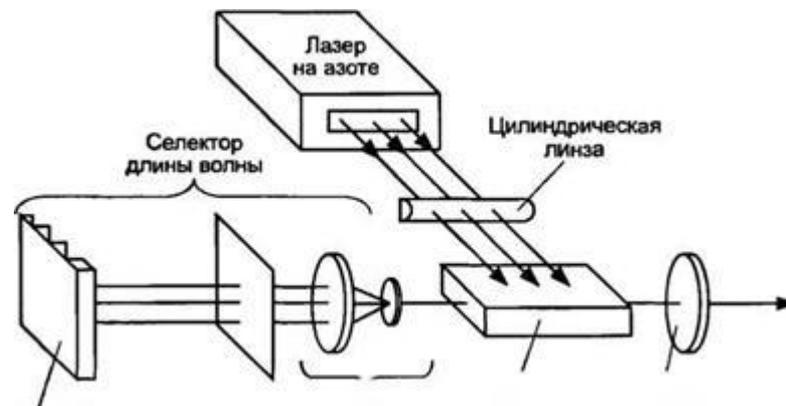
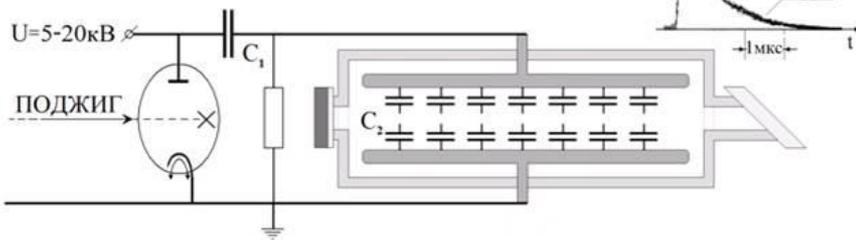
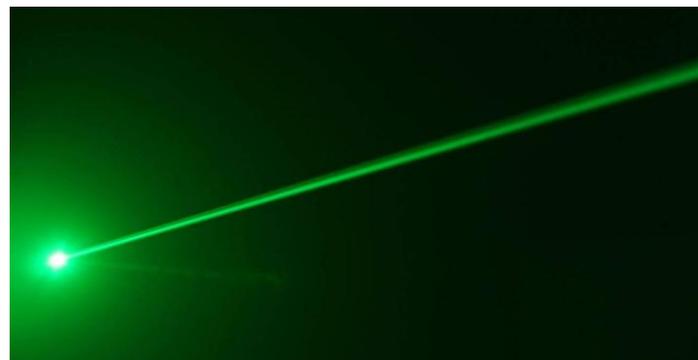
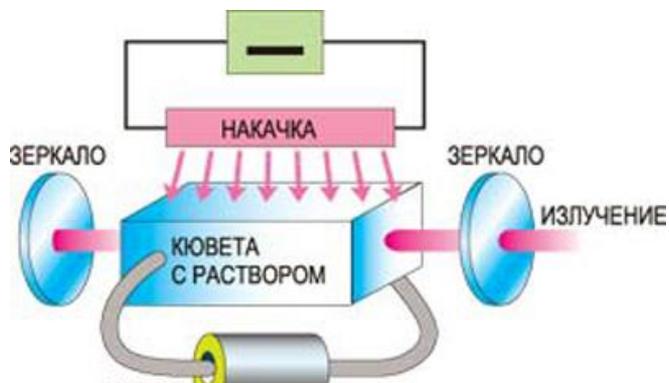


**Схема лазера** на красителях с плавной перестройкой длины излучения: 1-краситель, 2-лампа накачки; 3-дифракционная решетка, 4-интерферометр Фабри-Перо

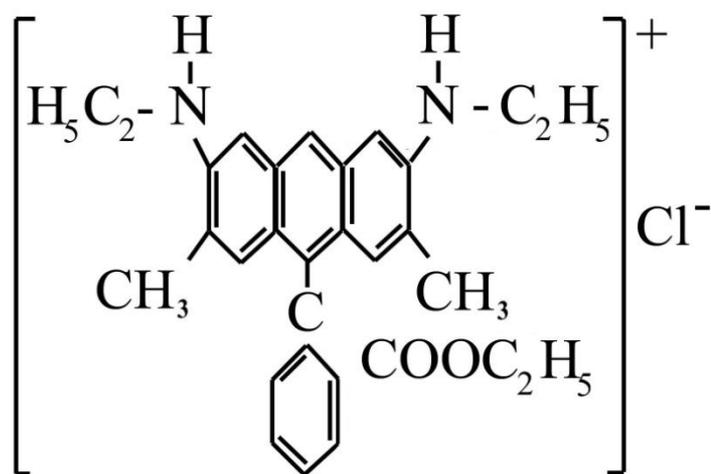


**Схема лазера на красителе «Радуга».**  
1 – краситель, 2 – лампа накачки,  
3 – револьверное устройство смены красителей

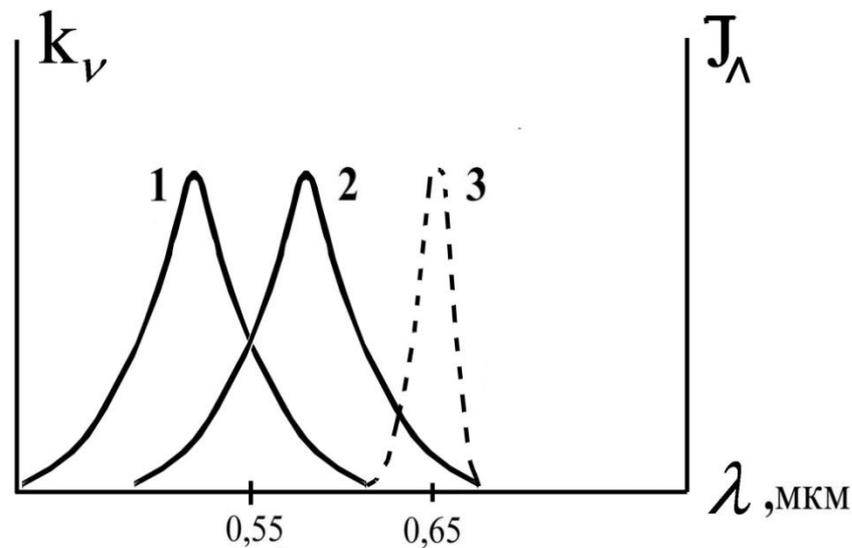
# Схемы лазеров – оптических квантовых генераторов



*Структурная формула (а) и спектры (б) поглощения (1), люминесценции (2) и генерации (3) родамина 6Ж,*



а



б

# Активные среды лазера на основе $Ar-CO-CH=CH-C_6H_4-N(CH_3)_2$

Генерационные характеристики активных сред

№ соединения	Арил-, гетарил- или R	Погл. $\lambda_{\text{макс}}, \text{нм}$	Флуор. $\lambda_{\text{макс}}, \text{нм}$	Генерация в широкополосном резонаторе			Генерация в резонаторе с дифр. реш.	
				$\lambda_{\text{макс}}, \text{нм}$	КПД, % $\lambda_m = 337$	КПД, % $\lambda_m = 448$	$\lambda_1, \text{нм}$	$\lambda_2, \text{нм}'$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
I-Арил-3-(4-диметиламинофенил)пропен-I-оны в диметилформамиде								
СII	фенил	422	522	543	10	22	525	600
СIV	4-метоксифенил	412	526	530	14	23	520	580
CV	4-хлорфенил	426	558	565	13	20	555	610
CVI	4-бромфенил	427	561	555	12	16	540	620
CVII	2-нафтил	427	565	577	13	23	536	635
I-Гетарил-3-(4-диметиламинофенил)пропен-I-оны в диметилформамиде								
CVIII	2-фурил	423	540	545	13	28	525	605
CXXXVIII	2-селениенил	435	575	578	7,5	17	550	630

# Активные среды лазера на основе



I	2	3	4	5	6	7	8	9
	I-(5-R-2-тиенил)-3-(4-диметиламинофенил)пропен-I-оны в диметилформамиде							
CX	водород	427	555	560	I7	24	535	6I7
CXI	метил	422	549	550	I8	25	520	620
CXII	хлор	437	582	585	I4	25	545	660
CXIII	бром	438	586	595	I0	33	555	650
CXIV	йод	437	584	575	2,5	I5	540	6I0
CXV	фенил	439	605	620	I0	23	5I0	680
CXVI	4-толил	439	597	620	7,0	20	540	650
CXVII	4-метоксифенил	438	590	620	6,0	I8	585	650
CXVIII	4-хлорфенил	44I	620	630	7,0	I7	590	680
CXIV	4-бромфенил	442	624	642	3,0	I7	600	720
CXX	4-цианфенил	444	642	660	I,0	5,0	633	760

# Активные среды лазера на основе



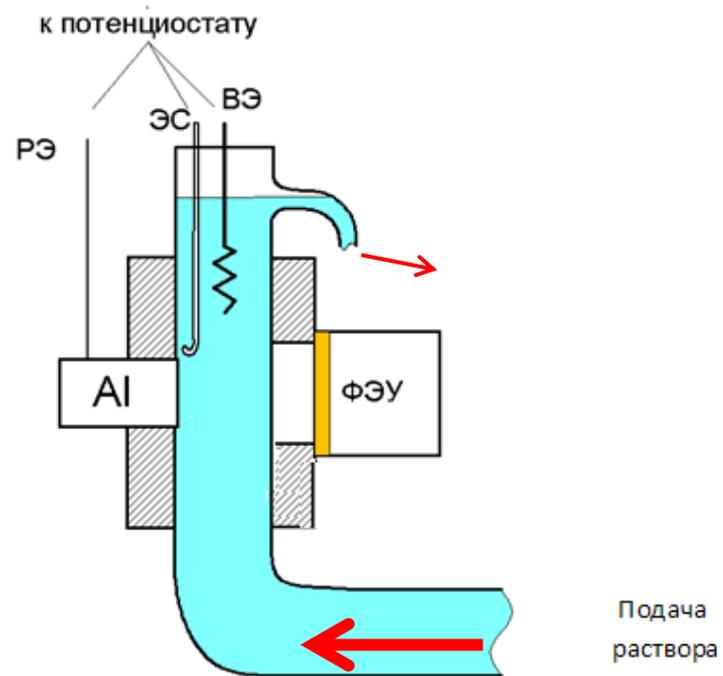
№ соединения	Арил-, гетарил- или R	Погл. $\lambda_{\text{макс}}, \text{нм}$	Флуор. $\lambda_{\text{макс}}, \text{нм}$	Генерация в широкополосном резонаторе			Генерация в резонаторе с дифр. реш.	
				$\lambda_{\text{макс}}, \text{нм}$	КПД, % $\lambda_m = 337$	КПД, % $\lambda_m = 448$	$\lambda_1, \text{нм}$	$\lambda_2, \text{нм}'$
I	2	3	4	5	6	7	8	9
I-(5-R-2-тиенил)-3-(4-диметиламинофенил)пропен-I-оны в ацетоне								
СXI	метил	414	534	540	20	30	515	600
СXII	хлор	428	563	570	18	32	535	640
СXIII	бром	429	567	575	19	30	535	640
СXIV	йод	429	567	575	2,0	15	540	610
СXV	фенил	430	586	610	10	24	570	660
СXVI	4-толил	429	578	615	9,0	13	580	650
СXVII	4-метоксифенил	428	569	600	5,0	16	570	640
СXVIII	4-хлорфенил	432	600	620	9,0	20	590	655
СXIV	4-бромфенил	433	603	620	8,0	16	590	660
Базовые красители (для сравнения)								
	Родамин В	-	-	620	9,5	9,0	610	660
	Родамин 6Ж	-	-	585	14	15	575	620

Генерационные характеристики для I-(5-хлор-2-тиенил)-3-(4-диметиламинофенил)-пропен-I-она в различных растворителях и их смесях

№ п/п	Растворитель или смесь раствор-й	Генерация в широкополосном резонаторе			Генерация в резонаторе с дифракционной решеткой	
		$\lambda_{\text{макс}}$ , нм	КПД, % $\lambda_{\text{нак}} = 337$	КПД, % $\lambda_{\text{нак}} = 448$	$\lambda_1$ , нм	$\lambda_2$ , нм
I	2	3	4	5	6	7
I	Диоксан	528	6,0	15	515	555
2	Этилацетат	545	15	28	520	600
3	Циклогексанон	560	8,0	30	535	625
4	Метилэтилкетон	567	12	28	525	610
5	Ацетон	570	18	32	535	640
6	I-Метил-2-пирролидон	585	12	25	540	635
7	Гексаметапол	580	15	25	535	650
8	Диметилформаид	585	14	25	545	660
9	Ацетонитрил	590	7,0	17	560	625
10	Диметилсульфоксид	610	7,0	25	565	670
II	Д (20 %) - АН 80 %	585	5,0	15	555	640
I2	Д (33 %) - АН 67 %	578	5,0	15	545	640
I3	Д (50 %) - АН 50 %	570	7,0	15	538	640
I4	Д (67 %) - АН 33 %	565	12	27	540	620
I5	Д (80 %) - АН 20 %	560	13	22	535	615
I6	Д (89 %) - АН 11 %	555	15	22	527	597

Д - диоксан АН - ацетонитрил

# Электрохемилюминесценция



# Электролюминесценция 2-пиразолинов

№ соединения	Арил- или гетарил-	I вариант			II вариант			Цвет свечения
		V <sub>1</sub> , В	V <sub>2</sub> , В	I <sub>свеч</sub> , отн. ед	V <sub>1</sub> , В	V <sub>2</sub> , В	I <sub>свеч</sub> , отн. ед	
I,5-дифенил-3-(2-(5-арил-2-фурил)винил)-2-пиразолины								
CXXVIII	фенил	+2	-3	300	+4	-5	3000	желтый
CXXIX	4-толил	+2	-3	3	+4	-5	1500	желтый
CXXX	4-метоксифенил	+2	-3	200	+4	-5	2700	желтый
CXXXI	4-хлорфенил	+2	-3	110	+4	-5	1000	желтый
CXXXII	2-хлорфенил	+2	-3	600	+4	-5	1000	желтый
I,5-дифенил-3-гетарил-2-пиразолины - известные композиции								
-	2-(5-фенил-2-оксазолил)-винил-	+2	-3	0	+4	-5	60	желто-зеленый
-	4-(5-фенил-2-оксазолил)-стирил	+2	-3	15	+4	-5	120	желтый
-	4-(5-(4-метоксифенил)-2-оксазолил)стирил	+2	-3	7	+4	-5	110	желто-оранжевый