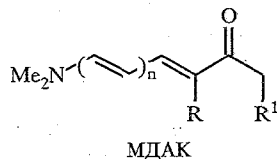
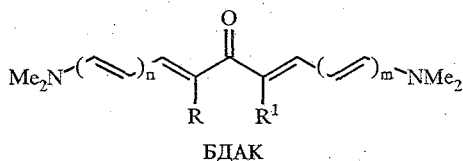


Ж. А. Красная, Ю. В. Смирнова, В. С. Богданов

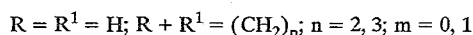
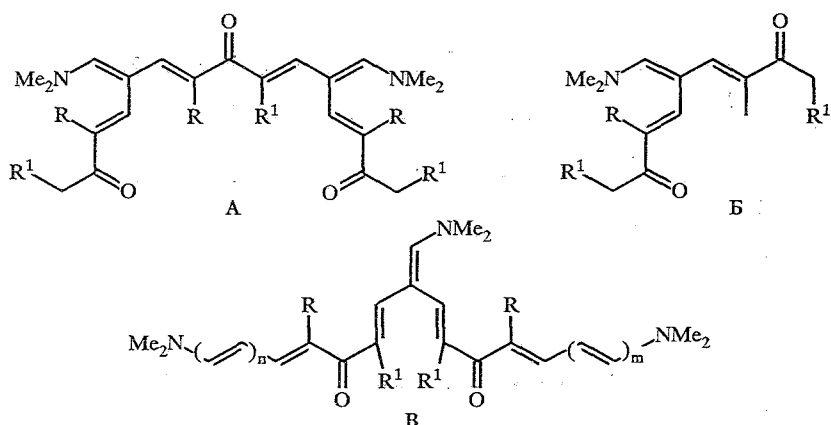
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ БИС-N,O-АЦЕТАЛЯ  
ДИМЕТИЛАМИНОМЕТИЛЕНМАЛОНОВОГО АЛЬДЕГИДА  
С КЕТОНАМИ.  
НОВЫЙ ПУТЬ ОБРАЗОВАНИЯ ЗАМЕЩЕННЫХ  
N-МЕТИЛПИРРОЛОВ

Конденсация бис-N,O-ацетала диметиламинометиленамалонового альдегида с кетонами,  $\beta$ -диметиламинovinилкетонами и  $\delta$ -диметиламинодиенонами сопровождается необычной внутримолекулярной циклизацией, в результате которой образуются поперечно сопряженные кетоны циклического и ациклического строения, содержащие в  $\beta$ - или  $\beta'$ -положениях N-метилпиррольный цикл, что представляет собой новый путь образования замещенных пирролов. Взаимодействием бис-N,O-ацетала диметиламинометиленамалонового альдегида с 2-(3'-диметиламинопропен-2'-илиден) циклопентаном синтезирован полиеновый трис-диметиламинодикетон.

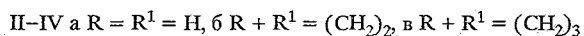
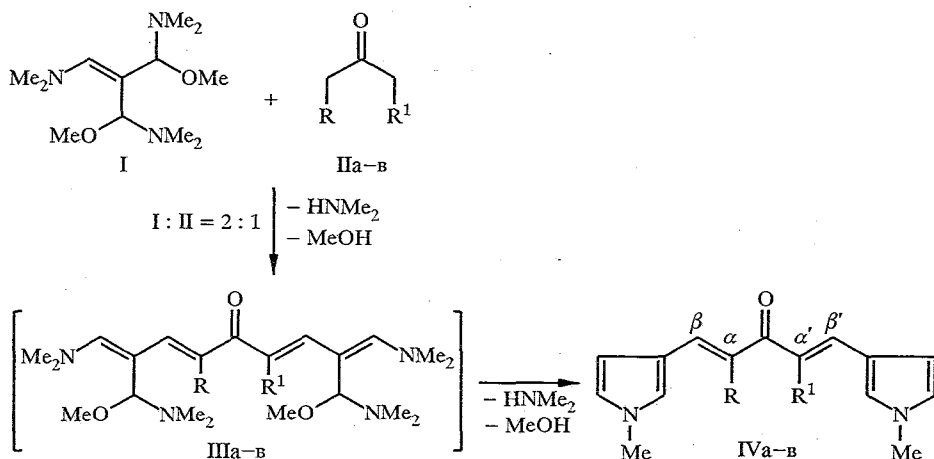
Ранее нами изучена конденсация аминалей сопряженных  $\omega$ -диметиламиноальдегидов с циклическими и ациклическими кетонами [1—4]. Полученные  $\alpha,\alpha'$ -бис( $\omega$ -диметиламинополиенил)кетоны (БДАК) различного строения имеют два хромофора, взаимодействующие через карбонильную группу, и вследствие этого обладают оптически легко возбудимой  $\pi$ -электронной системой, определяющей ряд специфических свойств: ярко выраженную сольватохромию [4], сильный термохромизм [5], флуоресценцию и генерацию лазерного излучения с высокой эффективностью [6], чрезвычайно легкое алкилирование и протонирование по карбонильной группе с резким изменением окраски [7, 8]. У их аналогов с одним хромофором, моно( $\omega$ -диметиламинополиенил)кетонов (МДАК), эти свойства выражены значительно слабее или вообще отсутствуют.



В связи со сказанным выше было интересно исследовать свойства полиеновых моно-, бис- и трисаминокарбонильных соединений, содержащих 2, 3 и большее число полиеновых хромофоров в одной молекуле. С целью синтеза соединений такого типа в данной работе изучено взаимодействие недавно полученного нами бис-N,O-ацетала  $\beta$ -диметиламинометиленамалонового альдегида (I) [9] с кетонами,  $\beta$ -диметиламинovinилкетонами и  $\delta$ -диметиламинодиенонами. В зависимости от строения кетона и соотношения реагентов можно было ожидать образования полиеновых кетонов типа А, Б, В:



Для получения полиеновых бисдиметиламинокетонов типа А предполагалось использовать конденсацию бис-N,O-ацеталей I с ацетоном (IIa), с циклопентаном (IIб), с циклогексаном (IIв) при соотношении I : II = 2 : 3. Однако при таком соотношении взаимодействие указанных реагентов (75...85 °C) привело к сложной смеси продуктов и выделить индивидуальные соединения не удалось. Можно было ожидать, что при соотношении I : II = 2 : 1 будут получены БДАК (IIIa—в), содержащие в  $\gamma, \gamma'$ -положениях N,O-ацетальные группы. Использование соединений IIIa—в в качестве бис-N,O-ацеталей в реакциях с кетонами, возможно, позволило бы затем при их взаимодействии с кетонами синтезировать БДАК типа А. Однако и в этом случае получить БДАК IIIa—в не удалось, так как реакция неожиданно сопровождалась внутримолекулярной циклизацией, в результате которой с невысокими выходами были выделены не известные ранее  $\beta, \beta'$ -бис(N-метилпирролил-3)дивинилкетоны (IVa—в), строение которых установлено на основании данных ПМР, УФ и масс-спектров (табл. 1 и 2). Отнесение сигналов протонов в N-метилпиррольном цикле сделано с учетом литературных данных для замещенных N-метилпирролов [10].



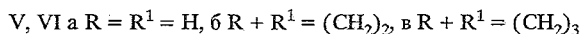
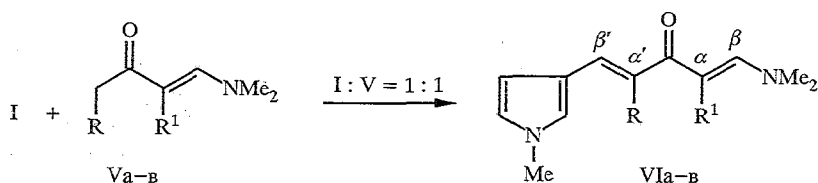
При взаимодействии бис-N,O-ацеталей I с  $\beta$ -диметиламинovinилкетонами (Va—в) (эквивалентное соотношение реагентов) также происходила внутримолекулярная циклизация, в результате которой с выходами 35...56% были впервые получены несимметричные  $\beta$ -диметиламино- $\beta'$ -(N-метилпирролил)- $\alpha, \alpha'$ -дивинилкетоны (VIa—в).

Таблица 1

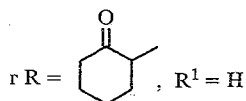
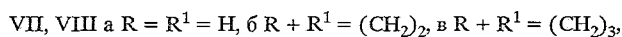
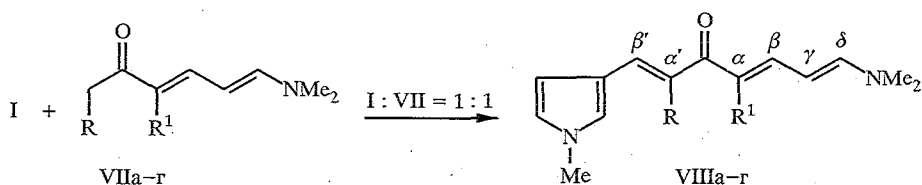
Условия конденсации кетонов IIa—в, Va—в, VIIa—г с бис-N,O-ацеталем I и характеристики синтезированных соединений

Исходный кетон	Условия реакции				Продукт реакции						
	мольное соотношение I : кетон	T, °C	продолжительность реакции, ч	способ обработки	соединение	брутто-формула*	T <sub>пл</sub> , °C	УФ спектр, $\lambda_{\text{max}}$ , нм (lg $\epsilon$ )		масс-спектр, m/z	выход, %
								EtOH	толуол [гептан]		
IIa	2 : 1	90...100	1,3	Г	IVa	C <sub>15</sub> H <sub>16</sub> N <sub>2</sub> O	158...165 (разл.)	393 (4,60)	371	—	10*2
IIб	2 : 1	80...100	2,0	В	IVб	C <sub>17</sub> H <sub>18</sub> N <sub>2</sub> O	239...243 (разл.)	420 (4,75), 405 пл (4,67)	380, 398, 360 пл	266	13*2
IIв	2 : 1	100...120	0,8	В	IVв	C <sub>18</sub> H <sub>20</sub> N <sub>2</sub> O	168...170	400 (4,72)	375, 380 пл	—	10*2
Va	1 : 1	100...120	1,3	Б	VIa	C <sub>12</sub> H <sub>16</sub> N <sub>2</sub> O	97...101 (разл.)	380 (4,50)	359 [348]	204	38
Vб	1 : 1	100...110	0,5	А	VIб*3	C <sub>14</sub> H <sub>18</sub> N <sub>2</sub> O	213...215 (разл.)	405 (4,73), 416 пл (4,66)	386	230	40
Vв	1 : 1	100...120	1,0	Г	VIв	C <sub>15</sub> H <sub>20</sub> N <sub>2</sub> O	109...112	400 (4,55)	371 [358]	244	56
VIIa	1 : 1	78...83	0,75	Г	VIIa	C <sub>14</sub> H <sub>18</sub> N <sub>2</sub> O	140...146 (разл.)	448 (4,67)	418	230	30
VIIб	1 : 1	75...85	0,5	Г	VIIб	C <sub>16</sub> H <sub>20</sub> N <sub>2</sub> O	>210 (разл.)	474 (5,07)	421, 442	256	44
VIIв	1 : 1	85...95	0,5	Г	VIIв	C <sub>17</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub> O	167...172	460 (4,99)	420	270	20
VIIв	1 : 1	85...95	0,5	Б	IX	C <sub>20</sub> H <sub>33</sub> N <sub>3</sub> O <sub>2</sub>	158...163				40
VIIг	1 : 1	70...80	0,3	Г	VIIг	C <sub>19</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	>135 (разл.)	506 (4,97)	480, 460 пл [460, 442 пл]	—	14
VIIб	1 : 2	95...100	0,75	А	X	C <sub>26</sub> H <sub>35</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	>210	480 (4,76)	450	—	65

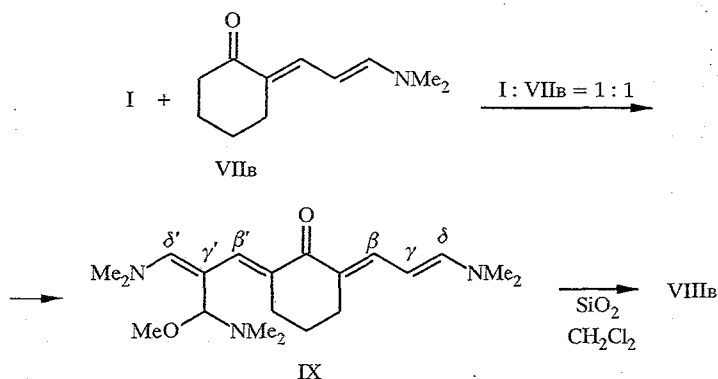
- \* Большинство соединений трудно поддаются анализу, поэтому в настоящем сообщении данные элементного анализа приводятся только для соединений VIб и VIIб. VIб. Найдено, %: С 72,88; Н 8,01; N 11,95. Вычислено, %: С 73,00; Н 7,88; N 12,16. VIIб. Найдено, %: N 10,43. Вычислено, %: N 10,93.
- \*2 Реакция сопровождается сильным смолообразованием.
- \*3 Соединение VIб выделено также при соотношении I : Vб = 1 : 2 с выходом 49%.



Реакция бис-N,O-ацетала I с δ-диметиламинодиенонами (VIIa—г) (эквимольное соотношение реагентов) протекает аналогично и приводит с выходами 20...44% к ранее не известным α-(δ-диметиламинопропен-γ-илиден)-α'-(N-метилпирролил-3)метиленкетонам (VIIIa—г).



В случае конденсации бис-N,O-ацетала I с диеноном VIIв удалось выделить промежуточный кристаллический продукт (IX), строение которого подтверждено спектром ПМР (см. табл. 2). Кетон IX, содержащий в γ'-положении группу CH(OMe)NMe<sub>2</sub>, при действии силикагеля в растворе CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> с выходом 50% превращается в сопряженный полиеновый кетон VIIIв. В масс-спектре соединения IX присутствует только сигнал иона с m/z 270, который является, по-видимому, M<sup>+</sup> соединения VIIIв, образующегося в результате внутримолекулярной циклизации, протекающей в масс-спектрометре.



Следует отметить, что для выделения сопряженных полиеновых кетонов IVa—в, VIв, VIIIa—г реакционную массу после окончания нагревания разбавляли CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> и выдерживали сутки в присутствии силикагеля (см. экспериментальную часть).

Выделение промежуточного кетона IX указывает на то, что циклизация в N-метилпиррольный фрагмент при синтезе соединений IV, VI и VIII

Спектры ПМР синтезированных соединений в  $CD_2Cl_2^*$ , химические сдвиги,  $\delta$ , м. д.

Соединение	Метиновые протоны				NMe <sub>2</sub> , с	Протоны пиррольного цикла				Остальные протоны	КССВ ( $J$ , Гц)
	H $\alpha$ , д; H $\alpha'$ , д	H $\beta$ , д; H $\beta'$	H $\gamma$ , т; H $\gamma'$ , т	H $\delta$ , д; H $\delta'$ , д		2-Н	4-Н	5-Н	NMe, с		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
IVa	6,71 (2H)	7,64 (2H, д)	—	—	—	6,90 (2H, т)	6,45 (2H, т)	6,61 (2H, т)	3,68 (6H)	—	$J_{\alpha\beta} = 16,0$ , $J_{2,5} = J_{4,5} = 2,0$
IVб	—	7,39 (2H, уш. с)	—	—	—	6,96 (2H, уш. с)	6,40 (2H, уш. с)	6,69 (2H, уш. с)	3,70 (6H)	2,90 (4H, с, CH <sub>2</sub> )	—
IVв	—	7,58 (2H, уш. с)	—	—	—	6,92 (2H, т)	6,39 (2H, т)	6,65 (2H, т)	3,69 (6H)	1,86 (2H, м, CH <sub>2</sub> ), 2,81 (4H, м, CH <sub>2</sub> )	$J_{2,5} = J_{4,5} = 2,5$
VIa	5,19 (1H), 6,43 (1H)	7,61 (1H, д), 7,40 (1H, д)	—	—	3,00 (6H, уш. с)	6,83 (1H, т)	6,36 (1H, т)	6,59 (1H, т)	3,64 (3H)	—	$J_{\alpha\beta} = 14,0$ , $J_{\alpha'\beta'} = 16,0$ , $J_{2,5} = J_{4,5} = 2,5$
VIб	—	6,84 (1H, т), 7,26 (1H, т)	—	—	3,10 (6H)	7,12 (1H, т)	6,32 (1H, т)	6,62 (1H, т)	3,66 (3H)	2,62 (2H, м, CH <sub>2</sub> ), 2,99 (2H, м, CH <sub>2</sub> )	$J_{\beta,CH_2} =$ $J_{\beta',CH_2} =$ $= 1,7$ , $J_{2,5} =$ $= J_{4,5} = 2,5$
VIв	—	6,84 (1H, т), 7,57 (1H, т)	—	—	3,07 (6H)	7,44 (1H, т)	6,32 (1H, т)	6,61 (1H, т)	3,66 (3H)	1,73 (2H, м, CH <sub>2</sub> ), 2,69 (4H, м, CH <sub>2</sub> )	$J_{\beta,CH_2} =$ $= J_{\beta',CH_2} =$ $= 1,5$ , $J_{2,5} =$ $= J_{4,5} = 2,5$
VIIa	6,78 (1H), 6,03 (1H)	7,41 (1H, т), 7,43 (1H, д)	5,23 (1H), —	6,55 (1H), —	2,90 (6H)	6,85 (1H, уш. с)	6,39 (1H, уш. с)	6,59 (1H, уш. с)	3,62 (3H)	—	$J_{\alpha\beta} = J_{\beta\gamma} =$ $= J_{\gamma\delta} = 12,5$ , $J_{\alpha'\beta'} = 15,0$
VIIб	—	7,14 (1H, д), 6,90 (1H, т)	5,03 (1H), —	6,30 (1H), —	2,91 (6H)	7,20 (1H, т)	6,34 (1H, т)	6,63 (1H, т)	3,68 (3H)	2,68 (2H, м, CH <sub>2</sub> ), 2,79 (2H, м, CH <sub>2</sub> )	$J_{\beta\gamma} = J_{\gamma\delta} =$ $= 12,5$ , $J_{\beta',CH_2} = 2,5$ , $J_{2,5} = J_{4,5} = 2,5$

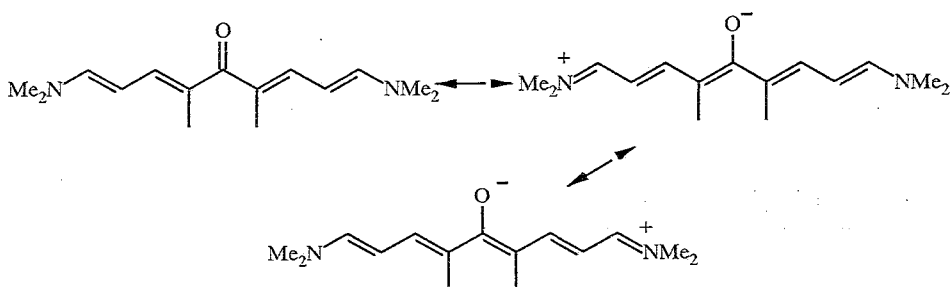
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
VIII <sub>B</sub>	—	7,41 (1H, д), 6,88 (1H, т)	5,10 (1H), —	6,80 (1H), —	2,92 (6H)	7,51 (1H, т)	6,35 (1H, т)	6,62 (1H, т)	3,68 (3H)	1,80 (2H, м, CH <sub>2</sub> ), 2,51 (2H, м, CH <sub>2</sub> ), 2,72 (2H, м, CH <sub>2</sub> )	$J_{\beta,\gamma} = J_{\gamma,\delta} =$ =12,5, $J_{\beta,\text{CH}_2} = 2,5$ , $J_{2,5} = J_{4,5} = 2,5$
VIII <sub>Г</sub> * <sup>2</sup>	6,10 (1H), —	7,49 (1H, д, д), 6,88 (1H, т)	—	6,81 (1H), —	2,91 (6H)	7,39 (1H, т)	6,32 (1H, т)	6,62 (1H, т)	3,66 (3H)	1,74 (2H, м, CH <sub>2</sub> ), 2,47 (2H, м, CH <sub>2</sub> ), 2,62 (2H, м, CH <sub>2</sub> ), 17,79 (1H, с, Н...О)	$J_{\alpha\beta} = J_{\beta\gamma} =$ =14,0, $J_{\gamma,\delta} =$ =12,5, $J_{\beta',\text{CH}_2} =$ =2,0, $J_{2,5} =$ =J <sub>4,5</sub> = 2,0
IX	—	7,31 (1H, д), 7,23 (1H, уш. с)	5,09 (1H), —	6,74 (1H), 6,60 (1H)	2,82 и 2,89 (12H)	—	—	—	—	1,74 (2H, м, CH <sub>2</sub> ), 2,48 (4H, м, CH <sub>2</sub> ), 2,17 (6H, с, NMe <sub>2</sub> ), 3,40 (3H, с, OMe), 4,16 (1H, с, CH)	$J_{\alpha\beta} =$ =J $\alpha'\beta'$ =12,5
X* <sup>3</sup>	—	7,15 (1H, д), 7,04 (1H, д)	4,97 (1H), 5,04 (1H)	6,81 (1H), 6,72 (1H)	2,88, 2,92 и 2,94 (18H)	—	—	—	—	2,22 (4H, м, CH <sub>2</sub> ), 2,53 (4H, м, CH <sub>2</sub> ), 6,79 (1H, с, 4-H), 7,00 (1H, уш. с, 2-H), 7,35 (1H, уш. с, 2'-H)	$J_{\beta,\gamma} = J_{\gamma,\delta} =$ =J $\beta',\gamma' =$ =J $\gamma',\delta' = 12,0$

\* Спектр соединения IVa записан в CDCl<sub>3</sub>.<sup>2</sup> Сигнал НУ' перекрывается остаточным сигналом CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>.<sup>3</sup> Химические сдвиги протонов H $\beta$ , НУ, Н $\delta$ , 2-Н и H $\beta'$ , НУ', Н $\delta'$ , 2'-Н взаимозаменяемы.

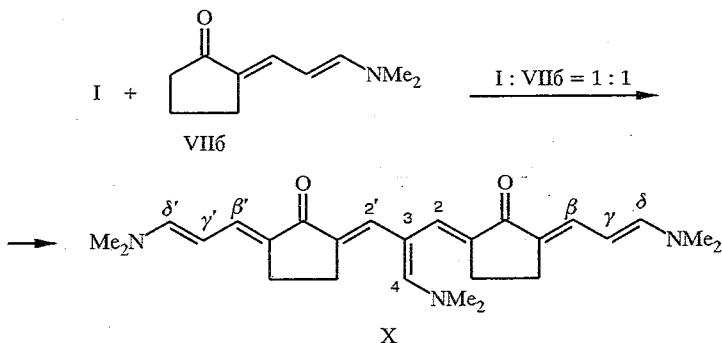
происходит, по-видимому, не в исходном бис-N,O-ацетале I, а в первоначально образующихся продуктах его конденсации с кетонами. Мы показали, что нагревание бис-N,O-ацетала I (0,5 ч, 80...120 °C) не приводит к соответствующему N-метилпирролу.

Таким образом, конденсация бис-N,O-ацетала I с кетонами представляет собой новый путь образования замещенных пирролов, в основе которого лежит взаимодействие N,O-ацетальной функции с одной из метильных групп диметиламиногруппы, приводящее к образованию связи C(2)—C(3) пиррольного цикла. Это взаимодействие протекает, по-видимому, очень легко, так как даже при наличии в реакционной массе избытка исходного аминокетона N,O-ацетальная группа в промежуточном БДАК не реагирует со второй молекулой кетона, а участвует в образовании пиррольного цикла. Следует упомянуть, что ранее в работе [10] мы обнаружили в качестве побочного продукта N-метил-3-фенилпиррол, образовавшийся в результате аналогичной внутримолекулярной циклизации из N,O-ацетала  $\alpha$ -фенил- $\beta$ -диметиламиноакролеина.

Отщепление двух протонов от метильного радикала группы NMe<sub>2</sub> в промежуточных БДАК (например, в соединениях III, IX), происходящее при образовании N-метилпиррольного цикла, необычно и может быть объяснено специфическими свойствами БДАК, обусловленными существенным вкладом ионоидной формы в их электронную структуру [5, 11].

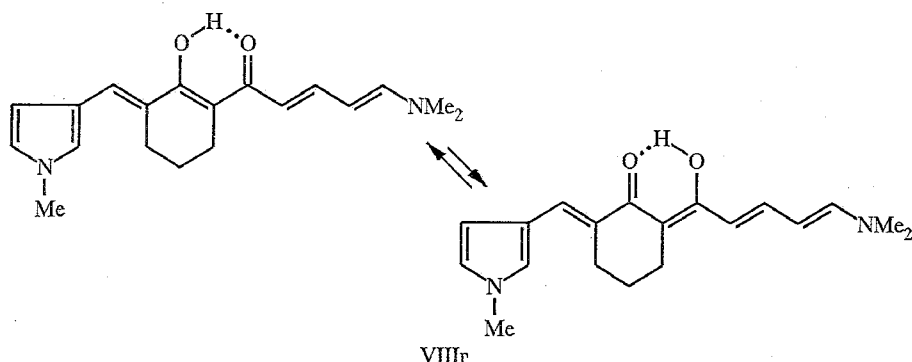


Следует отметить, что в данной работе нами обнаружен единственный случай, когда при реакции бис-N,O-ацетала I с кетоном VIIб (соотношение I : VIIб = 1 : 2) с выходом 65% был получен ранее не известный 1,15-диметиламино-5,11-диоксо-4,6-диметилен-10,12-диметилен-8-диметиламинотетрадекагексадиен-1,3,6,9,12,14 (X), строение которого подтверждено данными ПМР и УФ спектров.



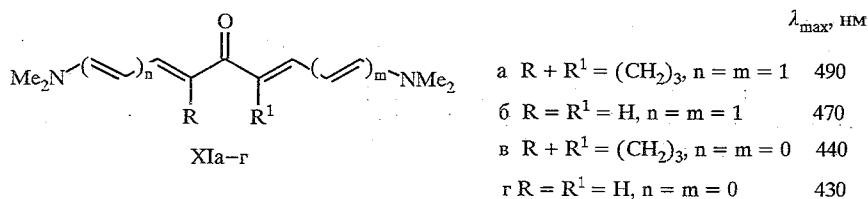
Из данных спектров ПМР (табл. 2) следует, что все синтезированные кетоны имеют *транс*-конфигурацию метиновых протонов ( $^3J = 12...16$  Гц); в кетонах VIIа—г и X реализуется (*S*)-*транс*-конформация ( $^3J_{\beta,\gamma} = ^3J_{\beta',\gamma'} = 12,5$  Гц).

Дикетон VIIIг, также как и исходный дикетон VIIг [12], представляет собой хелат с внутримолекулярной водородной связью, что подтверждено спектром ПМР (табл. 2).



Из сравнения данных электронных спектров поглощения в различных растворителях, приведенных в табл. 1, видно, что все синтезированные полиеновые кетоны проявляют положительную сольватохромную, так как при переходе от толуола к EtOH  $\lambda_{\max}$  bathochromно сдвигается на 21...40 нм.

Замена N-метилпиррольного цикла в синтезированных кетонах на диметиламиновинильный фрагмент приводит к существенному bathochromному сдвигу  $\lambda_{\max}$ . Это следует из сравнения спектров поглощения кетонов IVa,в, VIa,в со спектрами поглощения соединений, синтезированных ранее [1, 2], содержащих вместо гетероциклических заместителей диметиламиновинильный фрагмент. Наиболее существенный сдвиг  $\lambda_{\max}$  в коротковолновую область на 90 и 77 нм наблюдается у симметричных кетонов IVa,в, содержащих два N-метилпиррольных цикла.



Результаты изучения протонирования, алкилирования и спектрально-люминесцентных свойств синтезированных полиеновых кетонов будут представлены в следующих публикациях.

#### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

УФ спектры регистрировались на спектрофотометре Specord UV-VIS. Спектры ПМР получены на приборе Bruker WM-250 ( $^1H$  250 МГц), химические сдвиги приведены относительно ТМС.

Исходные кетоны синтезированы по известным методикам: Va [13], Vб [14], Vв [15], VIIa—в [1], VIIIг [12].

Условия реакции и характеристики соединений IVa—в, VIa—в, VIIa—г, IX и X приведены в табл. 1.

Конденсация кетонов IIa—в, Va—в, VIIa—г с бис-N,O-ацеталем I (общая методика) Выдерживают смесь бис-N,O-ацетала I и кетона II, V, VII, соблюдая соотношение реагентов, температуру и продолжительность реакции, указанные в табл. 1. Для выделения продуктов используют различные способы обработки реакционной массы, охлажденной до комнатной температуры (методики А—Г).

А. К реакционной массе, содержащей кристаллический продукт, добавляют сухой ацетон, осадок отделяют, промывают сухим ацетоном, получают соединения VIб и X.



Б. Реакционную массу растирают с абс. эфиром, выделившиеся кристаллы соединений VIa и IX отфильтровывают и промывают абс. эфиром.

В. Реакционную массу растворяют в  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  и добавляют  $\text{SiO}_2$  L 40/100  $\mu$  (на 1 г реакционной массы — 35 мл  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  и 2,5 г  $\text{SiO}_2$ ). Через 24 ч  $\text{SiO}_2$  отфильтровывают, промывают  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ , фильтрат упаривают. К остатку после упаривания добавляют сухой ацетон, осадок отделяют, промывают сухим ацетоном, получают продукты IVб,в.

Г. К обработанной силикагелем реакционной массе (методика В) после упаривания  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  добавляют абс. эфир, осадок отделяют и промывают абс. эфиром, получают соединения IVa, VIб,в, VIIa—г. Продукт VIIв может быть получен также в результате обработки соединения IX по методике В.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Красная Ж. А., Стыценко Т. С., Прокофьев Е. П., Петухов В. А., Кучеров В. Ф. // Изв. АН СССР. Сер. хим. — 1976. — № 3. — С. 595.
2. Красная Ж. А., Стыценко Т. С., Прокофьев Е. П., Кучеров В. Ф. // Изв. АН СССР. Сер. хим. — 1978. — № 1. — С. 116.
3. Красная Ж. А., Стыценко Т. С., Прокофьев Е. П., Кучеров В. Ф. // Изв. АН СССР. Сер. хим. — 1980. — № 6. — С. 1362.
4. Красная Ж. А., Стыценко Т. С., Ужинов Б. М., Крашаков С. А., Богданов В. С. // Изв. АН СССР. Сер. хим. — 1983. — № 9. — С. 2084.
5. Шведова Л. А., Татиколов А. С., Кузьмин В. А., Красная Ж. А., Беккер А. Р. // ДАН. — 1984. — Т. 276. — С. 654.
6. Шведова Л. А., Татиколов А. С., Дармания А. П., Кузьмин В. А., Красная Ж. А. // ДАН. — 1984. — Т. 276. — С. 164.
7. Красная Ж. А., Стыценко Т. С., Прокофьев Е. П., Кучеров В. Ф. // Изв. АН СССР. Сер. хим. — 1978. — № 2. — С. 392.
8. Фанов Ю. А., Красная Ж. А., Стыценко Т. С., Словецкий В. И., Исаев Э. И. // Изв. АН СССР. Сер. хим. — 1989. — № 2. — С. 493.
9. Krasnaya Zh. A., Smirnova Yu. V., Krystal G. V., Bogdanov V. S. // Mendeleev Commun. — 1996. — N 1. — P. 17.
10. Красная Ж. А., Кучеров В. Ф. // Изв. АН СССР. Сер. хим. — 1980. — № 5. — С. 1064.
11. Шведова Л. А., Татиколов А. С., Красная Ж. А., Беккер А. Р., Кузьмин В. А. // Изв. АН СССР. Сер. хим. — 1988. — № 1. — С. 61.
12. Красная Ж. А., Гречкина Е. В., Богданов В. С. // Изв. АН СССР. Сер. хим. — 1993. — № 7. — С. 1235.
13. Venary E. // Chem. Ber. — 1930. — Bd 63. — S. 1573.
14. Красная Ж. А., Богданов В. С. // Изв. АН СССР. Сер. хим. — 1991. — № 10. — С. 2348.
15. Wagner R. M., Jutz Ch. // Chem. Ber. — 1971. — Bd 104. — S. 2975.