

А. Г. Михайловский, А. В. Игнатенко, Ю. Н. Бубнов

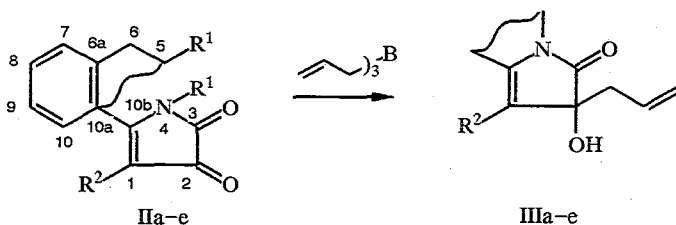
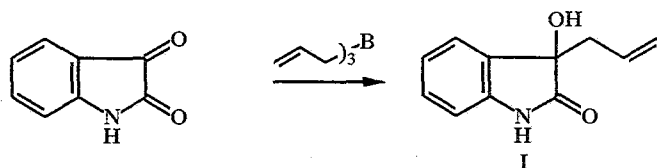
АЛЛИЛБОРИРОВАНИЕ ИЗАТИНА
И 2,3-ДИОКСОПИРРОЛО[2,1-*a*]ИЗОХИНОЛИНОВ

Реакции триаллилборана с изатином и производными 2,3-диоксопирроло[2,1-*a*]изохинолина при комнатной температуре протекают региоспецифично по кетонной группе и приводят к соответствующим гомоаллиловым спиртам. Один из них, имеющий в своей структуре лактамную и амидную группы, восстановлен с помощью литийалюмогидрида до диамина.

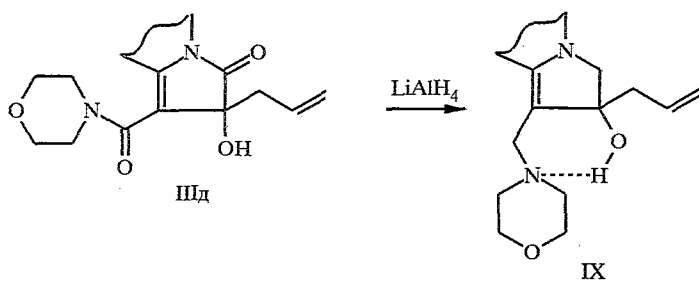
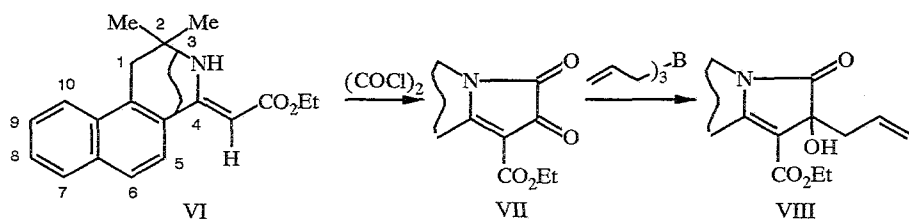
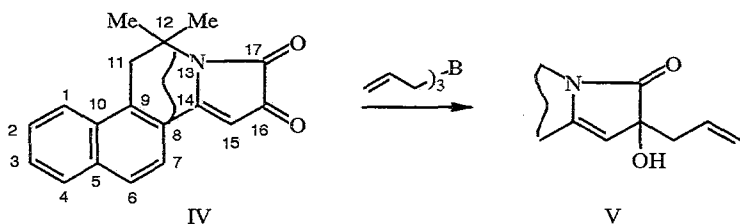
Ранее были получены и исследованы 2,3-диоксопирроло[2,1-*a*]изохинолины, представляющие интерес в качестве синтонов и биологически активных веществ [1—8]. Известно, что аллилбораны, в отличие от других классов органических производных бора, присоединяются к органическим соединениям с кратными связями C=O, C=S, C=N, C=C, C≡C. Во всех случаях аллилборирование осуществляется с перегруппировкой — через шестичентровое переходное состояние с циклическим электронным переносом [9—13]. Аллилборирование альдегидов и кетонов, открытое в 1964 г. [13], протекает в мягких условиях (–100...20 °С) и обычно не осложняется побочными процессами. Реакции можно проводить в любом инертном растворителе (углеводородах, CCl₄, CHCl₃ и др.), что является одним из достоинств метода.

Мы установили, что изатин при действии триаллилборана (20 °С) подвергается моноаллилборированию по кетонной группе с образованием (после деборирования раствором соды) гомоаллилового спирта I. Трициклические соединения IIa—e [1—8] реагируют с триаллилбораном аналогично, давая неопределенные спирты IIIa—e. В диоксопирролине IV [14, 15], скелетном аналоге азастероидов, самой активной по отношению к триаллилборану также является кетонная группа. В качестве продукта реакции образуется карбинол V. Аналогично из полифункционального эфира VII, синтезированного взаимодействием енамина VI [16] и оксалилхлорида, получен эфир VIII. Все приведенные реакции завершаются при 20 °С за 10...15 мин, на что указывает обесцвечивание ярко окрашенных в красный цвет [4] растворов исходных дикарбонильных соединений. Последнее обусловлено нарушением системы сопряжения [4] в ходе аллилборирования. В реакции участвуют два аллильных фрагмента молекулы триаллилборана, поэтому исходный пирролдион и триаллилборан применяют в соотношении 2 : 1. Амидные и лактамные функции, а также этоксикарбонильная группа (соединения IIe и VII) при аллилборировании не затрагиваются. Присоединения по енамидной двойной связи пятичленного цикла по типу реакции Михаэля [17] (соединения II, IV и VII) также не наблюдалось.

В полученных гомоаллиловых спиртах III, V и VIII имеется несколько функциональных групп, которые могут быть подвергнуты различным превращениям. Так, в амиде IIIд под действием LiAlH₄ восстанавливаются обе амидные группы и получается аминоспирт IX, стабилизированный водородной связью N...HO. При гидрировании с помощью LiAlH₄ аналогичных производных индола имеют место отщепление воды и ароматизация пятичленного цикла [18, 19]. В данном случае этого не наблюдалось, что может быть объяснено более сложной структурой молекулы и стабильностью Н-хелатированной формы IX. Наши попытки провести дегидратацию бутениловых спиртов I и III до соответствующих 1,3-диенов к успеху не привели.



II, III a $R^1 = \text{Me}$, $R^2 = \text{H}$; б $R^1 - R^1 = (\text{CH}_2)_4$, $R^2 = \text{H}$;
 в $R^1 = \text{Me}$, $R^2 = \text{CO}[\text{N}(\text{CH}_2)_5]$; г $R^1 = \text{Me}$; $R^2 = \text{CO}[\text{N}(\text{CH}_2)_4]$;
 д $R^1 = \text{Me}$, $R^2 = \text{CO}[\text{N}(\text{CH}_2)_4\text{O}]$; е $R^1 = \text{Me}$, $R^2 = \text{COOEt}$



Характеристика полученных соединений представлена в табл. 1. Аминоспирт IX охарактеризован в виде дипикрата. ИК спектры всех гомоаллиловых спиртов (табл. 2) содержат полосы поглощения аллильной двойной связи при 1645 см^{-1} , лактамного карбонила при $1695 \dots 1710 \text{ см}^{-1}$, спиртового гидроксила при $3180 \dots 3520 \text{ см}^{-1}$, а также соответствующих функциональных групп боковой цепи.

В спектрах ПМР (табл. 2) впервые полученных гомоаллиловых спиртов форма сигналов и степень их разрешения очень чувствительны к природе растворителя (CDCl_3 или DMCO-D_6), что может быть объяснено наличием в молекулах нескольких полярных групп. В спектрах спиртов IIIa,в—e, V, VIII в отличие от спектров соответствующих дикарбонильных соединений

[1—3] наблюдается два синглета метильных групп в положении 5 (12). Кроме того, имеет место расщепление сигнала протонов метиленовой группы в положении 6. При этом картина АВ-системы усложнена мультиплетом протонов СН₂ аллильной группы, что не позволяет определить величину ²J_{АВ}. В спектрах производных нафталина V, VIII протоны группы СН₂ в положении 11 дают сигналы в более слабом поле и поэтому картина АВ-системы становится более четкой (табл. 2). Таким образом, две названные метильные группы и протоны метиленовых групп диастереотропны вследствие наличия хирального центра в положении 2 (16). Положение сигнала спиртового гидроксила зависит от природы растворителя. Так, в спектре соединения IIIб этот сигнал проявляется при 5,55 м. д. в ДМСО-D₆ и при 4,10 м. д. в CDCl₃.

Спектры ПМР амидов IIIв—д (табл. 2) резко отличаются от спектров как соответствующих исходных пирролдионов, так и спиртов IIIа,б,е и V, VIII. В спектрах амидов IIIв—д имеет место уширение сигналов, особенно групп СН₃ и 6-СН₂. По-видимому, это явление связано с Н-хелатированием по амидному карбонилу, который в структуре всех остальных спиртов отсутствует:

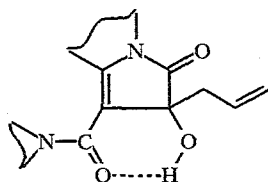


Таблица 1

Характеристики синтезированных соединений

Соединение	Брутто-формула	Найдено, % Вычислено, %			T _{пл.} °C	Выход, %
		С	Н	N		
I	C ₁₁ H ₁₁ NO ₂	69,7	5,8	7,5	123...124	67
		69,8	5,9	7,4		
IIIа	C ₁₇ H ₁₉ NO ₂	75,6	7,0	5,3	129...130	62
		75,8	7,1	5,2		
IIIб	C ₁₉ H ₂₁ NO ₂	77,2	7,1	4,8	107...108	63
		77,3	7,2	4,7		
IIIв	C ₂₃ H ₂₈ N ₂ O ₃	72,5	7,4	7,3	147...148	86
		72,6	7,4	7,4		
IIIг	C ₂₂ H ₂₆ N ₂ O ₃	72,0	7,1	7,6	122...123	53
		72,1	7,2	7,6		
IIIд	C ₂₂ H ₂₆ N ₂ O ₄	69,1	6,7	7,4	133...134	82
		69,1	6,9	7,3		
IIIе	C ₂₀ H ₂₃ NO ₄	70,2	6,6	4,2	103...104	57
		70,4	6,8	4,1		
V	C ₂₁ H ₂₁ NO ₂	78,8	6,4	4,5	153...154	61
		79,0	6,6	4,4		
VII	C ₂₁ H ₁₉ NO ₄	72,1	5,4	4,1	165...166	70
		72,2	5,5	4,0		
VIII	C ₂₄ H ₂₅ NO ₄	73,5	6,3	3,4	132...133	58
		73,6	6,4	3,6		
IX	C ₂₂ H ₃₀ N ₂ O ₂ · 2C ₆ H ₃ N ₃ O ₇	50,0	4,4	13,9	198...199	32
		50,2	4,5	13,8		

Спектры ПМР и ИК синтезированных соединений

Соединение	Спектр ПМР, δ , м. д.							ИК спектр, ν , см^{-1}			
	1(15)-Н, с	5(12)-(CH ₃) ₂ с	6(11)-CH ₂ , м CH ₂ -C=, м	CH ₂ -CH, оба м	ароматические протоны, м	ОН, с	другие протоны	C=C (аллил)	C=O лактама	C=O боковой цепи	другие полосы
I	—	—	2,50	4,88; 5,40	6,70...7,45 (4H)	3,60	6,05 (NH)	1645	1710	—	3205 (NH) 3305 (OH)
IIIa	5,75	1,43; 1,61	2,50...2,90	5,20; 5,77	7,18...7,65 (4H)	3,37	—	1645	1710	—	3380 (OH)
IIIб	5,90	—	2,20...2,65	5,0; 5,90	7,20...7,40 (3H); 7,75 (10-H)	5,55	1,49...2,0 м 8H, 5-(CH ₂) ₄	1645	1705	—	3390(OH)
IIIв	—	*	2,50...3,15	5,10; 5,70	7,10...7,65 (4H)	* ²	3,15...4,27 м (4H, 2CH ₂ N); 1,0...2,0 м (12H, 3CH ₂ и 2CH ₃)	1645	1710	1610	3330 (OH)
IIIг	—	*	2,50...3,0	5,07; 5,77	7,15...7,67 (4H)	* ²	1,0...2,0 м (10H, 2CH ₂ и 2CH ₃); 3,50 м (4H, 2CH ₂ N)	1645	1705	1620	3340(OH)
IIIд	—	1,20; 1,65	2,50...3,05	5,10; 5,40	7,10...7,70 (4H)	* ²	3,05...4,15 м (8H, N(CH ₂) ₂ и O(CH ₂) ₂)	1645	1710	1620	3340(OH)
IIIе	—	1,42; 1,50	2,70...3,0	5,08; 5,54	7,43...7,50 (3H) 8,15 (10-H)	3,40	1,35 т (3H, CH ₃ CH ₂); 4,35 к (2H, CH ₃ CH ₂)	1645	1695	1720	3520(OH)
V	5,87	1,50; 1,75	* ³	5,15; 5,80	7,26...8,08 (6H)	2,90	—	1645	1710	—	3370(OH)
VII	—	1,57	3,37 с	—	7,57...8,20 (6H)	—	1,35 т (3H, CH ₃ CH ₂); 4,36 к (2H, CH ₃ CH ₂)	—	1700	1730	1745(C=O)
VIII	—	1,50; 1,56	* ³	5,10; 5,60	7,50...8,12 (6H)	3,70	1,35 т (3H, CH ₃ CH ₂); 4,35 к (2H, CH ₃ CH ₂)	1645	1700	1720	3510(OH)
IX	—	1,07; 1,31	* ⁴	5,0; 5,70	7,0...7,45 (4H)	5,30	2,18...3,25 м, 8H; N(CH ₂) ₃ и 6-CH ₂ ; 3,63 с (2H, CH ₂ N)	1645	—	—	3180(OH)

*² В составе мультиплета 1,0...2,0 м. д.*³ В составе мультиплетов 6(11)-CH₂ и H₂C=C=.*⁴ V: 11-C; CH₂AB — $\delta_A = 3,10$, $\delta_B = 3,22$, $^2J_{AB} = 16,1$ Гц; 2,60 м (CH₂C=C); VIII: 11-C; CH₂AB — $\delta_A = 3,18$, $\delta_B = 3,30$, $^2J_{AB} = 16,0$ Гц; 2,90 м (CH₂C=C).*⁴ В составе мультиплета 2,18...3,25 м. д.

Спектры ЯМР ^{13}C синтезированных соединений, δ , м. д.

Соединение	$\text{C}_{(1)}$ [$\text{C}_{(15)}$]	$\text{C}_{(2)}$ [$\text{C}_{(16)}$]	$\text{C}_{(3)}$ [$\text{C}_{(17)}$]	$\text{C}_{(5)}$ [$\text{C}_{(12)}$]	$\text{C}_{(6)}$ [$\text{C}_{(11)}$] $\text{C}\text{N}_2\text{C}=\text{CH}_2\text{N}$	R^1 , $\text{C}\text{N}_2\text{C}$	$\text{H}_2\text{C}=\text{NC}=\text{C}=\text{C}$	Ar	$\text{C}_{(10b)}$ [$\text{C}_{(14)}$]	Другие сигналы
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I	—	179,0	75,5	—	42,2	—	109,6; 131,8	131,6; 141,7 ($\text{C}_{(3a)}$, $\text{C}_{(7a)}$); 119,0; 121,7; 124,3; 129,0	—	—
IIa	103,0	77,9	141,0	53,5	42,6; 44,3	25,6; 27,0 (Me)	119,3; 133,0	125,6 ($\text{C}_{(6a)}$); 131,6 ($\text{C}_{(10a)}$); 124,4; 126,9; 128,5; 129,5	180,0	—
IIб	103,3	78,2	141,4	63,8	42,4; 42,6	25,2; 25,3 (2CH_2); 3,70; 37,1 (2CH_2)	119,0; 133,8	124,3 ($\text{C}_{(6a)}$); 131,6 ($\text{C}_{(10a)}$); 124,3; 126,8; 128,3; 129,2	179,3	—
IIв	107,4	78,9	139,0	53,5	41,6; 42,3; 44,7; 47,5	24,1; 25,1 (2Me); 25,6; 27,4 (3CH_2)	118,8; 134,9	125,2 ($\text{C}_{(6a)}$); 130,7 ($\text{C}_{(10a)}$); 126,2; 127,0; 128,6; 131,4	176,4	166,0, $\text{C}(\text{O})\text{N}=\text{C}$
IIг	107,0	79,2	139,4	53,5	42,0; 44,6; 45,4; 47,2	24,0; 25,3 (2Me); 26,8 (2CH_2)	118,4; 134,5	125,4 ($\text{C}_{(6a)}$); 130,6 ($\text{C}_{(10a)}$); 125,9; 127,1; 128,6; 131,8	176,5	165,5, $\text{C}(\text{O})\text{N}=\text{C}$
IIд	110,0	79,4	139,5	53,8	41,8; 44,5; 46,6	25,0; 26,3 (2Me)	119,0; 134,4	126,3 ($\text{C}_{(6a)}$); 130,5 ($\text{C}_{(10a)}$); 124,8; 127,0; 128,7; 131,3	176,9	165,4, $\text{C}(\text{O})\text{N}=\text{C}$; 66,1, $(\text{CH}_2)_2\text{O}$
IIе	106,4	78,14	149,8	54,3	42,7; 45,0	25,5; 26,3 (2Me); 14,2 ($\text{C}\text{H}_3\text{CH}_2$)	119,5; 136,1	124,6 ($\text{C}_{(6a)}$); 130,7 ($\text{C}_{(10a)}$); 126,4; 128,1; 130,8; 132,0	176,4	60,3 (CH_2O) ; 164,0 (CO_2Et)

V	104,3	78,0	141,2	53,1	39,6; 42,6	26,0; 27,4 (2Me)	119,3; 133,8	122,7 (C ₍₉₎); 126,8, 129,2, 131,3 (C ₍₁₀₎ , C ₍₅₎ , C ₍₈₎); 121,4; 123,4; 126,8; 127,2; 128,7; 131,6	180,0	—
VII	101,0	166,9	157,3	53,2	39,1	25,8 (2Me); 13,9 (CH ₃ CH ₂)	—	120,0 (C ₍₉₎); 130,4; 136,1, 137,5 (C ₍₁₀₎ , C ₍₅₎ , C ₍₈₎); 124,9; 125,6; 126,8; 127,5; 128,7; 129,7	178,4	60,8 (CH ₂ O); 162,6 (CO ₂ Et); 166,9 (C ₍₁₆₎)
VIII	106,9	78,3	149,4	53,6	39,8; 42,5	25,7; 26,3 (2Me); 14,1 (CH ₃ CH ₂)	119,5; 134,7	122,0 (C ₍₉₎); 128,5; 130,6; 134,0 (C ₍₁₀₎ , C ₍₅₎ , C ₍₈₎); 123,9; 125,9; 126,2; 126,7; 127,7; 130,7	176,2	60,2 (CH ₂ O); 164,0 (CO ₂ Et)
IX	65,8	29,6	*	56,7	31,5; 34,1; 52,0; 53,5; 53,8 (4CH ₂ N)	26,3; 28,4 (2Me)	116,0; 134,8	132,9, 134,1 (C _(6a) , C _(10a)); 125,6 (8,9-C); 126,1, 129,5 (C ₍₇₎ , C ₍₁₀₎)	136,9	67,1, O(CH ₂) ₂

* Сигнал одной из групп NCH₂.

Такое взаимодействие ведет к дополнительной заторможенности вращения в амидной связи [20]. Наличие Н-хелатного цикла в растворах названных амидов подтверждается данными ИК спектров: они содержат широкие полосы ассоциированных амидной при $1610\text{--}1620\text{ см}^{-1}$ и гидроксильной при $3330\text{--}3340\text{ см}^{-1}$ групп (табл. 2).

В спектре ПМР основания IX, в отличие от спектра исходного вещества IIIд, наблюдаются новые мультиплеты протонов метиленовых групп. Тот факт, что сигнал группы ОН в спектре этого соединения находится в достаточно слабом поле (5,30 м. д.), а также наличие широкой низкочастотной полосы в ИК спектре в области 3180 см^{-1} свидетельствуют о внутримолекулярной ассоциации Н- - N (морфолина).

Отнесение сигналов в спектрах ЯМР ^{13}C (табл. 3) гомоаллиловых спиртов проведено на основании данных, представленных в обзоре [17]. Особо следует подчеркнуть, что наименьшая электронная плотность и наибольший химический сдвиг в спектрах исходных пирролдионов и соответствующих им спиртов относится к положению 5 пирролдиона, т. е. к положению 10b (14). При отнесении сигналов учитывали также спектры ЯМР ^{13}C исходных диоксопирролинов. Спектры полученных спиртов содержат сигналы атомов углерода в положениях I (15) (101,0...110,0 м. д.), лактамного атома углерода (139,0...149,8 м. д. и 175,5 м. д. у лактама I) и атома 10b (176,4...180,0 м. д.) [17]. Примерно в этих же областях находятся сигналы соответствующих углеродных атомов исходных веществ, например лактама VII. Тот факт, что сигнал кетонного карбонила в области 165 м. д. в спектрах спиртов отсутствует, а сигнал атома 10b (14) остается на месте, свидетельствует о том, что атом 10b (14) при аллилборировании не затрагивается, т. е. реакция идет по кетонному карбонилу. При этом появляется новый сигнал атома углерода в области 77,9...79,4 м. д., соответствующий спиртовому фрагменту.

Спектр ЯМР ^{13}C соединения IX, являющегося третичным енамином, существенно отличается от спектра исходного амида. Восстановление двух карбонильных групп и наличие сопряжения в цепи N—C=C приводят к резкому сдвигу сигналов атомов C(1), C(2) и C(10b) в более сильное поле (табл. 3).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

ИК спектры сняты на приборе Perkin-Elmer 577 в CHCl_3 в концентрации 0,01 моль/л, за исключением спектра основания спирта I, снятого в таблетке КВг. Спектры ЯМР ^1H и ^{13}C записаны на приборе Bruker AC-200P в $\text{DMSO}-d_6$ (вещества I и IIIб) и в CDCl_3 (все остальные).

Соединения перекристаллизованы из петролейного эфира (70...100 °С) (IIIа, б, г, е), метилового спирта (пикрат вещества IX) или бензола (все остальные).

Все операции с борорганическими соединениями проводились в атмосфере сухого аргона.

Синтез исходных диоксопирролинов описан в работах [1—3], получение вещества VI — в статье [16].

3-Аллил-3-оксииндолон-2 (I), 2-аллил-2-окси-3-оксо-5,5-(R^1)₂-1- R^2 -2,3,5,6-тетрагидропирроло[2,1- α]изохинолины (IIIа—е), гона-16-аллил-16-окси-17-оксо-12,12-диметил-13-аза-1,3,5(10),6,8(9),14-гексаен (V) и гона-16-аллил-16-окси-17-оксо-12,12-диметил-15-карбэтокси-13-аза-1,3,5(10),6,8(9),14-гексаен (VIII) (общая методика). К раствору 10 ммоль соответствующего дикарбонильного соединения в 50 мл абсолютного хлороформа при перемешивании добавляют по каплям при 20 °С 1,04 мл (6 ммоль) триаллилбора. При этом ярко-красная окраска раствора исчезает через 10 мин. Раствор перемешивают при 20 °С еще 20 мин, затем последовательно добавляют 0,5 мл метилового спирта и 5 мл насыщенного раствора Na_2CO_3 . Органический слой отделяют, промывают водой, сушат K_2CO_3 , отгоняют хлороформ, сухой остаток отделяют, сушат и перекристаллизовывают.

15-Карбэтокси-16,17-диоксо-12,12-диметил-13-аза-1,3,5(10),6,8(9),14-гексаен (VII). К 0,86 мл (10 ммоль) оксаллилхлорида в 50 мл абсолютного эфира при 0...5 °С добавляют в течение 15 мин смесь 2,66 г (10 ммоль) енамина VI и 2,76 мл (20 ммоль) триэтиламина в 150 мл эфира.

Реакционную смесь доводят до 20 °С и оставляют при этой температуре еще 30 мин. Выпавший осадок отфильтровывают, промывают водой, сушат и перекристаллизовывают.

1-(*N*-Морфолинometил)-2-аллил-2-окси-5,5-диметил-2,3,5,6-тетрагидропирроло [2,1-*a*] изохинолин (IX). К 3,82 г (10 ммоль) соединения ШД в 50 мл абсолютного эфира при перемешивании добавляют 0,57 г (15 ммоль) литийалюмогидрида. Смесь кипятят 6 ч, охлаждают до 20 °С, разбавляют 10 мл воды, отделяют эфирный слой. Осадок Al(OH)₃ промывают эфиром 3 раза по 10 мл. Эфирные вытяжки объединяют, сушат K₂CO₃, эфир отгоняют до объема 20 мл и добавлением раствора 4,58 г (20 ммоль) пикриновой кислоты в 20 мл метилового спирта получают дипикрат IX, который отфильтровывают, сушат и перекристаллизовывают.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (код проекта 96-03-32555).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шкляев В. С., Александров Б. Б., Михайловский А. Г., Вахрин М. И. // ХГС. — 1987. — № 7. — С. 963.
2. Михайловский А. Г., Шкляев В. С., Александров Б. Б. // ХГС. — 1990. — № 6. — С. 808.
3. Михайловский А. Г., Шкляев В. С. // ХГС. — 1994. — № 7. — С. 946.
4. Михайловский А. Г., Шкляев В. С. // ХГС. — 1995. — № 5. — С. 650.
5. Михайловский А. Г., Шкляев В. С., Игнатенко А. В., Вахрин М. И. // ХГС. — 1995. — № 7. — С. 934.
6. Михайловский А. Г., Шкляев В. С. // ХГС. — 1995. — № 12. — С. 1697.
7. Михайловский А. Г. // ХГС. — 1996. — № 5. — С. 685.
8. Михайловский А. Г., Шкляев В. С. // ХГС. — 1997. — № 3. — С. 291.
9. Михайлов Б. М., Бубнов Ю. Н. // Бороорганические соединения в органическом синтезе. — М.: Наука, 1977. — С. 398.
10. Пелтер А., Смит К. // Общая органическая химия / Под ред. Н. К. Кочеткова и Ю. Н. Бубнова. — М.: Химия, 1984. — Т. 6. — С. 362.
11. Pelter A., Smith K., Brown H. C. // Borane reagents. — London: Acad. Press, 1988. — P. 310.
12. Bubenov Yu. N. // Pure Appl. Chem. — 1991. — Vol. 63. — P. 361.
13. Михайлов Б. М., Бубнов Ю. Н. // Изв. АН СССР. Сер. хим. — 1964. — № 10. — С. 1874.
14. Vessar S. V., Singh P., Sharma S. K. // Tetrah. Lett. — 1982. — N 40. — P. 4179.
15. Александров Б. Б., Шкляев В. С., Шкляев Ю. В. // ХГС. — 1991. — № 6. — С. 854.
16. Александров Б. Б., Шкляев В. С., Шкляев Ю. В. // ХГС. — 1992. — № 3. — С. 375.
17. Масливец А. Н., Андрейчиков Ю. С. // Химия пятичленных 2,3-диоксогетероциклов / Под ред. Ю. С. Андрейчикова. — Пермь: Изд-во ПГУ, 1994. — С. 91.
18. Bettembourg M.-Ch., Davids S. // Bull. Soc. chim. Fr. — 1962. — N 4. — P. 772.
19. Bergman J. // Acta chem. scand. — 1971. — Vol. 25. — P. 1277.
20. Чаллис Б. С., Чаллис Дж. А. // Общая органическая химия / Под ред. Н. К. Кочеткова. — М.: Химия, 1983. — Т. 4. — С. 427.

Институт органической химии
им. Н. Д. Зелинского РАН, Москва 117913
e-mail: cheminst@mail.psu.ru

Поступило в редакцию 04.11.97

Институт технической химии УрО РАН,
Пермь 614000, Россия