

**Е. А. Кайгородова, В. К. Василин, М. М. Липунов, В. Е. Заводник,
Г. Д. Крапивин**

**СИНТЕЗ И СВОЙСТВА
(ТИЕНО[2,3-*b*]ПИРИДИН-3-ИЛ)ИМИНОТРИФЕНИЛФОСФОРАНОВ.
МОЛЕКУЛЯРНАЯ СТРУКТУРА
(2-БЕНЗОИЛ-6-МЕТИЛ-4-МЕТОКСИМЕТИЛТИЕНО[2,3-*b*]-
ПИРИДИН-3-ИЛ)ИМИНОТРИФЕНИЛФОСФОРАНА**

Иминофосфораны, содержащие тиено[2,3-*b*]пиридиновый фрагмент, получены рядом последовательных превращений: 1) алкилирование 3-циано-2(1H)-пиридинтионов в щелочной среде α -галогенкарбонильными соединениями с последующей циклизацией полученных 2-тиоалкил-3-цианопиридинов по Торпу–Циглеру в 3-аминотиено[2,3-*b*]пиридины; 2) диазотирование аминогруппы и нуклеофильное замещение диазониевой группировки на азидогруппу, минуя стадию выделения диазониевых солей; 3) взаимодействие 3-азидотиено[2,3-*b*]пиридинов с трифенилфосфином.

Ключевые слова: 3-азидотиено[2,3-*b*]пиридины, 3-аминотиено[2,3-*b*]пиридины, (тиено[2,3-*b*]пиридинил-3)-иминотрифенилфосфораны, 3-циано-2(1H)-пиридинтионы, молекулярная структура, синтез.

Иминофосфораны в силу их электронного строения являются перспективными интермедиатами в синтезе большого числа соединений, принадлежащих различным классам органических веществ [1–3]. Целью настоящей работы являются направленный синтез иминофосфоранов тиено[2,3-*b*]пиридинового ряда, данные о которых в литературе отсутствуют, и исследование их физико-химических свойств.

В качестве исходных веществ для получения (тиено[2,3-*b*]пиридин-3-ил)иминотрифенилфосфоранов использовали пиридинтион **1**, производные α -галогенуксусной кислоты **2a–d** и фенацилбромид **2e**.

Взаимодействие пиридинтиона **1** с α -галогенкарбонильными соединениями **2a–e** проводили в присутствии двухкратного количества КОН для связывания выделяющегося галогеноводорода и обеспечения изомеризации по Торпу–Циглеру промежуточных S-алкилпроизводных **3a–e** в 3-аминотиено[2,3-*b*]пиридины **4a–e**.

3-Аминотиено[2,3-*b*]пиридины **4** – ярко-желтые кристаллы, хорошо растворимые в полярных растворителях (табл. 1). Соединения **4a** и **4e** получены нами ранее, некоторые их свойства описаны соответственно в работах [4, 5].

**Физико-химические характеристики 3-аминотиено[2,3-*b*]пиридинов 4а–е,
3-азидотиено[2,3-*b*]пиридинов 6а–е
и (тиено[2,3-*b*]пиридин-3-ил)иминотрифенилфосфоранов 7а–е**

Со- еди- не- ние	Брутто- формула	Найдено, % Вычислено, %			Т. пл., (т. разл.) °С	УФ спектр, λ_{\max} , нм (lg ϵ)	Вы- ход, %
		С	Н	Н			
4а	C ₁₃ H ₁₆ N ₂ O ₃ S	<u>55.68</u> 55.70	<u>5.76</u> 5.75	<u>9.95</u> 9.99	147.5–148	208 (4.35), 240 (4.05), 288 (4.61), 373 (3.81)	78
4b	C ₂₅ H ₂₅ N ₃ O ₂ S	<u>69.53</u> 69.58	<u>5.84</u> 5.84	<u>9.70</u> 9.74	128–129	207 (4.56), 243 (3.93), 293 (3.27), 367 (3.59)	69
4c	C ₂₃ H ₂₁ N ₃ O ₂ S	<u>68.64</u> 68.46	<u>5.24</u> 5.25	<u>10.39</u> 10.41	187–188	207 (4.62), 298 (4.28), 393 (3.91)	90
4d	C ₁₅ H ₁₉ N ₃ O ₃ S	<u>56.02</u> 56.06	<u>5.94</u> 5.96	<u>13.05</u> 13.07	157–158	207 (4.33), 242 (3.95), 290 (4.27), 366 (3.61)	71
4e	C ₁₇ H ₁₆ N ₂ O ₂ S	<u>65.31</u> 65.36	<u>5.13</u> 5.16	<u>8.93</u> 8.97	137–138	212 (4.44), 283 (4.23), 311 (4.40), 415 (4.05)	92
6а	C ₁₃ H ₁₄ N ₄ O ₃ S	<u>50.97</u> 50.93	<u>4.61</u> 4.58	<u>18.29</u> 18.22	(118–119)	–	82
6b	C ₂₅ H ₂₃ N ₅ O ₂ S	<u>65.63</u> 65.59	<u>5.07</u> 5.00	<u>15.31</u> 15.27	56–58	–	82
6c	C ₂₃ H ₁₉ N ₅ O ₂ S	<u>64.32</u> 64.27	<u>4.46</u> 4.43	<u>16.31</u> 16.30	(177–178)	–	97
6d	C ₁₅ H ₁₇ N ₅ O ₃ S	<u>51.86</u> 51.85	<u>4.93</u> 4.91	<u>20.16</u> 20.14	(138–139)	–	50
6e	C ₁₇ H ₁₄ N ₄ O ₂ S	<u>60.28</u> 60.34	<u>4.17</u> 4.20	<u>16.49</u> 16.56	115–117	–	74
7а	C ₃₁ H ₂₉ N ₂ O ₃ PS	<u>68.82</u> 68.87	<u>5.38</u> 5.41	<u>5.14</u> 5.18	235–236	208 (4.83), 246 (4.32), 286 (4.37), 388 (3.99)	69
7b	C ₄₃ H ₃₈ N ₃ O ₂ S	<u>74.66</u> 74.65	<u>5.50</u> 5.54	<u>6.03</u> 6.07	214–215	209 (4.97), 217 (4.42), 340 (3.76)	47
7c	C ₄₁ H ₃₄ N ₃ O ₂ PS	<u>74.16</u> 74.19	<u>5.15</u> 5.16	<u>6.29</u> 6.33	289–290	206 (4.80), 250 (4.77), 394 (3.83)	72
7d	C ₃₃ H ₃₂ N ₃ O ₃ PS	<u>68.13</u> 68.14	<u>5.52</u> 5.54	<u>7.19</u> 7.22	238–239	208 (4.89), 263 (4.39), 340 (3.82)	64
7e	C ₃₅ H ₂₉ N ₂ O ₂ PS	<u>73.38</u> 73.41	<u>5.10</u> 5.10	<u>4.86</u> 4.89	215–216	208 (4.85), 280 (4.23), 322 (4.15), 442 (3.86)	56

Таблица 2

Спектральные характеристики синтезированных соединений

Соединение	ИК спектр, ν , cm^{-1}			Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J , Гц)				
	C=O	NH ₂ (N ₃)	C–O–C	CH ₃ (3H, c)	O–CH ₃ (3H, c)	O–CH ₂ (2H, c)	H _{py} (1H, c)	другие сигналы
4a	1660	3420, 3330	1275*, 1190*, 1120	2.56	3.41	4.82	7.20	1.32 (3H, т, $J = 7.2$, <u>CH₂CH₃</u>); 4.30 (2H, кв, $J = 7.2$, <u>CH₂CH₃</u>); 6.92 (2H, уш. с, NH ₂)
4b	1595	3400, 3305	1145, 1100, 1070	2.80	3.43	4.81	7.08	4.71 (4H, с, N–CH ₂); 7.25–7.35 (10H, м, 2C ₆ H ₅); 6.62 (2H, уш. с, NH ₂)
4c	1600	3410, 3310	1110, 1070	2.50	3.40	4.80	7.14	7.20–7.44 (10H, м, 2C ₆ H ₅); 7.25 (2H, уш. с, NH ₂)
4d	1590	3420, 3310	1120, 1090, 1065	2.58	3.41	4.79	7.10	3.65–3.70 (8H, м, морфолино); 6.13 (2H, уш. с, NH ₂)
4e	1595	3465, 3255	1095	2.66	3.45	4.80	7.0	7.27–7.89 (5H, м, C ₆ H ₅); 8.12 (2H, уш. с, NH ₂)
6a	1720	(2130)	1280*, 1190*, 1130, 1100, 1050	2.55	3.41	4.88		1.38 (3H, т, $J = 7.2$, <u>CH₂CH₃</u>); 4.27 (2H, кв, $J = 7.2$, <u>CH₂CH₃</u>)
6b	1620	(2115)	1120, 1085	2.59	3.52	4.93		4.67 (4H, с, N–CH ₂); 7.20–7.36 (11H, м, H _{py} , C ₆ H ₅)
6c	1635	(2120)	1120, 1090	2.54	3.46	4.92		7.22–7.45 (11H, м, H _{py} , C ₆ H ₅)

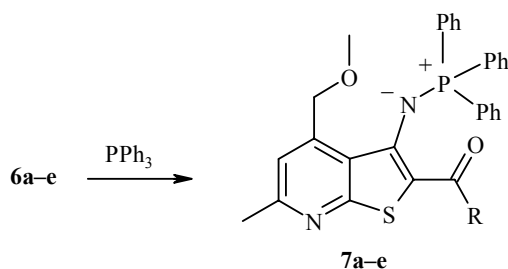
6d	1625	(2115)	1120, 1070	2.64	3.51	4.94	7.33	3.66–3.70 (8H, м, OCH ₂ , NCH ₂)
6e	1625	(2110)	1110	2.50	3.38	4.76	7.26	7.07–7.62 (5H, м, C ₆ H ₅)
7a	1680	–	1255*, 1170*, 1120, 1080	2.50	3.08	4.86	7.18	0.79 (3H, т, $J = 7.2$, OCH ₂ CH ₃); 3.55 (2H, кв, $J = 7.2$, OCH ₂ CH ₃); 7.48–7.62 (15H, м, C ₆ H ₅)
7b	1620	–	1100, 1080	2.50	3.10	4.87		4.08 (4H, с, N–CH ₂); 7.00–7.67 (26H, м, H _{py} , C ₆ H ₅)
7c	1640	–	1120, 1070	2.47	3.21	5.04		6.67–7.69 (26H, м, H _{py} , C ₆ H ₅)
7d	1605	–	1115, 1085	2.55	3.20	4.99	7.15	3.05 (4H, с, N–CH ₂); 3.42 (4H, с, O–CH ₂); 7.44–7.64 (15H, м, C ₆ H ₅)
7e	1600	–	1120, 1080	2.53	3.15	4.96		6.87–7.85 (21H, м, H _{py} , C ₆ H ₅)

* Полосы поглощения C–O–C сложного эфира.

Полученные 3-азидотиено[2,3-*b*]пиридины **6a–e** – бесцветные или светло-желтые вещества, разлагающиеся при хранении (табл. 1).

Наиболее информативными для установления структуры 3-азидотиено[2,3-*b*]пиридинов **6** явились данные ИК спектров (табл. 2). Замещение аминогруппы в положении 3 тиено[2,3-*b*]пиридинов **4** на азидную приводит к исчезновению в ИК спектрах двух полос валентных колебаний связи N–H, смещению полос поглощения карбонильной группы в высокочастотную область: у эфира **6a** – на 60, амидов **6b–d** – на 25–65, кетона **6e** – на 30 см^{-1} , а также появлению характеристичной полосы поглощения азидогруппы при 2130–2110 см^{-1} . В спектрах ЯМР ^1H азидов **6** в сравнении с таковыми для исходных тиенопиридинов **4** отсутствует сигнал протонов аминогруппы (табл. 2).

Взаимодействие 3-азидотиено[2,3-*b*]пиридинов **6** с трифенилфосфином проводили в бензоле. Реакция сопровождается выделением азота из реакционной смеси. Окончание реакции удобно контролировать по прекращению выделения азота.

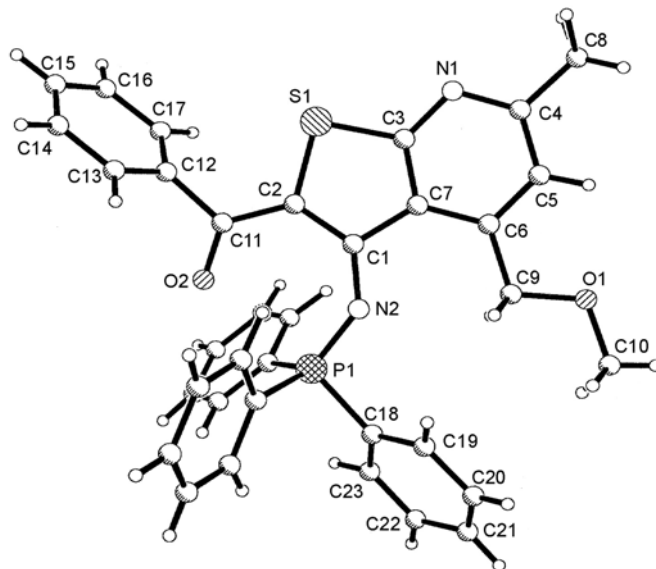


7 a R = OEt, **b** R = N(CH₂Ph)₂, **c** R = NPh₂, **d** R = N(CH₂CH₂)₂O, **e** R = Ph

Синтезированные иминофосфораны **7a,c,e** – желтые, а **7b,d** – бесцветные высокоплавкие кристаллические вещества (табл. 1). Наличие гетероароматического заместителя при атоме азота трифенилиминофосфоранов **7** обеспечивает их устойчивость к действию воды. Соединения **7** не растворяются в алканах, диэтиловом эфире, умеренно растворимы в спирте, растворимы в ДМФА и ДМСО.

В ИК спектрах иминофосфоранов **7** (табл. 2) по сравнению со спектрами соответствующих азидов отмечены отсутствие полос поглощения азидогруппы и усиление интенсивности валентных колебаний связи C–N_{Ar}. Структура иминофосфоранов **7** подтверждена данными спектров ЯМР ^1H (табл. 2).

Проведено рентгеноструктурное исследование иминофосфорана **7e**, имеющего в положении 2 тиофенового цикла бензоильный заместитель (рисунок, табл. 3 и 4).



Проекция пространственной структуры молекулы соединения 7

Т а б л и ц а 3

Длины связей (d) в молекуле соединения 7е, полученные методом РСА

Связь	d , Å	Связь	d , Å
S(1)–C(3)	1.723(3)	C(12)–C(13)	1.378(4)
S(1)–C(2)	1.763(3)	C(13)–C(14)	1.373(4)
P(1)–N(2)	1.575(2)	C(14)–C(15)	1.365(5)
P(1)–C(24)	1.799(3)	C(15)–C(16)	1.357(5)
P(1)–C(30)	1.814(3)	C(16)–C(17)	1.386(5)
P(1)–C(18)	1.817(3)	C(18)–C(23)	1.379(4)
O(1)–C(9)	1.404(4)	C(18)–C(19)	1.379(4)
O(1)–C(10)	1.416(4)	C(19)–C(20)	1.377(5)
O(2)–C(11)	1.231(3)	C(20)–C(21)	1.366(6)
N(1)–C(4)	1.330(4)	C(21)–C(22)	1.368(6)
N(1)–C(3)	1.346(3)	C(22)–C(23)	1.384(5)
N(2)–C(1)	1.354(3)	C(24)–C(29)	1.382(4)
C(1)–C(2)	1.403(4)	C(24)–C(25)	1.391(4)
C(1)–C(7)	1.458(4)	C(25)–(26)	1.375(5)
C(2)–C(11)	1.432(4)	C(26)–C(27)	1.359(6)
C(3)–C(7)	1.397(4)	C(27)–C(28)	1.370(6)
C(4)–C(5)	1.394(4)	C(28)–C(29)	1.388(5)
C(4)–C(8)	1.502(4)	C(30)–C(35)	1.386(4)
C(5)–C(6)	1.374(4)	C(30)–C(31)	1.389(4)
C(6)–C(7)	1.405(4)	C(31)–C(32)	1.381(5)
C(6)–C(9)	1.495(4)	C(32)–C(33)	1.359(6)
C(11)–C(12)	1.498(4)	C(33)–C(34)	1.364(6)
C(12)–C(17)	1.376(4)	C(34)–C(35)	1.388(5)

Валентные углы (θ) в молекуле соединения 7e, полученные методом РСА

Угол	θ , град	Угол	θ , град
C(3)–S(1)–C(2)	91.16(13)	C(17)–C(12)–C(13)	118.6(3)
N(2)–P(1)–C(24)	115.74(13)	C(17)–C(12)–C(11)	124.0(3)
N(2)–P(1)–C(30)	114.34(13)	C(13)–C(12)–C(11)	117.3(3)
C(24)–P(1)–C(30)	113.59(13)	C(14)–C(13)–C(12)	120.8(3)
N(2)–P(1)–C(18)	104.81(13)	C(15)–C(14)–C(13)	120.0(4)
C(24)–P(1)–C(18)	104.56(13)	C(16)–C(15)–C(14)	120.1(3)
C(30)–P(1)–C(18)	101.74(13)	C(15)–C(16)–C(17)	120.3(3)
C(9)–O(1)–C(10)	111.8(3)	C(12)–C(17)–C(16)	120.1(3)
C(4)–N(1)–C(3)	115.2(3)	C(23)–C(18)–C(19)	118.7(3)
C(1)–N(2)–P(1)	137.5(2)	C(23)–C(18)–P(1)	123.4(3)
N(2)–C(1)–C(2)	130.9(2)	C(19)–C(18)–P(1)	117.9(2)
N(2)–C(1)–C(7)	118.3(2)	C(20)–C(19)–C(18)	120.9(4)
C(2)–C(1)–C(7)	110.8(2)	C(21)–C(20)–C(19)	119.9(4)
C(1)–C(2)–C(11)	127.5(2)	C(20)–C(21)–C(22)	120.1(4)
C(1)–C(2)–S(1)	112.5(2)	C(21)–C(22)–C(23)	120.1(4)
C(11)–C(2)–S(1)	119.3(2)	C(18)–C(23)–C(22)	120.3(4)
N(1)–C(3)–C(7)	126.5(3)	C(29)–C(24)–C(25)	118.5(3)
N(1)–C(3)–S(1)	120.4(2)	C(29)–C(24)–P(1)	124.4(2)
C(7)–C(3)–S(1)	113.1(2)	C(25)–C(24)–P(1)	117.0(2)
N(1)–C(4)–C(5)	122.7(3)	C(26)–C(25)–C(24)	120.9(4)
N(1)–C(4)–C(8)	117.2(3)	C(27)–C(26)–C(25)	120.1(4)
C(5)–C(4)–C(8)	120.2(3)	C(26)–C(27)–C(28)	120.2(4)
C(6)–C(5)–C(4)	121.9(3)	C(27)–C(28)–C(29)	120.5(4)
C(5)–C(6)–C(7)	116.8(3)	C(24)–C(29)–C(28)	119.8(4)
C(5)–C(6)–C(9)	120.7(3)	C(35)–C(30)–C(31)	119.2(3)
C(7)–C(6)–C(9)	122.5(2)	C(35)–C(30)–P(1)	119.5(2)
C(3)–C(7)–C(6)	116.9(2)	C(31)–C(30)–P(1)	121.1(2)
C(3)–C(7)–C(1)	112.5(2)	C(32)–C(31)–C(30)	119.8(3)
C(6)–C(7)–C(1)	130.6(2)	C(33)–C(32)–C(31)	120.7(4)
O(1)–C(9)–C(6)	110.5(2)	C(32)–C(33)–C(34)	120.1(4)
O(2)–C(11)–C(2)	122.4(3)	C(33)–C(34)–C(35)	120.6(4)
O(2)–C(11)–C(12)	117.8(3)	C(30)–C(35)–C(34)	119.6(3)
C(2)–C(11)–C(12)	119.7(2)		

Пространственная перегруженность молекулы на участке O(2)–C(11)–C(2)–C(1)–N(2)–P(1) приводит к значительным искажениям валентных углов при атомах данного фрагмента. Так, увеличение валентных углов C(24)–P(1)–C(30), N(2)–P(1)–C(24), N(2)–P(1)–C(30), соответственно, до 113.59, 115.74 и 114.34° является, очевидно, результатом взаимного отталкивания бензольных колец C(24)...C(29), C(30)...C(35) и карбонильной группы C(1)–O(1). С этим фактом связано и значительное отклонение валентного угла при атоме N(2) (17.5°) от стандартного значения, характерного для sp^2 -гибридного состояния.

Атом фосфора находится в sp^3 -гибридизованном состоянии: среднее значение валентных углов у атома фосфора составляет 109.12°.

Фенильное кольцо бензоильного заместителя выведено из плоскости гетероциклического остова молекулы на 65.2° в результате взаимного отталкивания между атомом серы и атомом водорода при C(17).

Связь S(1)–C(3) вследствие смещения пары электронов атома серы в сторону π -дефицитного пиридинового цикла укорочена в сравнении со связью S(1)–C(2) (1.723 и 1.763 Å соответственно).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

УФ спектры записаны на приборах Specord UV-vis и Specord M-40 в диапазоне 200–700 нм в кварцевых кюветах толщиной 10 мм в этаноле. ИК спектры сняты на спектрофотометре Specord 71 UR-20 в области 3600–650 cm^{-1} , призмы NaCl, KBr; кристаллических веществ – в виде взвеси в вазелиновом масле. Спектры ЯМР ^1H сняты на приборе Bruker WM-250 (250 МГц) в DMSO-d_6 , внутренний стандарт TMC.

N,N-Дифенил-3-амино-6-метил-4-метоксиметилтиено[2,3-*b*]пиридин-2-карбоксамид (4с). К суспензии 1.94 г (10 ммоль) 3-циано-2(1H)-пиридинтиона **1** в 20 мл ДМФА прибавляют 5.6 мл (10 ммоль) 10% водного раствора KOH. Затем при перемешивании вносят 2.46 г (10 ммоль) N,N-дифенилхлорацетамида (**2с**), выдерживают 10–15 мин при комнатной температуре. Далее прибавляют еще 5.6 мл (10 ммоль) 10% водного раствора KOH и перемешивают реакционную смесь в течение 6 ч при температуре 80–85 °С. После охлаждения реакционной смеси образовавшийся осадок отделяют, промывают последовательно водой и смесью этанол–вода, 1:1, сушат на воздухе. Фильтрат разбавляют двухкратным количеством воды, выпавший хлопьевидный осадок отделяют, промывают водой, сушат. Продукт перекристаллизовывают из смеси этанол–ДМФА. Суммарный выход 3.63 г (90%).

Соединения 4b,d,e получают аналогично.

N,N-Дифенил-3-азидо-6-метил-4-метоксиметилтиено[2,3-*b*]пиридин-2-карбоксамид (6с). Растворяют 2.02 г (5 ммоль) соединения **4с** в 12 мл ледяной уксусной кислоты, добавляют 0.6 мл конц. H_2SO_4 . Охлаждают реакционную смесь на ледяной бане до 5–8 °С и медленно, небольшими порциями, вносят раствор 0.48 г (7 ммоль) NaNO_2 в 2 мл воды. Перемешивают в течение 20 мин, затем нейтрализуют избыток азотистой кислоты мочевиной (контроль по иодкрахмальной бумаге) и по каплям в течение 10 мин вводят раствор 0.46 г (7 ммоль) NaN_3 в 2 мл воды. Перемешивают в течение 1 ч, затем реакционную массу медленно выливают в воду с тонкоизмельченным льдом. Осадок азида **6с** отделяют, промывают на фильтре холодной водой до нейтральной реакции промывных вод, сушат над конц. H_2SO_4 в отсутствие света. Выход 2.08 г (97%).

3-Азидотиено[2,3-*b*]пиридины 6a,b,d получают аналогично.

(2-Бензоил-6-метил-4-метоксиметилтиено[2,3-*b*]пиридин-3-ил)иминотрифенилфосфоран (7е). К раствору 3.38 г (10 ммоль) 3-азидотиено[2,3-*b*]пиридина **6е** в 100 мл бензола прибавляют 2.62 г (10 ммоль) трифенилфосфина. Реакционную смесь перемешивают до прекращения выделения пузырьков газа и оставляют на ночь. Выпавший осадок отфильтровывают, промывают бензолом, сушат на воздухе. Фильтрат упаривают в вакууме,

остаток затирают с диэтиловым эфиром. Образовавшиеся кристаллы отфильтровывают, промывают бензолом и сушат на воздухе. Продукт перекристаллизовывают из смеси спирт–ДМФА. Суммарный выход 3.2 г (56%). Желтые моноклинные кристаллы соединения **7e** получают кристаллизацией из этанола; параметры элементарной ячейки: $a = 9.869(2)$, $b = 16.644(3)$, $c = 17.853(4)$ Å, $\beta = 92.58(3)^\circ$, $V = 2929.6(10)$ Å³, пространственная группа $P2(1)/n$, $Z = 4$. Параметры элементарной ячейки и интенсивности 2293 независимых отражений измерены на автоматическом дифрактометре CAD-4 (MoK α -излучение, β -фильтр, $\theta/2\theta$ -сканирование до $2\theta_{\max} = 44.6^\circ$). Структура расшифрована прямым методом с помощью пакета программ SHELXTL [6] и уточнена в анизотропном (изотропном для атомов водорода) приближении до факторов расхожимости $R_1 = 0.0268$ и $R_w = 0.0709$.

Соединения 7a,c получают аналогично.

(N-Морфолил-2-карбамоил-6-метил-4-метоксиметилпиперидин-3-ил)-иминотрифенилфосфоран (7d). К раствору 3.47 г (10 ммоль) 3-азидотиено[2,3-*b*]пиперидина **6d** в 100 мл бензола прибавляют 2.62 г (10 ммоль) трифенилфосфина. Реакционную смесь перемешивают до прекращения выделения газа и оставляют на ночь. Реакционную смесь упаривают в вакууме приблизительно на 4/5 и прибавляют 10 мл гексана. Образовавшиеся кристаллы отфильтровывают, промывают гексаном и сушат на воздухе. Продукт перекристаллизовывают из смеси спирт–ДМФА. Суммарный выход 3.66 г (63%).

Соединение 7b получают аналогично.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 03–03–96636).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. J. Schweng, E. Zbiral, *Tetrahedron*, **31**, 1823 (1975).
2. J. Schweng, E. Zbiral, *Monatsh. Chem.*, **107**, 537 (1976).
3. Г. Олкок, *Фосфоразотистые соединения*, пер. с англ., Мир, Москва, 1976, с. 177, 355.
4. Е. А. Кайгородова, Л. Д. Конюшкин, М. Е. Ниязымбетов, С. Н. Квак, В. Н. Заплишный, В. П. Литвинов, *Изв. АН, Сер. хим.*, 2215 (1994).
5. С. Н. Михайличенко, Н. Я. Губанова, Е. А. Кайгородова, В. А. Ковардаков, Л. Г. Богачук, В. Н. Заплишный, *Изв. вузов, Химия и хим. технол.*, **41**, вып. 1, 63 (1998).
6. G. M. Sheldrick, *Computational Crystallography*, Oxford Univ. Press, New York, Oxford, 1982, 506 p.

Кубанский государственный
технологический университет,
Краснодар 350072, Россия
e-mail: organics@kubstu.ru

Поступило в редакцию 05.07.2002
После доработки 10.05.2004