

С. В. Чапышев, У. Бергштрассер, М. Региц

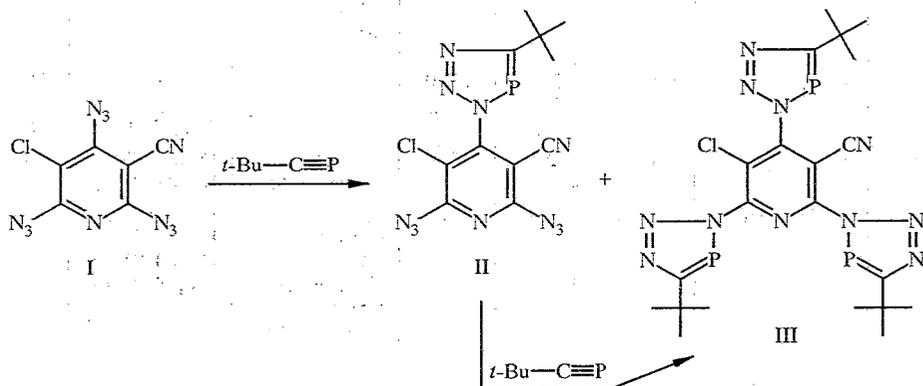
**ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ФАКТОРОВ  
НА РЕАКЦИИ 1,3-ДИПОЛЯРНОГО ЦИКЛОПРИСОЕДИНЕНИЯ  
2,4,6-ТРИАЗИДОПИРИДИНОВ К *трет*-БУТИЛФОСФААЦЕТИЛЕНУ**

2,4,6-Триазидо-3-хлор-5-цианопиридин и 2,4,6-триазидо-3,5-дигидропиридин реагируют с *трет*-бутилфосфаацетиленом с образованием соответствующих 2,4,6-трис(3Н-1,2,3,4-триазафосфо)пиридинов. Первой стадией обеих реакций является региоселективное циклоприсоединение фосфаалкина к азидогруппам в положении 4 пиридинового кольца. Электронные свойства заместителей в пиридиновом кольце азидопиридинов оказывают значительное влияние как на реакционную способность промежуточно образующихся моноаддуктов, так и на свойства конечных продуктов 1,3-диполярного *трис*-циклоприсоединения.

2,4,6-Триазидопиридины представляют собой интересные с теоретической и синтетической точки зрения соединения, химия которых до настоящего времени остается практически неизученной. Недавно мы показали, что 1,3-диполярное циклоприсоединение даже такого высокореакционного диполярофила, как норборнен, к 2,4,6-триазидо-3-хлор-5-цианопиридину (I) протекает региоселективно с образованием азиридинового циклоаддукта только по азидогруппе в положении 4 пиридинового кольца [1, 2]. Слабо выраженные 1,3-диполярные свойства  $\alpha$ -азидогрупп азида I были объяснены сильным сопряжением этих групп с пиридиновой системой, которая оттягивает на себя отрицательный заряд с  $\alpha$ -атомов азота азидогрупп [3]. Однако недостаточно высокая реакционная способность норборнена в реакции с азидом I не позволила оценить роль электронных факторов в реакциях 2,4,6-триазидопиридинов с диполярофилами. Поэтому большой интерес представляло изучение реакций 2,4,6-триазидопиридинов с фосфаалкинами как диполярофилами, обладающими исключительно высоким потенциалом циклоприсоединения [4, 5].

Цель данной работы состояла в изучении реакций 1,3-диполярного циклоприсоединения *трет*-бутилфосфаацетилена к 2,4,6-триазидопиридинам I и V.

Реакции триазидопиридинов I и V с *трет*-бутилфосфаацетиленом проводили в сухом эфире в атмосфере аргона при температуре 0...25 °С, используя различные соотношения реагирующих агентов. Контроль за реакциями осуществляли методом спектроскопии ЯМР  $^{31}\text{P}$  по появлению



характерных сигналов атомов фосфора в области +160...205 м. д., указывающих на образование триазафосфольных циклов [4—6].

Добавление одного эквивалента *трет*-бутилфосфаацетилену к эфирному раствору триазидопиридина I при 0 °С приводило к образованию двух соединений, которые, согласно данным спектроскопии ПМР, ЯМР  $^{13}\text{C}$  и  $^{31}\text{P}$ , ИК и элементного анализа, соответствовали моноаддукту II и трисаддукту III. Анализ реакционной смеси методом ПМР показал, что соотношение этих соединений составляло 3 : 1.

Характерное положение сигналов атомов фосфора в спектрах ЯМР  $^{31}\text{P}$  (табл. 1) соединений II (+180,32 м. д.) и III (+181,15 и +177,89 м. д.) убедительно свидетельствует, что 1,3-диполярное циклоприсоединение *трет*-бутилфосфаацетилену ко всем трем азидогруппам соединения I протекает региоселективно с формированием связей между атомами фосфора и  $\alpha$ -атомами азота азидогрупп, которое приводит к образованию 3Н-1,2,3,4-триазафосфольных циклов [4—6]. Интересной особенностью в спектре ЯМР  $^{31}\text{P}$  соединения III является эквивалентность атомов фосфора двух триазафосфольных циклов в  $\alpha$ -положениях пиридинового кольца, проявляющихся в виде одного сигнала при 181,15 м. д., интенсивность которого в 4 раза выше по сравнению с сигналом атома фосфора  $\gamma$ -триазафосфольного цикла при 177,89 м. д. В то же время в спектре ЯМР  $^{13}\text{C}$  соединения III (табл. 2) циклические углеродные атомы двух  $\alpha$ -триазафосфольных циклов оказываются неэквивалентными, в результате чего спектр содержит три сигнала атомов  $\text{C}(5)$  трех триазафосфольных циклов при 200,57, 200,07 и 199,56 м. д. с характерными для этих циклов КССВ  $^1J_{\text{PC}} = 57,6, 59,3$  и  $57,7$  Гц соответственно. Три *трет*-бутильные группы соединения III дают в спектре ЯМР  $^{13}\text{C}$  два набора сигналов, три из которых при 35,71, 35,65 и 35,56 м. д. с КССВ  $^2J_{\text{PC}} = 11,7...15,3$  Гц соответствуют четвертичным атомам углерода, а три других сигнала при 31,30, 31,16 и 31,08 м. д. с КССВ  $^3J_{\text{PC}} = 7,6...9,3$  Гц принадлежат углеродным атомам метильных групп трех различных *трет*-бутильных

Таблица 1

Некоторые характеристики соединений II, III, V—VII

Соединение	Брутто-формула	$T_{\text{пл}}^*$ , °С	ИК спектр, $\text{cm}^{-1}$			Спектр ПМР, $\text{CDCl}_3$ , $\delta$ , м. д. (КССВ, $J$ , Гц), $\text{C}(\text{CH}_3)_3$	Спектр ЯМР $^{31}\text{P}$ $\text{CDCl}_3$ , $\delta$ , м. д.	Выход, %
			$\text{N}_3$	$\text{C} \equiv \text{N}$				
II	$\text{C}_{11}\text{H}_9\text{ClN}_{11}\text{P}$	182...182	2150	2230	1,47 д., ( $^1J_{\text{PH}} = 1,4$ )	180,32 (P( $\gamma$ ))	36	
III	$\text{C}_{21}\text{H}_{27}\text{ClN}_{11}\text{P}_3$	118...119	—	2225	1,47 д., ( $^1J_{\text{PH}} = 0,7$ ), 1,45 д., ( $^1J_{\text{PH}} = 1,4$ ), 1,43 д., ( $^1J_{\text{PH}} = 1,4$ )	181,15 (P( $\alpha$ )), 177,89 (P( $\alpha$ ))	80	
V	$\text{C}_7\text{N}_{12}$	120...121	2160, 2130, 2090	2230	—	—	90	
VI	$\text{C}_{12}\text{H}_9\text{N}_{12}\text{P}$	176...177	2150	2225	1,59 д., ( $^1J_{\text{PH}} = 1,6$ )	182,35 (P( $\gamma$ )), 181,82 (P( $\alpha$ ))	80	
VII* <sup>2</sup>	$\text{C}_{22}\text{H}_{27}\text{N}_{12}\text{P}_3$	202...203	—	2225	1,59 д., ( $^1J_{\text{PH}} = 1,7$ ), 1,57 д., ( $^1J_{\text{PH}} = 1,7$ ), 1,56 д., ( $^1J_{\text{PH}} = 1,6$ )	179,74 (P( $\alpha$ )), 179,20 (P( $\alpha$ )), 177,60 (P( $\gamma$ )), 176,95 (P( $\gamma$ ))	—	

\* Температура разложения.  
\*<sup>2</sup> Спектр ПМР соединения VII при 60 °С.

фрагментов. Аналогично, в спектре ПМР соединения III (табл. 1) протоны трех различных *трет*-бутильных групп проявляются в виде трех дублетов одинаковой интенсивности при 1,47, 1,45 и 1,43 м. д. с КССВ  $^4J_{PH} = 0,7; 1,4$  и 1,4 Гц соответственно.

В случае образования соединения II подтверждением того, что 1,3-диполярное циклоприсоединение *трет*-бутилфосфаацетилен протекает по азидогруппе в положении 4 пиридинового кольца исходного триазидопиридина I, является характерное расщепление в спектре ЯМР  $^{13}C$  соединения II сигнала атома C(4) пиридинового кольца при 149,81 м. д. с КССВ  $^2J_{PC} = 7,9$  Гц, обусловленное спин-спиновым взаимодействием этого атома с атомом фосфора триазафосфольного цикла. Аналогичное спин-спиновое взаимодействие между атомами фосфора триазафосфольных циклов и углеродными атомами в положениях 2, 4 и 6 пиридинового кольца наблюдается в спектре ЯМР  $^{13}C$  трисаддукта III (табл. 2). Необходимо также отметить, что положение сигналов остальных атомов углерода пиридинового кольца моноаддукта II хорошо согласуется с данными ЯМР  $^{13}C$  других ранее изученных 2,6-диазидопиридинов [1—3].

Добавление 0,5 эквивалента *трет*-бутилфосфаацетилен к азиду I и проведение реакции при  $-20^\circ C$  практически не изменило соотношение образующихся циклоаддуктов II и III и привело лишь к увеличению доли исходного азидопиридина I в смеси продуктов реакции. С другой стороны, проведение реакции триазидопиридина I с избытком (4 эквивалента) *трет*-бутилфосфаацетилен позволило выделить трисаддукт III в качестве единственного продукта реакции.

Полученные данные показывают, что, как и в случае с норборненом [1, 2], реакция азидопиридина I с *трет*-бутилфосфаацетиленом также протекает региоселективно через первоначальное циклоприсоединение диполярофила по азидогруппе в положении 4 пиридинового кольца. Образующийся на первой стадии реакции моноаддукт II в свою очередь легко взаимодействует с исключительно реакционноспособным *трет*-бутилфосфаацетиленом, что приводит к одновременному образованию в реакции трисаддукта III. Более высокая реакционная способность  $\alpha$ -азидогруппы в моноаддукте II по сравнению с  $\alpha$ -азидогруппами исходного азидо I, по-видимому, обусловлена влиянием электронодонорного триазафосфольного цикла в молекуле соединения II, которое способствует увеличению отрицательного заряда на атомах N( $\alpha$ ) его азидогруппы. Так, мониторинг реакции азидо I с *трет*-бутилфосфаацетиленом методом ЯМР  $^{31}P$  спектроскопии не позволил нам обнаружить в заметной концентрации промежуточно образующихся бисаддуктов, что указывает на значительно более высокую реакционную способность  $\alpha$ -азидогруппы в пиридинах, имеющих два электронодонорных триазафосфольных заместителя. Учитывая эти данные, большой интерес представляло изучение реакции присоединения *трет*-бутилфосфаацетилен к 2,4,6-триазидопиридину, который имел бы более сильные электроноакцепторные  $\beta$ -заместители в пиридиновом кольце по сравнению с азидом I. В качестве модельного соединения для такого исследования нами был синтезирован 2,4,6-триазидо-3,5-дицианопиридин (V).

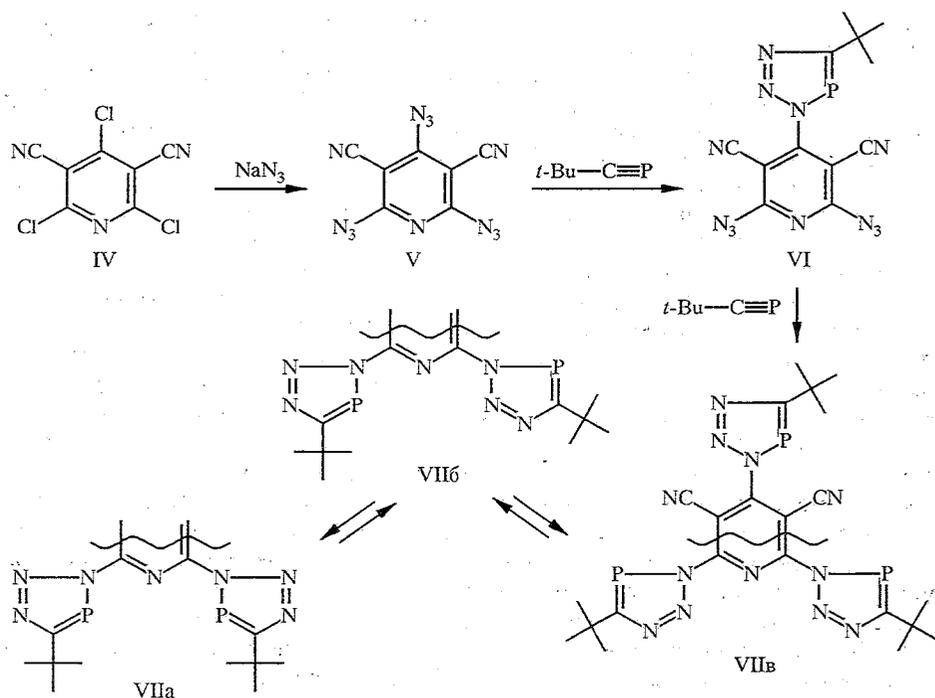
Реакцию 2,4,6-трихлор-3,5-дицианопиридина (IV) с избытком азидо натрия проводили при комнатной температуре в среде водного ацетона по аналогии с ранее описанным методом синтеза триазидопиридина I [2]. Триазидопиридин V получали в качестве единственного продукта с выходом 90%. Оказалось, что в отличие от реакции азидо I добавление одного эквивалента *трет*-бутилфосфаацетилен к триазидопиридину V приводило к образованию лишь единственного продукта, который, согласно данным спектроскопии ПМР, ЯМР  $^{13}C$  и  $^{31}P$ , ИК и элементного анализа, соответствовал моноаддукту VI. Как и в случае соединений II и III, наличие в спектре ЯМР  $^{31}P$  соединения VI сигнала атома фосфора при 181,03 м. д. (табл. 1) показывает, что циклоприсоединение азидопиридина V также

Параметры спектров ЯМР  $^{13}\text{C}$ ,  $\text{CDCl}_3$ ,  $\delta$ , м. д. (КССВ, J, Гц) соединений II, III и V—VII.

Соединение	C(1)	C(2)	C(3)	C(4)	C(5)	C(6)	C $\equiv$ N	C(CH $_3$ ) $_2$	C(CH $_3$ ) $_3$
II	199,57 д $^1J_{\text{PC}} = 59,2$	154,96 с	112,63 с	149,81 д $^2J_{\text{PC}} = 7,9$	94,12 с	154,65 с	110,25 с	35,51 д $^2J_{\text{PC}} = 15,0$	31,15 д $^3J_{\text{PC}} = 8,2$
III	200,57 д $^1J_{\text{PC}} = 57,6$ , 200,07 д $^1J_{\text{PC}} = 59,3$ , 199,56 д $^1J_{\text{PC}} = 57,7$	153,74 д $^2J = 7,6$	122,37 с	149,90 д $^2J_{\text{PC}} = 9,3$	101,49 с	150,90 д $^2J_{\text{PC}} = 9,3$	110,47 с	35,71 д $^2J_{\text{PC}} = 15,3$ , 35,65 д $^2J_{\text{PC}} = 14,4$ , 35,56 д $^2J_{\text{PC}} = 11,7$	31,30 д $^3J_{\text{PC}} = 7,6$ , 31,16 д $^3J_{\text{PC}} = 8,5$ , 31,08 д $^3J_{\text{PC}} = 9,3$
V	—	159,97	86,92	155,17	86,92	159,97	109,67	—	—
VI	200,28 д $^1J_{\text{PC}} = 59,3$	160,00 с	91,96 с	154,84 д $^2J_{\text{PC}} = 8,2$	91,96 с	160,00 с	110,25 с	35,69 д $^2J_{\text{PC}} = 14,7$	31,45 д $^3J_{\text{PC}} = 8,2$
VII*	202...198 уш. с	161...159 уш. с	115...107 уш. с	155...153 уш. с	115...107 уш. с	161...159 уш. с	115...107 уш. с	36,00...35,50 уш. с	31,30...30,75 уш. с

\* Спектр соединения VII при +25°C, время задержки импульса 5 с.

протекает региоселективно с образованием 3Н-1,2,3,4-триазафосфольного цикла. Одновременно с этим присутствие в спектре ЯМР  $^{13}\text{C}$  соединения VI (табл. 2) только трех сигналов углеродных атомов пиридинового кольца при 160,66, 155,17 и 91,92 м. д., один из которых ( $\text{C}_4$  при 155,17 м. д.) проявляется в виде дублета с характерной  $K_{\text{ССВ}}^2 J_{\text{PC}} = 8,2$  Гц, убедительно свидетельствует, что реакция протекает региоселективно по азидогруппе в положении 4 пиридинового кольца триазидопиридина V.



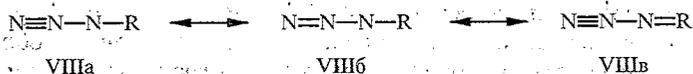
Образование моноаддукта VI в качестве единственного продукта реакции азиды V с одним эквивалентом *трет*-бутилфосфаацетилен свидетельствует о том, что усиление электроакцепторных свойств заместителей в пиридиновом кольце азидопиридинол действительно сопровождается значительным понижением реакционной способности  $\alpha$ -азидогрупп этих соединений. В отличие от моноаддукта II, электроакцепторное влияние двух цианогрупп в молекуле соединения VI полностью компенсирует электронодонорное влияние его триазафосфольного цикла. В результате реакционная способность  $\alpha$ -азидогрупп соединения VI остается значительно более низкой по сравнению с  $\gamma$ -азидогруппой исходного азиды V, что позволяет реакции протекать исключительно по этой группе. Тем не менее реакция моноаддукта VI с избытком *трет*-бутилфосфаацетилен приводила к образованию трисаддукта VII, свидетельствуя о достаточно высокой реакционной способности  $\alpha$ -азидогрупп в моноаддукте VI по отношению к этому исключительно высокорекрационному дипольрофилу. Мониторинг этой реакции методом спектроскопии ЯМР  $^{31}\text{P}$  также не позволил нам обнаружить в заметной концентрации промежуточно образующихся бисаддуктов, несмотря на более сильные электроакцепторные свойства заместителей в пиридиновом кольце таких интермедиатов.

Наиболее интересным свойством трисаддукта VII является его способность существовать в растворе  $\text{CDCl}_3$  в виде трех поворотных изомеров VIIa—в. Так, в спектре ЯМР  $^{31}\text{P}$  соединения VII (табл. 1) наблюдается наличие шести хорошо разрешенных сигналов атомов фосфора 3Н-1,2,3,4-триазафосфольных циклов, три из которых при 181,82, 179,74 и 179,20 м. д. отличаются высокой интенсивностью и по аналогии со спектром ЯМР  $^{31}\text{P}$

трисаддукта III (табл. 1) соответствуют атомам фосфора  $\alpha$ -триазафосфольных циклов трех ротамеров VIIa—в. Интенсивность трех остальных сигналов при 182,35, 177,60 и 176,95 м. д. ниже в 3,5...4 раза, что позволяет соотносить эти сигналы атомам фосфора  $\gamma$ -триазафосфольных циклов ротамеров VIIa—в. В спектре ПМР соединения VII при 25 °С три *трет*-бутильные группы проявляются в виде большой группы уширенных сигналов различной интенсивности в области 1,60...1,45 м. д., что свидетельствует о наличии динамического равновесия между различными ротамерными формами этого соединения. Понижение температуры до -40 °С оказалось недостаточным для хорошего разрешения сигналов *трет*-бутильных групп трех изомеров VIIa—в. Напротив, как и можно было ожидать, в спектре ПМР при 60 °С (табл. 1) присутствуют три достаточно хорошо разрешенных дублета примерно одинаковой интенсивности при 1,59, 1,57 и 1,56 м. д. с КССВ  $^4J_{PH} = 1,7...1,6$  Гц вследствие усреднения спектра соединения VII с ростом температуры. В спектре ЯМР  $^{13}C$  при 25 °С (табл. 2) со стандартным временем задержки импульса 5 с наблюдались лишь сильно уширенные сигналы всех углеродных атомов трисаддукта VII, что также характерно для соединений, участвующих в динамических изомеризационных процессах [7].

Наличие изомерии вращения для соединения VII является первым примером подобной изомерии, обнаруженной для ароматических производных 3Н-1,2,3,4-триазафосфолов. Основными факторами, способствующими возникновению такой изомерии, по-видимому, являются отсутствие значительных стерических препятствий для максимального сопряжения пиридинового кольца с триазафосфольными циклами в молекуле трисаддукта VII и достаточно сильное электроноакцепторное влияние пиридинового кольца на атом N(3) триазафосфольных циклов. Так, присутствие в положении 3 пиридинового кольца трисаддукта III менее электроноакцепторного и более объемного, чем цианогруппа, атома хлора уже не позволяет наблюдать при комнатной температуре равновесное существование поворотных изомеров для этого соединения.

Результаты исследования реакций триазидопиридинов I и V с *трет*-бутилфосфаацетиленом полностью подтверждают высказанное нами ранее предположение [3], что причиной низкой реакционной способности  $\alpha$ -азидопиридинов в реакциях 1,3-диполярного циклоприсоединения является сильное сопряжение  $\alpha$ -азидогрупп с электроноакцепторным пиридиновым кольцом. Чем сильнее электроноакцепторное влияние пиридиновой системы, тем сильнее сопряжение  $\alpha$ -азидогрупп с этой системой и тем ниже реакционная способность азидогрупп в реакциях с диполярофилами. Интересной особенностью обнаруженного эффекта является то, что усиление электроноакцепторных свойств заместителей в ароматическом кольце азидов, согласно литературным данным [8], должно облегчать присоединение к азидам богатых электронами диполярофилов (диполь—НСМО контролируемые реакции). Исходя из этих данных присоединение норборнена к азиду I должно было бы в первую очередь протекать именно по  $\alpha$ -азидогруппе этого соединения. Поэтому можно предположить, что исключительно низкая реакционная способность  $\alpha$ -азидогрупп в азиде I и V по отношению к диполярофилам обусловлена заметным вкладом резонансной структуры VIIIв, при которой азидогруппы в значительной мере лишаются своих 1,3-дипольных свойств.



#### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

ИК спектры получены на приборе Specord M-80, спектры ПМР — на приборе Bruker AMX-400 (400 МГц) с использованием TMS в качестве внутреннего стандарта. Спектры ЯМР  $^{13}C$  регистрировались на приборе Bruker AMX-400 (100 МГц), спектры ЯМР  $^{31}P$  — на приборе Bruker AC-200 (80,82 МГц), масс-спектры — на приборе Finnigan MAT-90 при энергии ионизации 70 эВ.

Метод получения *трет*-бутилфосфаацетилена и исходных соединений I и IV описан в [6, 2 и 9] соответственно.

Данные элементного анализа на С, Н и N соединений II, III и V—VII соответствуют расчетным.

4-(3Н-1,2,3,4-Триазофосфоло)-2,6-диазидо-3-хлор-5-цианопиридин (II). К перемешиваемому раствору 0,262 г (1 ммоль) соединения I в 20 мл сухого диэтилового эфира при 0 °С в атмосфере аргона добавляют по каплям раствор 0,1 г (1 ммоль) *трет*-бутилфосфаацетилена в 10 мл сухого диэтилового эфира, после чего реакционную смесь оставляют перемешиваться при комнатной температуре в течение 2 ч. Растворитель отгоняют под высоким вакуумом, а остаток дважды перекристаллизовывают из диэтилового эфира, освобождая от слабо растворимого в эфире трисаддукта III. Из полученного после последней перекристаллизации маточного раствора отгоняют эфир, а полученный желтый кристаллический остаток дважды промывают горячим пентаном и перекристаллизовывают из смеси гексан—этилацетат.

2,4,6-Трис(3Н-1,2,3,4-триазофосфоло)-3-хлор-5-цианопиридин (III). К перемешиваемому раствору 0,262 г (1 ммоль) соединения I в 20 мл сухого диэтилового эфира при 0 °С в атмосфере аргона добавляют по каплям раствор 0,4 г (4 ммоль) *трет*-бутилфосфаацетилена в 10 мл сухого диэтилового эфира, после чего реакционную смесь оставляют при комнатной температуре на 3 дня. Выделившийся из реакционной смеси желтый кристаллический осадок отфильтровывают, промывают на фильтре тремя порциями холодного эфира и перекристаллизовывают из смеси гексан—этилацетат.

2,4,6-Триазидо-3,5-дицианопиридин (V). К перемешиваемому раствору 2,32 г (10 ммоль) соединения IV в 200 мл водного ацетона (20% воды) при комнатной температуре добавляют раствор 2,6 г (40 ммоль) азиды натрия в 20 мл воды. Реакционную смесь оставляют перемешиваться при комнатной температуре в течение 5 ч, после чего ацетон отгоняют при пониженном давлении, а к остатку добавляют 200 мл ледяной воды. Полученный белый кристаллический осадок отфильтровывают, сушат на фильтре и перекристаллизовывают из смеси бензол—гексан.

4-(3Н-1,2,3,4-Триазофосфоло)-2,6-диазидо-3,5-дицианопиридин (VI). К перемешиваемому раствору 0,252 г (1 ммоль) соединения V в 40 мл сухого диэтилового эфира при 0 °С в атмосфере аргона добавляют по каплям раствор 0,1 г (1 ммоль) *трет*-бутилфосфаацетилена в 10 мл сухого диэтилового эфира, после чего реакционную смесь оставляют перемешиваться при комнатной температуре в течение 4 ч. Растворитель отгоняют под высоким вакуумом, а желтый кристаллический остаток перекристаллизовывают из смеси гексан—этилацетат.

2,4,6-Трис(3Н-1,2,3,4-триазофосфоло)-3,5-дицианопиридин (VII). К перемешиваемому раствору 0,252 г (1 ммоль) соединения V в 40 мл сухого диэтилового эфира при 0 °С в атмосфере аргона добавляют по каплям раствор 0,4 г (4 ммоль) *трет*-бутилфосфаацетилена в 10 мл сухого диэтилового эфира, после чего реакционную смесь оставляют перемешиваться при комнатной температуре на 3 дня. Растворитель отгоняют под высоким вакуумом, а желтый кристаллический остаток перекристаллизовывают из смеси гексан—этилацетат.

Характеристики синтезированных соединений II, III, V—VII приведены в табл. 1 и 2.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Chapyshev S. V., Iyata T. // Heterocycles. — 1993. — Vol. 36. — P. 2185.
2. Чанышев С. В. // ХГС. — 1993. — № 12. — С. 1650.
3. Чанышев С. В., Чанышева Н. В. // ХГС. — 1994. — № 5. — С. 660.
4. Regitz M. // Chem. Rev. — 1990. — Vol. 90. — P. 191.
5. Regitz M. // J. Heterocycl. Chem. — 1994. — Vol. 31. — P. 663.
6. Rösch W., Facklam T., Regitz M. // Tetrahedron. — 1987. — Vol. 43. — P. 3247.
7. 1,3-Dipolar cycloaddition chemistry / Ed. by Padwa A. — N. Y.: Wiley, 1984. — P. 559.
8. Гюнтер Х. Введение в курс спектроскопии ЯМР. — М.: Мир, 1984. — С. 252.
9. Pat. 3325503 USA / Bimber R. S. // С. А. — 1968. — Vol. 68. — 68896.

Институт химической физики  
в Черноголовке РАН, Черноголовка,  
Московской области 142432

Поступило в редакцию 12. 06. 95

Universität Kaiserslautern,  
D-67663, Germany