

В. А. Павлов, Дж. А. Смит

СПЕКТРАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОДУКТОВ РЕАКЦИИ  
ТИОСЕМИКАРБАЗОНОВ ФОСФОРИЛАЦЕТАЛЬДЕГИДОВ  
С БРОМАЦЕТАЛЕМ

Реакцией незамещенных тиосемикарбазонов фосфорилацетальдегидов с бромоцеталем получены гидробромиды тиазолинов, имеющие в кристаллической фазе строение азина фосфорилацетальдегида и 1,3-тиазолин-2-она. Их растворение сопровождается тиазолин-тиазольным таутомерным превращением в гидробромид тиазолилгидразона фосфорилацетальдегида. Взаимодействие 2-метилзамещенного тиосемикарбазона фосфорилацетальдегида с бромоцеталем приводит к гидробромиду N-метил-N-2-(1,3-тиазолил)гидразона фосфорилацетальдегида, тиазольная структура гетероцикла которого сохраняется и при его растворении, ввиду невозможности таутомерных переходов из-за структурных особенностей. Во всех случаях солеобразование происходит по эндоциклическому атому азота. Перевод солеобразных соединений в свободные основания не приводит к изменению тиазольного строения гетероцикла.

Фосфорсодержащие тиосемикарбазоны, обладающие высокой антивирусной активностью [1], представляют большой интерес как исходные для синтеза некоторых классов фосфорорганических соединений, в частности гетероциклических. В задачу настоящего исследования входила разработка удобного метода синтеза фосфорсодержащих тиазолов и тиазолинов из фосфорилированных тиосемикарбазонов, поскольку нефосфорилированные производные этих гетероциклов обнаруживают широкий спектр биологической активности [2] и, в частности, в комбинации с некоторыми фосфорсодержащими соединениями используются как радиопротекторы [3, 4]. Однако в литературе мало сведений о тиазолах и тиазолинах с фосфорсодержащими заместителями. В связи с этим мы изучили взаимодействие тиосемикарбазонов фосфорилацетальдегидов с бромоцеталем, т. е. для получения функционально замещенного гетероцикла применялась модифицированная конденсация по Ганчу [5], где вместо  $\alpha$ -галогенкарбонильного соединения был взят его ацеталь. При этом следовало учитывать, что в превращении могут участвовать различные реакционные центры, содержащиеся в молекулах тиосемикарбазонов Ia—v, с образованием соответствующих тиазолов или тиазолинов — тиазолилгидразона II, азина тиазолинона III или тиазолинилимина IV. Не исключалось также образование 4-(2-этенилдиалкооксифосфорил)-1,3,4-тиадиазинов в виде двух таутомерных форм — аминной V и иминной VI. Возникновение последних предполагает участие в реакции атома водорода активной метиленовой группы тиосемикарбазона фосфорилацетальдегида. Возможность такого участия с образованием фосфонвニильного фрагмента в конечном продукте реакции была продемонстрирована нами ранее на примере реакции семикарбазонов фосфорилацетальдегидов с ортомуравильным эфиром, когда выделенные соединения имели енаминную структуру [6].

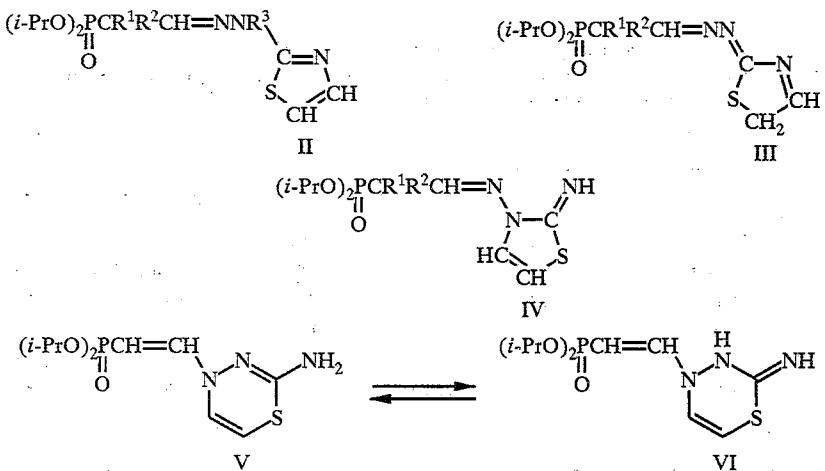
Чтобы установить пути протекания реакции, в качестве исходных соединений использовали как незамещенный тиосемикарбазон дизопропоксифосфорилацетальдегида (Ia), так и его 2-метилзамещенный аналог Ib, а также тиосемикарбазон дизопропоксифосфорилоксиминоацетальдегида (Iv) с частично заблокированными реакционными центрами. Опираясь на данные работ [7, 8], где показано, что тиосемикарбазоны Ia—v существуют

Таблица 1

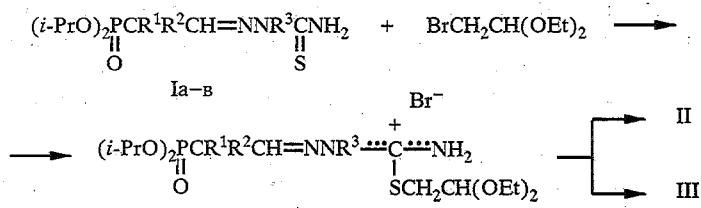
Параметры спектров ЯМР  $^1\text{H}$  и  $^{31}\text{P}$  ( $\delta$ , м. д.,  $J$ , Гц) гидробромидов тиазолилгидразонов дизопропоксифосфорилацет-(ІІа,б) и оксиминоацет-(ІІв) альдегидов в различных растворителях

Соединение	$\text{R}^1_{\text{R}^2}$	$\text{R}^3$	ЯМР $^{31}\text{P}$	<i>t</i> -C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> O			PC <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	$^3J_{\text{HH}}$	$^3J_{\text{PH}}$	NCH <sub>3</sub>	CH $\alpha$ =CH $\beta$			CH=N	$^3J_{\text{PH}}$	$^4\text{NH}$	Растворитель
				CH <sub>3</sub>	ОСН	$^3J_{\text{HH}}$					$\alpha$ -н	$\beta$ -н	$^3J_{\text{HH}}$				
ІІа	H <sub>2</sub>	H	20,0	1,14	4,50	6	*	—	—	—	7,06	7,35	4	7,60	—	10,00	ДМСО
			19,7	1,14	4,56	6	2,81	6	22	—	6,75	7,22	5	7,72	5	10,94	CDCl <sub>3</sub>
ІІб	H <sub>2</sub>	CH <sub>3</sub>	21,0	*	*	—	*	—	—	*	6,93	7,27	4	7,02	—	10,00	ДМСО
			—	1,32	4,67	6	3,01	6	21	3,89	7,06	7,37	4	7,40	—	—	Ацетон-D <sub>6</sub>
ІІв	NOH	H	—	1,20	4,62	6	2,90	6	24	3,90	6,87	7,30	4	7,30	—	12,60	CDCl <sub>3</sub>
			—	*	*	—	* <sup>2</sup>	—	—	—	6,86	7,18	4	8,11	23	10,60	ДМСО

<sup>2</sup> Параметры не определены из-за наложения сигналов растворителя.  
 $\delta$  NOH 13,40 м. д.



в одной тионной форме, и исследования по изучению реакции тиомочевин с бромалкиламиналами [9—11], можно полагать, что первой стадией реакции тиосемикарбазонов с бромацеталем является образование соли изотиурония, протекающее по механизму нуклеофильного замещения атома брома тионным атомом серы. Последующая циклизация, в которую вовлекается аминный атом азота тиосемикарбазона, приводит к тиазольной (II) или тиазолиновой (III) структуре в зависимости от строения исходного тиосемикарбазона. Выделенные кристаллические соединения, согласно данным элементного анализа и спектральным исследованиям, представляют собой бромистоводородные соли.



a R<sup>1</sup>-R<sup>3</sup> = H; b R<sup>1</sup> = R<sup>2</sup> = H, R<sup>3</sup> = Me; c R<sup>1</sup>, R<sup>2</sup> = NOH, R<sup>3</sup> = H

ИК спектральные данные продукта реакции, полученного на основе тиосемикарбазона I<sub>6</sub>, в котором подвижный атом водорода у атома азота N(2) замещен метильной группой и исключена возможность прототропных смещений, показали их совпадение для кристаллической фазы и растворов в CHCl<sub>3</sub>. В спектрах наблюдаются полоса валентных колебаний при 1240 (P=O) и три полосы поглощения в области кратных связей: 1570 (C=N) экзоциклическая, 1600 (C=N) эндоциклическая и 1640 см<sup>-1</sup> (C=C). Дополнительным подтверждением наличия в цикле кратной связи (CH=CH) с *цис*-расположением атомов водорода может служить полоса деформационных колебаний  $\delta$  770 см<sup>-1</sup>. В спектре содержится также широкая размытая полоса в области 2400...2800 с максимумом 2620 см<sup>-1</sup>, соответствующая колебаниям группы  $^{+}\text{NH}_2$ .

Спектры ЯМР гидробромида IIб в различных растворителях (табл. 1) дают основание утверждать, что рассматриваемое соединение имеет строение гидробромида N-метил-N-2-(1,3-тиазолил)гидразона дииизопропоксифосфорилацетальдегида (IIб).

ИК спектр кристаллов гидробромида, синтезированного из незамещенного тиосемикарбазона Ia, в области двойных связей существенно отличается

Таблица 2

Параметры спектров ЯКР  $^{14}\text{N}$  ( $\nu$ , кГц),  
константы квадрупольного взаимодействия  $e^2qQ/h$  и параметры асимметрии ( $\eta$ )  
кристаллических гидробромидов (IIб и IIIа)

Соединение	Группа	$\nu_z$	$\nu_y$	$\nu_x^*$	$e^2qQ/h$	$\eta$
IIб	=N <sup>+</sup> H	968	1048	2004	2035	0,940
	-N(CH <sub>3</sub> )-	794	3093	3876	4646	0,337
	-CH=N-	1361	2940	4338	4852	0,576
IIIа	=N <sup>+</sup> H	920	1070	1990	2040	0,902
	-N=C-	1477	2216	3700	3944	0,753
	-CH=N-	1150	2988	4141	4753	0,485

\* Отнесение всех частот  $\nu_x$  проведено в соответствии со сдвигами Зеемана [12].

от рассмотренного спектра вещества IIб. В ИК спектре содержатся полосы валентных колебаний (P=O) 1255 и только две полосы поглощения в области кратных связей. Первая с максимумом поглощения 1585 отнесена к экзоциклической связи C=N, второе более интенсивное поглощение с максимумом 1615  $\text{cm}^{-1}$  характеризует колебания эндоциклической связи C=N. Смещение поглощения эндоциклической связи C=N в сторону высоких частот по сравнению с гидробромидом IIб обусловлено, возможно, нарушением сопряжения и копланарности. В спектрах фиксируется широкая полоса поглощения 2400...3100 с максимумом 2680  $\text{cm}^{-1}$ , принадлежащая валентным колебаниям групп  $^+ \text{NH}$  солеобразной структуры. ИК спектр этого гидробромида в растворе хлороформа претерпевает изменения по сравнению с твердой фазой и становится весьма близким спектру гидробромида IIб. В нем найдены полосы валентных колебаний при 1240 (P=O), 1570 (C=N) экзоциклическая, 1615 (C=N) эндоциклическая, 1630 (C=C) и широкая полоса в области 2500..3200 с максимумом при 2900  $\text{cm}^{-1}$  ( $^+ \text{NH}$ ).

Полученные данные ИК спектров свидетельствуют о том, что выделенная соль в кристаллической фазе имеет структуру гидробромида азина дизопропоксифосфорилацетальдегида и 1,3-тиазолин-2-она (IIIа). Растворение соединения IIIа приводит к таутомерному переходу в пентадной системе от тиазолинилазиновой формы IIIа к тиазолилгидразону IIа.

Приведенные данные относительно строения соединения в кристаллах и в растворе допускают и иную интерпретацию, не позволяя сделать окончательный вывод. Кроме того, предстояло выяснить, какой из трех атомов азота, имеющихся в молекуле, является наиболее основным и участвует в солеобразовании. Привлечение методов ПМР для растворов и ЯКР  $^{14}\text{N}$  для кристаллической фазы могло бы дать однозначный ответ на поставленные вопросы, поскольку частоты ядерного квадрупольного резонанса атома азота прямо зависят от характера химических связей и электронного окружения ядра.

Исследование полученного соединения IIIа методом ПМР с применением методики двойных гомоядерных резонансов на ядрах водорода позволило подтвердить вывод, сделанный на основании изучения ИК спектров, о его существовании в растворах в тиазолилгидразонной таутомерной форме IIа.

Из спектральных данных (табл. 1) видно, что квадруплет протонов метиленовой группы  $\text{PCH}_2$ , наблюдаемый в сильном поле 2,81 м. д. ( $^2J_{\text{HH}} = 22$ ,  $^3J_{\text{HN}} = 6$  Гц), в условиях двойного гомоядерного резонанса превращается в дублет, обусловленный спин-спиновым взаимодействием этих протонов с фосфором. Азометиновый протон CH=N резонирует в слабом поле в виде мультиплета при 7,72 м. д. В спектре ДЯМР  $^1\text{H}-\{^1\text{H}\}$  его резонансный

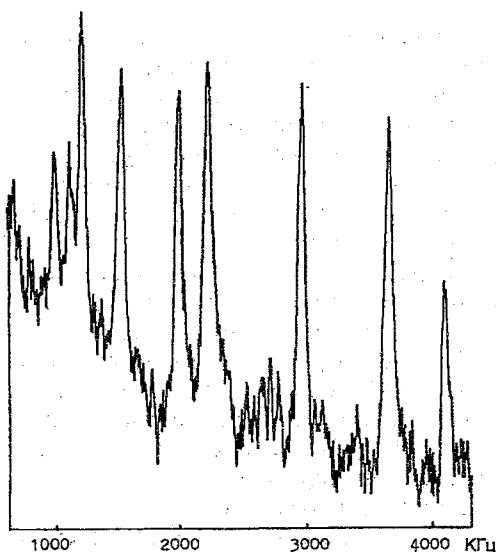


Рис. 1. Спектр ЯКР  $^{14}\text{N}$   
гидробромида азина фосфорилацетальдегида и тиазолинона Ша

сигнал представляет четкий дублет с КССВ  $^3J_{\text{PH}} = 5$  Гц. Этиленовые протоны представлены классическим АВ-квартетом 6,75 м. д. ( $\alpha$ -Н) и 7,22 м. д. ( $\beta$ -Н,  $^3J_{\alpha\beta} = 4$  Гц), не усложненным взаимодействием с протоном NH при связи C=N тиазольного кольца. При рассмотрении ширины линии сигнала протона NH на полувысоте (10,94 м. д.) в отсутствие ДЯМР и в условиях развязки от протона  $\beta$ -Н обнаруживается ее заметное сужение с 24 до 19 Гц в последнем случае, что указывает на дополнительный вклад в ширину линии сигнала протона NH взаимодействия с протоном  $\beta$ -Н. То, что в результате реакции не образуется шестичленный тиадиазиновый цикл V или VI, подтверждается спектрами ПМР, в которых не обнаружены сигналы этиленовых протонов фрагмента P—CH=CH—N. В дополнение к этому проведена реакция циклизации тиосемикарбазона дизопропоксифосфорилоксиминоацетальдегида Iв (в котором протоны активной метиленовой группы заменены оксимной группировкой), приводящая к соединению, имеющему в растворе ДМСО, согласно спектрам ПМР (табл. 1), тиазолилгидразонное строение IIв.

Исследование полученных солей, проведенное с помощью метода ядерного квадрупольного резонанса, подтвердило правильность предположения об их строении в кристаллическом состоянии, сделанного на основании ИК спектров. Спектры ЯКР  $^{14}\text{N}$  записаны для твердых образцов при

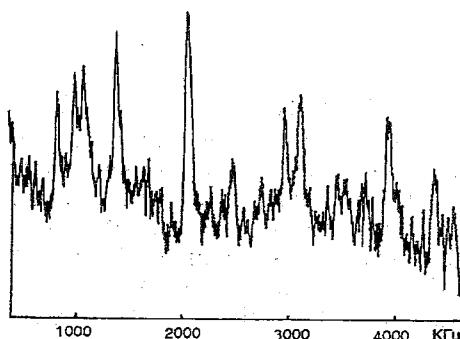
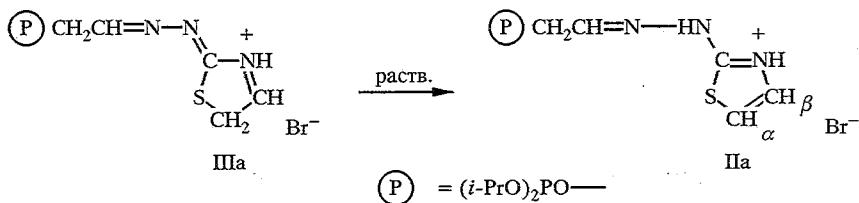


Рис. 2. Спектр ЯКР  $^{14}\text{N}$   
гидробромида N-метил-N-тиазолилгидразона фосфорилацетальдегида IIб

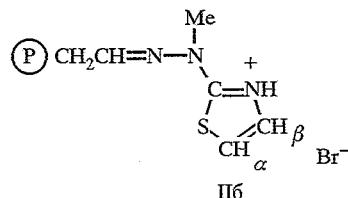
комнатной температуре методом кросс-релаксации (см. экспериментальную часть). Поскольку все три квадрупольных резонансных перехода азота  $^{14}\text{N}(\nu_x, \nu_y, \nu_z)$  наблюдаются в кросс-релаксационных спектрах (рис. 1 и 2) [12], можно применить суммарное правило  $\nu_x = \nu_y + \nu_z$  для отнесения наблюдавшихся переходов; это уравнение было использовано для расчета констант квадрупольного взаимодействия ( $e^2 qQ/h$ ) и параметров асимметрии ( $\eta$ ), приведенных в табл. 2. Отнесения к специфическим атомам азота для соединений IIб и IIIа согласуются с их структурой и известными [13] квадрупольными параметрами для подобных соединений. Поскольку величина параметра асимметрии определяется распределением электронной плотности на ядре, то в наблюдаемом случае приближение его значения к единице свидетельствует о  $^+_{\text{NH}}$ -иммюниевом характере. Кроме того, учитывая, что константа квадрупольного взаимодействия имеет минимальное значение у эндоциклического атома азота (2035 и 2040 кГц), можно сделать заключение об участии в солеобразовании неподеленной пары электронов атома азота, находящегося в цикле. Это, очевидно, объясняется ее доступностью для протонирования.

Таким образом, взаимодействие незамещенного тиосемикарбазона дизопропоксифосфорилацетальдегида Iа с бромацеталем приводит к соединению IIIа. Растворение его сопровождается полным таутомерным переходом в бромистоводородную соль тиазолилгидразона фосфорилацетальдегида IIIа.



Взаимодействие 2-метилзамещенного тиосемикарбазона длизопропоксифосфорилацетальдегида Iб с бромацеталем дает гидробромид N-метил-N-2-(1,3-тиазолил)гидразона длизопропоксифосфорилацетальдегида (IIб), протонирование которого также происходит по эндоциклическому атому азота.

Тиазолилгидразонная структура IIб сохраняется и при растворении этого соединения ввиду невозможности таутомерных переходов вследствие структурных особенностей.



Обработка гидробромида IIIа спиртовым раствором КОН привела к выделению густой маслообразной жидкости темно-коричневого цвета, спектральные характеристики которой показали, что это тиазолилгидразон длизопропоксифосфорилацетальдегида IIIа в виде свободного основания. В его ИК спектре присутствуют полосы валентных колебаний при 1250 (P=O), 1580 (C=N) — экзоциклическая, 1610 (C=N) — эндоциклическая, 1630 (C=C), 3000...3700 с максимумом при 3440  $\text{cm}^{-1}$  (NH), деформационные колебания связи CH=CH-циклические при 780  $\text{cm}^{-1}$ . Спектр ПМР ( $\text{CDCl}_3$ ): 1,30 (12H, д,  $^3J_{\text{HH}} = 6$  Гц,  $\text{CH}_3-\text{Pr-}i$ ); 2,87 (2H, д, д,  $^3J_{\text{HH}} = 6$  Гц,  $^2J_{\text{PH}} = 22$  Гц,  $\text{PCH}_2$ ); 4,57 (2H, м,  $\text{OCH}-\text{Pr-}i$ ); 6,51 (1H, д,  $^3J_{\text{HH}} = 3,5$  Гц,  $\alpha\text{-H}$ ); 7,10 (1H, д,  $^3J_{\text{HH}} = 3,5$  Гц,  $\beta\text{-H}$ ); 6,90 (1H, уш. с, NH); 7,31 (1H, м,  $\text{CH}=\text{N}$ ).

Таким образом, перевод соли IIIа в свободное основание не изменяет положение таутомерного равновесия.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Спектры ЯКР  $^{14}\text{N}$  записаны для твердых образцов при комнатной температуре методом кросс-релаксации на спектрометре двойного ЯМР—ЯКР резонанса перемещаемого образца [12]. При этом сигнал протонного магнитного резонанса фиксировался в высоком магнитном поле (40 МГц) и затем образец механически перемещался в низкопольный соленоид, в котором постоянный ток генерировал магнитное поле. В нем частота магнитного резонанса  $^1\text{H}$  налагалась на одну из частот квадрупольного резонанса  $^{14}\text{N}$ . При этом более быстрая релаксация ядер  $^{14}\text{N}$  приводила к существенной потере в протонном намагничивании, которая записывалась как ослабление сигнала магнитного резонанса  $^1\text{H}$  при возвращении в высокое поле. Спектры записывались отключением тока в низкопольном соленоиде после каждого цикла и были преобразованы в частоту с использованием конверсионной константы 367,5 кГц· $\text{A}^{-1}$ . Время резонанса в высоком поле 9 с, в низком поле — от 0,15 до 0,25 с.

Спектры ПМР зарегистрированы на спектрометрах Varian T-60, Tesla BS-567 (100 МГц) и Bruker WP-80 с гомоядерной спиновой связью  $^1\text{H}$ — $\{^1\text{H}\}$ . Спектры ЯМР  $^{31}\text{P}$  записаны на спектрометрах Bruker WP-80 (32,38 МГц) и ЯМР — КГУ-4 (10,2 МГц) с использованием спиновой связки  $^{31}\text{P}$ — $\{^1\text{H}\}$ . Химические сдвиги  $^1\text{H}$  определены относительно ТМС, фосфора — относительно  $\text{H}_3\text{PO}_4$ . ИК спектры получены на приборе UR-20. Контроль за ходом реакций и чистотой полученных веществ осуществляли методом ТСХ на пластинах Silufol UV-254.

Тиосемикарбазон длизопроксифосфорилацетальдегида (Ia) получен по методу [14]. Синтез тиосемикарбазонов Ib и Iv описан в работах [7] и [8] соответственно.

Гидробромид азина длизопроксифосфорилацетальдегида и 1,3-тиазолин-2-она (Шa). К раствору 5 г (18 ммоль) тиосемикарбазона длизопроксифосфорилацетальдегида (Ia) в 50 мл абсолютного изопропилового спирта добавляют 3,5 г (18 ммоль) бромацетала. Кипятят с обратным холодильником 4,5 ч при температуре 105...110 °C до исчезновения исходных веществ (контроль ТСХ). Растворитель удаляют в вакууме, выпавшие кристаллы промывают ацетоном (если выделяется масло, то его промывают ацетоном, после чего масло кристаллизуется). Выделяют 5 г (72%) соединения Шa с  $T_{пл}$  151...153 °C (разл.). Найдено, %: Br 19,60, N 10,86, P 8,00.  $\text{C}_{11}\text{H}_{21}\text{BrN}_3\text{O}_3\text{PS}$ . Вычислено, %: Br 20,72, N 10,88, P 8,03. ИК спектр: 3140, 2400...3100 с  $\max$  2680, 1615, 1585, 1525, 1300, 1255, 1210, 1190, 1133, 1111, 1095, 1065, 1040, 1018, 990, 950, 900, 880, 870, 860, 840, 815, 748, 730, 718, 615  $\text{cm}^{-1}$ .

Гидробромид N-метил-N-2-(1,3-тиазолил)гидразона длизопроксифосфорилацетальдегида (IIb). Получают по методу, описанному для соединения Шa. Из 4,5 г (15 ммоль) 2-метилтиосемикарбазона длизопроксифосфорилацетальдегида (Ib), растворенного в 60 мл изопропилового спирта, и 3,1 г (15 ммоль) бромацетала получают 2,5 г (41%) тиазолилгидразона IIb с  $T_{пл}$  145...146 °C (разл.). Найдено, %: Br 19,60, N 10,60, P 7,20.  $\text{C}_{12}\text{H}_{23}\text{BrN}_3\text{O}_3\text{PS}$ . Вычислено, %: Br 20,00, N 10,50, P 7,55. ИК спектр: 3075, 2400...2800 с  $\max$  2630, 1640, 1602, 1570, 1550, 1345, 1255, 1240, 1185, 1150, 1115, 1087, 1020, 1000, 950, 940, 895, 860, 840, 820, 770, 725, 555  $\text{cm}^{-1}$ .

Гидробромид азина длизопроксифосфорилоксиминоацетальдегида и 1,3-тиазолин-2-она (Шv). Получают по методу, описанному для соединения Шa. Из 2 г (6,5 ммоль) тиосемикарбазона длизопроксифосфорилоксиминоацетальдегида (Iv), растворенного в 20 мл изопропилового спирта, и 1,3 г (6,6 ммоль) бромацетала получают 0,86 г (32%) азина Шv. Выпавшие кристаллы, загрязненные маслообразной примесью, очищают на фильтре Шемберлена. Выделенные таким образом кристаллы промывают ацетоном и получают вещество Шv с  $T_{пл}$  142...144 °C (разл.). Найдено, %: N 13,50, P 7,10.  $\text{C}_{11}\text{H}_{20}\text{BrN}_4\text{O}_4\text{PS}$ . Вычислено, %: N 13,49, P 7,47. ИК спектр: 3450, 3370, 3150, 3130, 3080, 3200...3300 с  $\max$  2740, 1680, 1620, 1560, 1510, 1420, 1320, 1260, 1240, 1180, 1170, 1140, 1110, 1075, 1010, 945, 925, 905, 835, 785, 740, 730, 680, 645, 625, 612, 565  $\text{cm}^{-1}$ .

Авторы благодарны канд. хим. наук Б. Г. Лиорбер и канд. хим. наук Л. П. Останиной за помощь в выполнении настоящей работы, а также д-ру Д. Стеффенсону (Кингс коллеж, Лондонский университет) за запись спектров ЯКР  $^{14}\text{N}$ .

Часть работы выполнена при финансовой поддержке Российской научно-технической программы «Тонкий органический синтез» (грант ФТ-19).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А. с. 639252 / Носков Ф. С., Чижов Н. П., Разумов А. И., Лиорбер Б. Г., Соколов М. П., Павлов В. А., Заиконникова И. В. // Б. И. — 1979. — № 3.
2. Машковский Н. Д. Лекарственные средства. — М.: Медицина, 1993. — Т. 1. — 736 с; Т. 2. — 688 с.
3. Владимиров В. Г., Зайцева Т. Г. // Фармакол. и токсикол. — 1980. — Т. 43. — С. 244.
4. Владимиров В. Г., Джарахян Т. К. // Военно-медицинский журн. — 1974. — № 6. — С. 86.
5. Иванский В. И. Химия гетероциклических соединений. — М.: Высшая школа, 1978. — С. 191.
6. Лиорбер Б. Г., Хаматова З. М., Урманчеева Г. В., Павлов В. А., Зыкова Т. В. // ЖОХ. — 1984. — Т. 54. — С. 1202.
7. Лиорбер Б. Г., Павлов В. А., Соколов М. П., Разумов А. И., Зыкова Т. В., Алпарова М. В. // Фосфорорганические соединения и полимеры: Межвуз. сб. — Чебоксары: Чувашский гос. ун-т, 1983. — С. 23.
8. Павлов В. А., Зябликова Т. А., Ильясов А. В., Лиорбер Б. Г., Исмаев И. Э., Бухлина Г. Н., Тарзиволова Т. А. // ЖОХ. — 1984. — Т. 54. — С. 784.
9. Федосеев В. М., Бочкарев В. Н., Силаев А. Б. // ЖОХ. — 1960. — Т. 30. — С. 3795.
10. Федосеев В. М., Бочкарев В. Н., Силаев А. Б. // ЖОХ. — 1961. — Т. 31. — С. 3929.
11. Федосеев В. М., Лыс Я. И., Сухов Л. Л., Рязанцев Г. Б. // Реакционная способность органических соединений. — Тарту: Тартуский гос. ун-т, 1976. — Т. 13, вып. 4. — С. 501.
12. Stephenson D., Smith J. A. S. // Proc. Roy. Soc. (London). — 1988. — Ser. A. — P. 149.
13. Boyd G. V., Khurshid M. M. P., Nicolau G. A., Smith J. A. S. // J. Chem. Soc. Perkin Trans. II. — 1988. — N 4. — P. 933.
14. А. с. 362022 / Разумов А. И., Лиорбер Б. Г., Соколов М. П., Хамматова З. М. // Б. И. — 1973. — № 2.

Казанский государственный технологический университет, Казань 420015

Поступило в редакцию 08.04.96

Кингс колледж Лондонского университета,  
Лондон (Chemistry Department, King's College,  
University of London, Strand, London, U. K.)