

С. Г. Клепикова, В. К. Ю, Е. Е. Фомичева, Р. Д. Мухашева,
К. Д. Пралиев, К. Д. Берлин^а

СПЕКТРОСКОПИЯ ЯМР ¹Н
В ИЗУЧЕНИИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО СТРОЕНИЯ
7-АЛКОКСИАЛКИЛ-3-ТИА-7-АЗАБИЦИКЛО[3.3.1]НОНАН-9-ОНОВ
И ИХ НЕКОТОРЫХ ПРОИЗВОДНЫХ

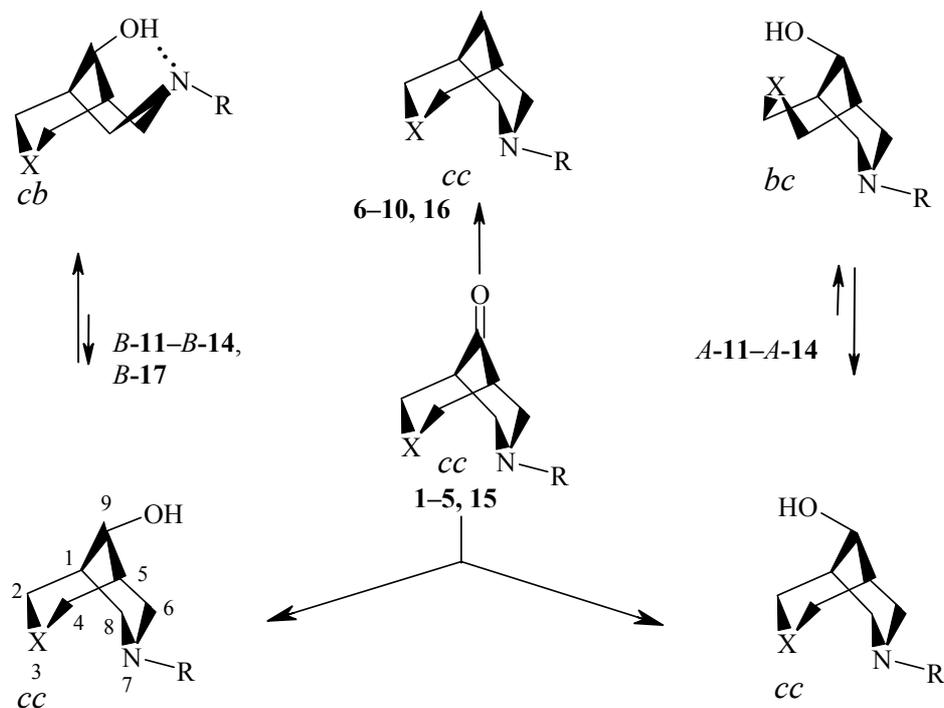
Методом спектроскопии ЯМР ¹Н установлено, что 7-алкоксиалкил-3-тиа-7-азабицикло[3.3.1]нонан-9-оны и их декарбонилированные производные в растворе дейтерохлороформа находятся в конформации *двойного кресла*. Образующиеся в большем количестве изомеры вторичных спиртов имеют предпочтительную конформацию *двойного кресла* с экваториальной относительно плоскости пиперидинового цикла гидроксильной группой. Эпимерные им спирты в абсолютном преобладании представлены конформацией *кресло–ванна*, причем форму *ванны* принимает пиперидиновый цикл за счет образования внутримолекулярной водородной связи между неподеленной парой электронов атома азота и протоном гидроксильной группы.

Ключевые слова: 7-алкоксиалкил-3-тиа-7-азабицикло[3.3.1]нонан-9-он и его производные, конформационный анализ, спектры ЯМР ¹Н.

Изучение пространственного строения бициклических соединений, в состав которых входят такие важнейшие биогенные элементы как кислород, азот, сера, представляет интерес не только в связи с поиском новых физиологически активных веществ, но также в плане дальнейшего развития общих вопросов конформационного анализа и стереохимии. Нами был описан синтез ряда 7-алкоксиалкил-3-тиа-7-азабицикло[3.3.1]нонан-9-онов, их бескислородных производных и вторичных спиртов [1]. В настоящей работе проведено определение пространственного строения этих соединений с помощью метода спектроскопии ЯМР ¹Н высокого разрешения. В качестве объектов исследования были взяты кетоны **1–5** с разными заместителями у атома азота, их восстановленные аналоги **6–10** и вторичные спирты **11–14**. Найденные значения химических сдвигов и КССВ для индивидуальных стереоизомеров, выделенных из спиртов **11** и **12**, успешно использованы при интерпретации достаточно сложных спектров спиртов **13** и **14**, каждый из которых представлял собой неразделенную смесь двух изомеров.

Известно [2], что соединения бицикло[3.3.1]нонанового ряда и их 3,7-дигетерааналоги в растворе существуют в одной из четырех форм: *двойного кресла* (*cc*), *кресло–ванна* (*cb*), *ванна–кресло* (*bc*), *двойной ванны* (*bb*), либо эти формы находятся в конформационном равновесии. Преимущественная конфигурация задается не только суммарными электронными и стерическими факторами внутри молекулы, но и зависит от внешних

условий. Исходя из этого, установленные для кристаллического и рассчитанные для газообразного состояния структуры следует с осторожностью переносить на реально существующие в растворе. Если энергетическая разница между конформерами *двойного кресла* и *кресло-ванна* составляет незначительную величину порядка 1.5 ккал/моль [3], то смена растворителя, температурные и концентрационные изменения могут сместить равновесие в сторону другой формы.



1–14 X = S, 15–17 X = N(CH₂)₂OEt; 1, 6 R = (CH₂)₂OMe; 2, 7, 11 R = (CH₂)₂OEt;
3, 8, 12 R = (CH₂)₃OEt; 4, 9, 13 R = (CH₂)₃OBu; 5, 10, 14 R = (CH₂)₃OPr-*i*

Метод спектроскопии ЯМР ¹N позволяет определить какая из форм в растворе является преобладающей. Информацию о строении несут вицинальные константы, которые характеризуются уравнением Карплуса [4]. Найдено [5, 6], что для 3,7-дигетероаналогов бицикло[3.3.1]нона значения констант $J = 1-7$ Гц отвечают экваториально-экваториальным и экваториально-аксиальным взаимодействиям протонов кресловидных циклов, тогда как $J = 9-12$ Гц соответствуют взаимодействиям протонов Н-1, Н-5, расположенных экваториально вследствие заданного способа сочленения циклов, с псевдоэкваториальными протонами ваннообразного цикла [2, 7]. Обнаружение большой вицинальной константы $J > 9$ Гц является надежным критерием присутствия в растворе конформации *кресло-ванна*. Таким образом, установление пространственного строения сводится к правильному отнесению сигналов в спектре и определению вицинальных констант взаимодействия протонов на сочленении с соседними.

Спектры кетонов 3–5 достаточно легко анализируются, хотя сигналы

циклических протонов расположены в узкой области и частично перекрыты. На основании полученных данных удалось расшифровать и более сложные спектры кетонов **1** и **2**. Для шестичленных соединений с атомом серы в цикле, как правило, геминальная константа больше, чем для азотсодержащих. Учитывая это обстоятельство, из четырех дублетов дублетов два сигнала с геминальной константой 13.2 Гц отнесены к экваториальным и аксиальным протонам серусодержащего цикла, а два других сигнала с $J = 11.1$ Гц к соответствующим протонам пиперидинового цикла. Правильность отнесения подтверждается еще и тем, что значения химических сдвигов и констант метиленовых протонов пиперидинового цикла в исследуемых кетонах практически не отличаются от значений таковых для 3,7-диазабицикло[3.3.1]нонан-9-онов с теми же заместителями, которые, как было установлено ранее [8], существуют в растворе дейтерохлороформа в конформации *двойного кресла*. В табл. 1 для сравнения приведены данные для 3,7-ди(2-этоксиэтил)-3,7-диазабицикло[3.3.1]нонан-9-она (**15**). Найденные для кетонов **1–5** вицинальные константы $J = 2.0–7.2$ Гц типичны для кресловидных циклов. Экваториально-аксиальные константы $J = 6.9–7.2$ Гц указывают на уплощение серусодержащего цикла, тогда как конфигурация пиперидинового цикла (4.8–5.4 Гц) становится ближе к идеальной по сравнению с конфигурацией кетона **15** для которого эта константа составила 6.3 Гц. Сигнал протонов на сочленении проявляется в виде неразрешенного мультиплета $\Delta\delta = 16–18$ Гц, что тоже свидетельствует в пользу конформации *двойного кресла* для кетонов **1–5**.

В спектрах восстановленных аналогов **6–10** сигналы циклических протонов не перекрываются. Это позволяет определить необходимые характеристики (табл. 2). В спектре 7-(2-этоксиэтил)-3-гиа-7-азабицикло[3.3.1]нонана (**7**) мультиплет при 2.08 м. д. с $\Delta\delta = 19$ Гц принадлежит протонам Н-1 и Н-5. Его форма говорит о том, что оба цикла являются кресловидными. Самый низкопольный сигнал при 3.00 м. д. с расщеплениями 13.2 и 6.3 Гц относится к аксиальным протонам серусодержащего цикла. Экваториальные протоны дают в спектре дублет (13.2 Гц) дублетов (2.7 Гц), причем компоненты последнего дополнительно имеют небольшое расщепление, обусловленное дальним спин-спиновым взаимодействием с аксиальным к плоскости пиперидинового цикла протоном Н-9. Для пиперидинового цикла сигнал экваториальных протонов при 2.84 м. д. представляет собой дублет (11.1 Гц) триплетов (2.0 Гц). Усложнение структуры сигнала также вызвано дальним взаимодействием по типу плоского зигзага с экваториальным протоном Н-9. Дублет (11.1 Гц) дублетов (3.9 Гц) при 2.39 м. д. относится к аксиальным протонам. Наблюдаемые химические сдвиги и константы сигналов протонов Н-6, Н-8 неплохо коррелируют с приведенными в табл. 2 значениями для 3,7-(2-этоксиэтил)-3,7-диазабицикло[3.3.1]нонана (**16**), который имеет конформацию *двойного кресла* [8]. Передача дальних взаимодействий между аксиальными протонами гетероциклов H_{a-4} и H_{a-6} (H_{a-2} и H_{a-8}) в этих соединениях в отличие от соединений с гетероатомами кислорода и азота (O,N) [9]

не обнаружена. Таким образом, найденные значения вицинальных

констант 1.5–6.3 Гц подтверждают, что восстановленные аналоги **6–10** в растворе дейтерохлороформа существуют преимущественно в конформации *двойного кресла*. Следует отметить, что, серусодержащий цикл, как и в кетонах **1–5**, уплощен (6.0–6.3 Гц), а пиперидиновый цикл приобретает более правильную форму (3.3–3.9 Гц).

При отнесении сигналов в спектрах индивидуальных эпимерных спиртов **A-11** и **B-11** были использованы данные для 3,7-ди(2-этоксиэтил)-3,7-диазабицикло[3.3.1]нонан-9-ола (**B-17**) (табл. 3). Ранее нами было установлено [10], что этот вторичный спирт находится в конформации *кресло–ванна*, энергетически более выгодной, чем конформация *двойного кресла* вследствие образования ВМВС между неподеленной электронной парой атома азота и атомом водорода гидроксильной группы, ориентированной аксиально относительно пиперидинового цикла. Доказательством наличия конформации *кресло–ванна* явилось одновременное присутствие в спектре с одинаково большим расщеплением (10.2 Гц) триплета и дублета мультиплетов, которые были отнесены к псевдоэкваториальным протонам и протонам на сочленении.

В спектре исследуемого стереоизомера **B-11** наблюдаются аналогичные по местоположению и форме сигналы: триплет при 3.11 м. д. с расщеплением 11.4 Гц и дублет (11.4 Гц) мультиплетов при 2.58 м. д. Полученные данные однозначно свидетельствуют о ваннообразной форме пиперидинового цикла с аксиальной гидроксильной группой. В такой конформации возникают оптимальные условия для образования ВМВС, стабилизирующей неустойчивую форму *ванны*. Псевдоаксиальные протоны дают дублет (11.4 Гц) дублетов (4.2 Гц) при 2.73 м. д. Два дублета дублетов при 2.31 и 2.93 м. д. с геминальной константой 13.8 Гц и вицинальными 3.0 и 2.4 Гц, соответственно, принадлежат к аксиальным и экваториальным протонам Н-2, Н-4. Небольшие значения вицинальных констант указывают на идеальную кресловидную форму серусодержащего цикла, которая может реализоваться лишь в конформации *кресло–ванна*, когда отсутствуют несвязанные взаимодействия между гетероатомами (S и N) в положениях 3, 7. Сигнал протона Н-9 представляет собой триплет при 3.32 м. д. с $J = 2.7$ Гц. Таким образом, стереоизомер **B-11** в растворе дейтерохлороформа существует в конформации *кресло–ванна* с аксиальной гидроксильной группой относительно плоскости пиперидинового цикла, находящегося в форме *ванны* за счет ВМВС. Из этого следует, что в эпимерном спирте **A-11** гидроксильная группа расположена экваториально.

Спектр вторичного спирта **A-11** содержит три дублета дублетов с небольшими вицинальными константами (1.2–2.7 Гц), один дублет дублетов с вицинальной константой 7.8 Гц и мультиплет $\Delta\delta = 15$ Гц, что свидетельствует о преимущественной конформации *двойного кресла*. Завышенное значение константы 7.8 Гц для протонов Н-2, Н-4 серусодержащего цикла может означать, что этот цикл либо сильно уплощен [2], либо конформер *кресло–кресло* находится в быстром равновесии с конформером *ванна–кресло*, причем форму *ванны* принимает цикл с атомом серы. Существование конформера *ванна–кресло* не исключается из-за возможного образования ВМВС между протоном гидроксильной

Таблица 1

Соединение	Спектры ЯМР ¹ H 7-алкоксиалкил-3-гидро-7-азабцикло[3.3.1]нонан-9-онов 1-5, 15											
	He-1, -5, (м, Δδ, Гц)*	Ha-2,-4 (д, д)	He-2, -4 (д, д)	Ha-6,-8 (д, д)	He-6, -8 (д, д)	10-CH ₂ (т)	11-CH ₂	12-CH ₂ , 12-CH ₂	13-CH ₃ , 13-CH ₂ , 13-CH	14-CH ₃ , 14-CH ₂	15-CH ₂	16-CH ₃
1	2.83 (16.0)	3.16 (13.2; 3.9)	3.19 (13.2; 4.2)	2.85 (11.1; 5.4)	3.15 (11.1; 2.0)	2.65 (5.6)	3.51 (5.6) т	3.38 с				
2	2.80 (16.0)	3.11 (13.2; 4.8)	3.23 (13.2; 3.9)	2.83 (11.1; 4.8)	3.15 (11.1; 2.0)	2.66 (5.7)	3.54 (5.7) т	3.48 (6.9) к	1.19 (6.9) т			
15	2.54 (16.0)	2.87 (11.1; 6.3)	3.10 (11.1; 2.1)	2.87 (11.1; 6.3)	3.10 (11.1; 2.1)	2.62 (6.0)	3.52 (6.0) т	3.47 (6.9) к	1.18 (6.9) т			
3	2.81 (18.0)	3.12 (13.2; 6.9)	3.21 (13.2; 4.5)	2.71 (11.1; 4.8)	3.09 (11.1; 2.4)	2.49 (6.9)	1.74 (6.6) к	3.48 (6.6) т	3.47 (6.9) к	1.19 (6.9) т		
4	2.80 (18.0)	3.13 (12.9; 6.9)	3.21 (12.9; 4.2)	2.71 (11.7; 5.1)	3.08 (11.7; 2.0)	2.48 (7.2)	1.73 (6.9) к	3.47 (6.6) т	3.40 (6.6) т	1.54 (6.9) к	1.35 (7.2) сек	0.91 (7.2) т
5	2.80 (18.0)	3.12 (13.2; 7.2)	3.22 (13.2; 4.2)	2.70 (11.1; 4.8)	3.08 (11.1; 2.8)	2.484 (6.6)	1.72 (6.6) к	3.47 (6.6) т	3.54 (6.0) сеп	1.14 (6.0) д		

* Δδ – полуширина сигнала.

Спектры ЯМР ¹Н соединений 6–10, 16

Соединение	Химические сдвиги протонов, δ, м. д. (КССВ, J, Гц)													
	He-1,-5 (м, Δδ, Гц)	Ha-2,-4 (д, л)	He-2,-4 (д, м)	Ha-6,-8 (д, л)	He-6,-8 (д, т)	Ha-9 (д, т)	He-9 (д, м)	10-CH ₂ (т)	11-CH ₂	12-CH ₃ , 12-CH ₂	13-CH ₃ , 13-CH ₂ , 13-CH	14-CH ₃ , 14-CH ₂	15-CH ₂	16-CH ₃
6	2.09 (19.0)	3.00 (12.9; 6.0)	22.63 (12.9; 2.7)	2.40 (11.1; 3.9)	2.84 (11.1; 2.0)	1.55 (12.9; 3.9)	1.77 (12.9)	2.50 (6.0)	3.53 (6.0) т	3.35 с				
7	2.08 (19.0)	3.00 (13.2; 6.3)	2.64 (13.2; 2.7)	2.39 (11.1; 3.9)	2.84 (11.1; 2.0)	1.53 (12.6; 3.9)	1.78 (12.6)	2.50 (6.3)	3.57 (6.6) т	3.50 (6.9) к	1.19 (6.9) т			
16	1.88 (18.0)	2.53 (11.4; 6.0)	2.96 (11.4; 1.5)	2.53 (11.4; 6.0)	2.96 (11.4; 1.5)	1.55 уш. м	1.82 уш. м	2.51 (6.3)	3.56 (6.3) т	3.49 (6.9) к	1.18 (6.9) т			
8	2.7 (15.0)	3.01 (13.2; 6.0)	2.63 (13.2; 2.4)	2.26 (11.1; 3.6)	2.83 (11.1; 1.5)	1.51 (12.9; 3.9)	1.80 (12.9)	2.30 (6.9)	1.74 (6.9) к	3.51 (6.6) т	3.47 (6.9) к	1.19 (6.9) т		
9	2.08 (19.0)	3.02 (13.2; 6.0)	2.64 (13.2; 2.4)	2.27 (10.8; 3.3)	2.83 (10.8; 1.5)	1.52 (12.9; 3.9)	1.81 (12.9)	2.31 (6.9)	1.74 (6.6) к	3.51 (6.6) т	3.42 (6.6) т	1.55 (6.9) к	1.37 (7.2) сек	0.91 (7.2) т
10	2.07 (19.0)	3.01 (13.2; 6.0)	2.62 (13.2; 2.4)	2.29 (11.1; 3.9)	2.84 (11.1; 1.5)	1.53 (12.6) 3.9	1.79 (12.6)	2.31 (6.6)	1.67 (6.6)к	3.51 (6.6) т	3.56 (6.0) сеп	1.14 (6.0) д		

Спектры ЯМР ^1H соединений 11–14, 17

Спирт	Химические сдвиги протонов, δ , м. д. (КССВ, J , Гц)													
	He-1,-5	Ha-2,-4 д. д.	He-2,-4 д. д.	Ha-6, -8* д. д.	He-6, -8** д. д.	Ha-9 т	He-9 т	10-CH ₂ т	11-CH ₂ т	12-CH ₃ , 12-CH ₂	13-CH ₃ , 13-CH ₂ , 13-CH	14-CH ₃ , 14-CH ₂	15-CH ₂	16-CH ₃
A-11	2.19 ($\Delta\delta$ 15.0) м	3.15 (13.2; 7.8)	2.73 (13.2; 2.7)	2.35 (11.4; 2.4) д. д.	2.88 (11.4; 1.2)	3.66 (3.9)	–	2.52 (6.0)	3.54 (6.0) т	3.49 (6.9) к	1.19 (6.9) т			
B-11	2.58 (11.4) д. м	2.31 (13.8; 3.0)	2.93 (13.9; 2.4)	3.11 (11.4) т	2.73 (11.4; 4.2)	–	3.32 (2.7)	2.55 (5.7)	3.51 (5.7) т	3.47 (7.2) к	1.18 (7.2) т			
B-17	2.17 (10.2) д. м	2.15 (11.1; 1.5)	2.74 (11.1; 2.7)	3.02 (10.2) т	2.57 (10.2; 2.4)	–***	–***	2.49 2.52 (6.0)	–***	–***	1.18 1.18 (6.9)	–	–	
A-12	2.22 ($\Delta\delta$ 15.0) м	3.09 (13.5; 7.8)	2.78 (13.5; 2.4)	2.22 (11.4; 2.1) д. д.	2.82 (11.4; 1.2) д. д.	3.64 (4.2)	–	2.35 (6.6)	1.72 (6.6) к	3.50 (6.6) т	3.47 (6.9) к	1.19 (6.9) т		
B-12	2.57 (10.2) д. м	2.31 (13.8; 3.0)	2.93 (13.8; 2.1)	3.07 (10.2) т	2.62 (10.2; 3.9)	–	3.32 (2.7)	2.41 (6.6)	1.73 (6.6) к	3.46 (6.6) т	3.43 (6.9) к	1.18 (6.9) т		

A-13	2.21 ($\Delta\delta$ 15.0) м.	3.17 (13.2; 7.8)	2.70 (13.2; 2.4)	2.27 (10.8; 2.4) д. д.	2.89 (10.8; 1.5)	3.69 (4.2)	–	2.35 (6.6)	1.74 (6.6) к	3.50 (6.6) т	3.42 (6.6) т	1.54 (6.9) кв	1.36 (7.2) сск	0.91 (7.2) т
B-13	2.59 (10.5) д. м	2.33 (13.8; 3.0)	2.95 (14.1; 2.1)	3.09 (10.5) т	2.64 (10.5; 3.9)	–	3.34 (2.1)	2.43 (6.6)	1.74 (6.6) к	3.39 (6.6) т	3.32 (6.6) т	1.54 (6.9) кв	1.36 (7.2) сск	0.91 (7.2) т
A-14	2.19 ($\Delta\delta$ 15.0) м	3.15 (13.8; 7.8)	2.71 (13.8; 2.1)	2.23 (10.8; 2.4) д. д.	2.86 (10.8; 1.5)	3.67 (3.6)	–	2.35 (6.6)	1.70 (6.6) к	3.50 (6.6) т	3.55 (6.0) сеп	1.14 (6.0) д		
B-14	2.56 (10.8) д. м	2.31 (14.1; 3.0)	2.94 (14.1; 1.8)	3.08 (10.8) т	2.63 (10.8; 3.6)	–	3.33 (2.4)	2.41 (6.6)	1.71 (6.6) к	3.41 (6.6) т	3.51 (6.6) сеп	1.13 (6.6) д		

* Для конформации *кресло-ванна* протоны псевдоэкваториальны.

** Для конформации *кресло-ванна* протоны псевдоаксиальны.

*** **Наложение сигналов.**

группы и атомом серы. Этот вопрос остается открытым и для его решения необходимо провести дополнительное исследование. Но разница между $J = 7.8$ и $J = 11.4$ Гц (для *ванны* в изомере **B-11**) означает, что предпочтительной является конформация *двойного кресла* с уплощенным тиановым циклом и идеальной формой (1.2 и 2.4 Гц) пиперидинового цикла. Триплет при 3.66 м. д. с расщеплением 3.9 Гц относится к протону Н-9.

Отметим, что сигналы протонов Н-9 в спектрах изомеров **A-11** и **B-11** не перекрыты другими. Они смещены относительно друг друга на 0.34 м. д. и имеют разные константы 3.9 и 2.7 Гц. В этой связи эти сигналы могут быть взяты в качестве аналитических при проведении количественного анализа неразделенных смесей эимерных вторичных спиртов **13**, **14**. По интегральным интенсивностям этих сигналов установлено соотношение стереоизомеров *A* и *B*, которое оказалось равным 2:1. Найденное соотношение показывает на более благоприятные условия выхода изомера *A*.

В результате проведенного исследования с применением метода спектроскопии ЯМР ^1H высокого разрешения установлено, что кетоны **1–5** и восстановленные аналоги **6–10** в растворе дейтерохлороформа преимущественно находятся в конформации *двойного кресла*, в которой тиановый цикл уплощен сильнее, чем пиперидиновый. Образующиеся с большим выходом вторичные спирты **A-11–A-14** имеют предпочтительную конформацию *двойного кресла* с экваториальной относительно плоскости пиперидинового цикла гидроксильной группой. Аналогично кетонам серусодержащий цикл уплощен, тогда как пиперидиновый цикл приобретает правильную кресловидную форму. Эимерные им спирты **B-11–B-14** в абсолютном преобладании существуют в конформации *кресло–ванна*, причем форму *ванны* принимает пиперидиновый цикл за счет образования ВМВС между неподеленной парой атома азота и протоном аксиальной гидроксильной группы. В этом случае тиановый цикл имеет правильную кресловидную форму.

Полученные характеристики будут полезными при определении пространственного строения вновь синтезируемых производных данного ряда и интерпретации спектров смесей.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Спектры ЯМР ^1H исследуемых соединений в CDCl_3 записаны на спектрометре Varian Mercury-300 (300 МГц).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. В. К. Ю, К. Д. Пралиев, Е. Е. Фомичева, Р. Д. Мухашева, С. Г. Клепикова, *XTC*, 585 (2006). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **42**, 512 (2006)].
2. Н. С. Зефилов, *Успехи химии*, **44**, 413 (1975).
3. K. D. Berlin, S. Tyagi, A. Rahaman, F. Qiu, L. M. Raff, L. Venkatramani, M. A. Khan, D. van der Helm, V. Yu, K. D. Praliev, *Phosphorus, Sulfur, Silicon*, **148**, 97 (1999).
4. Б. И. Ионин, Б. А. Ершов, А. И. Кольцов, *ЯМР-спектроскопия в органической*

химии, Химия, Ленинград, 1983, 268 с.

5. A. Palanisamy, K. D. Berlin, *J. Org. Chem.*, **46**, 3196 (1981).
6. N. S. Pantaleo, D. van der Helm, K. Ramarajan, B. R. Bailey, K. D. Berlin, *J. Org. Chem.*, **46**, 4199 (1981).
7. R. A. Apleton, S. G. Egan, J. M. Evans, S. H. Graham, J. R. Dixon, *J. Chem. Soc.*, 1110 (1968).
8. Н. А. Исмагулова, Дис. канд. хим. наук, Алматы, 2000.
9. С. Г. Клепикова, В. А. Соломин, К. Д. Пралиев, Н. А. Исмагулова, В. К. Ю, Т. К. Исакова, К. Д. Берлин, *ХГС*, 586 (2003). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **39**, 504 (2006)].
10. С. Г. Клепикова, В. К. Ю, Е. Е. Фомичева, Р. Д. Мухашева, К. Д. Пралиев, В. А. Соломин, К. Д. Берлин, *ХГС*, 1562 (2003). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **39**, 1376 (2006)].

*Институт химических наук
им. А. Б. Бектурова МОН Республики Казахстан,
Алматы 480100
e-mail: yu_vk@rambler.ru*

*Поступило 08.06.2004
После доработки 03.09.2008*

^a*Оклахомский государственный университет,
химический факультет,
Стилдуотер 74078, США
e-mail: berlin.d.kenneth@okstate.edu*