

А. В. Степаков, А. Г. Ларина, О. В. Радина, В. М. Бойцов,  
А. П. Молчанов

СИНТЕЗ ЗАМЕЩЕННЫХ ПИРРОЛИДИНОВ РЕАКЦИЕЙ  
АРИЛЗАМЕЩЕННЫХ ВИНИЛИДЕНЦИКЛОПРОПАНОВ  
С АРОМАТИЧЕСКИМИ ИМИНАМИ, КАТАЛИЗИРУЕМОЙ  
 $\text{BF}_3 \cdot \text{Et}_2\text{O}$

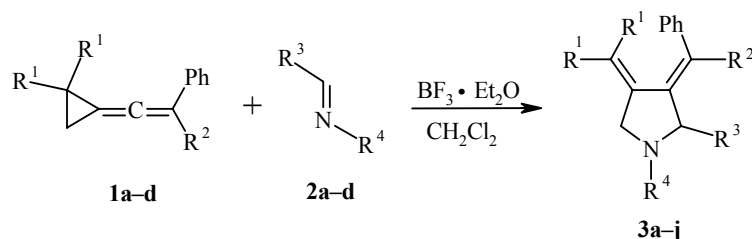
Реакция 1,1-диарил-2-(дифенилвинилиден)циклопропанов и 1,1-диарил-2-(2-фенилпропенилиден)циклопропанов с ароматическими имидами в присутствии  $\text{BF}_3 \cdot \text{Et}_2\text{O}$  приводит к образованию производных пирролидина.

**Ключевые слова:** винилиденциклопропаны, имины, пирролидины.

Винилиденциклопропаны имеют значение как синтоны в органическом синтезе, в частности, в синтезе гетероциклических соединений [1–6]. Недавно была описана катализируемая кислотами Льюиса реакция винилиденциклопропанов с ацетальными, приводящая к образованию производных индена [7]. Ранее было показано, что реакция винилиденциклопропанов с ароматическими имидами или этил(арилимино)ацетатами в присутствии кислот Льюиса, в зависимости от природы заместителей при кратной связи или в циклопропановом кольце, приводит к производным пирролидина или 1,2,3,4-тетрагидрохинолина [8, 9]. Нами было показано, что при реакции ароматических иминов с винилиденциклопропанами, содержащими алкильные заместители в циклопропановом кольце и при кратной связи, удается выделить только продукты, образование которых протекает через стадию циклопропил-аллильной перегруппировки, т. е. замещенные пирролидины. Тогда как из винилиденциклопропанов, содержащих в циклопропановом кольце одновременно арильный и алкильный заместители, а при двойной связи арильные заместители, получены продукты, образование которых протекает через стадию внутримолекулярной реакции Фриделя–Крафтса, т. е. производные тетрагидрохинолина [8]. Винилиденциклопропаны, содержащие два арильных заместителя в циклопропановом кольце, в данной реакции не изучены, поэтому целью данной работы было изучение взаимодействия винилиденциклопропанов, содержащих арильные заместители в циклопропановом кольце и при двойной связи, с ароматическими имидами в присутствии  $\text{BF}_3 \cdot \text{Et}_2\text{O}$ .

Установлено, что при взаимодействии 1,1-диарил-2-(дифенилвинилиден)циклопропанов **1a,b** с имидами **2a,b** в присутствии  $\text{BF}_3 \cdot \text{Et}_2\text{O}$  (15 мол %) в хлористом метиле образуются 2-арил-4-диарилметил-3-дифенилметил-1-фенилпирролидины **3a–d** с выходами до 27%. Во всех случаях

целевые соединения были выделены с помощью препаративной ТСХ. Строение и состав соединений **3a–d** установлены на основании спектральных данных и данных элементного анализа. В спектрах ЯМР  $^1\text{H}$  этих соединений наблюдаются дублетные сигналы протонов метиленовой группы при 4.2 и 4.6 м. д. ( $J = 12$  Гц) и синглет метинового протона при 5.0 м. д., принадлежащих пирролидиновому кольцу. В спектрах ЯМР  $^{13}\text{C}$  имеются сигналы атомов С-2 и С-5 пирролидинового кольца при 66 и 53 м. д. соответственно.



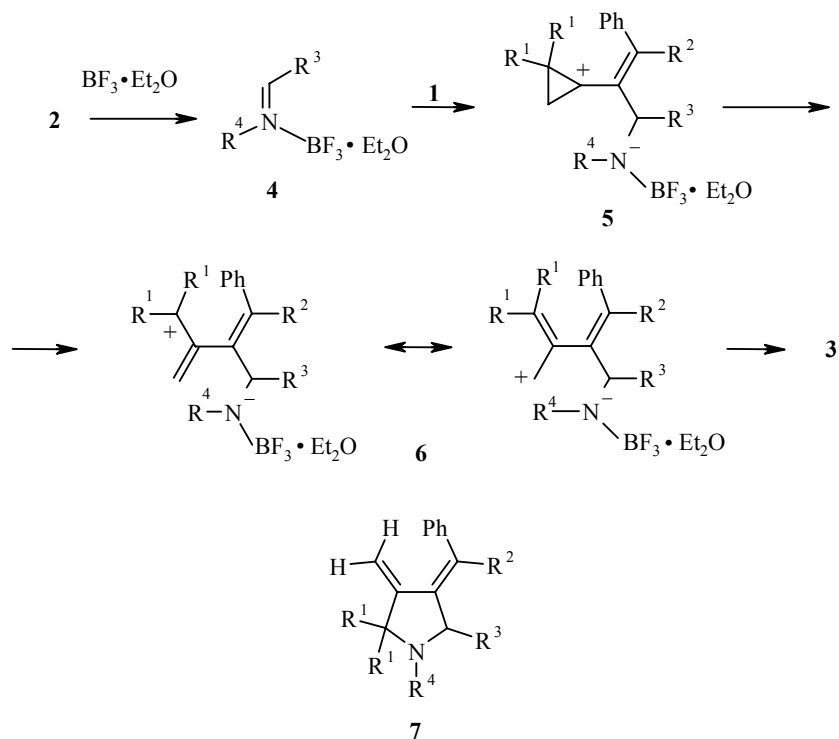
- 1 a**  $R^1 = R^2 = \text{Ph}$ ; **b**  $R^1 = 4\text{-MeC}_6\text{H}_4$ ,  $R^2 = \text{Ph}$ ; **c**  $R^1 = \text{Ph}$ ,  $R^2 = \text{Me}$ ; **d**  $R^1 = 4\text{-MeC}_6\text{H}_4$ ,  $R^2 = \text{Me}$ ;  
**2 a**  $R^3 = R^4 = \text{Ph}$ ; **b**  $R^3 = 4\text{-ClC}_6\text{H}_4$ ,  $R^4 = \text{Ph}$ ; **c**  $R^3 = 4\text{-ClC}_6\text{H}_4$ ,  $R^4 = 4\text{-MeOC}_6\text{H}_4\text{CH}_2$ ;  
**d**  $R^3 = \text{Ph}$ ,  $R^4 = 1\text{-нафтил}$ ; **3 a**  $R^1 = R^2 = R^3 = R^4 = \text{Ph}$ ; **b**  $R^1 = R^2 = R^4 = \text{Ph}$ ,  $R^3 = 4\text{-ClC}_6\text{H}_4$ ;  
**c**  $R^1 = 4\text{-MeC}_6\text{H}_4$ ,  $R^2 = R^3 = R^4 = \text{Ph}$ ; **d**  $R^1 = 4\text{-MeC}_6\text{H}_4$ ,  $R^2 = R^4 = \text{Ph}$ ,  $R^3 = 4\text{-ClC}_6\text{H}_4$ ;  
**e**  $R^1 = R^2 = \text{Ph}$ ,  $R^3 = 4\text{-ClC}_6\text{H}_4$ ,  $R^4 = 4\text{-MeOC}_6\text{H}_4\text{CH}_2$ ; **f**  $R^1 = R^3 = R^4 = \text{Ph}$ ,  $R^2 = \text{Me}$ ;  
**g**  $R^1 = R^4 = \text{Ph}$ ,  $R^2 = \text{Me}$ ,  $R^3 = 4\text{-ClC}_6\text{H}_4$ ; **h**  $R^1 = 4\text{-MeC}_6\text{H}_4$ ,  $R^2 = \text{Me}$ ,  $R^3 = R^4 = \text{Ph}$ ;  
**i**  $R^1 = 4\text{-MeC}_6\text{H}_4$ ,  $R^2 = \text{Me}$ ,  $R^3 = 4\text{-ClC}_6\text{H}_4$ ,  $R^4 = \text{Ph}$ ; **j**  $R^1 = 4\text{-MeC}_6\text{H}_4$ ,  $R^2 = \text{Me}$ ,  $R^3 = \text{Ph}$ ,  
 $R^4 = 1\text{-нафтил}$

При взаимодействии винилиденциклопропана **1a** с имином **2c** в присутствии  $\text{BF}_3 \cdot \text{Et}_2\text{O}$  (15 мол %) из реакционной смеси был выделен только пирролидин **3e** с выходом 8%. В спектре ЯМР  $^1\text{H}$  соединения **3e** наблюдаются дублетные сигналы протонов метиленовой группы при 2.8 и 4.1 м. д. ( $J = 13$  Гц) и синглет метинового протона при 4.4 м. д., принадлежащих пирролидиновому кольцу, и дублетные сигналы протонов метиленовой группы бензильного заместителя при 3.3 и 3.6 м. д. ( $J = 15$  Гц). Сдвиг сигнала одного из протонов метиленовой группы пирролидинового кольца в область сильного поля (2.8 м. д.) происходит вследствие экранирующего влияния бензильной группы.

Реакция 1,1-диарил-2-(2-фенилпропенилиден)циклопропанов **1c,d** с N-арилиденанилинами **2a,b** в присутствии  $\text{BF}_3 \cdot \text{Et}_2\text{O}$  (15 мол %) в хлористом метиле приводит к сложной смеси, из которой были выделены 2-арил-4-диарилметил-1-фенил-3-[(E)-1-фенилэтилиден]пирролидины **3f–i** с выходами до 30%. Строение и состав соединений **3f–i** установлены на основании спектральных данных и данных элементного анализа. В спектрах ЯМР  $^1\text{H}$  этих соединений наблюдаются дублетные сигналы протонов метиленовой группы при 4.1 и 4.5 м. д. ( $J = 12$  Гц) и метинового протона при 5.5 м. д., сигнал метильной группы фенилэтилиденового фрагмента находится при 2.1 м. д. На основании сравнения значения

химического сдвига метильной группы с литературными данными, фенилэтилиденовому фрагменту в положении 3 приписана *E*-конфигурация. Ранее было показано, что в структурах, аналогичных пирролидинам **3f–i** с *E*-конфигурацией фенилэтилиденового фрагмента, сигнал метильной группы находится в области 1.9–2.3 м. д., в то время как для соединений с *Z*-конфигурацией он сдвигается в область 1.4–1.5 м. д. вследствие экранирующего эффекта арильного заместителя диарилметиленового фрагмента в положении 4 [10, 11]. В спектрах ЯМР  $^{13}\text{C}$  соединений **3f–i** наблюдаются сигналы атомов С-2 и С-5 пирролидинового кольца при 65 и 53 м. д. соответственно.

При реакции винилиденциклопропана **1d** с *N*-(1-нафтил)имином **2d** в присутствии  $\text{BF}_3 \cdot \text{Et}_2\text{O}$  (15 мол %) образуется пирролидин **3j** с выходом 16%. В спектре ЯМР  $^1\text{H}$  соединения имеются дублетные сигналы протонов метиленовой группы при 4.2 и 4.4 м. д. ( $J = 12$  Гц) и синглет метинового протона при 5.7 м. д., принадлежащих пирролидиновому кольцу, сигнал метильной группы фенилэтилиденового фрагмента находится при 2.0 м. д.



Механизм образования пирролидинов **3a–j** можно представить следующей схемой: на первой стадии происходит образование комплекса имин–кислота Льюиса **4**, который далее реагирует с исходным винилиденциклопропаном, причем электрофильная атака протекает по центральному атому углерода кумулированной системы с образованием циклопропильного катиона **5**, последний претерпевает циклопропил-аллильную перегруппировку, превращаясь в катион **6**, который циклизуется с обра-

зованием замещенного пирролидина **3**. Образование изомерных пирролидинов **7** не зафиксировано.

#### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Элементный анализ соединений проводили с помощью СНН-анализатора Hewlett-Packard 185 В. Температуру плавления соединений определяли на приборе Voetius. Спектры ЯМР  $^1\text{H}$  и  $^{13}\text{C}$  регистрировали на приборе Bruker DPX-300 (300 и 75 МГц соответственно) в  $\text{CDCl}_3$ . Химические сдвиги приведены относительно остаточного сигнала растворителя  $\delta$  7.26 (для ЯМР  $^1\text{H}$ ) и  $\delta$  77.16 м. д. (для ЯМР  $^{13}\text{C}$ ) [12].

Проверку чистоты и индивидуальности соединений и контроль за ходом реакции проводили методом ТСХ на пластинах Silufol UV-254. Разделение методом препаративной ТСХ – на силикагеле LSL<sub>254</sub> 5/40.

Винилиденциклопропаны **1a–d** получали по методике, описанной в работе [13].

**3,4-Бис(дифенилметил)-1,2-дифенилпирролидин (3a)**. В круглодонную колбу на 10 мл в токе аргона помещают 170 мг (0.46 ммоль) винилиденциклопропана **1a**, 91 мг (0.5 ммоль) имида **2a** и 3 мл абсолютного хлористого метилена. К полученной смеси при перемешивании добавляют по каплям 13 мг (0.096 ммоль)  $\text{BF}_3 \cdot \text{Et}_2\text{O}$  и реакционную смесь перемешивают при комнатной температуре в атмосфере аргона в течение 3 дн. Растворитель упаривают, остаток разделяют методом препаративной ТСХ (элюент гексан–этилацетат, 40 : 1 по объему). Выход 59 мг (23%), т. пл. 160–162 °С (из метанола). Спектр ЯМР  $^1\text{H}$ ,  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 4.20 (1H, д,  $J = 12.4$ ,  $\text{CH}_2$ ); 4.66 (1H, д,  $J = 12.4$ ,  $\text{CH}_2$ ); 5.07 (1H, с, СН); 6.45–7.53 (30H, м,  $\text{H}_{\text{аром}}$ ). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$ ,  $\delta$ , м. д.: 53.1 (C-5); 66.4 (C-2); 111.9, 116.6, 126.6, 126.7, 127.7, 127.95, 127.96, 128.1, 128.37, 128.38, 128.59, 128.63, 129.4, 129.5, 129.8, 130.3, 133.3, 139.6, 139.8, 141.6, 142.06, 142.09, 143.1, 143.8, 146.1. Найдено, %: С 91.29; Н 5.97; N 2.36.  $\text{C}_{42}\text{H}_{33}\text{N}$ . Вычислено, %: С 91.43; Н 6.03; N 2.54.

**3,4-Бис(дифенилметил)-1-фенил-2-(4-хлорфенил)пирролидин (3b)** получают аналогично соединению **3a** из винилиденциклопропана **1a** и имида **2b** с выходом 24%, т. пл. 124–126 °С (из метанола). Спектр ЯМР  $^1\text{H}$ ,  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 4.20 (1H, д,  $J = 12.4$ ,  $\text{CH}_2$ ); 4.65 (1H, д,  $J = 12.4$ ,  $\text{CH}_2$ ); 5.04 (1H, с, СН); 6.38–7.60 (29H, м,  $\text{H}_{\text{аром}}$ ). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$ ,  $\delta$ , м. д.: 53.0 (C-5), 65.7 (C-2), 111.9, 116.8, 126.8, 126.9, 128.0, 128.1, 128.2, 128.5, 128.6, 128.8, 129.4, 129.5, 129.7, 129.8, 130.1, 132.9, 133.3, 139.96, 140.0, 140.2, 141.5, 141.9, 142.0, 142.6, 143.0, 145.9. Найдено, %: С 85.94; Н 5.41; N 2.17.  $\text{C}_{42}\text{H}_{32}\text{ClN}$ . Вычислено, %: С 86.06; Н 5.50; N 2.39.

**4-Ди(4-метилфенил)метил-3-дифенилметил-1,2-дифенилпирролидин (3c)** получают аналогично соединению **3a** из винилиденциклопропана **1b** и имида **2a** с выходом 27%, т. пл. 154–156 °С (из метанола). Спектр ЯМР  $^1\text{H}$ ,  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 2.17 (3H, с,  $\text{CH}_3$ ); 2.41 (3H, с,  $\text{CH}_3$ ); 4.17 (1H, д,  $J = 12.4$ ,  $\text{CH}_2$ ); 4.61 (1H, д,  $J = 12.4$ ,  $\text{CH}_2$ ); 5.02 (1H, с, СН); 6.32–6.71 (9H, м,  $\text{H}_{\text{аром}}$ ); 6.83–6.97 (5H, м,  $\text{H}_{\text{аром}}$ ); 7.02–7.29 (14H, м,  $\text{H}_{\text{аром}}$ ). Найдено, %: С 91.07; Н 6.32; N 2.31.  $\text{C}_{44}\text{H}_{37}\text{N}$ . Вычислено, %: С 91.15; Н 6.43; N 2.42.

**4-Ди(4-метилфенил)метил-3-дифенилметил-1-фенил-2-(4-хлорфенил)пирролидин (3d)** получают аналогично соединению **3a** из винилиденциклопропана **1b** и имида **2b** с выходом 20%. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$ ,  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 2.17 (3H, с,  $\text{CH}_3$ ); 2.41 (3H, с,  $\text{CH}_3$ ); 4.18 (1H, д,  $J = 12.4$ ,  $\text{CH}_2$ ); 4.61 (1H, д,  $J = 12.4$ ,  $\text{CH}_2$ ); 5.05 (1H, с, СН); 6.40–6.69 (9H, м,  $\text{H}_{\text{аром}}$ ); 6.81–6.96 (5H, м,  $\text{H}_{\text{аром}}$ ); 7.05–7.31 (13H, м,  $\text{H}_{\text{аром}}$ ). Найдено, %: С 86.19; Н 6.03; N 2.11.  $\text{C}_{44}\text{H}_{36}\text{ClN}$ . Вычислено, %: С 86.04; Н 5.91; N 2.28.

**3,4-Бис(дифенилметил)-1-(4-метоксибензил)-2-(4-хлорфенил)пирролидин (3e)** получают аналогично соединению **3a** из винилиденциклопропана **1a** и имида **2c** с выходом 8%, т. пл. 183–184 °С (из метанола). Спектр ЯМР  $^1\text{H}$ ,  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 2.75 (1H, д,  $J = 13.1$ ,  $\text{CH}_2$ ); 3.30 (1H, д,  $J = 17.4$ ,  $\text{CH}_2$ ); 3.58 (1H, д,  $J = 17.4$ ,  $\text{CH}_2$ ); 3.68 (3H, с,  $\text{OCH}_3$ ); 4.05 (1H, д,  $J = 13.1$ ,  $\text{CH}_2$ ); 4.40 (1H, с,  $\text{CH}$ ); 6.45 (4H, д,  $J = 7.3$ ,  $J = 8.0$ ,  $\text{H}_{\text{аром}}$ ); 6.79 (2H, д,  $J = 8.7$ ,  $\text{H}_{\text{аром}}$ ); 6.90–7.18 (6H, м,  $\text{H}_{\text{аром}}$ ); 7.21–7.66 (14H, м,  $\text{H}_{\text{аром}}$ ); 7.79 (2H, д,  $J = 7.3$ ,  $\text{H}_{\text{аром}}$ ). Найдено, %: С 83.87; Н 6.04; N 2.01.  $\text{C}_{46}\text{H}_{40}\text{ClNO}$ . Вычислено, %: С 83.93; Н 6.12; N 2.13.

**1,2-Дифенил-4-дифенилметил-3-[(E)-1-фенилэтилиден]пирролидин (3f)** получают аналогично соединению **3a** из винилиденциклопропана **1c** и имида **2a** с выходом 21%, т. пл. 162–164 °С (из метанола). Спектр ЯМР  $^1\text{H}$ ,  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 2.14 (3H, с,  $\text{CH}_3$ ); 4.11 (1H, д,  $J = 11.6$ ,  $\text{CH}_2$ ); 4.52 (1H, д,  $J = 11.6$ ,  $\text{CH}_2$ ); 5.55 (1H, с,  $\text{CH}$ ); 6.18 (2H, д,  $J = 6.5$ ,  $\text{H}_{\text{аром}}$ ); 6.58–7.55 (23H, м,  $\text{H}_{\text{аром}}$ ). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$ ,  $\delta$ , м. д.: 22.6 ( $\text{CH}_3$ ); 53.3 (C-5); 65.5 (C-2); 111.9, 116.6, 126.2, 127.1, 127.4, 127.6, 127.8, 127.9, 128.1, 128.4, 128.6, 129.1, 129.4, 129.6, 129.8, 130.3, 132.4, 132.9, 135.9, 139.4, 141.7, 143.3, 143.6, 146.7. Найдено, %: С 90.59; Н 6.29; N 2.65.  $\text{C}_{37}\text{H}_{31}\text{N}$ . Вычислено, %: С 90.76; Н 6.38; N 2.86.

**4-Дифенилметил-1-фенил-3-[(E)-1-фенилэтилиден]-2-(4-хлорфенил)пирролидин (3g)** получают аналогично соединению **3a** из винилиденциклопропана **1c** и имида **2b** с выходом 24%, т. пл. 169–170 °С (из метанола). Спектр ЯМР  $^1\text{H}$ ,  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 2.10 (3H, с,  $\text{CH}_3$ ); 4.08 (1H, д,  $J = 11.6$ ,  $\text{CH}_2$ ); 4.48 (1H, д,  $J = 11.6$ ,  $\text{CH}_2$ ); 5.49 (1H, с,  $\text{CH}$ ); 6.16 (2H, д,  $J = 7.3$ ,  $\text{H}_{\text{аром}}$ ); 6.53–6.83 (7H, м,  $\text{H}_{\text{аром}}$ ); 6.84–7.10 (6H, м,  $\text{H}_{\text{аром}}$ ); 7.13–7.50 (9H, м,  $\text{H}_{\text{аром}}$ ). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$ ,  $\delta$ , м. д.: 22.6 ( $\text{CH}_3$ ); 53.2 (C-5); 65.0 (C-2); 111.9, 117.0, 126.3, 126.5, 127.91, 127.93, 128.1, 128.2, 128.4, 128.5, 128.8, 129.3, 129.5, 129.6, 129.8, 132.0, 133.3, 135.4, 139.8, 141.6, 142.1, 143.2, 143.4, 146.5. Найдено, %: С 84.73; Н 5.84; N 2.61.  $\text{C}_{37}\text{H}_{30}\text{ClN}$ . Вычислено, %: С 84.79; Н 5.77; N 2.67.

**4-Ди(4-метилфенил)метил-1,2-дифенил-3-[(E)-1-фенилэтилиден]пирролидин (3h)** получают аналогично соединению **3a** из винилиденциклопропана **1d** и имида **2a** с выходом 22%, т. пл. 191–192 °С (из метанола). Спектр ЯМР  $^1\text{H}$ ,  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 2.11 (3H, с,  $\text{CH}_3$ ); 2.22 (3H, с,  $\text{CH}_3$ ); 2.41 (3H, с,  $\text{CH}_3$ ); 4.12 (1H, д,  $J = 11.6$ ,  $\text{CH}_2$ ); 4.49 (1H, д,  $J = 11.6$ ,  $\text{CH}_2$ ); 5.49 (1H, с,  $\text{CH}$ ); 6.07 (2H, д,  $J = 7.3$ ,  $\text{H}_{\text{аром}}$ ); 6.50–6.78 (7H, м,  $\text{H}_{\text{аром}}$ ); 6.85–7.05 (5H, м,  $\text{H}_{\text{аром}}$ ); 7.08–7.32 (5H, м,  $\text{H}_{\text{аром}}$ ); 7.40 (2H, д,  $J = 8.0$ ,  $\text{H}_{\text{аром}}$ ); 7.46 (2H, д,  $J = 8.0$ ,  $\text{H}_{\text{аром}}$ ). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$ ,  $\delta$ , м. д.: 21.4 ( $\text{CH}_3$ ); 21.7 ( $\text{CH}_3$ ); 22.6 ( $\text{CH}_3$ ); 53.3 (C-5); 65.0 (C-2); 111.9, 116.9, 126.3, 127.9, 128.0, 128.5, 129.1, 129.2, 129.4, 129.6, 129.8, 131.1, 132.6, 133.2, 135.7, 135.9, 137.7, 138.8, 139.7, 140.4, 142.2, 143.5, 146.6. Найдено, %: С 90.32; Н 6.67; N 2.53.  $\text{C}_{39}\text{H}_{35}\text{N}$ . Вычислено, %: С 90.48; Н 6.81; N 2.71.

**4-Ди(4-метилфенил)метил-1-фенил-3-[(E)-1-фенилэтилиден]-2-(4-хлорфенил)-пирролидин (3i)** получают аналогично соединению **3a** из винилиденциклопропана **1d** и имида **2b** с выходом 30%, т. пл. 206–207 °С (из метанола). Спектр ЯМР  $^1\text{H}$ ,  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 2.13 (3H, с,  $\text{CH}_3$ ); 2.21 (3H, с,  $\text{CH}_3$ ); 2.41 (3H, с,  $\text{CH}_3$ ); 4.13 (1H, д,  $J = 11.6$ ,  $\text{CH}_2$ ); 4.53 (1H, д,  $J = 11.6$ ,  $\text{CH}_2$ ); 5.53 (1H, с,  $\text{CH}$ ); 6.07 (2H, д,  $J = 7.3$ ,  $\text{H}_{\text{аром}}$ ); 6.56 (2H, д,  $J = 8.0$ ,  $\text{H}_{\text{аром}}$ ); 6.65 (2H, д,  $J = 8.0$ ,  $\text{H}_{\text{аром}}$ ); 6.70 (2H, д,  $J = 7.3$ ,  $\text{H}_{\text{аром}}$ ); 6.93–7.52 (14H, м,  $\text{H}_{\text{аром}}$ ). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$ ,  $\delta$ , м. д.: 21.4 ( $\text{CH}_3$ ); 21.7 ( $\text{CH}_3$ ); 22.6 ( $\text{CH}_3$ ); 53.3 (C-5); 65.5 (C-2); 111.9, 116.6, 126.1, 127.1, 127.5, 127.9, 128.0, 128.4, 129.1, 129.5, 129.8, 131.4, 132.2, 135.8, 136.1, 137.6, 138.9, 139.4, 140.6, 143.5, 143.7, 146.8. Найдено, %: С 84.71; Н 6.17; N 2.39.  $\text{C}_{39}\text{H}_{34}\text{ClN}$ . Вычислено, %: С 84.84; Н 6.21; N 2.54.

**4-Ди(4-метилфенил)метил-1-(1-нафтил)-2-фенил-3-[(E)-1-фенилэтилиден]пирролидин (3j)** получают аналогично соединению **3a** из винилиденцикло-

пропана **1d** и имина **2d** с выходом 16%, т. пл. 139–140 °С (из метанола). Спектр ЯМР <sup>1</sup>H, δ, м. д. (*J*, Гц): 2.00 (3H, с, CH<sub>3</sub>); 2.25 (3H, с, CH<sub>3</sub>); 2.31 (3H, с, CH<sub>3</sub>); 4.24 (1H, д, *J* = 12.4, CH<sub>2</sub>); 4.38 (1H, д, *J* = 12.4, CH<sub>2</sub>); 5.72 (1H, с, CH); 6.37 (2H, д, *J* = 6.5, H<sub>аром</sub>); 6.65 (2H, д, *J* = 8.0, H<sub>аром</sub>); 6.78–7.51 (16H, м, H<sub>аром</sub>); 7.54 (1H, д, *J* = 7.3, H<sub>аром</sub>); 7.63 (2H, д, *J* = 7.3, H<sub>аром</sub>); 7.81 (1H, д, *J* = 8.0, H<sub>аром</sub>); 8.24 (1H, д, *J* = 8.7, H<sub>аром</sub>). Найдено, %: С 90.82; Н 6.53; N 2.39. С<sub>43</sub>Н<sub>37</sub>N. Вычислено, %: С 90.96; Н 6.57; N 2.47.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. M. L. Poutsma, P. A. Ibarbia, *J. Am. Chem. Soc.*, **93**, 440 (1971).
2. W. Smadja, *Chem. Rev.*, **83**, 263 (1983).
3. M. E. Hendrick, J. A. Hardie, M. Jones, *J. Org. Chem.*, **36**, 3061 (1971).
4. H. Sugita, K. Mizuno, T. Saito, K. Isagawa, Y. Otsuji, *Tetrahedron Lett.*, **33**, 2539 (1992).
5. L. K. Sydnes, *Chem. Rev.*, **103**, 1133 (2003).
6. A. Brandi, S. Cicchi, F. M. Cordero, A. Goti, *Chem. Rev.*, **103**, 1213 (2003).
7. J.-M. Lu, M. Shi, *Org. Lett.*, **8**, 5317 (2006).
8. А. В. Степаков, А. Г. Ларина, А. П. Молчанов, Л. В. Степакова, Г. Л. Старова, Р. Р. Костиков, *ЖОрХ*, **43**, 41 (2007).
9. J.-M. Lu, M. Shi, *Org. Lett.*, **9**, 1805 (2007).
10. D. J. Pasto, A. F.-T. Chen, G. Binsch, *J. Am. Chem. Soc.*, **95**, 1553 (1973).
11. D. J. Pasto, J. K. Borchardt, T. P. Fehlner, H. F. Baney, M. E. Schwartz, *J. Am. Chem. Soc.*, **98**, 526 (1976).
12. H. E. Gotlieb, V. Kotlyar, A. Nudelman, *J. Org. Chem.*, **62**, 7512 (1997).
13. K. Isagawa, K. Mizuno, H. Sugita, Y. Otsuji, *J. Chem. Soc., Perkin Trans. 1*, 2283 (1991).

Санкт-Петербургский государственный университет,  
Санкт-Петербург 198504, Россия  
e-mail: alstepakov@yandex.ru

Поступило 12.10.2007