

Синтез и химические превращения 5-диазо-экзо-3-азатрицикло-[5.2.1.0^{2,6}]декан-4-онаГалина Ю.Р.,*^а Печерская В.Л.,^б Лобов А.Н.,^а Султанова Р.М.,^а Сафарова В.Г.^б^а Учреждение Российской академии наук Институт органической химии Уфимского научного центра РАН, 450054, проспект Октября 71, г. Уфа. Телефакс: 347 235 5677; E-mail: dokichev@anrb.ru^б ГОУ ВПО Уфимский государственный нефтяной технический университет, 450062, ул. Космонавтов 1, г. Уфа. Телефакс: 347 243 1935; E-mail: biochem@rusoil.net

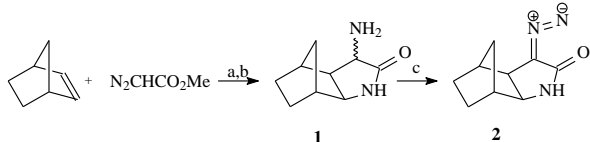
Предложен эффективный способ получения 5-диазо-экзо-3-азатрицикло[5.2.1.0^{2,6}]декан-4-она из аддукта норборнена и метилдиазоацетата в две стадии. Показано, что новый α -диазолактам вступает в реакции как 1,3-диполярного присоединения с электронодефицитными олефинами, так и внедрения по связи О-Н в присутствии Rh₂(OAc)₄.

Введение

Известно, что пирролидин-2-оновый цикл является фармакофорной группой ряда фармацевтических препаратов (пирацетам, оксистерам, фенотропил)¹. В настоящее время среди разнообразных подходов к созданию данных гетероциклических структур является направленная модификация 3-аминопирролидин-2-оновых фрагментов²⁻⁶.

Результаты и обсуждение

Показано, что 5-амино-экзо-3-азатрицикло[5.2.1.0^{2,6}]декан-4-он **1**, полученный из аддукта норборнена и метилдиазоацетата с выходом 87% (схема 1), при кипячении в хлороформе в присутствии каталитических количеств AcOH взаимодействует с *изо*-амилнитритом, образуя с выходом 65% не описанный в литературе 5-диазо-экзо-3-азатрицикло[5.2.1.0^{2,6}]декан-4-он **2**. Структура полученного диазолактама **2** доказана с использованием методов ИК-, ЯМР ¹H, ¹³C и ¹⁵N - спектроскопии, хромато-масс-спектрометрии. Так, в ИК-спектре соединения **2** имеется интенсивная полоса в области 2069 см⁻¹, характерная для диазосоединений. В спектре ЯМР ¹⁵N наблюдаются сигналы атомов азота диазогруппы при $\delta = -105.4$ м.д. (C=N=N), 33.2 м.д. (C=N=N) и атома азота амидной группы при $\delta = -269.3$ м.д. соответственно.



a: C₆H₆, 80°C, 6ч; b: H₂, Ni-Ra, 110 бар, 25-40°C;
c: *изо*-амилнитрит, CHCl₃, 15 мол. % AcOH, 60°C, 40 мин.

Схема 1. Получение 5-диазо-экзо-3-азатрицикло[5.2.1.0^{2,6}]декан-4-она **2**

Установлено, что полученный диазолактам **3** реагирует со спиртами с образованием продуктов внедрения по связи О-Н. Так, катализируемая Rh₂(OAc)₄, реакция α -диазолактама **2** с метиловым и аллиловым спиртами протекает с образованием

эфиров **3a** и **3b** с выходами 17 и 67% соответственно (схема 2).

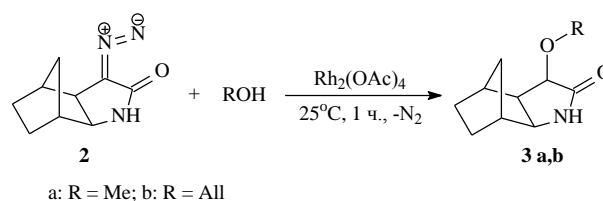


Схема 2. Реакции О-Н внедрения

Однако, диазосоединение **2** не вступает в реакцию [1+2]циклоприсоединения по двойной С=C связи. Так, при взаимодействии диазолактама **2** с аллиловым спиртом, 2,3-диметил-1,3-бутадиеном, винилэтиловым эфиром и норборненом в присутствии Rh₂(OAc)₄ продуктов циклопропанирования связи С=C не обнаружено.

1,3-Диполярное присоединение диазолактама **2** к электронодефицитным олефинам, как обнаружилось, протекает очень легко и с высоким выходом (схема 3).

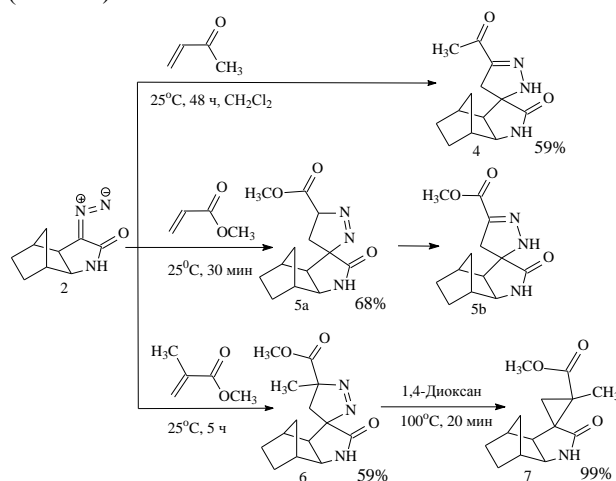


Схема 3. Реакции 1,3 диполярного присоединения

Взаимодействие диазолактама **2** с метилакрилатом в CH_2Cl_2 при комнатной температуре в течение 30 мин приводит к образованию 1-пиразолина **5a** с выходом 68%, который в чистом виде оказался достаточно устойчивым и был охарактеризован методами ИК- и ЯМР-спектроскопии, однако находясь в растворе подвергается изомеризации и переходит в соответствующий 2-пиразолин **5b**.

Осуществить термическое дediaзотирование пиразолинов **4-6** в спироциклопропаны удалось только для соединения **6**, который при 100°C в 1,4-диоксане дает спироциклопропан **7** с выходом 99%.

Экспериментальная часть

Спектры ЯМР ^1H , ^{13}C и ^{15}N получены на спектрометрах «Bruker AMX-300» (300.1 и 75.5 МГц), «Bruker AMX-400» (400.1 и 40.5 МГц) и «Bruker Avance III» (500 МГц) для растворов CDCl_3 и CD_3OD , содержащих 0.05% Me_4Si в качестве внутреннего стандарта. Хромато-масс-спектры получены на приборе «Thermo Finnigan MAT 95 XR» (70 эВ, температура ионизирующей камеры 250°C , температура прямого ввода 50-270 $^\circ\text{C}$, скорость нагрева 10 $^\circ\text{C}/\text{мин}$). Масс-спектры ХИ были получены на хромато-масс-спектрометре «Shimadzu LCMS-2010 EV» в режиме ХИАД и ионизации электроспреем. ИК-спектры записаны на приборе «Shimadzu IR Prestige21» в тонком слое или вазелиновом масле. Температуры плавления определяли на микросталике «Voetius». 5-Амино-экто-3-азатрицикло[5.2.1.0^{2,6}]декан-4-он **1** получали по описанной ранее методике².

Использованные растворители очищали по стандартным методикам, исходные коммерческие реагенты: норборнен, метилвинилкетон, метилакрилат, метилметакрилат - производства фирмы «Aldrich» чистотой > 98% использовали без дополнительной очистки.

5-Диазо-экто-3-азатрицикло[5.2.1.0^{2,6}]декан-4-он (2). К раствору 6.6 г (40 ммоль) 5-амино-3-азатрицикло[5.2.1.0^{2,6}]декан-4-она **1** в 85 мл хлороформа в течение 10 мин при перемешивании прибавили 6.0 г изоамилнитрита (51 ммоль), затем 0.36 г (6.0 ммоль) ледяной уксусной кислоты. Реакционную смесь кипятили 40 мин, затем охладили до 20°C и промыли 25 мл насыщенного раствора NaHCO_3 . Растворитель удалили при пониженном давлении и разбавили 300 мл эфира, отфильтровали. Из полученного фильтрата удалили растворитель при пониженном давлении, промыли гексаном и высушили под вакуумом. Получили 4.6 г (65 %) в виде оранжевого мелкокристаллического вещества. $T_{\text{разл.}} = 126^\circ\text{C}$. Спектр ЯМР ^1H (CDCl_3 , δ , м.д. $J/\text{Гц}$): 1.15 (м, 2H, $\text{H}_{\text{экзо}}$ (8), $\text{H}_{\text{экзо}}$ (9)), 1.19 (д, 1H, H_a (10), $^2J = 10.6$), 1.52 (м, 2H, $\text{H}_{\text{эндо}}$ (8), $\text{H}_{\text{эндо}}$ (9)), 1.46 (д, 1H, H_b (10), $^2J = 10.6$), 2.13 (с, 1H, H(7)), 2.20 (с, 1H, H(1)), 3.24 (д, 1H, H(2), $^3J = 7.3$), 3.49 (д, 1H, H(6), $^3J = 7.3$), 6.08 (уш. с., 1H, NH). Спектр ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , δ , м.д.): 25.2 и 27.3 (C(8), C(9)), 31.5 (C(10)), 39.7 (C(1)), 42.3 (C(7)), 43.4 (C(2)), 54.8 (CN₂), 59.9 (C(6)), 172.1 (C=O). Спектр ЯМР ^{15}N (CDCl_3 , δ , м.д.): -269.3 (NH),

-105.4 (C=N=N), 33.2 (C=N=N). ИК-спектр, $\nu/\text{см}^{-1}$: 3221, 3072, 2069 (C=N₂), 1678, 1647, 1417, 1394, 1377, 1313, 1290, 1269, 1248, 1080, 939, 867, 817, 738, 648. Масс-спектр, m/z ($I(\%)$): 177.1 (100) $[\text{M}]^+$, 165.0 (9), 149.1 (40) $[\text{M}-\text{N}_2]^+$, 120.0 (50), 108 (100).

Каталитическое взаимодействие диазолактама 2 со спиртами

К раствору 177 мг (1 ммоль) 5-диазо-экто-3-азатрицикло[5.2.1.0^{2,6}]декан-4-она **2** в 5 ммоль спирта добавили 2.2 мг $\text{Rh}_2(\text{OAc})_4$ и перемешивали 1 ч при 25°C . Раствор пропустили через тонкий слой силикагеля, удалили растворитель при пониженном давлении. Остаток растворили в 30 мл эфира, отфильтровали. Из фильтрата избыток эфира удалили при пониженном давлении. Продукт перекристаллизовали из петролейного эфира ($T_{\text{кип}} 40-70^\circ\text{C}$)

5-Метокси-экто-3-азатрицикло[5.2.1.0^{2,6}]декан-4-он (3a). Получили 30 мг (17 %) продукта в виде белого кристаллического осадка. $T_{\text{пл.}} 139-140^\circ\text{C}$. Спектр ЯМР ^1H (CDCl_3 , δ , м.д. $J/\text{Гц}$): 1.10 (с, 3H, $\text{H}_{\text{экзо}}$ (8), $\text{H}_{\text{экзо}}$ (9), H_a (10)), 1.52 (с, 3H, $\text{H}_{\text{эндо}}$ (8), $\text{H}_{\text{эндо}}$ (9), H_b (10)), 2.11 (с, 1H, H(7)), 2.36 (с, 2H, H(1), H(5)), 3.50 (д, 1H, H(2), $^3J = 9.6$), 3.59 (с, 3H, OMe), 3.91 (д, 1H, H(6), $^3J = 9.8$), 6.99 (уш. с., 1H, NH). ИК-спектр, $\nu/\text{см}^{-1}$: 3215, 1718, 1377, 1126, 1080, 721. Масс-спектр ХИАД, m/z ($I(\%)$): 182 (100) $[\text{MH}]^+$.

5-Аллилокси-экто-3-азатрицикло[5.2.1.0^{2,6}]декан-4-он (3b). Получили 137 мг (67 %) продукта в виде желтоватых кристаллов. $T_{\text{пл.}} 76-78^\circ\text{C}$. Спектр ЯМР ^1H (CDCl_3 , δ , м.д. $J/\text{Гц}$): 1.11 (м, 3H, $\text{H}_{\text{экзо}}$ (8), $\text{H}_{\text{экзо}}$ (9), H_a (10)), 1.51 (м, 3H, $\text{H}_{\text{эндо}}$ (8), $\text{H}_{\text{эндо}}$ (9), H_b (10)), 2.14 (с, 1H, H(7)), 2.31 (м, 1H, H(6), $^3J = 6.9$, $^3J = 9.8$), 2.38 (с, 1H, H(1)), 3.45 (д, 1H, H(2), $^3J = 6.9$), 4.06 (д, 1H, H(5), $^3J = 9.8$), 4.18 (д.д.т., 1H, O-CH_b, $^4J = 1.5$, $^3J = 5.6$, $^2J = 12.9$), 4.35 (д.д.т., 1H, O-CH_a, $^4J = 1.5$, $^3J = 4.7$, $^2J = 10.1$), 5.18 (д.кв., 1H, CH_{винс}, $^4J = 1.5$, $^3J = 10.4$), 5.31 (д.кв., 1H, CH_{транс}, $^4J = 1.7$, $^3J = 17.2$), 5.92 (д.д.т., 1H, -CH=, $^3J = 5.5$, $^3J = 10.4$, $^3J = 17.2$) 6.70 (уш. с., 1H, NH). Спектр ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , δ , м.д.): 24.9 и 28.5 (C(8), C(9)), 32.5 (C(10)), 35.7 (C(1)), 41.4 (C(7)), 44.5 (C(6)), 59.6 (C(2)), 72.3 (OCH₂), 75.3 (C(5)), 117.2 (CH₂=), 134.6 (-CH=), 176.9 (C=O). ИК-спектр, $\nu/\text{см}^{-1}$: 3210, 3091, 1701, 1674, 1650, 1320, 1294, 1263, 1139, 1083, 1035, 1016, 920. Масс-спектр, m/z ($I(\%)$): 207.1 (1) $[\text{M}]^+$, 151.1 (100), 122.0 (31), 110.0 (15).

5'-Ацетил-2',4'-дигидроспиро[экто-3-азатрицикло[5.2.1.0^{2,6}]декан-5, 3'-пиразол]-4-он (4). К раствору 354 мг (2 ммоль) 5-диазо-экто-3-азатрицикло[5.2.1.0^{2,6}]декан-4-она **2** в 4.5 мл хлористого метилена в течение 10 мин при перемешивании прибавили 19.2 г метилвинилкетона, перемешивали 48 ч. Избыток растворителя удалили при пониженном давлении, выпавший белый осадок отфильтровали и промыли эфиром. Получили 206 мг (выход 59%). $T_{\text{пл.}} (\text{с разл.}) = 175-177^\circ\text{C}$. Спектр ЯМР ^1H (CD_3OD , δ , м.д. $J/\text{Гц}$): 1.18 (м, 3H, $\text{H}_{\text{экзо}}$ (8), $\text{H}_{\text{экзо}}$ (9), H_a (10)), 1.39 (д, 1H, H_b (10), $^2J = 10.9$), 1.57 (м, 2H, $\text{H}_{\text{эндо}}$ (8), $\text{H}_{\text{эндо}}$ (9)), 2.17 (с, 2H, H(1), H(7)), 2.32 (с, 1H, H(2)), 2.35 (с, 3H, Me), 2.94 (д, 1H, H_a (4'), $^2J = 17.1$), 3.14 (д, 1H, H_b (4'), $^2J = 17.1$), 3.53 (д, 1H, H(6), $^3J = 6.7$). Спектр ЯМР ^{13}C (CD_3OD , δ , м.д.): 25.1 (Me), 25.7 и 29.4 (C(8), C(9)), 32.8 (C(10)), 38.2 (C(2)), 42.1

(C(1)), 44.9 (C(4')), 55.0 (C(7)), 60.1 (C(6)), 73.6 (C_{спиро}), 146.5 (C(3')), 179.4 (C⁴=O), 195.8 (C=O). ИК-спектр, $\nu/\text{см}^{-1}$: 3260, 3223, 1687, 1612, 1540, 1517, 1377, 1352, 1267, 1247, 1207, 1193, 1097, 1080, 940, 825, 759, 719. Масс-спектр ХИАД, m/z ($I(\%)$): 248 (79) $[\text{M}]^+$, 220 (100) $[\text{M}-\text{N}_2]^+$; 246 (100) $[\text{M}-\text{H}]^-$, 218 (31) $[\text{M}-\text{H}-\text{N}_2]^-$.

Метилловый эфир 4',5'-дигидроспиро[экто-3-азатрицикло[5.2.1.0^{2,6}]декан-4-он-5, 3'-пиразол]-5'-карбоновой кислоты (5a). Растворили 354 мг (2 ммоль) 5-диазо-экто-3-азатрицикло[5.2.1.0^{2,6}]декан-4-она **2** в 11.9 г метилакрилата, перемешивали 30 мин, после чего выпавший осадок отфильтровали и промыли эфиром. Получили 360 мг (68%) продукта в виде белых кристаллов. $T_{\text{пл.}} = 122^\circ\text{C}$. Спектр ЯМР ^1H (CDCl_3 , δ , м.д. $J/\text{Гц}$): 1.14 (м, 2H, $\text{H}_{\text{экзо}}(8)$, $\text{H}_{\text{экзо}}(9)$), 1.37 (д, 1H, $\text{H}_a(10)$, $^2J = 11.1$), 1.61 (м, 2H, $\text{H}_{\text{эндо}}(8)$, $\text{H}_{\text{эндо}}(9)$), 1.79 (д.д., 1H, $\text{H}_{\text{цис}}(4')$, $^2J = 12.9$, $^3J = 7.7$), 2.23 (д, 1H, $\text{H}_b(10)$, $^2J = 11.1$), 2.26 (д, 1H, $\text{H}(2)$, $^3J = 6.6$), 2.32 (с, 1H, $\text{H}(7)$), 2.33 (д.д., 1H, $\text{H}_{\text{транс}}(4')$, $^2J = 12.9$, $^3J = 9.2$), 2.48 (с, 1H, $\text{H}(1)$), 3.65 (д, 1H, $\text{H}(6)$, $^3J = 6.6$), 3.86 (с, 3H, OMe), 5.39 (т, 1H, $\text{H}(5')$, $^3J = 7.7$), 6.94 (уш. с., 1H, NH). Спектр ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , δ , м.д.): 25.4 и 28.5 (C(8), C(9)), 33.0 (C(10)), 34.3 (C(4')), 38.0 (C(1)), 40.9 (C(7)), 52.9 (OMe), 53.7 (C(2)), 60.4 (C(6)), 90.7 (C(3')), 98.1 (C_{спиро}), 168.9 (CO₂), 174.2 (C=O). ИК-спектр, $\nu/\text{см}^{-1}$: 3200, 1740, 1697, 1377, 1342, 1295, 1260, 1219, 1203, 1175.

Метилловый эфир 2',4'-дигидроспиро[экто-3-азатрицикло[5.2.1.0^{2,6}]декан-4-он-5, 3'-пиразол]-5'-карбоновой кислоты (5b). Спектр ЯМР ^1H (CDCl_3 , δ , м.д. $J/\text{Гц}$): 1.12 (д, 2H, $\text{H}_{\text{экзо}}(8)$, $\text{H}_{\text{экзо}}(9)$, $^3J = 7.7$), 1.28 (д.д., 2H, $\text{H}_2\text{C}(10)$), 1.60 (д, 2H, $\text{H}_{\text{эндо}}(8)$, $\text{H}_{\text{эндо}}(9)$, $^3J = 7.7$), 2.16 (д, 1H, $\text{H}(2)$, $^3J = 6.7$), 2.21 (с, 1H, $\text{H}(7)$), 2.35 (с, 1H, $\text{H}(1)$), 2.98 и 3.40 (оба д, 2H, $\text{H}_2\text{C}(4')$, $^2J = 7.3$), 3.57 (д, 1H, $\text{H}(6)$, $^3J = 6.7$), 3.84 (с, 3H, OMe), 6.77 (уш. с., 1H, $\text{N}^3\text{-H}$), 7.12 (уш. с., 1H, $\text{N}(2')\text{-H}$). Спектр ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , δ , м.д.): 24.7 и 28.3 (C(8) и C(9)), 32.0 (C(10)), 36.7 (C(1)), 41.0 (C(7)), 46.0 (C(4')), 52.1 (OMe), 53.5 (C(2)), 59.0 (C(6)), 71.7 (C_{спиро}), 139.5 (C(3')), 162.6 (CO₂), 177.8 (C=O). Масс-спектр ХИАД, m/z ($I(\%)$): 264 (27) $[\text{M}]^+$, 236 (100) $[\text{M}-\text{N}_2]^+$.

Метилловый эфир 4'-гидро-5'-метилспиро[экто-3-азатрицикло[5.2.1.0^{2,6}]декан-4-он-5, 3'-пиразол]-5'-карбоновой кислоты (6). Растворили 354 мг (2 ммоль) 5-диазо-экто-3-азатрицикло[5.2.1.0^{2,6}]декан-4-она **2** в 2.5 г метилметакрилата, перемешивали 5 ч, после чего выпавший осадок отфильтровали и промыли эфиром. Получили 325 мг (59%) продукта в виде белых кристаллов. $T_{\text{пл.}} = 136\text{-}138^\circ\text{C}$. Спектр ЯМР ^1H (CDCl_3 , δ , м.д. $J/\text{Гц}$): 1.10 (м, 2 H, $\text{H}_{\text{экзо}}(8)$ и $\text{H}_{\text{экзо}}(9)$), 1.30 (д, 1H, $\text{H}_a(10)$, $^2J = 10.3$), 1.58 (м, 2H, $\text{H}_{\text{эндо}}(8)$ и $\text{H}_{\text{эндо}}(9)$), 1.78 (с, 3H, Me), 1.85 и 2.06 (оба д, 2H, $\text{H}_2\text{C}(4')$, $^2J = 13.1$), 2.18 (д, 1H, $\text{H}(2)$, $^3J = 6.5$), 2.20 (д, 1H, $\text{H}_b(10)$, $^2J = 10.3$), 2.22 (с, 1H, $\text{H}(7)$), 2.33 (с, 1H, $\text{H}(1)$), 3.67 (д, 1H, $\text{H}(6)$, $^3J = 6.5$), 3.83 (с, 3H, OMe), 6.97 (уш. с., 1H, NH). Спектр ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , δ , м.д.): 22.7 (Me), 25.3 и 28.6 (C(8), C(9)), 33.0

(C(10)), 37.7 (C(1)), 40.8 (C(7)), 41.3 (C(4')), 52.9 (OMe), 54.6 (C(2)), 60.5 (C(6)), 97.3 (C_{спиро}), 98.7 (C(3')), 171.0 (CO₂), 175.2 (C=O). ИК-спектр, $\nu/\text{см}^{-1}$: 3192, 3091, 1741, 1697, 1380, 1288, 1275, 1217, 1149, 1110, 982, 898, 840, 808, 658, 565. Масс-спектр, m/z ($I(\%)$): 249.1 (38) $[\text{M}-\text{N}_2]^+$, 217.1 (100), 176.1 (10), 162.1 (7), 150.1 (29), 122.1 (14).

Метилловый эфир 2'-метилспиро[экто-3-азатрицикло[5.2.1.0^{2,6}]декан-4-он-5, 1'-циклопропан]-2'-карбоновой кислоты (7). В 4 мл диоксана растворили 170 мг пиразолина **6**. Раствор перемешивали 20 мин при 102°C , после охлаждения растворитель удалили при пониженном давлении, выпавший осадок промыли эфиром. Получили 150 мг (99 %) продукта в виде белого мелкокристаллического осадка. $T_{\text{пл.}} 110^\circ\text{C}$. Спектр ЯМР ^1H (CDCl_3 , δ , м.д. $J/\text{Гц}$): 1.10 (м, 2H, $\text{H}_{\text{экзо}}(8)$ и $\text{H}_{\text{экзо}}(9)$), 1.26 (д, 1H, $\text{H}_a(10)$, $^2J = 3.9$), 1.58 (м, 2H, $\text{H}_{\text{эндо}}(8)$ и $\text{H}_{\text{эндо}}(9)$), 1.64 (с, 4H, Me и H(1)), 1.85 и 2.06 (оба д, 2H, $\text{H}_2\text{C}(3')$, $^2J = 13.1$), 1.77 (д, 1H, $\text{H}_b(10)$, $^2J = 3.9$), 2.11 (с, 1H, $\text{H}(7)$), 2.15 (д, 1H, $\text{H}(2)$, $^3J = 7.1$) 3.52 (д, 1H, $\text{H}(6)$, $^3J = 7.1$), 3.66 (с, 3H, OMe), 5.95 (уш. с., 1H, NH). Спектр ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , δ , м.д.): 13.2 (Me), 24.5 и 28.8 (C(8), C(9)), 29.7 (C(10)), 31.4 (C(2')), 36.4 (2C циклопропанового фрагмента), 40.1 (C(1)), 41.6 (C(7)), 48.5 (C(2)), 52.0 (OMe), 58.5 (C(6)), 174.3 (CO₂), 177.7 (C=O). ИК-спектр, $\nu/\text{см}^{-1}$: 3200, 1720, 1686, 1370, 1330, 1305, 1294, 1278, 1205, 1198, 1149, 1120, 786, 720. Масс-спектр, m/z ($I(\%)$): 249.1 (33) $[\text{M}]^+$, 217.1 (100), 189.1(34), 176.0 (10), 150.0 (30), 122.0 (16).

Работа выполнена при финансовой поддержке Президиума Российской академии наук (программа фундаментальных исследований РАН "Разработка методов получения химических веществ и создание новых материалов" по направлению "Развитие методологии органического синтеза и создание соединений с ценными прикладными свойствами").

Библиографический список

- 1 Машковский М.Д. *Лекарственные средства*, Москва:Новая Волна, **2005**. 1206 с.
- 2 Горпинченко В. А., Яцынич Е. А., Петров Д. В., Карачурина Л. Т., Хисамутдинова Р. Ю., Басченко Н. Ж., Докичев В. А., Томилов Ю. В., Юнусов М. С., Нефедов О. М. // *Химический фармацевтический журнал*. **2005**. Т. 39. 6. С. 9.
- 3 Hutchinson I.S., Matlin S. A., Mete A. // *Tetrahedron*. **2002**. Vol. 58. P. 3137.
- 4 Костюченко И. В., Шулишов Е. В., Рафиков Р. Р., Новичков А. И., Докичев В. А., Томилов Ю. В. // *Известия Академии Наук*. **2009**. 2. С. 337.
- 5 Meyers C., Carreira E. M. // *Angewandete Chemie International Edition*. **2003**. 42. 6. P. 694.
- 6 Macdonald S. J. F., Clarke G. D. E., Dowle M. D., Harrison L. A., Hodgson S. T., Inglis G. G. A., Johnson M. R., Shah P., Upton R. J., Walls S. B. // *Journal of Organic Chemistry*. **1999**. Vol. 64. P. 5166.