

*Посвящается академику РАН Б. А. Трофимову
в связи с его 70-летием*

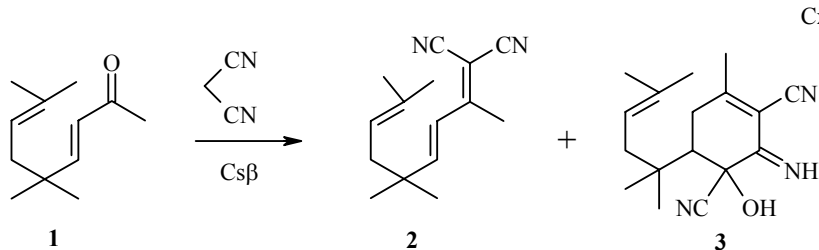
Е. В. Суслов*, Д. В. Корчагина, К. П. Волчо, Н. Ф. Салахутдинов

**СИНТЕЗ ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОСНОВНОГО ЦЕОЛИТА Csβ**

Применение основного цеолита Csβ в качестве катализатора взаимодействия метилвинилкетона (МВК) с 5-метоксибензимидазол-2-тиолом приводит к гетеро-реакции Михаэля исключительно по N-нуклеофильным центрам с образованием достаточно необычного продукта диприсуоединения МВК к тиолу. Реакция 1,2,4-триазол-3-тиола с МВК в присутствии цеолита Csβ протекает как по S-, так и по N-нуклеофильному центрам и приводит к образованию продуктов моно- и диприсуоединения по Михаэлю, а также к продукту гетероциклизации. При взаимодействии кротонового альдегида с салициловым альдегидом в присутствии Csβ образуется 2-метил-2Н-хромен-3-карбальдегид.

Ключевые слова: метилвинилкетон, 5-метоксибензимидазол-2-тиол, 1,2,4-триазол-3-тиол, основной цеолит, гетерогенный катализ, присоединение по Михаэлю.

Ранее нами было показано, что основной цеолит Csβ, содержащий в своей структуре кластеры оксидов цезия, является достаточно эффективным гетерогенным катализатором реакций α,β-ненасыщенных карбонильных соединений терпеноидов с различными СН-кислотами [1, 2]. Использование цеолита Csβ позволило проводить реакции без растворителя и упростило обработку реакционных смесей, катализатор применялся в каталитических количествах и мог быть регенерирован прокаливанием на воздухе без потери каталитической активности. Применение нами цеолита Csβ в некоторых случаях приводило к необычным продуктам реакции, например, при взаимодействии кетона **1** с малонитрилом в присутствии цеолита Csβ (схема 1) образовался продукт реакции Кнёвенагеля **2** и достаточно сложное полифункциональное соединение **3**.

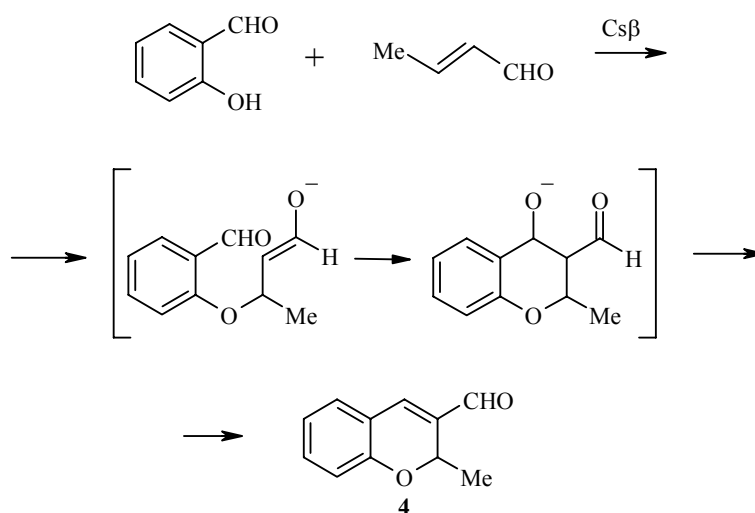


Нужно отметить, что соединение **3** является перспективным для изучения его биологической активности, так как вещества, содержащие группу CN в β -положении к атому азота, могут проявлять противотуберкулезную [3] и противораковую [4] активность.

Продолжая расширять круг реакций, катализируемых основным цеолитом Cs β , в настоящей работе мы изучили некоторые гетерореакции Михаэля, включающие взаимодействие с O-, N- и S-нуклеофилами. Как и в предыдущем случае, все реакции проводили без растворителя, при комнатной температуре, цеолит Cs β использовали в каталитических количествах (12–20 массовых %).

Взаимодействие между салициловым и кротоновым альдегидами в присутствии цеолита Cs β в течение 5 сут приводит к образованию производного 2H-хромена – соединения **4** с выходом 50% (схема 2).

Схема 2



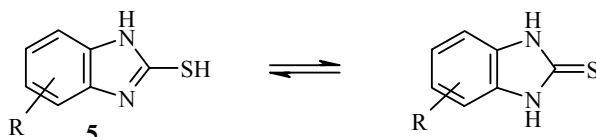
Ранее данное соединение было получено в работе [5]. Для синтеза хроменов и их производных применяют различные катализаторы: комплексы палладия и рутения [6–8], вторичные амины [9], циклические диамины [10–12], цеолиты [13]. Известно, что взаимодействие производных салицилового альдегида с различными α,β -непредельными карбонильными соединениями в присутствии основных катализаторов протекает как тандемная оксарреакция Михаэля – альдольная конденсация [10, 14] (схема 2). Скорее всего, образование соединения **4** протекает по аналогичному механизму. Нужно отметить, что соединения, содержащие 2H-хроменовый остов, обладают достаточно разнообразной биологической активностью [15, 16].

В настоящее время появляется все больше работ, посвященных использованию основных цеолитов для катализа реакций присоединения различных тиолов к непредельным соединениям [17–19]. Нами впервые изучены реакции метилвинилкетона (МВК) с тиолами, содержащими одновременно S- и N-нуклеофильные центры, в присутствии основного цеолита Cs β .

Для синтеза соединений, проявляющих противоязвенную активность,

во многих случаях используется 5-метоксибензимидазол-2-тиол (**5**) [20–22]. Известно, что азолтиолы могут существовать в виде двух таутомерных форм (схема 3) [23–26] и взаимодействовать с непредельными соединениями, в зависимости от условий, или по атому азота [27], или по атому серы [24, 25]. Обычно в присутствии основных катализаторов присоединение протекает вначале по атому серы, обладающему большей нуклеофильностью, чем атомы азота [24, 25].

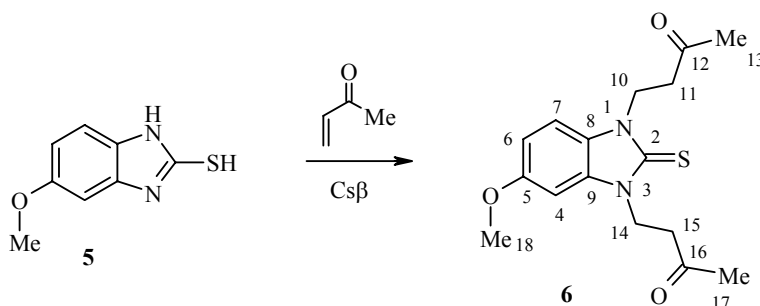
Схема 3



Мы провели реакцию соединения **5** с МВК на основном цеолите Cs β (схема 4) в течение 60 ч. В качестве единственного продукта из реакционной смеси с выходом 50% на прореагировавший тиол **5** выделили соединение **6** (схема 4), в котором молекулы МВК присоединяются к бензимидазолтиолу **5** исключительно по атомам азота. Конверсия соединения **5** составила 43%. Структурный аналог соединения **6**, не содержащий метоксигруппы, был ранее получен в работе [28], в которой в качестве катализатора реакции авторы использовали метилат натрия.

Отсутствие в реакционной смеси продуктов присоединения МВК по атому серы может быть объяснено тем, что соединение **5** в присутствии основного цеолита Cs β взаимодействует с МВК исключительно в виде тиона (схема 3). Интересно, что, несмотря на наличие в реакционной смеси непрореагировавшего исходного соединения **5**, нами не обнаружено в реакционной смеси продуктов, соответствующих присоединению только одной молекулы МВК к бензимидазолтиолу **5**.

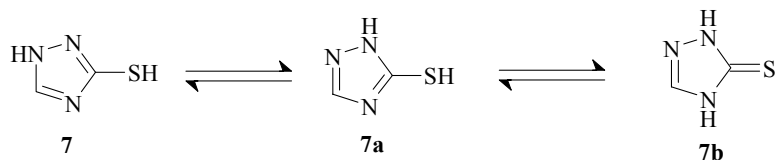
Схема 4



Еще одним S,N-нуклеофилом, с которым мы провели реакцию метилвинилкетона в присутствии основного цеолита Cs β , стал 1,2,4-триазол-3-

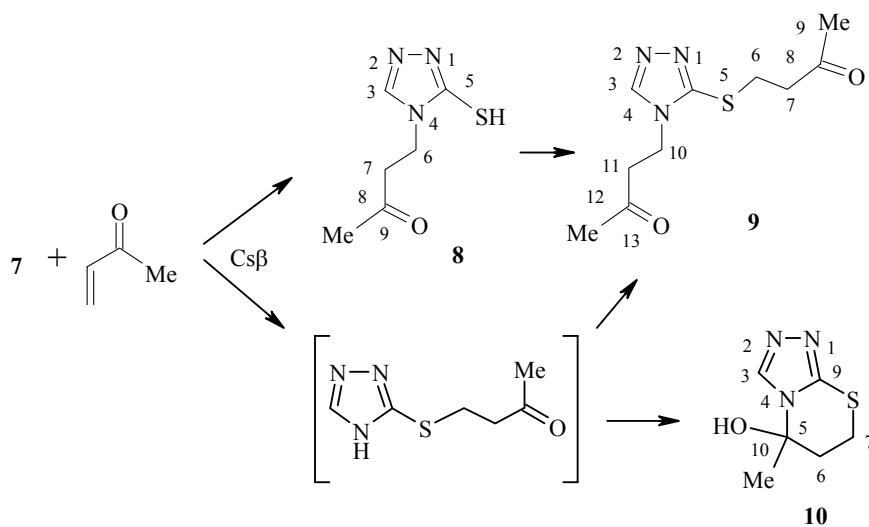
тиол (**7**). Соединение **7** используется для синтеза веществ, обладающих высокой фармакологической активностью [29]. Известно [23, 26, 30], что тиол **7** может находиться в трех таутомерных формах (схема 5).

Схема 5



Взаимодействие тиола **7** с МВК на цеолите Cs β в течение 60 ч, в отличие от соединения **5**, приводит к образованию продуктов присоединения метилвинилкетона как по атому азота, так и по атому серы – соединений **8** и **9** с выходами 3 и 11%, соответственно, а также, в качестве основного продукта, бициклического соединения **10**, с выходом 39% (схема 6). Образование соединения **8** достаточно необычно, так как из литературы известно, что основнокатализируемое нуклеофильное присоединение 1,2,4-триазол-3-тиола (**7**) и его производных к двойной связи углерод–углерод протекает по атому азота только при наличии у двойной связи сильного акцептора электронов, например, атома фтора [31], в остальных случаях присоединение протекает по атому серы [32].

Схема 6



Первой стадией образования гетероциклического соединения **10**, скорее всего, является гетерореакция Михаэля с участием атома серы соединения **7** по двойной связи МВК с последующей, достаточно необычной для таких систем, гетероциклизацией. Для 1,2,4-триазол-3-тиола или его производных подобных реакций в литературе нами не найдено. Скорее

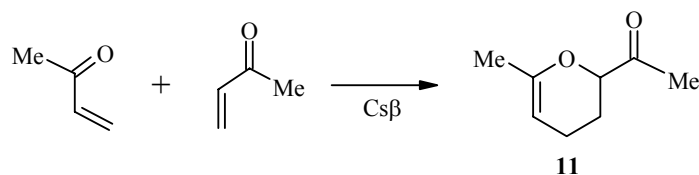
всего, в присутствии цеолита Cs β достаточно большая доля тиола **7** может находиться в таутомерной форме **7a**, что и приводит к образованию

необычных продуктов **8** и **10**.

Нами была предпринята попытка провести взаимодействие тиолов **5** и **7** в присутствии цеолита Cs β с более сложным, чем МВК, α,β -непредельным соединением – распространенным монотерпеноидом (–)-карвоном. Однако даже проведение реакции при повышенной температуре (60 °С) не приводит к образованию каких-либо продуктов.

Отметим, что, хотя выдерживание МВК в присутствии цеолита Cs β приводит к образованию продукта реакции Дильса–Альдера – соединению **11** (схема 7) с небольшим выходом (17%), соединение **11** в реакционных смесях, образующихся при взаимодействии МВК с тиолами **5** и **7**, нами не обнаружено.

Схема 7



Данных о получении соединений **6**, **8–10** нами в литературе не обнаружено, их строение установлено с помощью спектроскопии ЯМР ^1H и ^{13}C и масс-спектрометрии высокого разрешения.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Спектры ЯМР ^1H и ^{13}C синтезированных соединений записывали на приборе Bruker DRX-500 (500 и 126 МГц соответственно), растворитель ДМСО- d_6 или смесь CDCl_3 – CCl_4 (~1 : 1 по объему), внутренний стандарт ДМСО (δ_{H} 2.50, δ_{C} 39.50 м. д.) или хлороформ (δ_{H} 7.24, δ_{C} 76.90 м. д.). Строение соединений устанавливали с помощью спектров ЯМР ^1H , в том числе, на основании анализа КССВ протонов в спектрах двойного резонанса ^1H – ^1H , а также анализа спектров ЯМР ^{13}C , записанных в режиме J -модуляции и с внерезонансным подавлением протонов, а также двумерных спектров ^{13}C – ^1H гетероядерной корреляции на прямых константах (COSY, $^1J_{\text{C,H}} = 135$ Гц). Элементный состав определяли по данным масс-спектров, зарегистрированных на DFS спектрометре Thermo Scientific в режиме полного сканирования в диапазоне 0–500 m/z , ионизация электронным ударом 70 эВ при прямом вводе образца. В экспериментах использовали коммерчески доступные препараты: метилвинилкетон фирмы Merck, 5-метоксибензимидазол-2-тиол (**5**) фирмы Alfa Aesar, 1,2,4-триазол-3-тиол (**7**) фирмы Merck, (R)-(–)-карвон фирмы Aldrich, салициловый и кротоновый альдегиды фирмы Aldrich.

В качестве катализатора использовали цеолит Cs β , получение и свойства которого описаны в работе [1].

Растворители сушили пропусканием через колонку с прокаленным оксидом алюминия. Разделение продуктов реакций проводили с помощью колоночной хроматографии на силикагеле (Merck 60–200 μ), элюент диэтиловый эфир в гексане, от 0 до 100%. Объединение фракций проводили на основании данных ТСХ (пластинки Sorbfil, фаза силикагель СТХ-1ВЭ, размер фазы 8–12 мкм, элюент смесь гексан–этилацетат, 3 : 1).

Взаимодействие салицилового и кротонового альдегидов в присутствии цеолита Cs β . К 0.1 г цеолита Cs β добавляют 0.259 г (2.12 ммоль) салицилового альдегида, затем к смеси прибавляют 0.152 г (2.17 ммоль) кротонового альдегида.

Реакционную смесь выдерживают при комнатной температуре в течение 5 сут, затем экстрагируют с катализатора диэтиловым эфиром (20 мл). Катализатор отфильтровывают. Растворитель отгоняют. После разделения методом колоночной хроматографии выделяют 0.006 г салицилового альдегида (конверсия 98%) и 0.182 г (выход 50%) 2-метил-2Н-хромен-3-карбальдегида (**4**).

Спектр ЯМР ^1H ($\text{CDCl}_3\text{-CCl}_4$), δ , м. д. (J , Гц): 1.35 (3H, д, $J_{11,2} = 6.6$, 11- CH_3); 5.38 (1H, к, $J_{2,11} = 6.6$, H-2); 6.83 (1H, уш. д, $J_{9,8} = 8.3$, H-9); 6.90 (1H, д. д. д, $J_{7,6} = 7.5$, $J_{7,8} = 7.5$, $J_{7,9} = 1.0$, H-7); 7.13 (1H, уш. с, H-4); 7.15 (1H, д. д, $J_{6,7} = 7.5$, $J_{6,8} = 1.7$, H-6); 7.26 (1H, д. д. д, $J_{8,9} = 8.3$, $J_{8,7} = 7.5$, $J_{8,6} = 1.7$, H-8); 9.51 (1H, с, H-12). Спектр ЯМР ^{13}C ($\text{CDCl}_3\text{-CCl}_4$), δ , м. д.: 69.74 (д, C-2); 136.27 (с, C-3); 139.80 (д, C-4); 119.83 (с, C-5); 129.00 (д, C-6); 121.44 (д, C-7); 133.27 (д, C-8); 117.33 (д, C-9); 154.51 (с, C-10); 19.93 (к, C-11); 189.38 (д, C-12). Найдено: m/z 174.0673 $[\text{M}]^+$. $\text{C}_{11}\text{H}_{10}\text{O}_2$. Вычислено: $M = 174.0675$.

Взаимодействие 5-метоксибензимидазол-2-тиола (5) и метилвинилкетона в присутствии цеолита Cs β . К 0.05 г основного цеолита Cs β добавляют 0.309 г (1.72 ммоль) 5-метоксибензимидазол-2-тиола (**5**) в 10 мл метанола, растворитель отгоняют. Прибавляют к смеси 0.1 г (1.43 ммоль) метилвинилкетона. Реакционную смесь выдерживают при комнатной температуре в течение 60 ч, затем экстрагируют с катализатора 25 мл этилацетата. Катализатор отфильтровывают. Растворитель отгоняют. Растворяют реакционную смесь в 20 мл хлороформа и оставляют на 1 сут при 0 °С. Из раствора выпадает 0.168 г кристаллического соединения **5**. Кристаллы отфильтровывают. Из фильтрата отгоняют растворитель, твердый остаток (0.127 г) содержит смесь соединения **5** и 4-[5-метокси-3-(3-оксобутил)-2-тиоксо-2,3-дигидро-1Н-бензимидазол-1-ил]бутан-2-она (**6**) в соотношении 1 : 9.4. Конверсия исходного соединения **5** составляет 43%, выход тиона **6** на прореагировавший тиол **5** 50%.

Спектр ЯМР ^1H ($\text{CDCl}_3\text{-CCl}_4$), δ , м. д. (J , Гц): 2.14 и 2.15 (6H, с, 13- CH_3 , 17- CH_3); 3.03 и 3.07 (4H, т, $J = 6.7$, $-\text{CH}_2\text{COCH}_3$, H-11,15); 3.84 (3H, с, 18- CH_3); 4.43 и 4.44 (4H, т, $J = 6.7$, $-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COCH}_3$, H-10,14); 6.77 (1H, д. д, $J_{6,7} = 8.8$, $J_{6,4} = 2.3$, H-6); 6.88 (1H, д, $J_{4,6} = 2.3$, H-4); 7.20 (1H, д, $J_{7,6} = 8.8$, H-7). Спектр ЯМР ^{13}C ($\text{CDCl}_3\text{-CCl}_4$), δ , м. д.: 168.52 (с, C-2); 94.92 (д, C-4); 156.85 (с, C-5); 110.31 (д, C-6); 109.97 (д, C-7); 126.07 (с, C-8); 132.62 (с, C-9); 39.09 и 39.22 (т, C-10,14); 41.16 и 41.24 (т, C-11,15); 205.43 и 205.53 (с, C-12,16); 30.12 (к, C-13,17); 55.84 (к, C-18). Найдено: m/z 320.1185 $[\text{M}]^+$. $\text{C}_{16}\text{H}_{20}\text{N}_2\text{O}_3\text{S}$. Вычислено: $M = 320.1189$.

Взаимодействие метилвинилкетона с 1,2,4-триазол-3-тиолом (7) в присутствии цеолита Cs β . К 0.05 г цеолита Cs β добавляют 0.12 г (1.19 ммоль) соединения (**7**), приливают к смеси 20 мл диэтилового эфира, суспензию перемешивают в течение 30 мин. Растворитель отгоняют. К реакционной смеси добавляют 0.08 г (1.14 ммоль) метилвинилкетона. Смесь выдерживают при комнатной температуре в течение 60 ч, экстрагируют с катализатора 20 мл этилацетата. Катализатор отфильтровывают. Растворитель отгоняют. После разделения методом колоночной хроматографии выделяют 0.08 г смеси, содержащей 0.004 г (конверсия 97%) исходного тиола **7** и 0.076 г (выход на прореагировавший метилвинилкетон 39%) 5-метил-6,7-дигидро-5Н-[1,2,4]триазоло[3,4-*b*]-[1,3]тиазин-5-ола (**10**), также 0.036 г смеси, содержащей 0.005 г (выход на прореагировавший метилвинилкетон 3%) 4-(3-меркапто-4Н-1,2,4-триазол-4-ил)-бутан-2-она (**8**) и 0.031 г (выход на прореагировавший метилвинилкетон 11%) 4-(3-[(3-оксобутил)тио]-4Н-1,2,4-триазол-4-ил)бутан-2-она (**9**).

4-(3-Меркапто-4Н-1,2,4-триазол-4-ил)бутан-2-он (8). Спектр ЯМР ^1H ($\text{CDCl}_3\text{-CCl}_4$), δ , м. д. (J , Гц): 2.13 (3H, с, 9- CH_3); 3.00 (2H, т, $J_{7,6} = 6.0$, $-\text{CH}_2\text{COCH}_3$, H-7); 4.36 (2H, т, $J_{6,7} = 6.0$, $-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COCH}_3$, H-6); 8.06 (1H, с, H-3). Близость химических сдвигов сигнала протона H-6 в соединении **8** и сигналов

протонов Н-10 и Н-14 тиона **6** свидетельствует о присоединении МВК к атому азота, а не серы в тиоле **8**. Найдено: m/z 171.0462 [M]⁺. C₆H₉N₃OS. Вычислено: M = 171.0461.

4-(3-[(3-Оксобутил)тио]-4Н-1,2,4-триазол-4-ил)бутан-2-он (9). Спектр ЯМР ¹H (CDCl₃-CCl₄), δ, м. д. (J, Гц): 2.14 и 2.15 (6H, с, 9-CH₃, 13-CH₃); 2.90 (2H, т, J_{7,6} = 7.0, Н-7); 2.99 (2H, т, J_{11,10} = 6.0, -CH₂COCH₃, Н-11); 3.23 (2H, т, J_{6,7} = 7.0, -CH₂CH₂COCH₃, Н-6); 4.33 (2H, т, J_{10,11} = 7.0, -CH₂CH₂COCH₃, Н-10); 7.98 (1H, с, Н-3). Спектр ЯМР ¹³C (CDCl₃-CCl₄), δ, м. д.: 144.71 (д, С-3); 160.65 (с, С-5); 25.50 (т, С-6); 43.76 и 43.88 (т, С-7,11); 204.38 и 205.85 (с, С-8,12); 29.90 и 29.93 (к, С-9,13); 42.24 (т, С-10). Найдено: m/z 241.088 [M]⁺. C₁₀H₁₅N₃O₂S. Вычислено: M = 241.088.

5-Метил-6,7-дигидро-5Н-[1,2,4]триазоло[3,4-*b*][1,3]тиазин-5-ол (10). Спектр ЯМР ¹H (DMCO-d₆), δ, м. д. (J, Гц): 1.76 (3H, с, 10-CH₃); 2.18 (1H, д. д. д, J_{6a,6e} = 14.5, J_{6a,7a} = 12.5, J_{6a,7e} = 3.0, Н-6а); 2.41 (1H, д. д. д, J_{6e,6a} = 14.5, J_{6e,7e} = 5.4, J_{6e,7a} = 2.5, Н-6е); 3.09 (1H, д. д. д, J_{7e,7a} = 13.0, J_{7e,6e} = 5.4, J_{7e,6a} = 3.0, Н-7е); 3.38 (1H, д. д. д, J_{7a,7e} = 13.0, J_{7a,6a} = 12.5, J_{7a,6e} = 2.5, Н-7а); 6.93 (1H, ш. с, -ОН); 7.87 (1H, с, Н-3). Спектр ЯМР ¹³C (DMCO-d₆), δ, м. д.: 149.90 (д, С-3); 83.14 (с, С-5); 37.35 (т, С-6); 21.05 (т, С-7); 147.16 (с, С-9); 27.65 (к, С-10). Найдено: m/z 171.0460 [M]⁺. C₆H₉N₃OS. Вычислено: M = 171.0461.

1-(6-Метил-3,4-дигидро-2Н-пиран-2-ил)этанон (11). Добавляют к 0.047 г цеолита Csβ 0.219 г (3.13 ммоль) метилвинилкетона. Реакционную смесь выдерживают при комнатной температуре в течение 20 ч, затем экстрагируют с катализатора 15 мл диэтилового эфира. Катализатор отфильтровывают. Растворитель отгоняют. Получают 0.073 г (17%) 1-(6-метил-3,4-дигидро-2Н-пиран-2-ил)этанола (**11**). Спектр ЯМР ¹H соединения **11** совпадает с описанным в работе [33].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. K. P. Volcho, S. Yu. Kurbakova, D. V. Korchagina, E. V. Suslov, N. F. Salakhutdinov, A. V. Toktarev, G. V. Echevskii, V. A. Barkhash, *J. Mol. Catal. A: Chem.*, **195**, 263 (2003).
2. К. П. Волчо, Е. В. Суслов, С. Ю. Курбакова, Д. В. Корчагина, Н. Ф. Салахутдинов, В. А. Бархаш, *ЖОрХ*, **40**, 691 (2004).
3. R. R. Kumar, S. Perumal, P. Senthilkumar, P. Yogeewari, D. Sriram, *Bioorg. Med. Chem. Lett.*, **17**, 6459 (2007).
4. I. V. Magedov, M. Manpadi, N. M. Evdokimov, E. M. Elias, E. Rozhkova, M. A. Ogasawara, J. D. Bettale, N. M. Przheval'skii, S. Rogelj, A. Kornienko, *Bioorg. Med. Chem. Lett.*, **17**, 3872 (2007).
5. L. Rene, R. Royer, *Eur. J. Med. Chem.*, **10**, 72 (1975).
6. S. W. Youn, J. I. Eom, *Org. Lett.*, **7**, 3355 (2005).
7. J. C. Hershberger, L. Zhang, G. Lu, H. C. Malinakova, *J. Org. Chem.*, **71**, 231 (2006).
8. S. Chang, R. H. Grubbs, *J. Org. Chem.*, **63**, 864 (1998).
9. Q. Wang, M. G. Finn, *Org. Lett.*, **2**, 4063 (2000).
10. C. F. Nising, S. Brase, *Chem. Soc. Rev.*, **37**, 1218 (2008).
11. P. T. Kaye, M. A. Musa, X. W. Nocanda, R. S. Robinson, *Org. Biomol. Chem.*, **1**, 1133 (2003).
12. G. L. Zhao, Y. L. Shi, M. Shi, *Org. Lett.*, **7**, 4527 (2005).
13. F. Bigi, S. Carloni, R. Maggi, C. Muchetti, G. Sartori, *J. Org. Chem.*, **62**, 7024 (1997).
14. H. Li, J. Wang, T. E-Nunu, L. Zu, W. Jiang, S. Wei, W. Wang, *Chem. Commun.*,

- 5, 507 (2007).
15. A. Elomri, S. Mitaku, S. Michel, A.-L. Skaltsounis, F. Tillequin, M. Koch, A. Pierré, N. Guilbaud, S. Lénce, L. Kraus-Berthier, Y. Rolland, G. Atassi, *J. Med. Chem.*, **39**, 4762 (1996).
 16. R. Mannhold, G. Cruciani, H. Weber, H. Lemoine, A. Derix, C. Weichel, M. Clementi, *J. Med. Chem.*, **42**, 981 (1999).
 17. P. D. Shinde, V. A. Mahajan, H. B. Borate, V. H. Tillu, R. Bal, A. Chandwadkar, R. D. Wakharkar, *J. Mol. Catal. A: Chem.*, **216**, 115 (2004).
 18. R. Sreekumar, P. Rugmini, R. Padmakumar, *Tetrahedron Lett.*, **38**, 6557 (1997).
 19. M. Kumarraja, K. Pitchumani, *J. Mol. Catal. A: Chem.*, **256**, 138 (2006).
 20. J. M. Shin, Y. M. Cho, G. Sachs, *J. Am. Chem. Soc.*, **126**, 7800 (2004).
 21. M. Uchida, M. Chihiro, S. Morita, T. Kanbe, H. Yamashita, K. Yamasaki, Y. Yabuuchi, K. Nakagawa, *Chem. Pharm. Bull.*, **37**, 2109 (1989).
 22. D. J. K. Crawford, J. L. Maddocks, D. N. Jones, P. Szawlowski, *J. Med. Chem.*, **39**, 2690 (1996).
 23. Л. В. Волков, К. А. Волкова, *ЖОрХ*, **42**, 447 (2006).
 24. Г. Г. Скворцова, Н. Д. Абрамова, Б. В. Тржцинская, *ХГС*, 1390 (1974). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **10**, 1217 (1974)].
 25. Е. И. Гринблат, И. Я. Постовский, *ЖОХ*, **31**, 394 (1961).
 26. D. Moran, K. Sukcharoenphon, R. Puchta, H. F. Schaefer III, P. v. R. Schleyer, C. D. Hoff, *J. Org. Chem.*, **67**, 9061 (2002).
 27. Г. Г. Скворцова, Н. Д. Абрамова, А. Г. Малькина, Ю. М. Скворцов, Б. В. Тржцинская, А. И. Албанов, *ХГС*, 963 (1982). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **18**, 736 (1982)].
 28. H. Arai, S. Shima, N. Murata, *Kogyo Kagaku Zasshi*, **62**, 82 (1959); *Chem. Abstr.*, **57**, 8555 (1962).
 29. V. Bavetsias, J. H. Marriott, C. Melin, R. Kimbell, Z. S. Matusiak, F. T. Boyle, A. L. Jackman, *J. Med. Chem.*, **43**, 1910 (2000).
 30. А. А. Шклярченко, Д. Г. Наследов, В. В. Яковлев, *ЖОрХ*, **41**, 636 (2005).
 31. Г. Г. Фурин, Э. Л. Жужгов, *ЖОрХ*, **41**, 441 (2005).
 32. A. E. Farargy, F. Yassin, E. Abdel-Chani, N. El-Said, R. Saleh, *Heterocycles*, **34**, 25 (1992).
 33. S. Ramaswamy, A. C. Oehlschlager, *Can. J. Chem.*, **67**, 794 (1989).

Новосибирский институт органической химии
им. Н. Н. Ворожцова СО РАН,
Новосибирск 630090, Россия
e-mail: redfox@nioch.nsc.ru

Поступило 11.08.2008