

## Синтез замещенных 2,5-дигидро-2,2'-бифуранов

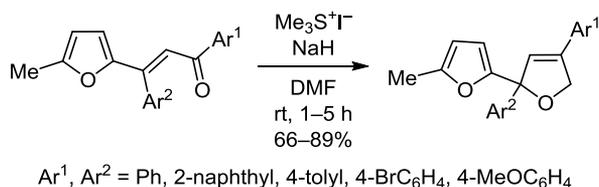
Данил К. Вшивков<sup>1</sup>, Людмила Н. Сороцкая<sup>2</sup>,  
Антон А. Меркушев<sup>1\*</sup>, Максим Г. Учускин<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
ул. Букирева, 15, Пермь 614990, Россия; e-mail: anton.merckushev@psu.ru

<sup>2</sup> Кубанский государственный технологический университет,  
ул. Московская, 2, Краснодар 305072, Россия; e-mail: sorotskaja@rambler.ru

Поступило 26.04.2021

Принято 25.05.2021



Разработан простой метод синтеза 2,4-диарил-2,5-дигидро-2,2'-бифуранов, основанный на взаимодействии  $\alpha,\beta$ -непредельных карбонильных соединений, содержащих фурановый цикл, с иодидом триметилсульфония в условиях реакции Кори–Чайковского.

**Ключевые слова:** 2,5-дигидро-2,2'-бифуран, иодид триметилсульфония, реакция Кори–Чайковского.

Известно, что меротерпеноиды, выделенные из грибов семейства *Ganoderma cochlear*, обладают противораковыми, противовоспалительными и иммуномодуляторными свойствами.<sup>1</sup> Особый интерес вызывает меротерпеноид ганкоклерол С (рис. 1), который также проявляет высокую ингибирующую активность в отношении рекомбинантной изоформы ариламин-*N*-ацетилтрансферазы 2 (NAT2), участвующей в синтезе липидов клеточной стенки микобактерий. Предполагается, что ганкоклерол С может быть использован в качестве матрицы при разработке ингибиторов NAT2 при лечении туберкулеза.

В ходе исследований в области химии фурана,<sup>2</sup> мы обратили внимание на дизамещенный 2,5-дигидро-2,2'-бифурановый каркас ганкоклерола С. В литературе описано несколько подходов для построения подобного гетероциклического фрагмента (схема 1). Так, впервые данный каркас был получен восстановитель-

ной катализируемой  $YbCl_3$ –Zn циклизацией 2-пропин-1-онов **1**.<sup>3</sup> Другой метод основан на окислительной перегруппировке 4-гидроксициклобутенонов **2** при воздействии  $Pb(OAc)_4$  или  $PhI(OAc)_2$ .<sup>4,5</sup> Также описано катализируемое Pd [3+2]-циклоприсоединение *трет*-бутил[2-(цианометил)проп-2-ен-1-ил]карбоната (**3**) к трифторацетилфурану **4**, позволяющее получить энантио-чистое производное 2,5-дигидрофурана.<sup>6</sup> Другой пример основан на катализируемой Ni(0) энантиоселективной реакции [3+2]-циклоприсоединения циклопропенона **5** и  $\alpha,\beta$ -ненасыщенных кетонов **6**.<sup>7</sup> Кроме металл-катализируемых реакций, замещенные 2,5-дигидро-2,2'-бифураны образуются в результате реакции нуклеофильного присоединения по Михаэлю винилсульфонов или нитроолефинов **7** к  $\gamma$ -фурилбутенолидам **8** или в результате 5-*эндо-диг*-циклизации *O*-пропаргиламида **9** в присутствии *t*-BuOK.<sup>8,9</sup>

Несмотря на высокую вариативность, хемо- и энантиоселективность разработанных на сегодняшний день методов получения неаннелированного 2,5-дигидро-2,2'-бифуранового каркаса, многие из описанных методов требуют применения труднодоступных исходных соединений, дорогостоящих катализаторов или токсичных реагентов. В связи с этим полагаем, что разработка эффективного метода получения 2,5-дигидро-2,2'-бифуранового каркаса является актуальной задачей. В данной статье мы сообщаем о методе синтеза 2,4-диарил-2,5-дигидро-2,2'-бифуранов

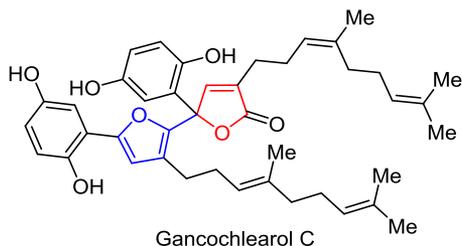
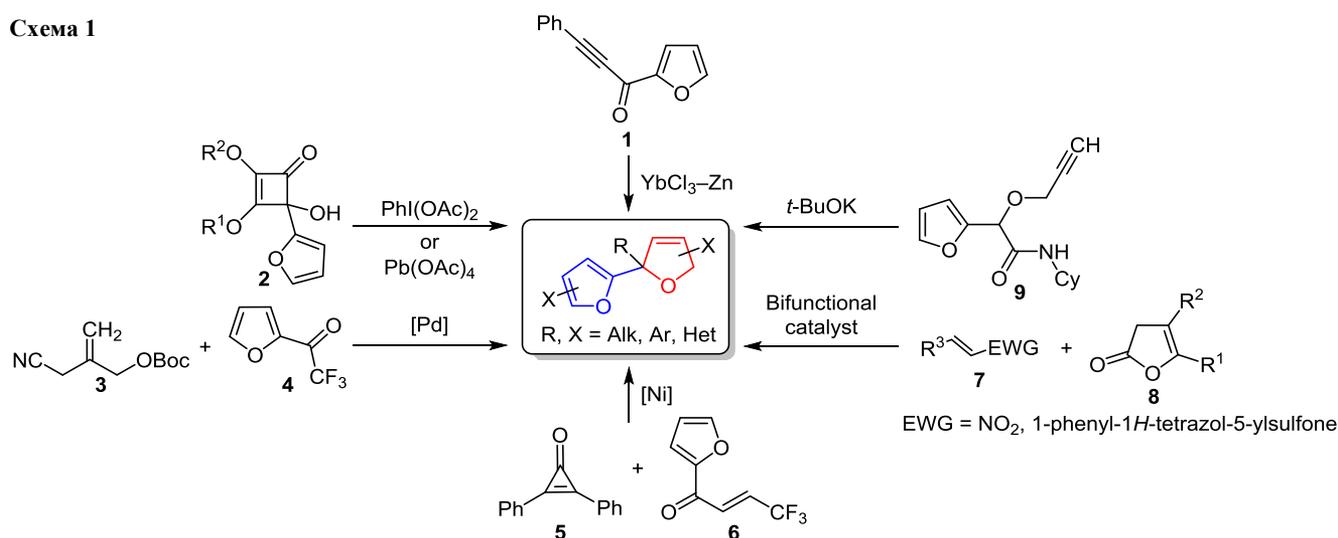


Рисунок 1. Структура ганкоклерола С.

Схема 1



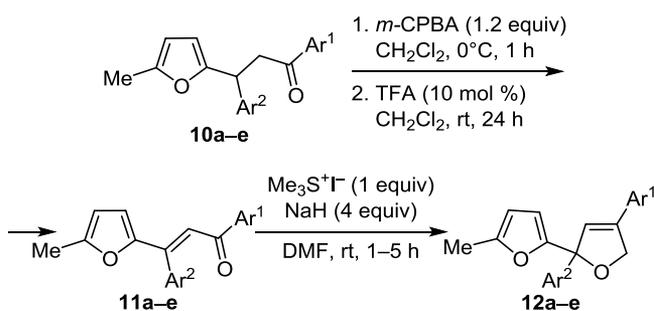
с использованием легкодоступных исходных соединений.

Мы предположили, что построение 2,5-дигидро-2,2'-бифуранового каркаса возможно в результате реализации тандемного процесса: эпоксирирование карбонильной группы  $\alpha,\beta$ -ненасыщенных карбонильных соединений и перегруппировка винилоксирана в дигидрофуран. В качестве метода эпоксирирования мы выбрали реакцию Кори–Чайковского с применением иодида триметилсульфония ( $\text{Me}_3\text{S}^+\text{I}^-$ ), который селективно эпоксирирует карбонильную группу  $\alpha,\beta$ -ненасыщенных карбонильных соединений, в отличие от иодида триметилсульфония ( $\text{Me}_3\text{S}^+(\text{O})\text{I}^-$ ), который, как правило, присоединяется по связи  $\text{C}=\text{C}$  с образованием циклопропана.<sup>10</sup>

Для проверки предположения нами был осуществлен синтез исходных  $\beta$ -фурилхалконов **11a–e**, полученных в виде неразделимой смеси *Z/E*-изомеров. В ходе реакции окисления 2-(3-оксоалкил)фуранов **10a–e** в присутствии *m*-CPBA происходит раскрытие фуранового цикла и образование ненасыщенных 1,4,7-трикетонов, которые при воздействии TFA циклизуются с образованием  $\beta$ -фурилхалконов **11a–e** (табл. 1).<sup>11</sup>

Известно, что реакция Кори–Чайковского происходит под действием оснований в полярных апротонных растворителях при комнатной температуре или при охлаждении.<sup>12</sup> Для определения наиболее эффективных условий протекания реакции при применении  $\text{Me}_3\text{S}^+\text{I}^-$  в качестве модельного субстрата был использован 3-(5-метилфуран-2-ил)-1,3-дифенилпроп-2-ен-1-он (**11a**). Мы установили, что максимальный выход целевого 2,5-дигидро-2,2'-бифурана **12a** получен при проведении реакции в растворе ДМФА при комнатной температуре с использованием избытка NaH. Полная конверсия исходного  $\beta$ -фурилхалкона **11a** достигается в течение 3 ч, и продукт **12a** получают с выходом 76%.

Используя оптимизированные условия реакции, нами был осуществлен синтез серии 2,4-диарил-2,5-дигидро-2,2'-бифуранов **12a–e** с выходами от умеренных до высоких. Варьирование заместителей в бензоильном фрагменте и в  $\beta$ -положении исходных халконов **11a–e**

Таблица 1. Синтез  $\beta$ -фурилхалконов **11a–e** и 2,4-диарил-2,5-дигидро-2,2'-бифуранов **12a–e**

Фуран	Ar <sup>1</sup>	Ar <sup>2</sup>	Продукт*	Выход,** %	Продукт***	Выход,** %
<b>10a</b>	Ph	Ph	<b>11a</b>	90	<b>12a</b>	76
<b>10b</b>	4-Tolyl	Ph	<b>11b</b>	74	<b>12b</b>	89
<b>10c</b>	2-Naphthyl	Ph	<b>11c</b>	94	<b>12c</b>	76
<b>10d</b>	4-MeOC <sub>6</sub> H <sub>4</sub>	Ph	<b>11d</b>	87	<b>12d</b>	66
<b>10e</b>	Ph	4-BrC <sub>6</sub> H <sub>4</sub>	<b>11e</b>	85	<b>12e</b>	68

\* Масштаб реакции – 0.5 ммоль.

\*\* Выход после колоночной хроматографии.

\*\*\* Масштаб реакции – 0.2 ммоль.

не оказывало существенного влияния на выходы целевых продуктов **12a–e** (табл. 1).

Необходимо отметить, что важным условием эффективного протекания реакции является наличие заместителей в  $\beta$ -положении фурилхалконов и арильного заместителя при кетогруппе исходных  $\alpha,\beta$ -ненасыщенных кетонов. В частности, мы определили, что в результате реакции эпоксирирования кетона **13a** соответствующий 2,2'-бифуран **14a** образуется с выходом лишь 32% (схема 2) и помимо целевого продукта в

Схема 2

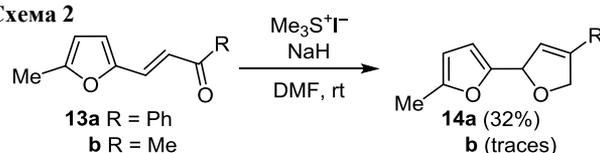
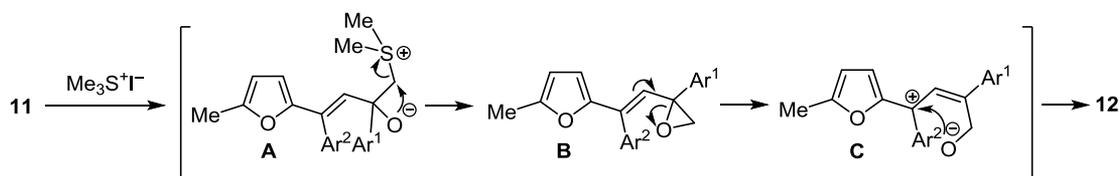


Схема 3



реакционной смеси происходит образование неидентифицируемых продуктов реакции. Также мы установили, что эпексидирование метилкетона **13b** сопровождается образованием продуктов неустановленного строения, при этом соответствующий 2,2'-бифуран **14b** образуется лишь в следовых количествах (схема 2).

Предполагаемый механизм исследуемой реакции включает изначальное 1,2-присоединение  $\text{Me}_3\text{S}^+\Gamma$  по карбонильной группе  $\alpha,\beta$ -ненасыщенных кетонов **11**, приводящее к интермедиату **A**, который трансформируется в оксиран **B**. Раскрытие оксиранового цикла в интермедиате **B** сопровождается образованием цвиттер-иона **C**, который циклизуется с образованием 2,5-дигидрофуранов **12** (схема 3).

Таким образом, мы показали, что функционализированные 2,5-дигидро-2,2'-бифураны могут быть получены с умеренными и высокими выходами из соответствующих  $\beta$ -фурилхалконов в условиях реакции Кори-Чайковского. Разработанная реакция характеризуется простотой методики и доступностью исходных реагентов.

#### Экспериментальная часть

Спектры ЯМР  $^1\text{H}$  и  $^{13}\text{C}$  записаны на спектрометре Bruker Avance III HD 400 (400 и 100 МГц соответственно) при комнатной температуре в  $\text{DMSO}-d_6$  или  $\text{CDCl}_3$ . Внутренний стандарт – остаточные сигналы растворителя ( $\text{CDCl}_3$ : 7.26 м. д. для ядер  $^1\text{H}$ , 77.2 м. д. для ядер  $^{13}\text{C}$ ;  $\text{DMSO}-d_6$ : 2.50 м. д. для ядер  $^1\text{H}$ ; 39.5 м. д. для ядер  $^{13}\text{C}$ ). Масс-спектры высокого разрешения записаны на масс спектрометре Bruker microTOF-QTM ESI-TOF. ГХ/МС записаны на спектрометре Agilent 7890В, оснащённом масс-селективным детектором Agilent 5977А. ТСХ проведена на пластинах Sorbfil. Для очистки реакционных смесей использован силикагель марки Macherey Nagel (40–63 мкм).

Соединения **11a–e**, **13a,b** получены по известным методикам, физико-химические характеристики соответствуют литературным.<sup>11</sup>

**Синтез 2,5-дигидро-2,2'-бифуранов 12a–e и 14a** (общая методика). К раствору 32 мг (0.8 ммоль) 60%  $\text{NaN}$  в 1 мл ДМФА добавляют 40.8 мг (0.2 ммоль)  $\text{Me}_3\text{S}^+\Gamma$  при комнатной температуре. Полученную суспензию перемешивают в течение 10 мин, затем добавляют раствор 0.2 ммоль  $\beta$ -фурилхалкона **11a–e** или кетона **13a** в 1 мл ДМФА. Реакционную смесь перемешивают при комнатной температуре в течение 1–5 ч (контроль реакции методом ТСХ и методами ГХ/МС). После окончания реакции раствор выливают в 10 мл  $\text{H}_2\text{O}$ , добавляют 5 мл насыщенного раствор  $\text{NaCl}$ , экстрагируют  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  (3  $\times$  4 мл) и сушат над безводным  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , растворитель упаривают при пониженном дав-

лении, полученный остаток очищают методом колоночной хроматографии (элюент – петролейный эфир).

**5'-Метил-2,4-дифенил-2,5-дигидро-2,2'-бифуран (12a)**. Выход 46 мг (76%), желтое масло. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  ( $\text{CDCl}_3$ ),  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 2.26 (3H, с,  $\text{CH}_3$ ); 5.17 (1H, д, д,  $^2J = 12.0$ ,  $^4J = 2.2$ ,  $\text{CH}_2$ ); 5.26 (1H, д, д,  $^2J = 12.0$ ,  $^4J = 2.2$ ,  $\text{CH}_2$ ); 5.90 (1H, д,  $^3J = 3.1$ , H Fur); 6.02 (1H, д,  $^3J = 3.1$ , H Fur); 6.49 (1H, т,  $^4J = 2.2$ , =CH); 7.28–7.31 (2H, м, H Ar); 7.33–7.36 (3H, м, H Ar); 7.38–7.41 (3H, м, H Ar); 7.47–7.49 (2H, м, H Ar). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$  ( $\text{CDCl}_3$ ),  $\delta$ , м. д.: 13.1; 74.4; 90.8; 105.5; 108.1; 124.2; 125.3 (2C); 125.5 (2C); 126.8; 127.6 (2C); 127.8; 128.1 (2C); 131.7; 138.6; 142.5; 152.0; 154.0. Найдено,  $m/z$ : 303.1380 [ $\text{M}+\text{H}$ ]<sup>+</sup>  $\text{C}_{21}\text{H}_{19}\text{O}_2$ . Вычислено,  $m/z$ : 303.1372.

**5'-Метил-4-(4-метилфенил)-2-фенил-2,5-дигидро-2,2'-бифуран (12b)**. Выход 56 мг (89%), желтое масло. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  ( $\text{CDCl}_3$ ),  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 2.26 (3H, с,  $\text{CH}_3$ ); 2.35 (3H, с,  $\text{CH}_3$ ); 5.14 (1H, д, д,  $^2J = 12.0$ ,  $^4J = 2.1$ ,  $\text{CH}_2$ ); 5.24 (1H, д, д,  $^2J = 12.0$ ,  $^4J = 2.1$ ,  $\text{CH}_2$ ); 5.89 (1H, д,  $^3J = 3.0$ , H Fur); 6.02 (1H, д,  $^3J = 3.0$ , H Fur); 6.42 (1H, т,  $^4J = 2.1$ , =CH); 7.16 (2H, AA'BB'-система,  $^3J = 7.2$ , H Ar); 7.27–7.29 (3H, м, H Ar); 7.33–7.37 (2H, м, H Ar); 7.48 (2H, AA'BB'-система,  $^3J = 7.2$ , H Ar). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$  ( $\text{CDCl}_3$ ),  $\delta$ , м. д.: 13.8; 21.4; 75.2; 91.5; 106.2; 108.8; 124.0; 126.1 (2C); 126.2 (2C); 127.5; 128.3 (2C); 129.5 (2C); 129.6; 138.5; 139.2; 143.4; 152.7; 154.8. Найдено,  $m/z$ : 317.1536 [ $\text{M}+\text{H}$ ]<sup>+</sup>  $\text{C}_{22}\text{H}_{21}\text{O}_2$ . Вычислено,  $m/z$ : 317.1544.

**5'-Метил-4-(нафтален-2-ил)-2-фенил-2,5-дигидро-2,2'-бифуран (12c)**. Выход 54 мг (76%), светло-желтое масло. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  ( $\text{DMSO}-d_6$ ),  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 2.21 (3H, с,  $\text{CH}_3$ ); 5.21 (1H, д, д,  $^2J = 12.3$ ,  $^4J = 2.1$ ,  $\text{CH}_2$ ); 5.28 (1H, д, д,  $^2J = 12.3$ ,  $^4J = 2.1$ ,  $\text{CH}_2$ ); 6.01 (1H, д,  $^3J = 3.2$ , H Fur); 6.03 (1H, д,  $^3J = 3.2$ , H Fur); 7.01 (1H, т,  $^4J = 2.1$ , =CH); 7.28–7.32 (1H, м, H Ar); 7.36–7.40 (2H, м, H Ar); 7.47–7.49 (2H, м, H Ar); 7.51–7.55 (2H, м, H Ar); 7.79–7.82 (1H, м, H Ar); 7.86 (1H, с, H Ar); 7.89–7.93 (3H, м, H Ar). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$  ( $\text{DMSO}-d_6$ ),  $\delta$ , м. д.: 13.2; 74.2; 90.8; 106.2; 108.2; 124.2; 124.9; 125.6 (2C); 125.9; 126.3; 126.4; 127.2; 127.5; 127.9; 128.0 (2C); 128.1; 129.2; 132.7; 132.9; 138.5; 143.0; 151.6; 154.5. Найдено,  $m/z$ : 353.1536 [ $\text{M}+\text{H}$ ]<sup>+</sup>  $\text{C}_{25}\text{H}_{21}\text{O}_2$ . Вычислено,  $m/z$ : 353.1534.

**5'-Метил-4-(4-метоксифенил)-2-фенил-2,5-дигидро-2,2'-бифуран (12d)**. Выход 44 мг (66%), светло-желтое масло. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  ( $\text{DMSO}-d_6$ ),  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 2.20 (3H, с,  $\text{CH}_3$ ); 3.77 (3H, с,  $\text{OCH}_3$ ); 5.04 (1H, д, д,  $^2J = 12.3$ ,  $^4J = 2.1$ ,  $\text{CH}_2$ ); 5.10 (1H, д, д,  $^2J = 12.3$ ,  $^4J = 2.1$ ,  $\text{CH}_2$ ); 5.98 (2H, уш. с, H Fur); 6.70 (1H, т,  $^4J = 2.1$ , =CH); 6.93–6.95 (2H, м, H Ar); 7.26–7.29 (1H, м, H Ar); 7.34–7.38 (2H, м, H Ar); 7.42–7.44 (4H, м, H Ar). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$  ( $\text{DMSO}-d_6$ ),  $\delta$ , м. д.: 13.2; 55.1; 74.3; 90.7; 106.2; 108.1; 114.0 (2C); 122.7; 124.2; 125.5 (2C); 127.1; 127.5 (2C); 128.0

(2C); 137.8; 143.2; 151.5; 154.7; 159.4. Найдено, *m/z*: 333.1485 [M+H]<sup>+</sup> C<sub>22</sub>H<sub>21</sub>O<sub>3</sub>. Вычислено, *m/z*: 333.1475.

**2-(4-Бромфенил)-5'-метил-4-фенил-2,5-дигидро-2,2'-бифуран (12e)**. Выход 51 мг (68%), желтое масло. Спектр ЯМР <sup>1</sup>H (CDCl<sub>3</sub>), δ, м. д. (*J*, Гц): 2.26 (3H, с, CH<sub>3</sub>); 5.15 (1H, д, д, <sup>2</sup>*J* = 12.1, <sup>4</sup>*J* = 2.1, CH<sub>2</sub>); 5.25 (1H, д, д, <sup>2</sup>*J* = 12.1, <sup>4</sup>*J* = 2.1, CH<sub>2</sub>); 5.90 (1H, д, <sup>3</sup>*J* = 3.1, H Fur); 6.03 (1H, д, <sup>3</sup>*J* = 3.1, H Fur); 6.42 (1H, т, <sup>4</sup>*J* = 2.1, =CH); 7.32–7.40 (7H, м, H Ar); 7.47–7.49 (2H, м, H Ar). Спектр ЯМР <sup>13</sup>C (CDCl<sub>3</sub>), δ, м. д.: 13.8; 75.1; 91.1; 106.3; 109.0; 121.6; 124.2; 126.3 (2C); 127.9 (2C); 128.7; 128.8 (2C); 131.4; 132.1 (2C); 139.7; 142.3; 153.0; 154.0. Найдено, *m/z*: 381.0485 [M+H]<sup>+</sup> C<sub>21</sub>H<sub>18</sub>BrO<sub>2</sub>. Вычислено, *m/z*: 381.0482.

**5'-Метил-4-фенил-2,5-дигидро-2,2'-бифуран (14a)**. Выход 14 мг (32%), светло-желтое масло. Спектр ЯМР <sup>1</sup>H (DMCO-*d*<sub>6</sub>), δ, м. д. (*J*, Гц): 2.24 (3H, с, CH<sub>3</sub>); 4.93 (1H, д, д, <sup>2</sup>*J* = 12.2, <sup>4</sup>*J* = 3.4, <sup>4</sup>*J* = 2.1, CH<sub>2</sub>); 5.02 (1H, д, д, д, <sup>2</sup>*J* = 12.2, <sup>4</sup>*J* = 5.6, <sup>4</sup>*J* = 2.1, CH<sub>2</sub>); 5.86 (1H, д, д, д, <sup>4</sup>*J* = 5.6, <sup>4</sup>*J* = 3.4, <sup>3</sup>*J* = 2.1, CH); 6.02 (1H, д, <sup>3</sup>*J* = 2.1, =CH); 6.24 (1H, д, <sup>3</sup>*J* = 3.0, H Fur); 6.45 (1H, д, <sup>3</sup>*J* = 3.0, H Fur); 7.32–7.36 (1H, м, H Ar); 7.38–7.42 (2H, м, H Ar); 7.47–7.50 (2H, м, H Ar). Спектр ЯМР <sup>13</sup>C (DMCO-*d*<sub>6</sub>), δ, м. д.: 13.2; 73.9; 80.9; 106.3; 108.4; 121.0; 125.9 (2C); 128.2; 128.6 (2C); 131.7; 139.7; 151.6; 152.1. Найдено, *m/z*: 333.0039 [M+Ag]<sup>+</sup> C<sub>15</sub>H<sub>14</sub>AgO<sub>2</sub>. Вычислено, *m/z*: 333.0037.

Файл сопроводительных материалов, содержащий спектры ЯМР <sup>1</sup>H, <sup>13</sup>C соединений **12a–e**, **14a**, доступен на сайте журнала <http://hgs.osi.lv>.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант 19-73-00093).

#### Список литературы

- Cheng, L.-Z.; Qin, F.-Y.; Ma, X.-C.; Wang, S.-M.; Yan, Y.-M.; Cheng, Y.-X. *Molecules* **2018**, 23, 1797.
- (a) Merkushev, A. A.; Makarov, A. S.; Shpuntov, P. M.; Abaev, V. T.; Trushkov, I. V.; Uchuskin, M. G. *Eur. J. Org. Chem.* **2021**, 1274. (b) Zelina, E. Y.; Nevolina, T. A.; Skvortsov, D. A.; Trushkov, I. V.; Uchuskin, M. G. *J. Org. Chem.* **2019**, 84, 13707. (c) Makarov, A. S.; Uchuskin, M. G.; Hashmi, A. S. K. *Chem. Sci.* **2019**, 10, 8583. (d) Zelina, E. Y.; Nevolina, T. A.; Sorotskaja, L. N.; Skvortsov, D. A.; Trushkov, I. V.; Uchuskin, M. G. *J. Org. Chem.* **2018**, 83, 11747. (e) Abaev, V. T.; Trushkov, I. V.; Uchuskin, M. G. *Chem. Heterocycl. Compd.* **2016**, 52, 973. [Химия гетероцикл. соединений **2016**, 973.]
- Takaki, K.; Nagase, K.; Beppu, F.; Shindo, T.; Fujiwara, Y. *Chem. Lett.* **1991**, 20, 1669.
- (a) Yamamoto, Y.; Ohno, M.; Eguchi, S. *J. Org. Chem.* **1994**, 59, 4707. (b) Yamamoto, Y.; Ohno, M.; Eguchi, S. *J. Am. Chem. Soc.* **1995**, 117, 9653. (c) Kurohara, T.; Jiyue, J.; Shibuya, M.; Yamamoto, Y. *Synthesis* **2018**, 1687.
- Ohno, M.; Oguri, I.; Eguchi, S. *J. Org. Chem.* **1999**, 64, 8995.
- Trost, B. M.; Mata, G. *Angew. Chem., Int. Ed.* **2018**, 57, 12333.
- Bai, D.; Yu, Y.; Guo, H.; Chang, J.; Li, X. *Angew. Chem., Int. Ed.* **2020**, 59, 2740.
- (a) Simlandy, A. K.; Mukherjee, S. *Org. Biomol. Chem.* **2016**, 14, 5659. (b) Kumar, V.; Ray, B.; Rathi, P.; Mukherjee, S. *Synthesis* **2013**, 1641.
- Gaied, L. B.; Fincias, N.; Garrec, J.; Kaïm, L. E. *Eur. J. Org. Chem.* **2019**, 7656.
- Xiang, Y.; Fan, X.; Cai, P.-J.; Yu, Z.-X. *Eur. J. Org. Chem.* **2019**, 582.
- (a) Fadeev, A. A.; Uchuskin, M. G.; Trushkov, I. V.; Makarov, A. S. *Chem. Heterocycl. Compd.* **2017**, 53, 1286. [Химия гетероцикл. соединений **2017**, 53, 1286.] (b) Shcherbakov, R. O.; Eshmemet'eva, D. A.; Merkushev, A. A.; Trushkov, I. V.; Uchuskin, M. G. *Molecules* **2021**, 21, 2637.
- (a) Popkov, S. V.; Kovalenko, L. V.; Tashchi, V. P.; Bogel'fer, L. Y. *Russ. Chem. Bull., Int. Ed.* **1994**, 43, 1363. [Изв. АН, Сер. хим. **1994**, 1439.] (b) Li, A.-H.; Dai, L.-X.; Aggarwal, V. K. *Chem. Rev.* **1997**, 97, 2341. (c) Zakharychev, V. V.; Kuzenkov, A. V. *Chem. Heterocycl. Compd.* **2007**, 43, 989. [Химия гетероцикл. соединений **2007**, 1167.]