

Н. Ю. Лисовенко<sup>1\*</sup>, А. В. Дряхлов<sup>1</sup>

**ТРЁХКОМПОНЕНТНЫЙ СИНТЕЗ ДИМЕТИЛОВЫХ ЭФИРОВ  
7-АРИЛ-8-(3-АРИЛХИНОКСАЛИН-2-ИЛ)-2-(R-ИМИНО)-  
9-ОКСО-1,6-ДИОКСАСПИРО[4.4]НОНА-3,7-ДИЕН-  
3,4-ДИКАРБОНОВЫХ КИСЛОТ**

Разработан метод синтеза диметилловых эфиров 7-арил-8-(3-арилхиноксалин-2-ил)-2-(R-имино)-9-оксо-1,6-диоксаспиро[4.4]нона-3,7-диен-3,4-дикарбонновых кислот, основанный на трёхкомпонентной реакции 5-арил-4-(хиноксалин-2-ил)фуран-2,3-дионов, 1-адамантилизоцианида или *o*-метилфенилизоцианида и диметилового эфира ацетилендикарбонновой кислоты.

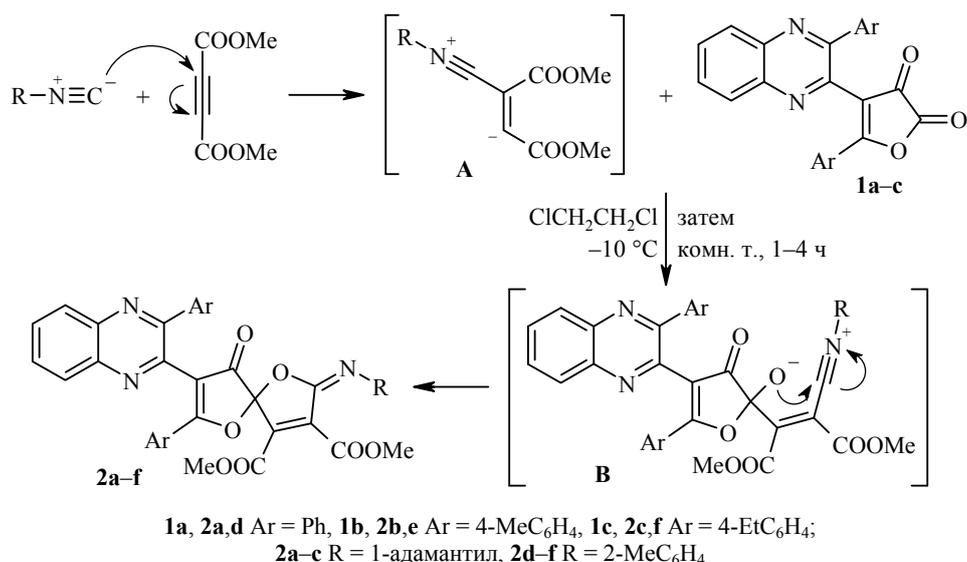
**Ключевые слова:** 5-арил-4-(хиноксалин-2-ил)фуран-2,3-дионы, диметилловые эфиры 7-арил-8-(3-арилхиноксалин-2-ил)-2-(R-имино)-9-оксо-1,6-диоксаспиро[4.4]нона-3,7-диен-3,4-дикарбонновых кислот, диметилловый эфир ацетилендикарбонновой кислоты, изоцианиды, метиловый эфир 2-[5-арил-4-(хиноксалин-2-ил)-3-оксо-2(3*H*)-фуранилиден]уксусной кислоты,  $\gamma$ -спироиминолактоны, многокомпонентная реакция.

Многокомпонентные реакции (МКР) – эффективные и доступные методы синтеза органических соединений. Главным преимуществом этого типа реакций является возможность получения огромного числа производных в одну стадию из простых и доступных исходных соединений [1]. МКР широко используются для решения самых разнообразных практических задач: для поиска новых биологически активных соединений, катализаторов, новых материалов и т. д. Выходы продуктов в таких реакциях в целом высокие, реакции протекают быстро, и, как правило, в мягких условиях. Большие достижения в этой области связаны с использованием изоцианидов, уникальные свойства которых позволили создать необычайно эффективные методы синтеза сложных органических соединений [2–4]. Трёхкомпонентный синтез на основе изоцианидов, карбонильных соединений и эфиров ацетилендикарбонновой кислоты – удачный пример МКР, на основе которой в последнее время получено множество разнообразных гетероциклических соединений [5]. С помощью этой реакции были получены замещённые фураны [6–7], пирролы [8], пираны [9–10] и другие гетероциклические системы, синтез которых другими методами затруднён или вообще невозможен. В литературе имеется только один пример подобной реакции, где в качестве карбонильного компонента выступают фуран-2,3-дионы [11].

Трёхкомпонентной реакцией 5-арил-4-(хиноксалин-2-ил)фуран-2,3-дионов **1a–c** [12], диметилового эфира ацетилендикарбонновой кислоты и 1-адамантилизоцианида или *o*-метилфенилизоцианида [13] в качестве единственных продуктов реакции с высокими выходами нами были получены диметилловые эфиры 7-арил-8-(3-арилхиноксалин-2-ил)-2-(R-имино)-9-оксо-1,6-диоксаспиро[4.4]нона-3,7-диен-3,4-дикарбонновых кислот **2a–f** (табл. 1).

Спиросоединения **2a–f** – жёлтые или бесцветные кристаллы с высокими температурами плавления, хорошо растворимые в хлороформе, плохо растворимые в ацетонитриле, спирте, нерастворимые в воде и алканах.

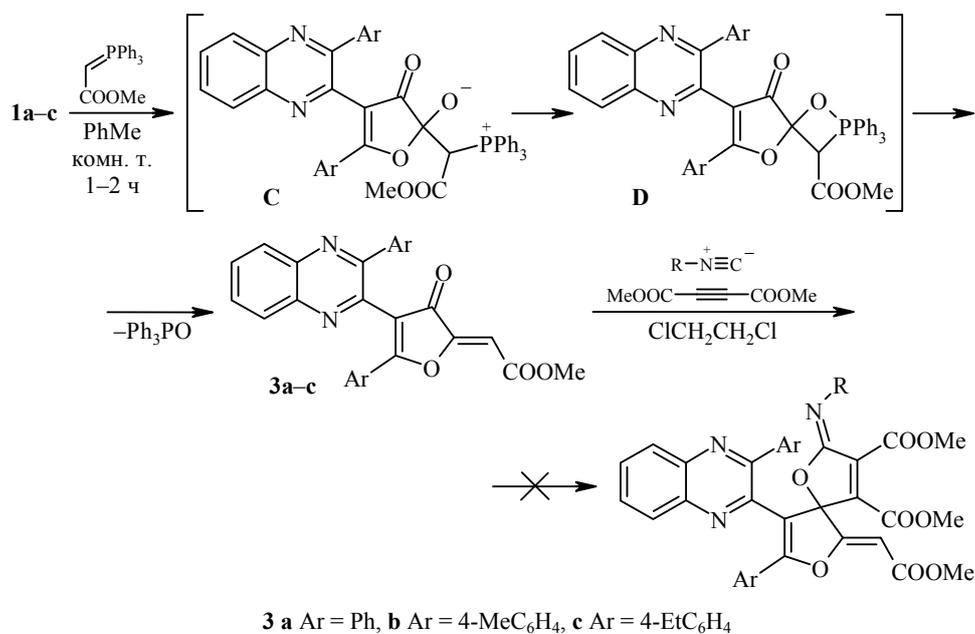
\* Здесь и далее в номере фамилия автора, с которым следует вести переписку, отмечена звёздочкой.



Спектральные характеристики соединений **2a-f** соответствуют таковым для модельных соединений, строение которых подтверждено методом PCA [14] (табл. 2).

Образование соединений **2a-f** происходит, по-видимому, через цвиттер-ионный интермедиат **A**, который атакует лактонный карбонил фуран-2,3-дионов **1a-c** с образованием промежуточного соединения **B**, циклизуемого в дальнейшем в соответствующие спиросоединения **2a-f**.

С целью оценки возможностей реализации альтернативного пути данной реакции (присоединение по кетонному карбонилу фуранового цикла) взаимодействием 5-арил-4-(хиноксалин-2-ил)фуран-2,3-дионов **1a-c** с метокси-карбонилметилтрифенилфосфораном нами были получены новые представители класса замещённых фуран-3-онов – 5-арил-4-(хиноксалин-2-ил)фуран-3-оны **3a-c**.



Физико-химические характеристики синтезированных соединений **2a–f** и **3a–c**

Соединение	Брутто-формула	Найдено, % Вычислено, %			Т. пл., °С	Выход, %
		С	Н	N		
<b>2a</b>	C <sub>41</sub> H <sub>35</sub> N <sub>3</sub> O <sub>7</sub>	<u>72.36</u>	<u>5.24</u>	<u>6.26</u>	269–270	87
		72.23	5.17	6.16		
<b>2b</b>	C <sub>43</sub> H <sub>39</sub> N <sub>3</sub> O <sub>7</sub>	<u>72.63</u>	<u>5.41</u>	<u>5.99</u>	286–287	85
		72.76	5.54	5.92		
<b>2c</b>	C <sub>45</sub> H <sub>43</sub> N <sub>3</sub> O <sub>7</sub>	<u>73.32</u>	<u>5.77</u>	<u>5.79</u>	203–205	89
		73.25	5.87	5.69		
<b>2d</b>	C <sub>38</sub> H <sub>27</sub> N <sub>3</sub> O <sub>7</sub>	<u>71.50</u>	<u>4.35</u>	<u>6.66</u>	145–147	84
		71.58	4.27	6.59		
<b>2e</b>	C <sub>40</sub> H <sub>31</sub> N <sub>3</sub> O <sub>7</sub>	<u>72.21</u>	<u>4.78</u>	<u>6.23</u>	190–191	86
		72.17	4.69	6.31		
<b>2f</b>	C <sub>42</sub> H <sub>35</sub> N <sub>3</sub> O <sub>7</sub>	<u>72.79</u>	<u>5.15</u>	<u>6.12</u>	167–169	93
		72.71	5.09	6.06		
<b>3a</b>	C <sub>27</sub> H <sub>18</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	<u>74.58</u>	<u>4.23</u>	<u>6.40</u>	187–189	71
		74.65	4.18	6.45		
<b>3b</b>	C <sub>29</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	<u>75.33</u>	<u>4.86</u>	<u>6.14</u>	193–195	67
		75.31	4.79	6.06		
<b>3c</b>	C <sub>31</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	<u>75.97</u>	<u>5.33</u>	<u>5.76</u>	152–154	88
		75.90	5.34	5.71		

Соединения **3a–c** – жёлтые кристаллы с высокими температурами плавления, хорошо растворимые в хлороформе, плохо растворимые в ацетонитриле, нерастворимые в воде и гексане (табл. 1).

По-видимому, первоначально происходит нуклеофильная атака метоксикарбонилметилентрифенилфосфорана по лактонному карбонилу фурандионного цикла, приводящая к образованию промежуточного бетаина **C**, перегруппировывающегося в дальнейшем в оксоазофосфетидин **D**, который после элиминирования трифенилфосфиноксида переходит в соединения **3a–c**. Ранее была описана реакция Виттига метоксикарбонилметилентрифенилфосфорана с замещёнными фуран-2,3-диолами, также приводящая к продукту реакции по лактонному карбонилу [15].

Попытки ввести соединения **3a–c** в трёхкомпонентную реакцию с диметиловым эфиром ацетилендикарбоновой кислоты и изоцианидами не увенчались успехом: из реакционной смеси были выделены лишь исходные фуран-3-оны **3a–c**. Причины такого поведения соединений **3a–c**, по-видимому, в стерически затруднённом подходе к кетонному карбонилу фуранового цикла и невысокой активности карбонила сложноэфирной группы.

Таким образом, установлено, что взаимодействие 5-арил-4-(хиноксалин-2-ил)фуран-2,3-дионон, диметилового эфира ацетилендикарбоновой кислоты и изоцианидов приводит к единственным продуктам реакции по лактонному карбонилу фуран-2,3-дионон – диметиловым эфирам 7-арил-8-(3-арилхиноксалин-2-ил)-2-(R-имино)-9-оксо-1,6-диоксапирано[4.4]нона-3,7-диен-3,4-дикарбоновых кислот.

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

ИК спектры записаны на спектрометре ФСМ 1202 в вазелиновом масле. Спектры ЯМР <sup>1</sup>H зарегистрированы на приборе Mercury Plus 300 (300 МГц) в ДМСО-d<sub>6</sub>, внутренний стандарт ГМДС (δ 0.05 м. д.). Спектры ЯМР <sup>13</sup>C зарегистрированы на

спектрометре Mercury Plus 300 (75 МГц) в  $\text{CDCl}_3$  (соединения **2a,b**) и на спектрометре Bruker 500 (125 МГц) в  $\text{DMSO-d}_6$  (соединения **2d,e**), внутренний стандарт ТМС. Масс-спектры записаны на приборе Kratos MS-30 при температуре 200 °С, ионизация ЭУ (70 эВ). Элементный анализ выполнен на анализаторе Leco CHNS-932. Температуры плавления определены на приборе ПТП-2. Индивидуальность полученных соединений подтверждена методом ТСХ на пластинах Sorbfil-TLC-A-UV, элюенты –  $\text{EtOAc}$ , гексан– $\text{EtOAc}$  (5:3 и 5:1), проявление парами иода. Использован коммерчески доступный диметиловый эфир ацетилендикарбоновой кислоты (Sigma-Aldrich). Изоцианиды, используемые в работе, синтезированы по известным методикам [16, 17].

**Получение соединений 2a–f** (общая методика). Раствор 1.1 ммоль соответствующего изоцианида в 10 мл абс. 1,2-дихлорэтана охлаждают до –10 °С, прикапывают охлаждённый до –10 °С раствор 1.0 ммоль 5-арил-4-(хиноксалин-2-ил)фуран-2,3-диона **1a–c** и 1.1 ммоль диметилового эфира ацетилендикарбоновой кислоты в 10 мл абс. 1,2-дихлорэтана. Смесь перемешивают при комнатной температуре в течение 1–4 ч. Растворитель удаляют, остаток закристаллизовывают, растирая с  $\text{EtOH}$ . Синтезированные соединения перекристаллизовывают из  $\text{EtOH}$ .

**Диметиловый эфир 2-(1-адамантилимино)-9-оксо-7-фенил-8-(3-фенилхиноксалин-2-ил)-1,6-диоксаспиро[4.4]нона-3,7-диен-3,4-дикарбоновой кислоты (2a)** синтезируют из 1-адамантилизоцианида и фуран-2,3-диона **1a**. Бесцветные кристаллы. Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$ ,  $\delta$ , м. д.: 29.5, 36.3, 42.1 (С адамантан); 53.0 ( $\text{OCH}_3$ ); 53.1 ( $\text{OCH}_3$ ); 57.0 (С адамантан); 104.2 (С спиро); 114.0; 126.1; 128.1; 128.5; 128.7; 129.3; 129.8; 129.9; 130.0; 130.5; 130.6; 130.7; 131.4; 133.3; 134.6; 138.2; 138.6; 139.6; 141.5; 141.9; 144.5; 145.4; 147.8; 150.5; 154.7 (C=N); 159.4, 161.3, 190.0 (3C=O).

**Диметиловый эфир 2-(1-адамантилимино)-7-(4-метилфенил)-8-[3-(4-метилфенил)хиноксалин-2-ил]-9-оксо-1,6-диоксаспиро[4.4]нона-3,7-диен-3,4-дикарбоновой кислоты (2b)** синтезируют из 1-адамантилизоцианида и фуран-2,3-диона **1b**. Бесцветные кристаллы. Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$ ,  $\delta$ , м. д.: 21.2 ( $\text{CH}_3$ ); 21.7 ( $\text{CH}_3$ ); 29.5, 36.3, 42.1 (С адамантан); 53.0 ( $\text{OCH}_3$ ); 53.1 ( $\text{OCH}_3$ ); 56.9 (С адамантан); 104.1 (С спиро); 113.7; 125.3; 128.1; 128.6; 128.7; 129.1; 129.2; 129.3; 129.7; 130.5; 130.6; 131.2; 133.2; 134.4; 138.3; 138.8; 139.6; 141.6; 141.9; 144.5; 145.6; 147.8; 148.0; 150.5; 154.8 (C=N); 159.6, 161.3, 190.1 (3C=O).

**Диметиловый эфир 2-(1-адамантилимино)-9-оксо-7-(4-этилфенил)-8-[3-(4-этилфенил)хиноксалин-2-ил]-1,6-диоксаспиро[4.4]нона-3,7-диен-3,4-дикарбоновой кислоты (2c)** синтезируют из 1-адамантилизоцианида и фуран-2,3-диона **1c**. Бесцветные кристаллы.

**Диметиловый эфир 2-[(2-метилфенил)имино]-9-оксо-7-фенил-8-(3-фенилхиноксалин-2-ил)-1,6-диоксаспиро[4.4]нона-3,7-диен-3,4-дикарбоновой кислоты (2d)** синтезируют из *o*-метилфенилизоцианида и фуран-2,3-диона **1a**. Жёлтые кристаллы. Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$ ,  $\delta$ , м. д.: 17.4 ( $\text{CH}_3$ ); 53.8 ( $\text{OCH}_3$ ); 54.0 ( $\text{OCH}_3$ ); 104.8 (С спиро); 113.4; 121.2; 124.1; 126.1; 126.2; 126.3; 126.4; 126.7; 128.0; 128.2; 128.3; 128.4; 128.8; 128.9; 129.0; 129.1; 129.2; 130.5; 130.8; 131.5; 134.3; 136.2; 137.3; 139.6; 140.7; 141.1; 141.9; 143.5; 145.4; 150.5; 154.0 (C=N); 158.6, 160.1, 190.9 (3C=O). Масс-спектр,  $m/z$  ( $I_{\text{отн}}$ , %): 637 [ $\text{M}$ ]<sup>+</sup> (100).

**Диметиловый эфир 7-(4-метилфенил)-2-[(2-метилфенил)имино]-8-[3-(4-метилфенил)хиноксалин-2-ил]-9-оксо-1,6-диоксаспиро[4.4]нона-3,7-диен-3,4-дикарбоновой кислоты (2e)** синтезируют из *o*-метилфенилизоцианида и фуран-2,3-диона **1b**. Бесцветные кристаллы. Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$ ,  $\delta$ , м. д.: 17.3 ( $\text{CH}_3$ ); 20.8 ( $\text{CH}_3$ ); 21.2 ( $\text{CH}_3$ ); 53.8 ( $\text{OCH}_3$ ); 53.9 ( $\text{OCH}_3$ ); 104.8 (С спиро); 113.0; 121.3; 124.0; 126.1; 126.4; 126.9; 128.3; 128.4; 128.6; 128.8; 128.9; 129.0; 129.1; 129.8; 129.9; 130.5; 130.6; 131.4; 134.6; 136.2; 137.4; 138.6; 139.6; 140.6; 141.1; 141.8; 143.5; 145.3; 145.5; 150.5; 153.9 (C=N); 158.6, 160.1, 190.0 (3C=O).

**Диметиловый эфир 2-[(2-метилфенил)имино]-7-(4-этилфенил)-8-[3-(4-этилфенил)хиноксалин-2-ил]-9-оксо-1,6-диоксаспиро[4.4]нона-3,7-диен-3,4-дикарбоновой кислоты (2f)** синтезируют из *o*-метилфенилизоцианида и фуран-2,3-диона **1c**. Жёлтые кристаллы.

Спектральные характеристики синтезированных соединений **2a–f** и **3a–c**

Соединение	ИК спектры, $\nu$ , $\text{см}^{-1}$	Спектры ЯМР $^1\text{H}$ , $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц)
<b>2a</b>	1762 ( $\text{CO}_2\text{Me}$ ), 1740 ( $\text{CO}_2\text{Me}$ ), 1723 ( $\text{C}=\text{O}$ ), 1691 ( $\text{C}=\text{N}$ )	1.66–2.06 (15H, м, H Ad); 3.78 (3H, с, $\text{COOCH}_3$ ); 3.89 (3H, с, $\text{COOCH}_3$ ); 7.33–7.99 (12H, м, H Ar, H Ph); 8.16 (1H, д, $J = 8.1$ , H Ar); 8.21 (1H, д, $J = 7.8$ , H Ar)
<b>2b</b>	1752 ( $\text{CO}_2\text{Me}$ ), 1736 ( $\text{CO}_2\text{Me}$ ), 1720 ( $\text{C}=\text{O}$ ), 1704 ( $\text{C}=\text{N}$ )	2.29 (3H, с, $\text{ArCH}_3$ ); 2.32 (3H, с, $\text{ArCH}_3$ ); 1.67–2.07 (15H, м, H Ad); 3.78 (3H, с, $\text{COOCH}_3$ ); 3.89 (3H, с, $\text{COOCH}_3$ ); 7.16 (2H, д, $J = 8.1$ , H Ar); 7.23 (2H, д, $J = 8.1$ , H Ar); 7.38 (2H, д, $J = 7.8$ , H Ar); 7.46 (2H, д, $J = 7.8$ , H Ar); 7.89–7.98 (2H, м, H Ar); 8.17 (1H, д, $J = 8.1$ , H Ar); 8.19 (1H, д, $J = 7.8$ , H Ar)
<b>2c</b>	1760 ( $\text{CO}_2\text{Me}$ ), 1735 ( $\text{CO}_2\text{Me}$ ), 1721 ( $\text{C}=\text{O}$ ), 1705 ( $\text{C}=\text{N}$ )	1.10–1.18 (6H, м, $2\text{CH}_2\text{CH}_3$ ); 1.68–2.07 (15H, м, H Ad); 2.53–2.64 (4H, м, $2\text{CH}_2\text{CH}_3$ ); 3.79 (3H, с, $\text{COOCH}_3$ ); 3.89 (3H, с, $\text{COOCH}_3$ ); 7.15 (2H, д, $J = 8.1$ , H Ar); 7.23 (2H, д, $J = 8.1$ , H Ar); 7.32 (2H, д, $J = 7.8$ , H Ar); 7.43 (2H, д, $J = 7.8$ , H Ar); 7.88–7.98 (2H, м, H Ar); 8.16 (1H, д, $J = 8.1$ , H Ar); 8.19 (1H, д, $J = 7.8$ , H Ar)
<b>2d</b>	1752 ( $\text{CO}_2\text{Me}$ ), 1736 ( $\text{CO}_2\text{Me}$ ), 1723 ( $\text{C}=\text{O}$ ), 1687 ( $\text{C}=\text{N}$ )	2.13 (3H, с, $\text{ArCH}_3$ ); 3.85 (3H, с, $\text{COOCH}_3$ ); 3.99 (3H, с, $\text{COOCH}_3$ ); 7.05–8.22 (18H, м, H Ar, H Ph)
<b>2e</b>	1751 ( $\text{CO}_2\text{Me}$ ), 1736 ( $\text{CO}_2\text{Me}$ ), 1721 ( $\text{C}=\text{O}$ ), 1692 ( $\text{C}=\text{N}$ )	2.15 (3H, с, $\text{ArCH}_3$ ); 2.31 (3H, с, $\text{ArCH}_3$ ); 2.51 (3H, с, $\text{ArCH}_3$ ); 3.83 (3H, с, $\text{COOCH}_3$ ); 3.99 (3H, с, $\text{COOCH}_3$ ); 6.94–7.59 (14H, м, H Ar); 7.95 (1H, д, $J = 8.1$ , H Ar); 8.19 (1H, д, $J = 7.8$ , H Ar)
<b>2f</b>	1756 ( $\text{CO}_2\text{Me}$ ), 1737 ( $\text{CO}_2\text{Me}$ ), 1726 ( $\text{C}=\text{O}$ ), 1690 ( $\text{C}=\text{N}$ )	1.10–1.15 (6H, м, $2\text{CH}_2\text{CH}_3$ ); 2.16 (3H, с, $\text{ArCH}_3$ ); 2.56–2.72 (4H, м, $2\text{CH}_2\text{CH}_3$ ); 3.84 (3H, с, $\text{COOCH}_3$ ); 3.99 (3H, с, $\text{COOCH}_3$ ); 6.92–7.57 (14H, м, H Ar); 7.94 (1H, д, $J = 8.1$ , H Ar); 8.18 (1H, д, $J = 7.8$ , H Ar)
<b>3a</b>	1728 ( $\text{CO}_2\text{Me}$ ), 1703 ( $\text{C}=\text{O}$ )	3.80 (3H, с, $\text{COOCH}_3$ ); 6.09 (1H, с, $=\text{CHCOOMe}$ ); 7.36–7.98 (12H, м, H Ar, H Ph); 8.15 (1H, д, $J = 8.1$ , H Ar); 8.23 (1H, д, $J = 7.8$ , H Ar)
<b>3b</b>	1725 ( $\text{CO}_2\text{Me}$ ), 1709 ( $\text{C}=\text{O}$ )	2.33 (3H, с, $\text{ArCH}_3$ ); 2.38 (3H, с, $\text{ArCH}_3$ ); 3.88 (3H, с, $\text{COOCH}_3$ ); 6.09 (1H, с, $=\text{CHCOOMe}$ ); 7.10 (2H, д, $J = 8.1$ , H Ar); 7.36 (2H, д, $J = 8.1$ , H Ar); 7.43 (2H, д, $J = 7.8$ , H Ar); 7.51 (2H, д, $J = 7.8$ , H Ar); 8.12–8.15 (2H, м, H Ar); 8.21 (1H, д, $J = 8.1$ , H Ar); 8.22 (1H, д, $J = 7.8$ , H Ar)
<b>3c</b>	1723 ( $\text{CO}_2\text{Me}$ ), 1701 ( $\text{C}=\text{O}$ )	1.12–1.18 (6H, м, $2\text{CH}_2\text{CH}_3$ ); 2.54–2.67 (4H, м, $2\text{CH}_2\text{CH}_3$ ); 3.80 (3H, с, $\text{COOCH}_3$ ); 6.06 (1H, с, $=\text{CHCOOMe}$ ); 7.18 (2H, д, $J = 8.1$ , H Ar); 7.32 (2H, д, $J = 8.1$ , H Ar); 7.39 (2H, д, $J = 7.8$ , H Ar); 7.49 (2H, д, $J = 7.8$ , H Ar); 7.89–7.99 (2H, м, H Ar); 8.14 (1H, д, $J = 8.1$ , H Ar); 8.20 (1H, д, $J = 7.8$ , H Ar)

**Получение соединений 3a–c** (общая методика). Раствор 1 ммоль соответствующего 5-арил-4-(хиноксалин-2-ил)фуран-2,3-диона **1a–c** в 5 мл абс. PhMe перемешивают в течение 10 мин, прикапывают раствор 1 ммоль метоксикарбонилметилентрифенилфосфорана в 5 мл абс. PhMe. Смесь перемешивают при комнатной температуре в течение 1–2 ч. Растворитель удаляют (исключение – соединение **3b**, осадок выпадал без удаления растворителя), остаток закристаллизовывают, растирая с MeCN. Синтезированные соединения перекристаллизовывают из MeCN.

**Метилловый эфир 2-[3-оксо-5-фенил-4-(3-фенилхиноксалин-2-ил)-2(3H)-фуранилиден]уксусной кислоты (3a)** синтезируют из фуран-2,3-диона **1a**. Жёлтые кристаллы. Масс-спектр,  $m/z$  ( $I_{\text{отн}}$ , %): 434  $[\text{M}]^+$  (84).

**Метилловый эфир 2-{5-(4-метилфенил)-4-[3-(4-метилфенил)хиноксалин-2-ил]-3-оксо-2(3H)-фуранилиден}уксусной кислоты (3b)** синтезируют из фуран-2,3-диона **1b**. Жёлтые кристаллы. Масс-спектр,  $m/z$  ( $I_{\text{отн.}}$ , %): 462  $[M]^+$  (100).

**Метилловый эфир 2-{3-оксо-5-(4-этилфенил)-4-[3-(4-этилфенил)хиноксалин-2-ил]-2(3H)-фуранилиден}уксусной кислоты (3c)** синтезируют из фуран-2,3-диона **1c**. Жёлтые кристаллы. Масс-спектр,  $m/z$  ( $I_{\text{отн.}}$ , %): 490  $[M]^+$  (21).

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования Пермского края (проект МИГ) и РФФИ (гранты 13-03-96024-р\_урал\_a и 14-03-96012-р\_урал\_a).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Multicomponent Reactions*, J. Zhu, H. Bienayme (Eds.), Wiley-VCH, Weinheim, 2005.
2. I. Ugi, B. Werner, A. Domling, *Molecules*, **8**, 53 (2003).
3. A. Dömling, I. Ugi, *Angew. Chem., Int. Ed.*, **39**, 3168 (2000).
4. А. В. Иващенко, Я. А. Иваненков, В. М. Кисиль, М. Ю. Красавин, А. П. Ильин, *Успехи химии*, **79**, 861 (2010). [*Russ. Chem. Rev.*, **79**, 787 (2010).]
5. A. Shaabani, A. Maleki, A. H. Rezayan, A. Sarvary, *Mol. Diversity*, **15**, 41 (2011).
6. M. H. Mosslemin, M. Anary-Abbasinejad, H. Anaraki-Ardakani, *Synlett*, 2676 (2009).
7. M. A. Terzidis, J. Stephanidou-Stephanatou, C. A. Tsoleridis, *J. Org. Chem.*, **75**, 1948 (2010).
8. V. Nair, J. S. Mathen, S. Viji, R. Srinivas, M. V. Nandakumar, L. Varma, *Tetrahedron*, **58**, 8113 (2002).
9. M. A. Khalilzadeh, Z. Hossaini, M. M. Baradarani, A. Hasannia, *Tetrahedron*, **66**, 8464 (2010).
10. A. Shaabani, E. Soleimani, A. Sarvary, A. H. Rezayan, *Bioorg. Med. Chem. Lett.*, **18**, 3968 (2008).
11. A. A. Esmaeili, H. Vesalipoor, *Synthesis*, 1635 (2009).
12. А. Н. Масливец, Н. Ю. Лисовенко, О. В. Головнина, Е. С. Востров, О. П. Тарасова, *XTC*, 556 (2000). [*Chem. Heterocycl. Compd.*, **36**, 483 (2000).]
13. I. Ugi, U. Fetzer, U. Eholzer, H. Knupfer, K. Offermann, *Angew. Chem., Int. Ed. Engl.*, **4**, 472 (1965).
14. V. Nair, A. U. Vinod, J. S. Nair, A. R. Srekanth, N. P. Rath, *Tetrahedron Lett.*, **41**, 6675 (2000).
15. M. Saçmacı, Ş. H. Üngören, Y. Akçamur, C. Arıç, D. Ülkü, *Heteroat. Chem.*, **16**, 235 (2005).
16. I. Ugi, R. Meyr, *Angew. Chem.*, **70**, 702 (1958).
17. T. Sasaki, S. Eguchi, T. Katada, *J. Org. Chem.*, **39**, 1239 (1974).

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

Поступило 17.07.2013  
После доработки 18.12.2013