

Д. С. Зурабишвили, М. О. Ломидзе<sup>а</sup>, Ш. А. Самсония, А. О. Весквет<sup>б</sup>,  
У. Кацмайер<sup>б</sup>

### СИНТЕЗ И ПРЕВРАЩЕНИЯ НЕКОТОРЫХ 5(6)-(1-АДАМАНТИЛ)БЕНЗИМИДАЗОЛОВ

Синтезирован не описанный в литературе 4-(1-адамантил)-1,2-диаминобензол, на его основе получен ряд новых производных 5(6)-(1-адамантил)бензимидазола. Проведены реакции нитрования, гидрирования и превращения в боковой цепи.

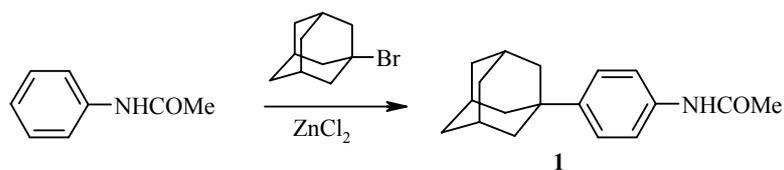
**Ключевые слова:** адамантан, бензимидазол, *о*-фенилендиамин, гидрирование, гидролиз, конденсация, нитрование, циклизация.

Вещества, содержащие в молекуле адамантановый фрагмент, обладают широким спектром биологической активности [1–3]. Ранее [4, 5] нами сообщалось о синтезе и превращении 5(6)-(1-адамантил)бензимидазолов. Синтезированные бензимидазолы испытаны на биоцидную, антигельминтную, противоопухолевую и анти-ВИЧ активности [6, 7], выявлены соединения с названной активностью. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности целенаправленного синтеза бензимидазолов с адамантановыми заместителями. Следовательно, для выявления новых биологически активных соединений синтез адамантансодержащих бензимидазолов, изучение их физико-химических и биологических свойств являются весьма актуальной научной задачей.

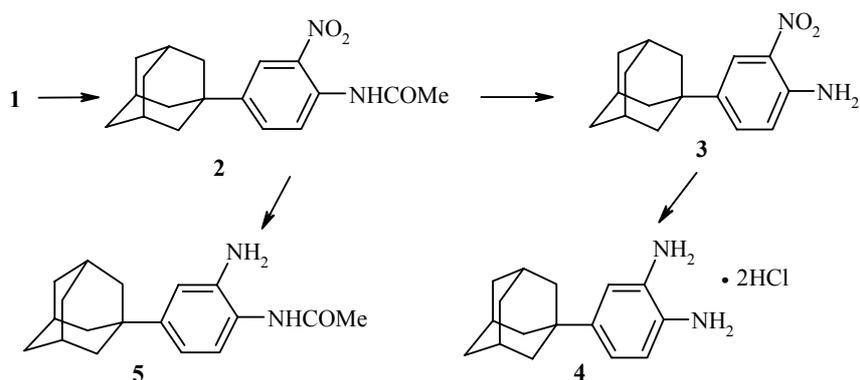
Известно, что для синтеза бензимидазолов основной проблемой является получение соответствующих замещенных *о*-фенилендиамина. Целью нашей работы было нахождение оптимальных условий для получения адамантансодержащего *о*-фенилендиамина. Ключевым реагентом для синтеза 4-(1-адамантил)-1,2-диаминобензола (**4**) является 1-(4-ацетамидофенил)-адамантан (**1**). Известные в литературе [8, 9] способы получения соединения **1** многостадийные, требуют использования ацетанилида в десятикратном избытке и характеризуются другими технологическими трудностями. Авторами [8] было отмечено, что попытка получения соединения **1** взаимодействием 1-бромадамантана с ацетанилидом при использовании катализаторов реакции Фриделя–Крафтса была неудачной.

1-(4-Ацетамидофенил)адамантан (**1**) мы получили алкилированием ацетанилида 1-бромадамантаном в среде тетрахлорэтана или нитробензола в присутствии хлористого цинка [10]. Синтез проводили в одну стадию при 75 °С с использованием эквимолярного соотношения реагентов.

Соединение **1** плавится при 197–199 °С, вместо описанных в литературе при 164–165 [8], 173–175 °С [9]. При нитровании полученного нами продукта **1**

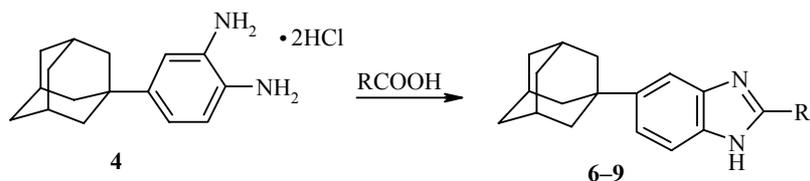


был выделен 1-(4-ацетидамо-3-нитрофенил)адамантан (**2**) с т. пл. 212–214 °С, совпадающей с литературными данными [11, 12]. Омыление соединения **1** приводит к образованию соответствующего анилина, что дополнительно подтверждает правильность структуры **1**.



4-(1-Адамантил)-1,2-диаминобензол (**4**) синтезировали из соединения **1** последовательным нитрованием, гидролизом и восстановлением. Для нитрования адамантана **1** вместо 82%  $\text{HNO}_3$  [11, 12] мы использовали 58–60%  $\text{HNO}_3$ . При нитровании смесью азотной и серной кислот в присутствии ледяной уксусной кислоты и уксусного ангидрида образуется соединение **2**, омылением которого получали нитроанилин **3** [11, 12], а гидрированием – соединение **5**. Восстановление 1-(4-амино-3-нитрофенил)адамантана (**3**) проводили в разных системах, в том числе:  $\text{Fe-NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{Fe-HCl}$ ,  $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ –этанол. Наилучший результат был достигнут при гидрировании молекулярным водородом в абсолютном этаноле в присутствии никеля Ренея. Соединение **4** было переведено в дигидрохлорид из-за высокой способности к окислению.

С целью синтеза новых 5(6)-(1-адамантил)бензимидазолов **6–9** конденсацию соединения **4** с карбоновыми кислотами проводили при нагревании реагентов в соотношении 1:5 и 1:10.

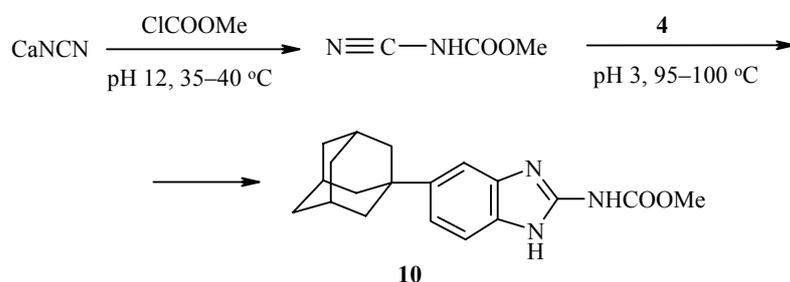


**6** R = 1-Ad; **7** R = *o*-C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>Cl; **8** R = *p*-C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>Cl; **9** R = CH<sub>2</sub>OPh

Основные свойства соединения **4** увеличиваются по сравнению с *o*-фенилендиамином из-за электронодонорных свойств адамантильного радикала. Известно [13], что при нагревании *o*-фенилендиамина с адимантанкарбонической кислотой при атмосферном давлении циклизация бензимидазола не протекает, тогда как конденсация соединения **4** в тех же условиях приводит к продукту циклизации **6** с выходом 97%.

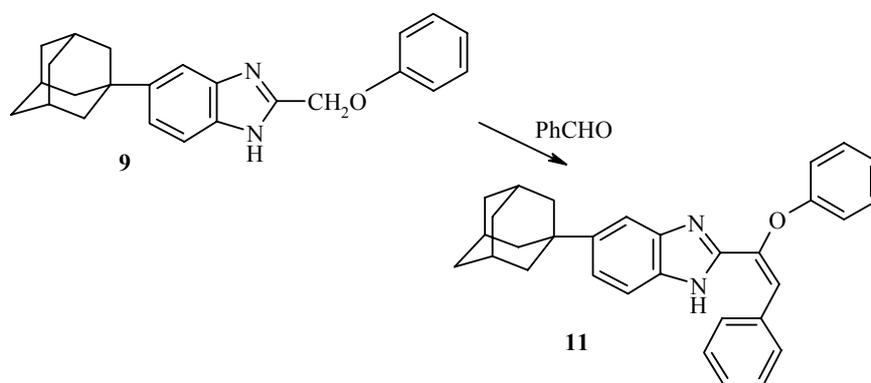
Конденсация соединения **4** с ароматическими кислотами протекает при высокой температуре, например, в случае *para*-хлорбензойной кислоты при 230–240 °С.

Бензимидазолилкарбаматы широко используются для получения фунгицидных и антигельминтных препаратов, однако, большинство из них проявляют эмбриотоксические и тератогенные свойства [14]. С целью уменьшения возможного проявления подобных побочных эффектов мы синтезировали адамантилзамещенный бензимидазолилкарбамат **10** [15].



5(6)-(1-Адамантил)-2-метоксикарбониламинобензимидазол (**10**) синтезирован в две стадии. Установлены оптимальные условия процесса: I стадия – взаимодействие цианмида кальция с метиловым эфиром хлормуравьиной кислоты, pH 12, 35–40 °С; II стадия – взаимодействие N-цианометилкарбамата и соединения **4**, pH 3, 90–100 °С. Продукт **10** образуется с выходом 49%.

С целью изучения подвижности протонов метиленовой группы 5(6)-(1-адамантил)-2-феноксиметилбензимидазола (**9**) проведена реакция конденсации соединения **9** с бензальдегидом при 175–179 °С. В результате был выделен продукт **11** с выходом 50%.



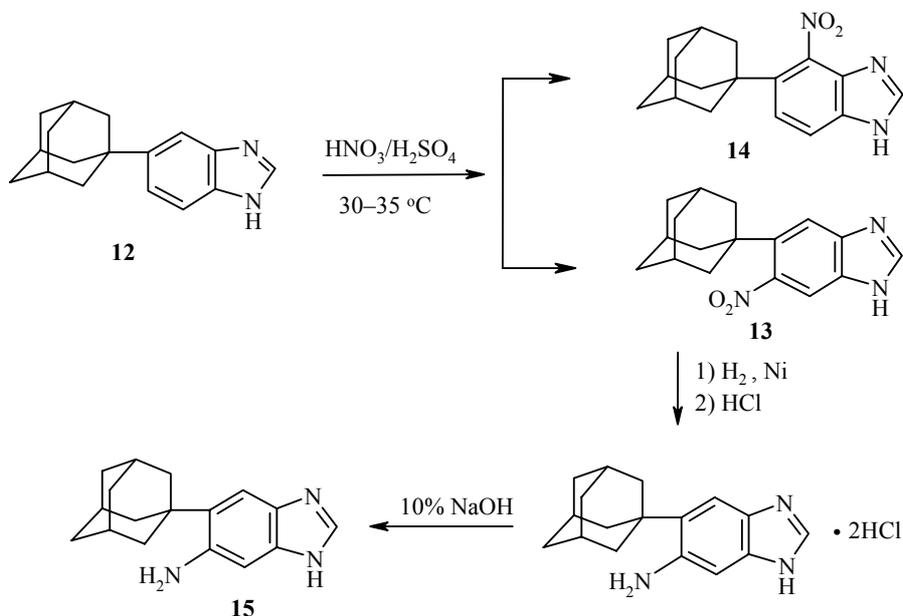
Далее нами была изучена реакция нитрования 5(6)-(1-адамантил)-

бензимидазола (**12**), синтез которого был описан ранее [4]. Положительный индукционный эффект адамантильного радикала способствует увеличению электронной плотности в соответствующих *орто*-положениях, то есть в 4 и 6 положениях бензимидазольного цикла. Это объясняет образование смеси изомеров **13** и **14** в результате реакции нитрования.

Нитрование проводили при 30–35 °С в экспериментально установленных оптимальных соотношениях реагирующих компонентов: бензимидазол–HNO<sub>3</sub>–H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 1:2:6. Выход продуктов нитрования **13** и **14** составил 95%. Перекристаллизацией из этанола с выходом 90% получили продукт **14** с *R<sub>f</sub>* 0.67. Хроматографированием на колонке удалось выделить продукт **13** с *R<sub>f</sub>* 0.79 (выход 4%).

Гидрированием смеси нитропродуктов **13** и **14** в присутствии никеля Ренея в абсолютном этаноле с дальнейшей обработкой HCl выделены дигидрохлориды смеси аминобензимидазолов с выходом 30%. При обработке последних водным раствором 10% NaOH была выделена смесь в виде оснований. После многократной перекристаллизации из смеси хлороформ–гексан удалось отделить менее растворимый изомер **15** с *R<sub>f</sub>* 0.46.

Данные масс-спектров и элементного анализа (таблица) подтверждают состав синтезированных соединений. Строение продуктов подтверждено данными ИК, УФ, ЯМР <sup>1</sup>H спектров. В ИК спектрах соединений **6–15** наблюдаются полосы поглощения, характерные для следующих групп: N–H бензимидазола в области 3460–3100, C–H ароматического кольца (Ar) – 3085–3005, C–H адамантила (Ad) – 2980–2820 см<sup>-1</sup>. В ИК спектре соединения **10** проявляются полосы поглощения, характерные для карбонила сложноэфирной группы при 1700 и 1650 и группы C–O–C при 1270 и 1090 см<sup>-1</sup>. В ИК спектре соединения **11** наблюдается полоса поглощения, характерная для винильной группы C=C при 1640, а также полосы, отвечающие



колебаниям (C=)C–H (3060) и C–O–Ph при 1230 и 1200 см<sup>-1</sup>. В ИК

спектрах соединений **13** и **14** присутствуют полосы поглощения, характерные для групп C–NO<sub>2</sub> (1520, 1320 и 1525, 1330 см<sup>-1</sup> соответственно). В продукте восстановления **15** эти полосы не наблюдаются, но появляются полосы поглощения, характерные для группы NH<sub>2</sub> (3490 и 3380 см<sup>-1</sup>).

В спектрах ЯМР <sup>1</sup>H соединений **6–11**, **13–15** в области 12.84–8.95 м. д. наблюдаются сигналы в виде уширенных синглетов, характерные для групп NH; в области 8.28–6.85 м. д. сигналы в виде синглетов, дублетов, дублета дублетов и мультиплетов, характерные для протонов бензимидазольных и бензольных циклов; в области 3.17–1.70 м. д. сигналы в виде мультиплетов, характерные для протонов адамантильного радикала. В соединении **7** протон, находящийся в *орто*-положении по отношению к атому хлора, проявляется в виде дублета дублетов при 8.26 м. д.; два протона бензимидазольного цикла Н-4 и Н-7 – в виде уширенного синглета и дублета при 7.66 и 7.65 м. д.; протоны Н-4',5',6' и Н-6 проявляются в виде мультиплета в области 7.45–7.29 м. д. В соединении **8** четыре протона бензольного цикла Н-3',5' и Н-2',6' проявляются в виде двух дублета дублетов при 8.16 и 7.61 м. д., соответственно; протон бензимидазольного цикла Н-7 – в виде дублета при 7.58 м. д., сигналы протонов Н-4 и Н-6 – в виде мультиплетов в области 7.47–7.24 м. д. (DMSO-d<sub>6</sub>). В спектре, снятом в CDCl<sub>3</sub>, протон Н-6 проявляется в виде дублета дублетов при 7.36 м. д.,  $J_{6,7} = 8.6$ ,  $J_{6,4} = 1.2$  Гц. В соединении **9** два протона фенильной группы Н-2' и Н-6' проявляются в виде дублета дублетов при 7.33 м. д., а остальные три протона фенильной группы – в виде мультиплета в области 7.05–7.03 м. д. Протоны бензимидазольного цикла Н-4, Н-6, Н-7 проявляются в виде мультиплета в области 7.29–7.25 м. д., протоны метиленовой группы наблюдаются в виде синглета при 5.75 м. д. В соединении **10** протоны бензимидазольного цикла Н-4 и Н-7 проявляются в виде дублетов при 7.54 и 7.48 м. д., соответственно; протон Н-6 – в виде дублета дублетов при 7.42 м. д., а три протона группы CH<sub>3</sub> – в виде синглета при 3.93 м. д. В соединении **11** три протона бензимидазольного цикла и десять протонов фенильных групп проявляются в виде мультиплетов в областях 7.78–7.48, 7.46–6.99 м. д.; протон винильной группы – в виде уширенного синглета при 6.54 м. д. В минорном продукте нитрования **13** протон Н-2 проявляется в виде синглета при 8.22 м. д.; протоны Н-7 и Н-4 – в виде двух дублетов при 8.28 и 8.20 м. д., соответственно, КССВ  $J_{4,7} = 1.6$  Гц указывает на замещение нитрогруппы в положении 6. В продукте нитрования **14** протон Н-2 проявляется в виде синглета при 8.17 м. д.; протоны Н-7 и Н-6 – в виде двух дублетов при 8.15 и 7.76 м. д., соответственно, КССВ  $J_{6,7} = 11$  Гц указывает на замещение нитрогруппы в положении 4. На основании этих данных можно заключить, что, как и в случае 5(6)-гидроксибензимидазола [16], при нитровании 5(6)-(1-адамантил)бензимидазола (**12**) нитрогруппа преимущественно вступает в положение 4 бензимидазольного цикла с образованием соединения **14** с выходом 90%. В соединении **15** протоны Н-2, Н-4 и Н-7 проявляются при 7.91, 7.53 и 6.85 м. д., соответственно, в виде синглетов.

В спектрах ЯМР <sup>13</sup>C соединений **6–11**, **13–15** наблюдаются сигналы, характерные для атомов углерода бензимидазольных и бензольных циклов

в области 95.0–161.0 м. д., 4 пика, характерные для адамантового радикала, – в области 28.2–43.8 м. д., из которых три сигнала соответствуют девяти атомам углерода, а один – одному атому углерода, соединенному с бензимидазолом. Из-за наличия двух адамантовых радикалов в соединении **6** наблюдаются восемь сигналов, характерных для адамантового радикала, при 28.2 (3C), 29.1 (3C), 35.3 (1C), 36.3 (1C), 36.5 (3C), 36.9 (3C), 41.5 (3C), 43.8 м. д. (3C). В соединении **9** кроме полос поглощения адамантового радикала (29.0, 36.3, 36.8, 43.6 м. д.) при 64.2 м. д. находится сигнал, характерный для атома углерода группы CH<sub>2</sub>, и сигналы в области 114.6–157.6 м. д., характерные для атомов углерода бензимидазольных и бензольных циклов. В соединении **10** кроме сигналов адамантового радикала (28.3, 35.8, 36.1, 43.0 м. д.) при 53.1 м. д. находится пик атома углерода группы CH<sub>3</sub>, а пик при 153.8 м. д. относится к атому углерода группы C=O.

#### Характеристики синтезированных соединений

Соединение	Брутто-формула	Найдено, % Вычислено, %			M, г/моль	m/z*
		C	H	N		
<b>1</b>	C <sub>18</sub> H <sub>23</sub> NO	<u>79.96</u>	<u>8.83</u>	<u>5.50</u>	269.39	269
		80.25	8.61	5.20		
<b>2</b>	C <sub>18</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<u>68.96</u>	<u>7.35</u>	<u>8.99</u>	314.39	314
		68.77	7.05	8.91		
<b>3</b>	C <sub>16</sub> H <sub>20</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	<u>70.44</u>	<u>7.30</u>	<u>10.40</u>	272.35	–
		70.56	7.40	10.29		
<b>4•2HCl</b>	C <sub>16</sub> H <sub>24</sub> Cl <sub>2</sub> N <sub>2</sub>	<u>60.95</u>	<u>7.67</u>	<u>8.88</u>	315.29	242 (–2HCl)
		60.46	8.43	8.59		
<b>5</b>	C <sub>18</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O	<u>75.62</u>	<u>8.54</u>	<u>9.93</u>	284.41	284
		76.02	8.51	9.95		
<b>6</b>	C <sub>27</sub> H <sub>34</sub> N <sub>2</sub>	<u>83.98</u>	<u>9.51</u>	<u>7.18</u>	386.58	386
		83.89	8.86	7.25		
<b>7</b>	C <sub>23</sub> H <sub>23</sub> ClN <sub>2</sub>	<u>76.55</u>	<u>6.36</u>	<u>8.21</u>	362.90	362
		76.12	6.39	7.72		
<b>8</b>	C <sub>23</sub> H <sub>23</sub> ClN <sub>2</sub>	<u>75.95</u>	<u>5.81</u>	<u>7.36</u>	362.90	362
		76.12	6.39	7.72		
<b>9</b>	C <sub>24</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub> O	<u>80.38</u>	<u>7.38</u>	<u>7.83</u>	358.49	–
		80.41	7.31	7.81		
<b>10</b>	C <sub>19</sub> H <sub>23</sub> N <sub>3</sub> O <sub>2</sub>	<u>70.53</u>	<u>6.99</u>	<u>12.59</u>	325.41	325
		70.13	7.12	12.91		
<b>11</b>	C <sub>31</sub> H <sub>30</sub> N <sub>2</sub> O	<u>83.46</u>	<u>6.79</u>	<u>6.44</u>	446.59	446
		83.40	6.77	6.27		
<b>13</b>	C <sub>17</sub> H <sub>19</sub> N <sub>3</sub> O <sub>2</sub>	<u>68.42</u>	<u>6.72</u>	<u>13.78</u>	297.36	297
		68.67	6.44	14.13		
<b>14</b>	C <sub>17</sub> H <sub>19</sub> N <sub>3</sub> O <sub>2</sub>	<u>68.33</u>	<u>6.56</u>	<u>13.99</u>	297.36	297
		68.67	6.44	14.13		
<b>15</b>	C <sub>17</sub> H <sub>21</sub> N <sub>3</sub>	<u>76.59</u>	<u>7.87</u>	<u>15.85</u>	267.38	–
		76.37	7.90	15.72		

\* Значения m/z молекулярных ионов [M<sup>+</sup>], по данным масс-спектрометрии с ионизацией электронным ударом.

В спектрах электронного поглощения (далее – спектры УФ) соединений **7**, **8**, **11** наблюдаются полосы поглощения, характерные для производ-

ных бензимидазолов, с  $\lambda_{\text{max}}$  в областях 204–212, 230–249, 253–265, 301–335 нм.

В Национальном институте рака (г. Бетесда, штат Мериленд, США) изучена противоопухолевая и анти-ВИЧ активности соединений **7–9**. Противоопухолевую активность соединений испытывали на 60 разных линиях в тканях 9 видов рака. Анти-ВИЧ активность изучали для выявления соединений, влияющих на репродукционный цикл вируса СПИДа. Анализ основан на гибели Т-4 лимфоцитов, вызванной вирусом СПИДа человека. Соединение **7** оказалось неактивным, а 5(6)-(1-адамантил)-2-(4-хлорфенил)бензимидазол (**8**) и 5(6)-(1-адамантил)-2-феноксиметилбензимидазол (**9**) проявляют слабую *in vitro* цитостатическую активность и подавляющую способность репродукционного цикла ВИЧ.

Полученные результаты свидетельствуют о перспективности дальнейшего целенаправленного синтеза бензимидазолов с адамантановыми заместителями.

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Ход реакций и чистоту веществ контролировали методом ТСХ на пластинках Silufol UV-254, элюент ацетон– $\text{CCl}_4$ , 1:1 (проявление в парах иода). В качестве сорбента для колоночной хроматографии применяли силикагель с размером частиц 100–400 мкм. ИК спектры снимали на спектрофотометре Specord IR-75 в гексахлорбутadiене и вазелиновом масле, УФ спектры – на спектрофотометре Specord UV-vis в этаноле, спектры ЯМР  $^1\text{H}$  и  $^{13}\text{C}$  – на спектрометрах: Brucker-400, Varian UNITY-400 (400 и 100 МГц соответственно) (соединения **9** и **13**) и Tesla BS 567A (100 МГц) (соединения **1**, **2**, **4**, **5** и **14**). Внутренний стандарт ГМДС (для соединений **1** и **2**) и ТМС (для соединений **4–15**). Масс-спектры снимали на спектрометре Ribermag 10-10-B. Метод ионизации – ЭУ, энергия ионизирующих электронов 70 эВ. Температуру плавления измеряли на приборе Voetius с визуальным устройством РНМКО5.

В качестве исходного соединения использовали 1-бромадамантан фирмы Fluka AG, СН-9470 Buchs.

**1-(4-Ацетамидофенил)адамантиан (1)** получают по способу [10] с выходом 80%, т. пл. 197–199 °С (этанол);  $R_f$  0.38 (ацетон– $\text{CCl}_4$ , 1:3). ИК спектр (тонкий слой),  $\nu$ ,  $\text{cm}^{-1}$ : 3295, 3180, 3100 (NH), 3050 (C–H Ar), 2980–2850 (Ad), 1650 (C=O). Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  ( $\text{CDCl}_3$ ),  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 7.76 (1H, с, NH); 7.37, 7.20 (4H, д, д, AA'BB',  $^3J_{2,3} = ^3J_{5,6} = 8.7$ ,  $^4J_{2,6} = ^4J_{3,5} = 3.3$ ); 2.06 (3H, с,  $\text{CH}_3$ ); 2.05–1.69 (15H, м, Ad). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$  ( $\text{CDCl}_3$ ),  $\delta$ , м. д.: 24.2, 28.8, 35.8, 36.7, 43.1, 119.9, 125.2, 135.3, 147.5, 168.4.

**1-(4-Ацетамидо-3-нитрофенил)адамантиан (2)**. К охлажденной смеси 50 г (190 ммоль) амида **1**, 100 мл ледяной уксусной кислоты и 40 мл уксусного ангидрида по каплям добавляют нитрующую смесь, приготовленную из 20 мл (380 ммоль) 59%  $\text{HNO}_3$  и 105 мл (1860 ммоль) 95%  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Смесь перемешивают при комнатной температуре 12 ч, выливают в ледяную воду. Выпавший осадок фильтруют, промывают водой до нейтральной реакции, сушат и получают кристаллы лимонного цвета, выход 52.2 г (90%), т. пл. 212–214 °С (бензол–этанол),  $R_f$  0.81 (ацетон– $\text{CCl}_4$ , 1:3). ИК спектр (тонкий слой),  $\nu$ ,  $\text{cm}^{-1}$ : 3350 (NH), 3090, 3030 (C–H Ar), 2980–2840 (Ad), 1700 (C=O), 1580, 1330 (C–NO<sub>2</sub>). Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  ( $\text{CDCl}_3$ ),  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 10.13 (1H, с, NH); 8.58 (1H, д,  $^3J_{5,6} = 8.8$ , H-5); 8.07 (1H, д,  $^4J_{2,6} = 2.4$ , H-2); 7.59 (1H, д, д,  $^3J_{6,5} = 8.8$ ,  $^4J_{6,2} = 2.4$ , H-6); 2.21 (3H, с,  $\text{CH}_3$ ); 2.06–1.71 (15H, м, Ad). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$  ( $\text{CDCl}_3$ ),  $\delta$ , м. д.: 25.3, 28.6, 35.9, 36.4, 42.7, 121.7, 122.0, 132.3, 132.8, 136.4, 147.1, 168.4.

**1-(4-Амино-3-нитрофенил)адамантан (3).** Выход 89%, т. пл. 224–226 °С (бензол–этанол, 1:1), (т. пл. 218–219 [11] и 222–224 °С [12]).

**Дигидрохлорид 4-(1-адамантил)-1,2-диаминобензола (4).** Раствор 10.57 г (39 ммоль) соединения **3** в 100 мл абсолютного этанола гидрируют в течение 12 ч при 18 °С (730 мм рт. ст.) в присутствии никеля Ренея. Смесь фильтруют, к фильтрату добавляют этанол, насыщенный HCl до pH 1. Смесь выдерживают 1 сут и сухим эфиром осаждают белые кристаллы, которые отфильтровывают, промывают эфиром и сушат. Выход 12 г (98%), т. пл. 258–260 (этанол–эфир) и 266–267 °С (этанол). Дигидрохлорид **4**·2HCl обрабатывают 10% раствором NaOH и получают 4-(1-адамантил)-1,2-диаминобензол (**4**) с т. пл. 135–137 °С в виде белых кристаллов, неустойчивых на воздухе.  $R_f$  0.42 (ацетон–CCl<sub>4</sub>, 1:3). ИК спектр (тонкий слой),  $\nu$ , см<sup>-1</sup>: 3400, 3290, 3230, 1625 (NH<sub>2</sub>); 3040 (C–H Ar), 2990–2850 (Ad); 1275 (C–N). УФ спектр (EtOH),  $\lambda_{\max}$ , нм (lg  $\epsilon$ ): 211 (4.28). Спектр ЯМР <sup>1</sup>H (CD<sub>3</sub>OD),  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 7.67–7.57 (3H, м, C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>); 5.27 (4H, с, 2NH<sub>2</sub>); 2.20–1.80 (15H, м, Ad).

**1-(3-Амино-4-ацетамидофенил)адамантан (5).** Раствор 2.62 г (8 ммоль) нитроамида **2** в 80 мл абсолютного этанола гидрируют в течение 6 ч при 21 °С (736 мм рт. ст.) в присутствии никеля Ренея молекулярным водородом. Выпавший осадок отфильтровывают, растворяют в бензоле, раствор упаривают и выделяют 1.92 г (81%) кристаллов, т. пл. 228–230 °С (бензол–этанол).  $R_f$  0.61 (ацетон–CCl<sub>4</sub>, 1 : 1). ИК спектр (тонкий слой),  $\nu$ , см<sup>-1</sup>: 3380, 3310, 3220 (NH<sub>2</sub>), 3160, 3110 (NH), 3040 (C–H Ar), 2980–2840 (C–H Ad), 1650 (C=O). Спектр ЯМР <sup>1</sup>H (DMCO-d<sub>6</sub>),  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 8.89 (1H, уш. с, NH); 7.16 (1H, д, <sup>3</sup>J<sub>5,6</sub> = 8.2, H-5); 6.83 (1H, д, <sup>4</sup>J<sub>2,6</sub> = 2.1, H-2); 6.64 (1H, д, д, <sup>3</sup>J<sub>6,5</sub> = 8.2, <sup>4</sup>J<sub>6,2</sub> = 2.1, H-6); 3.18 (2H, с, NH<sub>2</sub>); 2.09 (3H, с, CH<sub>3</sub>); 2.07–1.80 (15H, м, Ad).

**2,5(6)-Ди(1-адамантил)бензимидазол (6).** Смесь 1 г (3.17 ммоль) соединения **4** и 5.4 г (30 ммоль) адамантанкарбоновой кислоты нагревают 2 ч при 195–200 °С. Смесь охлаждают, выливают в ледяную воду и обрабатывают 10% раствором NaOH до pH 10. Выпавший осадок выдерживают в щелочной среде до полного перехода избытка кислоты в AdCOONa. Осадок отфильтровывают, промывают водой до нейтральной реакции и сушат. Выход 1.19 г (96%), т. пл. 272–275 °С, расплав кристаллизуется и вновь плавится при 282–284 °С (хлороформ–гексан),  $R_f$  0.44 (ацетон–CCl<sub>4</sub>, 1 : 1). ИК спектр (тонкий слой),  $\nu$ , см<sup>-1</sup>: 3200–3100 (NH), 3040 (C–H Ar), 2980–2840 (Ad). Гидрохлорид, т. пл. 335–336 °С (этанол). Спектр ЯМР <sup>1</sup>H (CDCl<sub>3</sub>),  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 8.95 (1H, уш. с, NH); 7.73–7.33 (2H, м, H-4,7); 7.28 (1H, д, д, <sup>3</sup>J<sub>6,7</sub> = 8.4, <sup>4</sup>J<sub>6,4</sub> = 1.2, H-6); 2.17–2.05 (12H, м, Ad); 2.02–1.91 (6H, м, Ad), 1.85–1.74 (12H, м, Ad). Спектр ЯМР <sup>13</sup>C (CDCl<sub>3</sub>),  $\delta$ , м. д.: 28.2, 29.1, 35.3, 36.3, 36.5, 36.9, 41.5, 43.8, 119.6, 122.8, 126.9, 140.2, 142.5, 146.0, 161.8.

**5(6)-(1-Адамантил)-2-(2-хлорфенил)бензимидазол (7).** Смесь 3.15 г (10 ммоль) дигидрохлорида диамина **4** и 7.85 г (50 ммоль) *o*-хлорбензойной кислоты нагревают 2 ч при 170–180 °С. Смесь охлаждают, добавляют ледяную воду и обрабатывают раствором 10% NaOH до pH 10. Выпавший осадок отфильтровывают, промывают сначала 10% NaOH, а затем водой до нейтральной реакции и сушат. Выход сырого продукта 3.35 г (93%), после перекристаллизации из смеси этанол–вода получают кристаллы кремоватого оттенка, выход 2.6 г (72%). Хроматографированием на колонке (элюент хлороформ) выделяют белые кристаллы с т. пл. 284–285 °С (хлороформ–гексан),  $R_f$  0.84 (ацетон–CCl<sub>4</sub>, 1 : 1). ИК спектр (тонкий слой),  $\nu$ , см<sup>-1</sup>: 3400 (NH), 3050 (C–H Ar), 2980–2840 (Ad), 790, 750 (C–Cl). УФ спектр (EtOH),  $\lambda_{\max}$ , нм (lg  $\epsilon$ ): 211 (4.68), 246 (4.22), 301 (4.25). Спектр ЯМР <sup>1</sup>H (CDCl<sub>3</sub>),  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 10.12 (1H, уш. с, NH); 8.26 (1H, д, д, <sup>3</sup>J<sub>3,4</sub> = 8.5, <sup>4</sup>J<sub>3,5</sub> = 4.3, H-3); 7.66 (1H, уш. с, H-4); 7.65 (1H, д, <sup>3</sup>J<sub>7,6</sub> = 9.3, H-7); 7.45–7.29 (4H, м, H-4',5',6',6); 2.16–2.07 (3H, м, Ad); 2.01–1.89 (6H, м, Ad); 1.86–1.71

(6H, м, Ad). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$  ( $\text{CDCl}_3$ ),  $\delta$ , м. д.: 29.0, 36.5, 36.8, 43.6, 100.0, 114.8, 121.7, 127.1, 127.5, 130.7, 131.3, 131.4, 132.2, 147.9, 148.0.

**5(6)-(1-Адамантил)-2-(4-хлорфенил)бензимидазол (8).** Смесь 3.15 г (10 ммоль) дигидрохлорида диамина **4** и 7.85 г (50 ммоль) *m*-хлорбензойной кислоты нагревают 2 ч при 230–240 °С. Смесь охлаждают, добавляют ледяную воду и обрабатывают раствором 10% NaOH до pH 10. Выпавший осадок отфильтровывают, промывают 10% раствором NaOH и водой до нейтральной реакции, сушат. Выход сырого продукта 3.32 г (91%), после перекристаллизации из смеси этанол–вода получают 2.9 г (80%) кристаллов кремоватого оттенка. Хроматографированием на колонке (элюент хлороформ) выделяют белые кристаллы с т. пл. 173–175 °С (хлороформ–гексан),  $R_f$  0.91 (ацетон– $\text{CCl}_4$ , 1 : 1). ИК спектр (тонкий слой),  $\nu$ ,  $\text{cm}^{-1}$ : 3460 (NH), 3150 (C–H Ar), 2980–2840 (Ad), 820, 780 (C–Cl). УФ спектр (EtOH),  $\lambda_{\text{max}}$ , нм ( $\lg \epsilon$ ): 204 (4.62), 230 (4.2), 249 (4.09), 314 (4.28), 328 пл (4.19). Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  ( $\text{DMSO-d}_6$ ),  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 12.84 (1H, с, NH); 8.16 (2H, д, д,  $^3J_{3,2'} = ^3J_{5,6'} = 8.5$ ,  $^4J_{3,5'} = 2.0$ , H-3',5'); 7.61 (2H, д, д,  $^3J_{2,3'} = ^3J_{6,5'} = 8.5$ ,  $^4J_{2,6'} = 2.0$ , H-2',6'); 7.58 (1H, д,  $^3J_{7,6} = 8.6$ , H-7); 7.47–7.24 (2H, м, H-6,4); 2.12–2.04 (3H, м, Ad); 1.98–1.91 (6H, м, Ad); 1.81–1.71 (6H, м, Ad). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$  ( $\text{DMSO-d}_6$ ),  $\delta$ , м. д.: 28.4, 35.7, 36.2, 43.0, 106.9, 110.6, 114.6, 118.3, 119.3, 127.9, 129.0, 135.0, 143.8, 149.8.

**5(6)-(1-Адамантил)-2-феноксиметилбензимидазол (9).** Смесь 1.55 г (4.92 ммоль) дигидрохлорида диамина **4** и 3.8 г (25 ммоль) феноксиуксусной кислоты нагревают 3 ч при 140–145 °С. Смесь охлаждают, добавляют 10% раствор NaOH до pH 10. Выпавший осадок выдерживают в щелочной среде для полного пере-хода избытка кислоты в натриевую соль. Осадок отфильтровывают, промывают водой до нейтральной реакции. Выход 1.75 г (99%), т. пл. 223–224 °С (метанол),  $R_f$  0.69 (ацетон– $\text{CCl}_4$ , 1 : 1). ИК спектр (тонкий слой),  $\nu$ ,  $\text{cm}^{-1}$ : 3250–3100 (NH), 3040 (C–H Ar), 2960–2840 (C–H Ad), 1230, 1040 (C–O–C). Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  ( $\text{CDCl}_3$ ),  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 7.50 (1H, уш. с, NH); 7.33 (2H, д, д,  $^3J_{2,3'} = ^3J_{6,5'} = 8.8$ ,  $^4J_{2,6'} = 1.6$ , H-2',6'); 7.29–7.25 (3H, м, H-4,6,7); 7.05–7.03 (3H, м,  $\text{C}_6\text{H}_5$ ); 5.75 (2H, с,  $\text{CH}_2$ ), 3.17–2.85 (15H, м, Ad). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$  ( $\text{CDCl}_3$ ),  $\delta$ , м. д.: 29.0, 36.3, 36.8, 43.6, 64.2, 114.6, 120.3, 121.8, 129.7, 144.0, 150.0, 157.6.

**5(6)-(1-Адамантил)-2-(метоксикарбониламино)бензимидазол (10).** К 8.4 г технической 38%  $\text{CaNCN}$  (3.2 г, 40 ммоль) добавляют 25 мл 10% раствора KOH. Смесь охлаждают и при перемешивании по каплям добавляют 3.78 г (40 ммоль) метилового эфира хлоругольной кислоты. Смесь перемешивают 30 мин при pH 12 и 35–40 °С, фильтруют, осадок промывают 10 мл дистиллированной воды. Фильтрат и промывную воду переливают в круглодонную колбу, подкисляют конц. HCl до pH 3 и порциями добавляют 4.8 г (20 ммоль) соединения **4**. Смесь нагревают 3 ч при 95–100 °С, для поддержания pH 3 периодически добавляют конц. HCl. Смесь охлаждают, фильтруют, осадок промывают горячей водой, ацетоном, эфиром и сушат. Выход 3.16 г (49%). С целью очистки переводят в гидрохлорид и опять в основание, т. пл. >330 °С, разлагается (хлороформ). Гидрохлорид, т. пл. >350 °С, разлагается.  $R_f$  0.81 (ацетон– $\text{CCl}_4$ , 1 : 1). ИК спектр (тонкий слой),  $\nu$ ,  $\text{cm}^{-1}$ : 3380 (NH), 3070, 3020 (C–H Ar), 2980–2830 (C–H Ad), 1700, 1650 (C=O), 1275, 1090 (C–O–C). Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  ( $\text{CDCl}_3$ ),  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 7.54 (1H, д,  $^4J_{4,6} = 1.5$ , H-4); 7.48 (1H, д,  $^3J_{7,6} = 8.5$ , H-7); 7.42 (1H, д, д,  $^3J_{6,7} = 8.5$ ,  $^4J_{6,4} = 1.5$ , H-6); 6.05 (2H, уш. с, 2NH); 3.93 (3H, с,  $\text{CH}_3$ ); 2.17–2.09 (3H, м, Ad); 1.96–1.88 (6H, м, Ad); 1.86–1.72 (6H, м, Ad). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$  ( $\text{DMSO-d}_6$ ),  $\delta$ , м. д.: 28.3, 35.8, 36.1, 43.0, 53.1, 99.4, 109.0, 112.7, 120.3, 138.7, 139.8, 146.4, 153.8.

**5(6)-(1-Адамантил)-2-(2-фенил-1-феноксивинил)бензимидазол (11).** Смесь 0.5 г (1.4 ммоль) соединения **9** и 4 мл (39 ммоль) бензальдегида нагревают 5 ч при 175–179 °С. Смесь охлаждают, растворяют в 50 мл эфира и обрабатывают

насыщенным раствором  $\text{NaHCO}_3$ . Эфир промывают водой до нейтральной реакции, сушат над  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , упаривают. Остаток промывают гексаном и перекристаллизуют из гексана. Выход 0.32 г (50%), т. пл. 246–248 °С (гексан),  $R_f$  0.63 (ацетон– $\text{CCl}_4$ , 1 : 1). ИК спектр (тонкий слой),  $\nu$ ,  $\text{cm}^{-1}$ : 3280 (NH), 3060, 3040 (C–H Ar), 2950, 2895, 2840 (C–H Ad), 1640 (C=C), 1230, 1200 (C–O–Ph). УФ спектр (EtOH),  $\lambda_{\text{max}}$ , нм ( $\lg \epsilon$ ): 208 (4.67), 265 (4.15), 332 (4.49). Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  ( $\text{CDCl}_3$ ),  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 9.23 (1H, уш. с, NH); 7.78–7.48 (3H, м,  $\text{C}_6\text{H}_5$ ); 7.46–7.19 (7H, м,  $\text{C}_6\text{H}_5$ ); 7.19–6.99 (3H, м,  $\text{C}_6\text{H}_5$ ); 6.54 (1H, с, =CH); 2.17–2.05 (3H, м, Ad); 2.04–1.86 (6H, м, Ad); 1.83–1.73 (6H, м, Ad). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$  ( $\text{CDCl}_3$ ),  $\delta$ , м. д.: 29.0, 36.7, 36.8, 43.6, 115.2, 123.0, 128.5, 128.7, 129.8, 130.2, 133.3, 133.6, 144.0, 159.2.

**5(6)-(1-Адамантил)-6(5)-нитробензимидазол (13) и 5(6)-(1-адамантил)-4(7)-нитробензимидазол (14).** К 0.39 г (1.5 ммоль) 5(6)-(1-адамантил)бензимидазола (12) при охлаждении и перемешивании по каплям добавляют нитрующую смесь, приготовленную из 0.25 мл (3 ммоль) 59%  $\text{HNO}_3$  и 0.5 мл (9 ммоль) конц.  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Смесь перемешивают 4 ч при 30–35 °С и выливают в ледяную воду. Выпавший осадок отфильтровывают, промывают водой до нейтральной реакции и сушат. Выход смеси двух изомеров **13** и **14** 0.44 г (95%). После перекристаллизации из этанола получают 0.41 г соединения **14** (90%), т. пл. 242–244 °С (этанол),  $R_f$  0.67 (ацетон– $\text{CCl}_4$ , 1 : 1). Соединение **13** остается в фильтрате. Этанол упаривают досуха, остаток хроматографируют на колонке (элюент хлороформ), получают 0.018 г (3.98%) нитропродукта **13**, т. пл. 333–335 °С (хлороформ–гексан),  $R_f$  0.79 (ацетон– $\text{CCl}_4$ , 1 : 1). Соединение **13**. ИК спектр (тонкий слой),  $\nu$ ,  $\text{cm}^{-1}$ : 3300–2700 (NH), 3085, 3025 (C–H Ar), 2950, 2900, 2845 (C–H Ad), 1525, 1330 (C–NO<sub>2</sub>). Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  ( $\text{CDCl}_3$ ),  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 8.28 (1H, д,  $^4J_{7,4} = 1.6$ , H-7); 8.22 (1H, с, H-2); 8.20 (1H, д,  $^4J_{4,7} = 1.6$  H-4); 2.17–1.70 (15H, м, Ad). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$  ( $\text{CDCl}_3$ ),  $\delta$ , м. д.: 28.8, 36.5, 43.5, 94.4, 117.4, 118.6, 124.7, 134.0, 141.5, 142.4. Соединение **14**. ИК спектр (тонкий слой),  $\nu$ ,  $\text{cm}^{-1}$ : 3390 (NH), 3100, 3040 (C–H Ar), 2980–2840 (C–H Ad), 1520, 1320 (C–NO<sub>2</sub>). Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  ( $\text{CDCl}_3$ ),  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 10.6 (1H, уш. с, NH); 8.17 (1H, с, H-2); 8.15 (1H, д,  $^3J_{7,6} = 11$ , H-7); 7.76 (1H, д,  $^3J_{6,7} = 11$ , H-6); 2.14–1.70 (15H, м, Ad).

**5(6)-(1-Адамантил)-6(5)-аминобензимидазол (15).** Раствор 1.12 г (3.7 ммоль) смеси нитропродуктов **13** и **14** в 80 мл абсолютного этанола гидрируют в течение 4 ч при 20 °С (729 мм рт. ст.) в присутствии никеля Ренея. Смесь фильтруют, в фильтрат добавляют этанол, насыщенный HCl до pH 1, выдерживают 1 сут и сухим эфиром осаждают кристаллы, которые промывают эфиром и сушат. Выход 0.38 г (30%), т. пл. >350 °С. С целью выделения продуктов в виде основания, дигидрохлориды обрабатывают 10% раствором NaOH и выделяют 0.27 г смеси аминобензимидазолов с т. пл. 230–235 °С. После многократной перекристаллизации выделяют менее растворимый изомер **15**. Т. пл. 254–256 °С, расплав кристаллизуется и вновь плавится при 264–266 °С (хлороформ–гексан),  $R_f$  0.46 (ацетон– $\text{CCl}_4$ , 1 : 1). ИК спектр (тонкий слой),  $\nu$ ,  $\text{cm}^{-1}$ : 3490, 3380 (NH<sub>2</sub>); 3120 (NH); 3075, 3020 (C–H Ar); 2960, 2910, 2850 (C–H Ad); 1625 (NH деформационные). Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  ( $\text{CDCl}_3$ ),  $\delta$ , м. д.: 7.91 (1H, с, H-2); 7.53 (1H, с, H-4); 6.85 (1H, с, H-7); 4.22 (2H, уш. с, NH<sub>2</sub>); 2.17–2.09 (9H, м, Ad); 1.83–1.75 (6H, м, Ad). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$  ( $\text{DMCO-d}_6$ ),  $\delta$ , м. д.: 28.4, 36.3, 39.9, 99.4, 113.0, 129.0, 130.6, 133.4, 139.3, 142.8.

*Авторы выражают благодарность Министерству просвещения и науки Грузии (Проект № 94), Национальному научному фонду Грузии (грант № GNSF/ST07/4–181) и Немецкому обществу исследования (DFG) за финансовую поддержку, а также выражают благодарность Немецкой службе академического обмена (DAAD) за поддержку сотрудничества и программу обмена между Тбилисским государственным университетом*

им. Ив. Джавахишвили и университетом Заарланда (Германия).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Е. И. Багрий, *Адамантаны: получение, свойства, применение*, Наука, Москва, 1989.
2. И. С. Морозов, В. И. Петров, С. А. Сергеева, *Фармакология адамантанов*, Волгоградская медицинская академия, Волгоград, 2001.
3. N. G. Artsimovich, T. S. Galushina, T. A. Fadeeva, *Intern. J. Immunorehabilitation*, **2**, 54 (2000).
4. М. О. Ломидзе, Д. С. Зурабишвили, Ш. А. Самсония, *ХГС*, 843 (1994). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **30**, 738 (1994)].
5. Д. С. Зурабишвили, М. О. Ломидзе, Ш. А. Самсония, *ХГС*, 1646 (1997). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **33**, 1421 (1997)].
6. М. О. Ломидзе, Автореф. дис. канд. хим. наук, Тбилиси, 2003.
7. Д. С. Зурабишвили, М. О. Ломидзе, И. Н. Гоголашвили, Х. А. Барбакадзе, Л. Ш. Нануашвили, Ю. Ф. Садатерашвили, Б. Г. Читиашвили, С. Н. Схиртладзе, Н. С. Напетваридзе, в кн. *Сб. науч. тр. Груз. гос. зооветеринарного ун-та*, Тбилиси, 2005, т. 65, с. 479.
8. H. Stetter, J. Weber, C. Wulff, *Chem. Ber.*, **97**, 3488 (1964).
9. Ф. Н. Степанов, Е. И. Диколенко, Г. И. Даниленко, *ЖОрХ*, **2**, 640 (1966).
10. Ш. А. Самсония, Д. С. Зурабишвили, М. О. Ломидзе, Пат. Грузии 860; *Офиц. бюл. пром. собств.*, **5**, 19 (1997).
11. Г. И. Даниленко, В. И. Вотяков, О. Т. Андреева, Е. И. Бореко, Л. В. Денисова, М. Н. Шашихина, М. М. Тимофеева, Е. И. Диколенко, Т. Н. Уточка, *Хим.-фарм. журн.*, **10**, вып. 6, 37 (1976).
12. L. Testaferrì, M. Tiecco, P. Spagnolo, P. Zanirato, G. Martelli, *J. Chem. Soc., Perkin Trans. 2*, 662 (1976).
13. T. Sasaki, S. Eguchi, T. Toru, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **42**, 1617 (1969).
14. Ю. С. Цизин, А. М. Бронштейн, *Хим.-фарм. журн.*, **20**, 1171 (1986).
15. *Фунгициды*, под ред. Н. Н. Мельникова, ФАН, Ташкент, 1980, с. 7.
16. Ю. В. Кузнецов, Л. Г. Столярова, В. П. Лезина, Л. Д. Смирнов, *Изв. АН СССР, Сер. хим.*, 2329 (1989).

Тбилисский государственный университет  
им. Ив. Джавахишвили, Тбилиси 0128, Грузия  
e-mail: shotasamsonia@yahoo.de

Поступило 31.08.2006  
После доработки 03.03.2008

<sup>a</sup>Грузинский государственный сельскохозяйственный  
университет, Тбилиси 0131  
e-mail: m.lomidze@dr.com

<sup>b</sup>Заарландский университет,  
Заарбрюкен 66041, Германия  
e-mail: u.kazmaier@mx.uni-saarland.de