

УДК 543.421/.424+547.772.2:78

**НОВЫЕ АРИЛ- И ГЕТАРИЛЗАМЕЩЕННЫЕ 2-ПИРАЗОЛИНА – ПРОИЗВОДНЫЕ АЛЬДЕГИДОВ ИМИДАЗОЛЬНОГО РЯДА**

© 2009 В. Н. Котляр, П. А. Пушкарев, А. П. Шкумат, В. Д. Орлов

В работе предложена усовершенствованная методика синтеза 1-арил-2-(диметиламино)-4-формил-5-хлоримидазолов и на их основе последовательно получены новые пропен-2-оны и 2-пиразолины. Исследованы их физико-химические и спектрально-флуоресцентные свойства.

**Ключевые слова:** ИК-спектроскопия, имидазол, конденсация, 2-пиразолин, УФ-спектроскопия, халкон, ЯМР  $^1\text{H}$ -спектроскопия.

3-Арильные и 3-гетарильные производные 2-пиразолина широко используются, благодаря своим спектрально-люминесцентным свойствам, как оптические отбеливатели, активаторы и сместители спектров в сцинтилляционной технике, активные среды для электрооптических систем [1]; используются в производстве лекарственных препаратов [2, 3], пестицидов и красителей [4, 5]. Эти соединения являются типичной кросс-конъюгированной системой, и взаимосвязь между электронной и пространственной структурой их молекул и спектрально-люминесцентными и биологическими свойствами продолжает привлекать внимание исследователей [3].

Несмотря на широкий круг исследований по синтезу, свойствам и применению замещенных 2-пиразолина, до сих пор остаются мало изученными производные 2-пиразолина имидазольного ряда. Учитывая данные [3], такие соединения могут представлять интерес как потенциальные биологически активные вещества, действующие на ангиотензиновые рецепторы.

Замещенные 4-формилимидазолы были получены недавно [6]. Анализ этой работы и наши предварительные эксперименты показали, что метод синтеза 1-арил-2-диметиламино-5-хлор-4-имидазолкарбальдегидов **1a-d**, предложенный авторами, достаточно трудоёмкий, при этом выход не воспроизводится. Нами было установлено, что температурный режим проведения реакции выбран авторами не совсем удачно. Нагревание реакционной системы при 60-65 °С значительно более приемлемо для спокойного протекания реакции и получения чистого продукта, чем предложенные авторами 80-90 °С, при которых наблюдается непредсказуемая и бурная экзотермическая реакция. При этом процесс следует вести значительно дольше – до полного прекращения выделения азота из промежуточного продукта. При таких изменениях условий проведения реакции продукт получается чистым, не требует препаративного хроматографирования, как это предлагалось в [6].

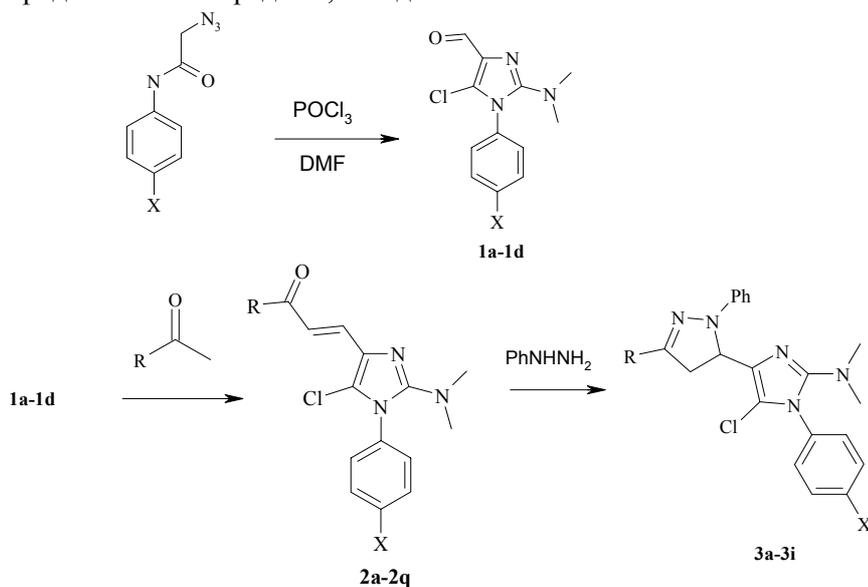
По данным ИК-спектроскопии (см. табл. 1) значения  $\nu_{\text{C=O}}$  сопоставимы с аналогичными характеристиками ароматических альдегидов, поэтому можно было ожидать, что и по реакционной способности они сходны. Действительно альдегиды **1a-d** легко вступают в реакцию конденсации Кляйзена-Шмидта с замещенными ацетофенона и некоторыми гетарилметилкетонами (см. схему и табл. 2) с образованием соответствующих аналогов халкона **2a-q** с выходом 43-72% (после кристаллизации). Следует отметить, что в условиях проведения реакции (растворитель – этанол, катализатор – 20%-ный раствор гидроксида натрия в количестве 1 мл на 30-50 мл реакционной среды) атом хлора в положении 5 имидазольного гетероцикла не претерпевает замещение на окси- или алкокси-группу, что свидетельствует о его относительно слабой подвижности.

Полученные аналоги халкона **2a-q** представляют собой кристаллические вещества, хорошо растворимые в спирте. Данные элементного анализа на содержание в них азота согласуются с расчетными (табл.2). В ИК спектрах этих соединений (табл. 3) легко идентифицируются полосы  $\nu_{\text{C=O}}$  и  $\gamma_{\text{HC=CH}}$ , характерные для ароматических и гетероциклических халконов. Причем отсутствие дублета в области карбонильного поглощения позволяет говорить об одной конформации енонового фрагмента (судя по значениям  $\nu_{\text{C=O}}$  это s-цис). А наличие полосы  $\nu_{(\text{HC=CH})_{\text{транс}}}$  в области 969-990 см<sup>-1</sup> свидетельствует о транс-геометрии молекулы в целом. Более информативны ЯМР  $^1\text{H}$  спектры. В них присутствуют сигналы всех протонсодержащих групп с интегральной интенсивностью, соответствующей предложенной структуре продуктов. Как видно из

данных табл. 3, в спектрах ПМР в области 7.5-8.0 м.д. удается идентифицировать сигналы  $\alpha$  и  $\beta$  протонов пропенонового фрагмента с константой спин-спинового взаимодействия порядка 15 Гц, что подтверждает транс-строение полученных халконов **2a-q** и согласуется с данными ИКС.

Кетоны **2a-q** были введены нами во взаимодействие с фенилгидразином. При кипячении спиртовых растворов указанных реагентов в условиях щелочного катализа легко и с хорошим выходом образуются соответствующие 2-пиразолины **3a-3i** (табл. 4). Полученные новые арил- и гетарилзамещенные 2-пиразолина – производные альдегидов имидазольного ряда являются кристаллическими веществами светло-желтого цвета, хорошо растворимые в большинстве органических растворителей, обладающие интенсивной флуоресценцией в твердом состоянии и в растворах. В ПМР спектрах (табл. 5) в области 2.46 – 2.48 м.д. наблюдаются сигналы протонов, отнесенные нами к сигналам диметиламиногруппы, при 3.39 – 5.34 м.д. присутствуют сигналы, характерные для АМХ системы (с соответствующими константами) [7], что подтверждает наличие 2-пиразолинового цикла. В целом, интегральная интенсивность показывает наличие протонов, соответствующее предложенной структуре продуктов.

Спектры поглощения и флуоресценции пиразолинов **3a-3i** были изучены нами в растворе апротонного полярного растворителя - ацетонитрила (табл. 4). Максимум длинноволновой полосы поглощения находится в области 25100-28400  $\text{см}^{-1}$ , где поглощают 1,3-диарилзамещенные 2-пиразолины. Введенный нами в положение 5 пиразолинового цикла 5-хлор-1-арил-2-диметиламиноимидазолильный радикал изолирован от основной хромофорной системы и проявляется в области более коротких длин волн. Полоса флуоресценции для этих соединений смещена от полос поглощения на 5800-6100  $\text{см}^{-1}$ . Нормальный стоксов сдвиг указывает на то, что за время поглощения и испускания соединения не претерпевает никаких внутримолекулярных превращений. Как и следовало ожидать, соединения **3b,3f,3i**, содержащие серу или бром, имеют существенно более низкое значение квантового выхода флуоресценции, чем у родоначальника ряда **3a**, вследствие влияния тяжелого атома.



#### Схема 1.

**1a** X=H; **1b** X=F; **1c** X=Cl; **1d** X=Br; **2a** X=H, R=C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>; **2b** X=H, R=4-FC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>; **2c** X=H, R=4-O<sub>2</sub>NC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>; **2d** X=H, R=2,4-(CH<sub>3</sub>O)<sub>2</sub>C<sub>6</sub>H<sub>3</sub>; **2e** X=H, R=2-бензтиазолил; **2f** X=H, R=2-бензимидазолил; **2g** X=H, R=4-CH<sub>3</sub>OC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>; **2h** X=H, R=4-BrC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>; **2i** X=H, R=4,4'-дифенил; **2j** X=H, R=2-(5-(2-хлорфенил)тиенил); **2k** X=F, R=C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>; **2l** X=F, R=4-FC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>; **2m** X=F, R=4-O<sub>2</sub>NC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>; **2n** X=F, R=2-бензтиазолил; **2o** X=F, R=2-бензимидазолил; **2p** X=Cl, R=4-ClC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>; **2q** X=Br, R=C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>; **3a** X=H, R=C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>; **3b** X=H, R=4-BrC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>; **3c** X=H, R=4-ClC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>; **3d** X=H, R=4-CH<sub>3</sub>OC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>; **3e** X=H, R=4,4'-дифенил; **3f** X=H, R=2-(5-(2-хлорфенил)тиенил); **3g** X=Cl, R=C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>; **3h** X=Cl, R=4-ClC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>; **3i** X=Br, R=C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>

### Экспериментальная часть

Контроль за ходом реакций и чистотой полученных соединений осуществляют методом ТСХ на пластинах Silufol UV-254, в качестве элюента использовали смеси ацетон-гексан (1:1), этилацетат-толуол(1:1), хлороформ-гексан (1:1), а также чистый хлороформ.

Спектры ЯМР <sup>1</sup>H измерены на приборе Varian VX-200 Mercury (200 МГц) в DMSO-D<sub>6</sub>, внутренний стандарт – ТМС. ИК-спектры получены на спектрофотометре Specord 75 IR в таблетках KBr, электронные спектры поглощения — в растворе ацетонитрила на спектрофотометре “Specord M-40”; спектры флуоресценции — в растворе ацетонитрила на спектрофлуориметре “Hitachi U-3210”. Элементный анализ на содержание азота выполнен по методу Дюма.

**2-(Диметиламино)-1-фенил-4-формил-5-хлоримидазол (1a).** Исходный азид 17.6 г (0.1 моль) растворяют в 30 мл диметилформамида и при охлаждении и перемешивании прибавляют по каплям 27.9 мл (0.3 моль) хлорокиси фосфора. После смесь медленно доводят до комнатной температуры, затем нагревают при 60-65 °С в течение 5-6 часов. Реакционную массу выливают на лед и нейтрализуют гидрокарбонатом натрия до слабощелочной реакции. Выпавший осадок фильтруют, промывают водой. Для очистки продукт растворяют в 20%-ной соляной кислоте, раствор фильтруют и снова подщелачивают гидрокарбонатом натрия. Выход продукта 11.2 г. (55%) с  $T_{пл}=96$  °С.

Аналогично были получены альдегиды **1b-1d** (см. табл. 1).

**Табл. 1.** Свойства и спектральные характеристики альдегидов имидазольного ряда

Соединение	$T_{пл}$ , °С	Выход, %	Брутто-формула	Найдено, N, % Вычислено, N, %	ИКс (в КВГ), $\nu_{(C=O)}$ , $cm^{-1}$	ЯМР $^1H$ (DMSO- $d_6$ ), $\delta$ , м.д., КССВ( $J$ , Гц)
1a	96	55	$C_{12}H_{12}ClN_3O$	$\frac{16.89}{16.83}$	1674	2.51(с, 6H, $N(CH_3)_2$ ); 7.26-7.52(м, 5H, $H_{аром}$ ); 9.70(с, 1H, CHO)
1b	103	65	$C_{12}H_{11}ClFN_3O$	$\frac{15.75}{15.70}$	1677	2.51(с, 6H, $N(CH_3)_2$ ); 7.35(д, 2H, $J=7.2$ ); 7.45(д, 2H, $J=7.6$ ); 9.70(с, 1H, CHO)
1c	100	48	$C_{12}H_{11}Cl_2N_3O$	$\frac{14.83}{14.79}$	1673	2.51(с, 6H, $N(CH_3)_2$ ); 7.27(д, 2H, $J=7.2$ ); 7.48(д, 2H, $J=7.8$ ); 9.78(с, 1H, CHO)
1d	93	40	$C_{12}H_{11}BrClN_3O$	$\frac{12.72}{12.79}$	1669	2.51(с, 6H, $N(CH_3)_2$ ); 7.49(д, 2H, $J=7.1$ ); 7.82(д, 2H, $J=7.8$ ); 9.75(с, 1H, CHO)

**3-[2-(Диметиламино)-1-фенил-5-хлороимидазол-4-ил]-1-фенил-2-пропен-1-он (2a).** К раствору 1 г (4 ммоль) 2-(диметиламино)-1-фенил-4-формил-5-хлоримидазола (**1a**) в 30-40 мл этилового спирта добавляют 0.48 г (4 ммоль) ацетофенона и при перемешивании прибавляют по каплям 1мл 20%-ного водного раствора NaOH. Смесь выдерживают 24 часа при комнатной температуре. Выпавший осадок отфильтровывают и кристаллизуют из этилового спирта. Выход продукта 0.7 г. (50%) с  $T_{пл}=151$  °С.

Аналогично были получены соединения **2b-2d, 2g-2m, 2p, 2q**.

**1-(1,3-Бензотиазол-2-ил)-3-[2-(диметиламино)-1-фенил-5-хлороимидазол-4-ил]-2-пропен-1-он (2e).** Растворяют в 50 мл этилового спирта 1 г (4 ммоль) 2-(диметиламино)-1-фенил-4-формил-5-хлоримидазола (**1a**) и 0.71 г (4 ммоль) 2-ацетилбензотиазола. К смеси прибавляют 1-1.5 мл пиперидина и нагревают до кипения в течение 15-30 мин. Раствор оставляют на несколько часов при комнатной температуре, выпавший осадок отфильтровывают и кристаллизуют из изоамилового спирта. Выход продукта 0.7 г. (43%) с  $T_{пл}=205$  °С

Аналогично было получено соединение **2n**.

**1-(Бензимидазол-2-ил)-3-[2-(диметиламино)-1-фенил-5-хлороимидазол-4-ил]-2-пропен-1-он (2f)** К раствору 1 г альдегида (**1a**) в 50 мл этилового спирта добавляют 0.64 г (4 ммоль) 2-ацетилбензимидазола и при перемешивании прибавляют по каплям 1мл 20%-ного водного раствора NaOH. Смесь выдерживают 24 часа при комнатной температуре, затем подкисляют 5%-ным раствором уксусной кислоты до нейтральной реакции среды. Выпавший осадок отфильтровывают и кристаллизуют из изоамилового спирта. Выход продукта 0.89 г. (57%) с  $T_{пл}=215$  °С.

Аналогично было получено соединение **2o**.

**2-(Диметиламино)-(1,3-дифенил-2-пиразолин-5-ил)-1-фенил-2-хлоримидазол (3a)** Растворяют при нагревании в 35 мл этанола 2 г. (5.6 ммоль) халкона (**2a**), прибавляют 0.6 (5.6 ммоль) фенилгидразина и 5-6 капель 5% раствора NaOH. Смесь нагревают при кипении, контро-

лируя степень превращения реагентов с помощью метода ТСХ. Выпавший осадок отфильтровывают и кристаллизуют из изоамилового спирта. Выход продукта 1.85 г. (75%) с  $T_{пл}$  175 °С.

Аналогично были получены соединения **3b-3i**.

**Табл. 2.** Данные синтеза и элементного анализа халконов имидазольного ряда

Соединение	$T_{пл}$ , °С	Выход, %	Брутто-формула	$\frac{\text{Найдено, N, \%}}{\text{Вычислено, N, \%}}$
2a	151	50	$C_{20}H_{18}ClN_3O$	$\frac{11.97}{11.94}$
2b	126	52	$C_{20}H_{17}ClFN_3O$	$\frac{11.40}{11.36}$
2c	147	69	$C_{20}H_{17}ClN_4O_3$	$\frac{14.15}{14.12}$
2d	136	51	$C_{22}H_{22}ClN_3O_3$	$\frac{10.17}{10.20}$
2e	205	43	$C_{21}H_{17}ClN_4OS$	$\frac{13.73}{13.70}$
2f	215	57	$C_{21}H_{18}ClN_5O$	$\frac{17.85}{17.87}$
2g	104	45	$C_{21}H_{20}ClN_3O_2$	$\frac{10.97}{11.00}$
2h	130	50	$C_{20}H_{17}BrClN_3O$	$\frac{9.73}{9.76}$
2i	166	65	$C_{26}H_{22}ClN_3O$	$\frac{9.87}{9.82}$
2j	157	50	$C_{24}H_{19}Cl_2N_3OS$	$\frac{8.92}{8.97}$
2k	128	68	$C_{20}H_{17}ClFN_3O$	$\frac{11.32}{11.36}$
2l	124	55	$C_{20}H_{16}ClF_2N_3O$	$\frac{10.85}{10.83}$
2m	163	72	$C_{20}H_{16}ClFN_4O_3$	$\frac{13.54}{13.51}$
2n	200	47	$C_{21}H_{16}ClFN_4OS$	$\frac{13.07}{13.12}$
2o	271	53	$C_{21}H_{17}ClFN_5O$	$\frac{17.12}{17.09}$
2p	152	55	$C_{20}H_{16}Cl_3N_3O$	$\frac{10.03}{9.99}$
2q	162	55	$C_{20}H_{17}BrClN_3O$	$\frac{9.80}{9.76}$





**Табл. 5.** Данные спектров ЯМР  $^1\text{H}$  2-пиразолинов имидазольного ряда

Соединение	$\delta$ , м.д., КССВ( $J$ , Гц)
3a	2.46(6H, с, N(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ); 3.39(1H, дд, $J=7.6$ , $J=9.1$ ); 3.81(1H, дд, $J=12.5$ , $J=4.4$ ); 5.27(1H, дд, $J=8.1$ , $J=4.6$ ); 6.74-7.77(15H, м, H <sub>аром</sub> )
3b	2.46(6H, с, N(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ); 3.36(1H, дд, $J=7.9$ , $J=9.5$ ); 3.80(1H, дд, $J=12.7$ , $J=4.7$ ); 5.30(1H, дд, $J=7.9$ , $J=4.6$ ); 6.75-7.70(14H, м, H <sub>аром</sub> )
3c	2.47(6H, с, N(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ); 3.36(1H, дд, $J=8.1$ , $J=9.5$ ); 3.80(1H, дд, $J=12.5$ , $J=4.4$ ); 5.29(1H, дд, $J=8.1$ , $J=4.6$ ); 6.75-7.77(14H, м, H <sub>аром</sub> )
3d	2.47(6H, с, N(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ); 3.36(1H, дд, $J=8.1$ , $J=9.5$ ); 3.78(1H, дд, $J=12.5$ , $J=4.4$ ); 3.79(3H, с, OCH <sub>3</sub> ); 5.20(1H; дд, $J=8.1$ , $J=4.4$ ); 6.71-7.70(14H, м, H <sub>аром</sub> )
3e	2.47(6H, с, N(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ); 3.44(1H, дд, $J=7.6$ , $J=9.8$ ); 3.88(1H, дд, $J=12.7$ , $J=4.2$ ); 5.32(1H; дд, $J=8.1$ , $J=4.9$ ); 6.77-7.87(19H, м, H <sub>аром</sub> )
3f	2.48(6H, с, N(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ); 3.44(1H, дд, $J=8.1$ , $J=9.3$ ); 3.87(1H, дд, $J=12.5$ , $J=4.2$ ); 5.34(1H; дд, $J=7.8$ , $J=4.9$ ); 6.77-7.74(16H, м, H <sub>аром</sub> )
3g	2.47(6H, с, N(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ); 3.38(1H, дд, $J=7.9$ , $J=9.3$ ); 3.81(1H, дд, $J=12.5$ , $J=4.4$ ); 5.30(1H; дд, $J=8.1$ , $J=4.9$ ); 6.76-7.76(14H, м, H <sub>аром</sub> )
3h	2.46(6H, с, N(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ); 3.35(1H, дд, $J=7.3$ , $J=9.5$ ); 3.80(1H, дд, $J=12.5$ , $J=4.4$ ); 5.29(1H; дд, $J=7.8$ , $J=4.6$ ); 6.75-7.76(13H, м, H <sub>аром</sub> )
3i	2.47(6H, с, N(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ); 3.39(1H, дд, $J=7.6$ , $J=9.5$ ); 3.80(1H, дд, $J=12.7$ , $J=4.4$ ); 5.27(1H; дд, $J=7.8$ , $J=4.6$ ); 6.76-7.77(14H, м, H <sub>аром</sub> )

### Литература

1. Красовицкий Б.М., Афанасиади Л.М. Моно- и бифлуорофоры. Харьков. Фолио. 2002. 192 с.
2. Chebanov V.A., Desenko S.M., Gurley T.W. Azaheterocycles Based on  $\alpha,\beta$ -Unsaturated Carbonyls. Springer Berlin Heidelberg. 2008
3. Wu F., Tian W., Zhang Z., Ma Y., Li G., Shen J., Zhang L., Zhang B., Cao Y. Organic Electroluminescent Device Based on Balanced Carriers Injection and Transportation. Thin Solid Films. 2000. Vol. 363. P. 214-217.
4. Yar M. S., Ali M. A., Sriram D. and Yogeewari P. Synthesis and Antimicrobial Activity of 3-(4H-Hydroxy-3H-methylphenyl)-5-[(substituted) phenyl]- 4,5-dihydro -1H-1-pyrazolyl-4-pyridylmethanone derivatives. Polish Pharmaceutical Society. Acta Poloniae Pharmaceutica Drug Research. 2006. Vol. 63. № 6. P. 491- 496.
5. Shekarchi M., Pirali-Hamedani M., Navidpour L., Adib N. and Shafiee A. Synthesis, Antibacterial and Antifungal Activities of 3-Aryl-5-(pyridin-3-yl)-4,5-dihydropyrazole-1-carbothioamide Derivatives. J. Iran. Chem, Soc. 2008. Vol. 5. № 1. P. 150-158.
6. Джилкрист Т. Химия гетероциклических соединений. М.: Мир. 1996. 464 с.
7. Keenan R.M., Weinstock J., Finkelstein J. A. *etc.* Potent Nonpeptide Angiotensin II Receptor Antagonists. Part 2. 1-(Carboxybenzyl)imidazole-5-acrylic Acids. J. Med. Chem. 36. 1993. P. 1880-1892.
8. Majo V. J. and Perumal P. T. Intramolecular Cyclization of Azides by Iminium Species. A Novel Method for the Construction of Nitrogen Heterocycles under Vilsmeier Conditions. J. Org. Chem. Vol. 63. №. 21. 1998. P. 7136-7142.
9. Воловенко Ю.М., Туров О.В. Ядерный магнитный резонанс. Київ. Ірпінь: ВТФ "Перун". 2007. 480 с.

*Поступила в редакцию 23 октября 2009 г.*

В. М. Котляр, П. А. Пушкарьов, А. П. Шкумат, В. Д. Орлов. Нові арил- та гетарил заміщені 2-піразоліну – похідні альдегідів імідазольного ряду.

У роботі запропонована вдосконалена методика синтезу 1-арил-2-(диметиламіно)-4-форміл-5-хлорімідазолів та на їх основі послідовно отримані нові пропен-2-они і 2-піразоліни. Досліджені їх хімічні та спектрально-флуоресцентні властивості.

**Ключові слова:** імідазол, ІЧ-спектроскопія, конденсація, 2-піразолін, УФ-спектроскопія, халкон, ЯМР <sup>1</sup>H-спектроскопія.

V. N. Kotlyar, P. A. Pushkaryov, A. P. Shkumat, V. D. Orlov. New aril- and hetarilsubstitutes of 2-pyrosoline: aldehyde derivatives of imidazole series.

In this work we offer an improved method of synthesis of 1-aril-2-(dimethylamino)-4-formil-5-chloroimidazoles and systematically used it to get new propen-2-on and 2-pyrosolines. Their chemical and spectrum-fluorescent properties was studied.

**Key words:** chalkon, condensation, imidazole, NMR <sup>1</sup>H-spectroscopy, IR-spectroscopy, 2-pyrazoline, UV-spectroscopy.

Kharkov University Bulletin. 2009. №870. Chemical Series. Issue 17(40).

Табл. 3. Спектральные характеристики халконов имидазольного ряда

Соед.	ИК-спектры (в KBr)		ЯМР $^1\text{H}$ (DMSO- $d_6$ ), $\delta$ , м.д., КССВ( $J$ , Гц)
	$\nu_{(\text{C}=\text{O})}$ , $\text{cm}^{-1}$	$\gamma_{(\text{H}-\text{C}=\text{N})\text{транс}}$ , $\text{cm}^{-1}$	
2a	1654	970	2.60(с, 6H, N(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ); 7.52(д, 1H, $J=14.9$ ); 7.47-8.00(м, 12H, H <sub>аром</sub> <sup>+</sup> -HC=CH-)
2b	1658	969	2.58(с, 6H, N(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ); 7.52 (д, 1H, $J=14.9$ ); 7.59 (д, 1H, $J=14.9$ ); 7.34-8.09(м, 9H, H <sub>аром</sub> )
2c	1655	969	2.60(с, 6H, N(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ); 7.51(д, 1H, $J=14.9$ ); 7.55 (д, 1H, $J=14.9$ ); 7.46-8.36(м, 9H, H <sub>аром</sub> )
2d	1658	970	2.57(с, 6H, N(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ); 3.84(с, 3H, OCH <sub>3</sub> ); 3.87(с, 3H, OCH <sub>3</sub> ); 7.3(д, 1H, $J=15.4$ ); 7.45(д, 1H, $J=15.4$ ); 6.62-7.60(м, 8H, H <sub>аром</sub> )
2e	1662	985	2.62(с, 6H, N(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ); 7.74 (д, 1H, $J=15.4$ ); 7.93 (д, 1H, $J=15.4$ ); 7.49-8.31(м, 9H, H <sub>аром</sub> )
2f	1643	969	2.62(с, 6H, N(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ); 7.68 (д, 1H, $J=15.4$ ); 8.06 (д, 1H, $J=15.4$ ); 7.23-7.71(м, 9H, H <sub>аром</sub> )
2g	1651	970	2.59(с, 6H, N(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ); 3.85(с, 3H, OCH <sub>3</sub> ); 7.50(д, 1H, $J=14.9$ ); 7.59(д, 1H, $J=14.9$ ); 7.07-8.01(м, 9H, H <sub>аром</sub> )
2h	1654	972	2.60(с, 6H, N(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ); 7.52 (д, 1H, $J=14.9$ ); 7.58(д, 1H, $J=14.9$ ); 7.46-8.00(м, 9H, H <sub>аром</sub> )
2i	1665	979	2.61(с, 6H, N(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ); 7.43-8.10(м, 16H, H <sub>аром</sub> <sup>+</sup> -HC=CH-)
2j	1635	984	2.61(с, 6H, N(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ); 7.45-8.08(м, 13H, H <sub>аром</sub> <sup>+</sup> -HC=CH-)
2k	1656	990	2.60(с, 6H, N(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ); 7.52 (д, 1H, $J=14.9$ ); 7.58 (д, 1H, $J=14.9$ ); 7.42-8.00(м, 9H, H <sub>аром</sub> )
2l	1658	970	2.60(с, 6H, N(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ); 7.52(д, 1H, $J=14.9$ ); 7.57 (д, 1H, $J=14.9$ ); 7.35-8.10(м, 7H, H <sub>аром</sub> )
2m	1657	984	2.61(с, 6H, N(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ); 7.52 (д, 1H, $J=15.4$ ); 7.56 (д, 1H, $J=15.4$ ); 7.43-8.37(м, 8H, H <sub>аром</sub> )
2n	1662	970	2.62(с, 6H, N(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ); 7.73 (д, 1H, $J=15.4$ ); 7.92 (д, 1H, $J=15.4$ ); 7.43-8.30(м, 8H, H <sub>аром</sub> )
2o	1660	969	2.62(с, 6H, N(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ); 7.70 (д, 1H, $J=15.4$ ); 8.03 (д, 1H, $J=15.4$ ); 7.33-7.68(м, 8H, H <sub>аром</sub> )
2p	1655	970	2.62(с, 6H, N(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ); 7.54 (д, 1H, $J=14.7$ ); 7.57 (д, 1H, $J=14.7$ ); 7.57-8.04(м, 8H, H <sub>аром</sub> )
2q	1654	970	2.63(с, 6H, N(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ); 7.54 (д, 1H, $J=14.9$ ); 7.61 (д, 1H, $J=14.9$ ); 7.48-8.02(м, 9H, H <sub>аром</sub> )

Табл.4. Данные синтеза, элементного анализа и спектральные характеристики 2-пиразолинов имидазольного ряда

Соединение	T <sub>пл.</sub> , °C	Выход, %	Брутто-формула	Найдено, N, % Вычислено, N, %	Спектры поглощения и флуоресценции					
					$\nu_{\text{погл.}}$ $\cdot 10^{-3}, \text{см}^{-1}$	$\lambda_{\text{погл.}}$ нм	$\nu_{\text{флуор.}}$ $\cdot 10^{-3}, \text{см}^{-1}$	$\lambda_{\text{флуор.}}$ нм	$\Delta \nu^*$ , $\cdot 10^{-3}, \text{см}^{-1}$	$\phi^{**}$
3a	175	75	C <sub>26</sub> H <sub>24</sub> ClN <sub>5</sub>	<u>15.81</u> 15.85	28.1	356	22.0	455	6.1	0.54
3b	185	65	C <sub>26</sub> H <sub>23</sub> BrClN <sub>5</sub>	<u>13.40</u> 13.45	27.3	366	21.4	467	5.9	0.18
3c	201	70	C <sub>26</sub> H <sub>23</sub> Cl <sub>2</sub> N <sub>5</sub>	<u>14.68</u> 14.70	27.4	365	21.5	465	5.9	0.42
3d	179	73	C <sub>27</sub> H <sub>26</sub> ClN <sub>5</sub> O	<u>14.87</u> 14.84	28.4	352	22.7	441	5.7	0.60
3e	180	47	C <sub>32</sub> H <sub>28</sub> ClN <sub>5</sub>	<u>13.55</u> 13.52	26.7	375	20.8	481	5.9	0.38
3f	170	45	C <sub>30</sub> H <sub>25</sub> Cl <sub>2</sub> N <sub>5</sub> S	<u>12.58</u> 12.54	25.1	398	19.4	515	5.7	0.15
3g	199	70	C <sub>26</sub> H <sub>23</sub> Cl <sub>2</sub> N <sub>5</sub>	<u>14.73</u> 14.70	28.0	357	21.9	457	6.1	0.35
3h	216	49	C <sub>26</sub> H <sub>22</sub> Cl <sub>3</sub> N <sub>5</sub>	<u>13.74</u> 13.71	27.4	365	21.5	465	5.9	0.40
3i	198	73	C <sub>26</sub> H <sub>23</sub> BrClN <sub>5</sub>	<u>13.41</u> 13.45	28.1	356	22.0	455	6.1	0.07

\*- Стоксов сдвиг;

\*\* - Квантовый выход