

А. М. Буров, Н. В. Пчелинцева, О. В. Федотова

### ЭЛЕКТРОННЫЕ СПЕКТРЫ ПОГЛОЩЕНИЯ СОЛЕЙ ПИРИЛИЯ И БЕНЗОДИГИДРОХРОМЕНИЛИЯ

Впервые рассмотрены электронные спектры поглощения солей бензодигидро-, тетрагидрохроменилия и дихлорпирилия. Отмечено, что внутримолекулярный перенос заряда происходит, главным образом, между заместителем в положении 4 пирилиевого кольца и  $\pi$ -системой катиона в целом, а величина батохромного сдвига существенно зависит от геометрии молекулы. Показано влияние атомов хлора на вид спектров при введении их в кольцо катиона пирилия и в арильные заместители.

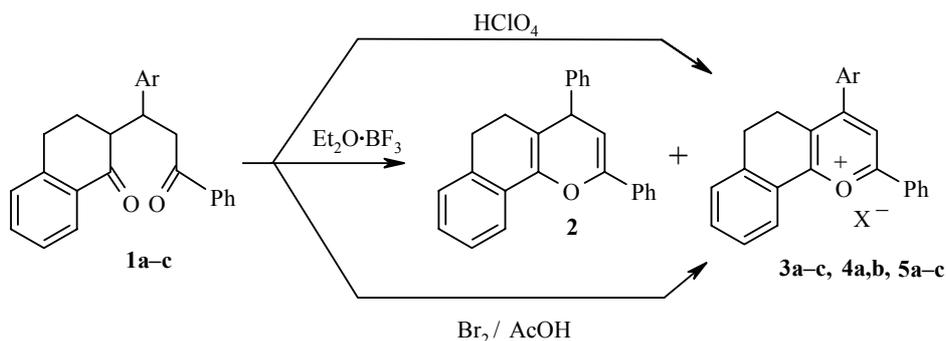
**Ключевые слова:** 1,5-дикетоны, соли бензодигидрохроменилия, хлорзамещенные соли пирилия, внутримолекулярный перенос заряда.

Соли пирилия проявляют исключительно интересные оптические свойства, что обусловлено, главным образом, строением катиона, имеющего в своем составе электроотрицательный атом кислорода. Это открывает широкие возможности по применению солей пирилия в качестве флюоресцентных материалов, фотосенсибилизаторов, органических фотопроводников и полупроводников [1].

Известно, что полосы поглощения в спектрах незамещенного катиона пирилия при  $\lambda_{\max}$  269 и 219 нм соответствуют  $\pi \rightarrow \pi^*$ -переходам. Введение арильных заместителей в положения 2,4,6 пирилиевого кольца усложняет картину спектра интенсивными полосами поглощения в его длинноволновой части ( $\lambda_{\max}$  350–450 нм) [2, 3]. При этом считается, что отмеченные полосы соответствуют переходам с внутримолекулярным переносом заряда от арильного заместителя к катиону. Наибольшее влияние на эти переходы оказывает заместитель при атоме С-4 пирилиевого цикла, поскольку по симметрии отсутствуют препятствия для изменения плотности заряда на атомах  $\pi$ -системы и происходит накопление электронной плотности на гетероатоме [4, 5].

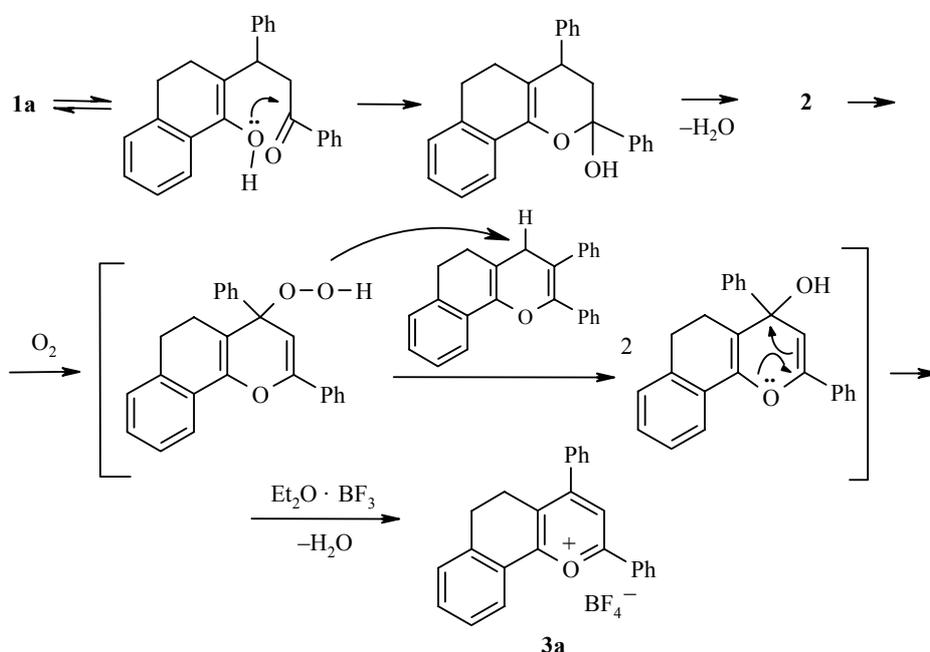
С целью выяснения природы указанных полос поглощения и влияния геометрии молекулы (протяженности  $\pi$ -системы и ее характера) на их параметры нами были изучены электронные спектры ряда солей пирилия, тетрагидро- и бензодигидрохроменилия.

Фторбораты 2-фенил-4-*R*-7,8-дигидрохроменилия **3a–c** получены нами при взаимодействии пропанонилтетрагидронафталинонов **1a–c** с эфиром трехфтористого бора в различных растворителях (ледяной уксусной кислоте, уксусном ангидриде и толуоле).



1, 3–5 a Ar = Ph, b Ar = 4-MeOC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>; 1,3 c Ar = 4-Me<sub>2</sub>NC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>; 3 X = BF<sub>4</sub>, 4 X = ClO<sub>4</sub>,  
 5a,b X = Br; 5c Ar = C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>-N<sup>+</sup>HMe<sub>2</sub>Br<sup>-</sup>, X = Br·5H<sub>2</sub>O

Найдено, что в уксусном ангидриде выход фторборатов **3a–c** возрастает до 65–67% (табл. 1), что определяется акцепторными свойствами ацетилкатиона, способствующего отрыву гидрид-иона в соответствии с общетеоретическими представлениями [6] из положения 4 гетерокольца 2,4-R-7,8-бензо-5,6-дигидрохромена, как интермедиата, в процессе гетероароматизации до соответствующего фторбората **3**. При температуре 140 °С наряду с солью **3a** образуется 2,4-дифенил-7,8-бензо-5,6-дигидрохромен (**2**) (59%), что, вероятно, связано с конкурентно протекающей легкой дегидратацией продукта полукетализации дикетона **1a** по известному механизму [7]. Выделить бензогексагидрохромен не удастся, что позволяет связать солеобразование с окислительной ароматизацией последнего под действием кислорода воздуха по схеме:



Подтверждением возможности такого превращения является образование фторборатов **3a,b** (до 55%) в толуоле (табл. 1) в отсутствие акцепторов гидрид-иона.

Соответствующие перхлораты **4a,b** выделены при взаимодействии diketонов **1a,b** с хлорной кислотой в уксусной кислоте.

При действии на пропанонилтетрагидронафталиноны **1a–c** брома в ледяной уксусной кислоте синтезированы бромиды **5a,b** и дибромид 4-(4-диметиламинофенил)-2-фенил-7,8-бензо-5,6-дигидрохроменилия (**5c**). Последний, согласно данным термогравиметрического анализа, получен в виде кристаллогидрата с пятью молекулами воды, которая содержится в количестве 12% и удаляется в интервале температур 60–180 °С. Безводный дибромид **5c** неустойчив в политермическом режиме – на термогравиметрической кривой отсутствует горизонтальная площадка, свидетельствующая о постоянстве состава. В интервале температур 200–480 °С происходит медленная убыль массы за счет деструкции вещества и удаления газообразных продуктов разложения. В указанном интервале температур на дифференциально-термической кривой отсутствуют какие-либо эффекты. При 480–810 °С на дифференциально-термической кривой отмечается значительный экзоэффект окисления свободного углерода и продуктов разложения исследуемого вещества.

Таблица 1

Выходы продуктов взаимодействия diketонов **1a–c** с эфиром трехфтористого бора и бромом

Дикетон	Растворитель	Реагент	Температура реакции, °С	Соли бензогидрохроменилия <b>3, 5</b>	Выход, %
<b>1a</b>	AcOH	Et <sub>2</sub> O·BF <sub>3</sub>	20	<b>3a</b>	54
<b>1a</b>	Ac <sub>2</sub> O	Et <sub>2</sub> O·BF <sub>3</sub>	20	<b>3a</b>	67
<b>1a</b>	Ac <sub>2</sub> O	Et <sub>2</sub> O·BF <sub>3</sub>	140	<b>3a</b>	7*
<b>1a</b>	PhMe	Et <sub>2</sub> O·BF <sub>3</sub>	110	<b>3a</b>	51*
<b>1a</b>	AcOH	Br <sub>2</sub>	118	<b>5a</b>	40
<b>1b</b>	AcOH	Et <sub>2</sub> O·BF <sub>3</sub>	20	<b>3b</b>	57
<b>1b</b>	Ac <sub>2</sub> O	Et <sub>2</sub> O·BF <sub>3</sub>	20	<b>3b</b>	65
<b>1b**</b>	PhMe	Et <sub>2</sub> O·BF <sub>3</sub>	110	<b>3b</b>	55
<b>1b</b>	AcOH	Br <sub>2</sub>	118	<b>5b</b>	47
<b>1c</b>	AcOH	Et <sub>2</sub> O·BF <sub>3</sub>	20	<b>3c</b>	52
<b>1c**</b>	PhMe	Et <sub>2</sub> O·BF <sub>3</sub>	110	<b>3c</b>	55
<b>1c</b>	AcOH	Br <sub>2</sub>	20	<b>5c</b>	76

\* Наряду с солью **3a** образуется бензодигидрохромен **2** с выходом 59 и 13% соответственно.

\*\* Соответствующие бензодигидрохромены фиксируются хроматографически.

При сравнении спектров поглощения перхлоратов 2,4-дифенил-7,8-бензо-5,6-дигидрохроменилия (**4a**) и 2-фенил-7,8-бензо-5,6-дигидрохроменилия (**6**) [4], имеющего в длинноволновой части лишь одну полосу с  $\lambda_{\max}$  437 нм, обнаружено, что введение фенильного заместителя в положение 4 существенно не влияет на параметры указанной полосы, но при  $\lambda_{\max}$  356 нм появляется новая. При переходе к электронному спектру перхлората 4-(4-метоксифенил)-2-фенил-7,8-бензо-5,6-дигидрохроменилия (**4b**) последняя исчезает и интенсивное поглощение отмечается только при  $\lambda_{\max}$  430 нм. Аналогичная картина наблюдается для фторборатов **3a** и **3b** (табл. 2).

Таким образом, полосы поглощения при  $\lambda_{\max}$  356–358 нм в солях **3a**, **4a** можно интерпретировать как полосы внутримолекулярного переноса заряда от  $\pi$ -системы фенила в положении 4 на катион. Отсутствие таковых в спектрах соединений **3b**, **4b** свидетельствует о некопланарности метоксифенильного фрагмента относительно плоскости кольца катиона. Вид электронных спектров для солей **3a,b**, **4a,b** и **5a,b** с различными анионами указывает на малое влияние противоиона.

Теоретические расчеты полос поглощения полуэмпирическим методом AM1 для исследуемых соединений подтверждают обнаруженные нами закономерности. Отмечено, что разрешенная полоса при  $\lambda_{\max}$  374 нм (интенсивность 0.671) в газовой фазе для соединения **3b** в AcOH и CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> исчезает, видимо, в силу влияния растворителя.

Отличительной особенностью спектров поглощения дифторбората **3c** и дибромида **5c** является наличие двух полос поглощения в длинноволновой области (569 и 416 нм соответственно), которые принадлежат к полосам переноса заряда и отражают, на наш взгляд, их строение как бикатионов.

Известно, что перхлорат 2,6-дифенилпирилия имеет в длинноволновой области спектра лишь одну полосу при  $\lambda_{\max}$  398 нм [1]. Сравнение спектров солей бензодигидрохроменилия **3a,b**, **4a,b** с таковыми для 2,4,6-трифенилпирилия **7a** ( $\lambda_{\max}$  416, 362 нм) и 4-(4-метоксифенил)-2,6-дифенилпирилия (**7b**) [1] позволяет проследить аналогичное стерическое влияние метоксифенильного заместителя при атоме С-4 ( $\lambda_{\max}$  422 нм).

В записанных нами спектрах перхлоратов 2,4-дифенил- (**8a**) и 4-(4-метоксифенил)-2-фенил-5,6,7,8-тетрагидрохроменилия (**8b**) длинноволновые полосы наблюдаются при 365–370 нм, но в спектре последнего появляется новая полоса при 416 нм. Принимая во внимание, что в спектре перхлората 2-фенил-5,6,7,8-тетрагидрохроменилия имеется лишь одна полоса при 376 нм [8], полосу в низкочастотной части спектра соли **8b** можно отнести к внутримолекулярному переносу заряда заместителя при атоме С-4, отсутствие таковой в спектре **8a** предполагает некопланарность фенильного заместителя в положении 4. Таким образом, введение в гетеросистему алициклического фрагмента изменяет геометрию молекулы и оказывает существенное влияние на вид спектров.

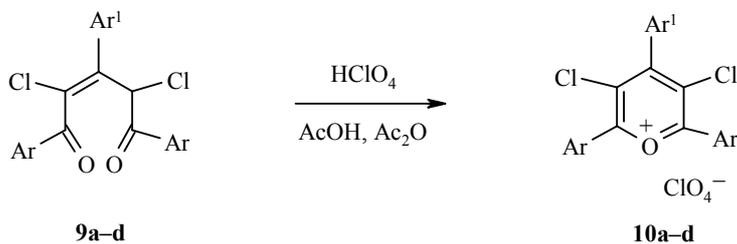
## Электронные спектры поглощения\* солей 3a–c, 4a,b, 5a–c, 6, 8a,b, 10a–d

Соединение**	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>		AcOH		Квантово-химический расчет	
	λ, нм	ОП, А	λ, нм	ОП, А	λ, нм	ОП, А
<b>3a</b>	437	1.458	430	1.001	402	0.634
	358	1.001	347	0.599	344	0.653
	291	0.897	287	0.560	288	0.292
	233	1.120	235	0.978	239	0.109
<b>3b</b>	443	1.776	425	1.083	397	0.657
	287	0.990	285	0.455	374	0.671
	236	1.229	238	1.068	285	0.350
<b>3c</b>					241	0.169
	566	1.019				
	413	0.495	–	–	429	0.663
	293	0.662			306	0.503
<b>4a</b>	247	1.503			257	0.123
	434	0.695	431	0.725	434	0.695
	356	1.200	355	1.240	356	1.200
<b>4b</b>	430	2.525	427	2.130	–	–
<b>5a</b>	438	0.905			438	0.905
	356	0.687	–	–	356	0.687
	292	0.978			292	0.978
	232	1.755			232	1.755
<b>5b</b>	435	1.031			435	1.031
	288	0.479	–	–	288	0.479
	236	0.555			236	0.555
<b>5c</b>	569	1.020	554	1.017	569	1.020
	416	0.557	412	0.705	416	0.557
	295	0.756	287	0.930	295	0.756
	240	1.480	236	1.615	240	1.480
<b>6</b>	437	1.625			405	0.675
	269		–	–	296	0.477
	219				250	0.237
<b>8a</b>	365	1.738	360	1.913	372	0.816
	256	0.845	250	1.088	333	0.359
<b>8b</b>					266	0.314
	416	1.413	395	1.137	392	0.876
	370	1.423	365	1.286	344	0.394
<b>10a</b>	258	1.206	252	0.964	262	0.296
	409	0.226	397	0.255	408	0.532
					377	0.429
<b>10b</b>	467	0.478	453	0.323	415	0.515
	374	0.280	359	0.289	376	0.540
	320	0.495	305	0.474	327	0.179
<b>10c</b>	430	0.517	422	0.202	422	0.607
	380	0.429	360	0.233	382	0.456
	300	0.366			332	0.230
<b>10d</b>	420	0.111	357	0.342	428	0.648
	347	0.188			399	0.423

\* λ – длина волны, ОП – оптическая плотность.

\*\* Для соединений **4a,b** и **5a–c** рассчитанные квантово-химическим методом длины волн солей с различными анионами одинаковы.

При действии хлорной кислоты на дихлорпентендионы **9a–d** [9] в смеси уксусной кислоты и уксусного ангидрида (1:1) выделены хлорзамещенные соли пирилия **10a–d** с выходом 74–77%:



**9,10 a** Ar = Ar<sup>1</sup> = Ph, **b** Ar = Ph, Ar<sup>1</sup> = 4-ClC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>, **c** Ar = 4-ClC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>, Ar<sup>1</sup> = Ph, **d** Ar = Ph, Ar<sup>1</sup> = 4-MeOC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>

Показано, что введение хлора в пирилевый цикл изменяет характер спектра. Длинноволновая полоса при 409 нм в перхлорате 3,5-дихлор-2,4,6-трифенилпирилия (**10a**) сохраняет свое положение, но исчезает характерная для незамещенного аналога **7a** полоса при 362 нм. Наличие ее в газовой фазе, согласно квантово-химическим расчетам (377 нм), свидетельствует о некопланарности фенильного заместителя при атоме С-4 относительно плоскости катиона вследствие стерического влияния атомов хлора, что исключает внутримолекулярный перенос заряда с заместителя на катион.

Обратная картина наблюдается в спектрах перхлоратов 4-(4-метоксифенил)-2,6-дифенилпирилия (**7b**) и 3,5-дихлор-4-(4-метоксифенил)-2,6-дифенилпирилия (**10d**). Сохранение длинноволновой полосы (420 нм) и появление новой при 347 нм в спектре соли **10d** свидетельствуют в пользу существования внутримолекулярного переноса заряда с заместителя при атоме С-4 на катион. При этом стоит отметить вклад атомов хлора в сопряжение, так как при использовании в качестве растворителя ледяной уксусной кислоты в спектре исчезает наблюдаемая в хлористом метиле длинноволновая полоса, относящаяся к *n*→*π*-переходу.

Введение атома хлора в заместители в положениях 2, 6 или 4 в солях **10b,c** усложняет спектр появлением новых полос в их длинноволновых частях (табл. 2). При этом, в случае соединения **10c**, при переходе к уксусной кислоте также можно наблюдать низкоэнергетический переход *n*→*π*-типа (исчезновение полосы при 300 нм).

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Электронные спектры поглощения соединений регистрировали на спектрометре АКВИЛОН СФ 201, *c* = 5·10<sup>-4</sup> моль/л. ИК спектры получали на спектрофотометре Specord M-80 в таблетках KBr, спектры ЯМР <sup>1</sup>H – на приборе Bruker AM 300 (300 МГц) в CDCl<sub>3</sub>, внутренний стандарт ТМС. Контроль за ходом реакций и индивидуальностью соединений осуществляли методом ТСХ на пластинках Silufol UV-254, элюент гексан–эфир–ацетон, 3:1:1. В качестве стандарта при выполнении расчетных задач полуэмпирическим методом АМ1 использовали данные РСА диэдральных углов поворота заместителей к плоскости катиона в перхлорате 2,4,6-трифенилпирилия: α(C-2)=10.4, γ(C-4)=18, α'(C-6) = 2.3°

[10]. Дифференциально-термическую кривую записывали на приборе Derivatograph system: F. Paulik, J. Paulik, L. Erdey.

Исходные дикетоны **1a–c** получены по известной методике [11], дихлорпентендионы **9a–c** по способу [12], **9d** – по [13]. Фторбораты **3a–c** и бромиды **5a,b** синтезированы в AcOH по методике [11, 14], перхлораты **4a,b**, **8a,b**, **10a–c** – по [8, 9, 15].

**Фторбораты 4-Ar-2-фенил-7,8-бензо-5,6-дигидрохроменилия 3a–c.** А. Получают в AcOH. Соединение **3a**, выход 54%, т. пл. 265–267 °С (пересаживание в *i*-Pr<sub>2</sub>O из Me<sub>2</sub>CO) [14], соединение **3b**, выход 57%, т. пл. 246–248 °С (пересаживание в *i*-Pr<sub>2</sub>O из Me<sub>2</sub>CO) [11].

**Соединение 3c**, выход 52%, т. пл. 222–223 °С (пересаживание в *i*-Pr<sub>2</sub>O из Me<sub>2</sub>CO). Спектр ЯМР <sup>1</sup>H, δ, м. д.: 2.1 (4H, с, 2CH<sub>2</sub>); 2.8 (6H, с, N(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>); 6.6 (1H, с, H-3); 7.0–7.9 (13H, м, H-2',3',4',5',6' + H-2",3",5",6" + H-11,12,13,14). Найдено, %: С 59.02; Н 4.76; N 2.48. C<sub>27</sub>H<sub>24</sub>BF<sub>4</sub>NO. Вычислено, %: С 58.63; Н 4.56; N 2.53.

Б. К раствору 28 ммоль дикетонов **1a,b** в 40 мл Ac<sub>2</sub>O при перемешивании добавляют по каплям 42 ммоль (5.4 мл) Et<sub>2</sub>O·BF<sub>3</sub>. Через 2 сут осадок отфильтровывают, промывают *i*-Pr<sub>2</sub>O, сушат. Получают 8.04 г (67%) соединения **3a**, т. пл. 265–267 °С (пересаживание в *i*-Pr<sub>2</sub>O из Me<sub>2</sub>CO) [14], и 8.00 г (65%) соединения **3b**, т. пл. 246–248 °С (пересаживание в *i*-Pr<sub>2</sub>O из Me<sub>2</sub>CO) [11].

В. К раствору 2.8 ммоль дикетонов **1a–c** в 10 мл толуола добавляют по каплям 4.2 ммоль (0.5 мл) Et<sub>2</sub>O·BF<sub>3</sub> и кипятят 3 ч. Соли осаждают эфиром, отфильтровывают, промывают эфиром, сушат. Из эфирного маточного раствора выделяют 0.12 г (13%) соединения **2**, т. пл. 103–104 °С (из спирта). ИК спектр (тонкий слой), ν, см<sup>-1</sup>: 1247 (C–O–C). Спектр ЯМР <sup>1</sup>H, δ, м. д. (*J*, Гц): 2.22 (2H, м, H-5); 2.69 (2H, м, H-6); 4.16 (1H, д, *J*<sub>3,4</sub> = 13.2, H-4); 5.48 (1H, д, *J*<sub>3,4</sub> = 13.2, H-3); 7.25–7.90 (14H, м, H–Ar). Найдено, %: С 88.07; Н 6.21. C<sub>25</sub>H<sub>20</sub>O. Вычислено, %: С 88.29; Н 5.95. Соль **3a**, выход 0.6 г (51%), **3b** 0.48 г (40%); **3c** 0.64 г (55%).

**Дибромид 4-(4-N,N-диметиламинофенил)-2-фенил-7,8-бензо-5,6-дигидрохроменилия (5c).** К кипящему раствору 7.58 г (191 ммоль) дикетона **1c** в 40 мл AcOH добавляют по каплям в течение 30 мин раствор 4.5 г (28 ммоль, 1.5 мл) Br<sub>2</sub> в 20 мл AcOH. Растворитель отгоняют, смесь обрабатывают кипящим этанолом, упаривают, кристаллы отфильтровывают, сушат. Получают 8.3 г (76%) дибромид **5c**, т. пл. 239–240 °С (пересаживание эфиром из хлороформа). По данным термогравиметрического анализа, соединение выделяют из реакционной смеси в виде пентагидрата. ИК спектр (тонкий слой), ν, см<sup>-1</sup>: 1570 (катион пирилия), 1590 (Ar), 3400 (H<sub>2</sub>O). Найдено, %: С 51.75; Н 5.56; Br 25.03; N 2.25. C<sub>27</sub>H<sub>24</sub>Br<sub>2</sub>NO<sub>6</sub>. Вычислено, %: С 51.51; Н 5.56; Br 25.43; N 2.23.

**Перхлорат 4-(4-метоксифенил)-2,6-дифенил-3,5-дихлорпирилия (10d).** Раствор 1.06 г (2.5 ммоль) дикетона **9d** в 15 мл ледяной AcOH, 5 мл Ac<sub>2</sub>O и 0.5 мл (7.5 ммоль, 0.75 г) 70% хлорной кислоты нагревают 1 ч при 100 °С, охлаждают, разбавляют 150 мл эфира. Кристаллический осадок отфильтровывают, промывают эфиром, сушат. Получают 0.89 г (70%) перхлората **10d**, т. пл. 230–232 °С (из AcOH). ИК спектр (тонкий слой), ν, см<sup>-1</sup>: 1610 (катион пирилия), 1590 (Ar), 1150 (C–O–C), 1070 (ClO<sub>4</sub>), 650 (C–Cl). Для анализа перхлорат **10d** превращают в соответствующий тетрахлорферрат. Найдено, %: С 48.10; Н 2.61; Cl 35.09. C<sub>24</sub>H<sub>17</sub>Cl<sub>6</sub>FeO<sub>2</sub>. Вычислено, %: С 47.61; Н 2.76; Cl 35.14.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 06-03-32667a).*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. A. Mistr, M. Vavra, J. Skoupy, R. Zahradnik, *Collect. Czech. Chem. Commun.*, **37**, 1520 (1972).
2. J. R. Wilt, J. A. Reynolds, J. A. Van Allan, *Tetrahedron*, **29**, 795 (1973).
3. Z. Yoshida, T. Sugimoto, S. Tonedá, *Tetrahedron*, **28**, 5873 (1972).
4. М. И. Княжанский, В. П. Карамзин, Е. П. Олехнович, Г. Н. Дорофеевко, *Журн. прикл. спектроскопии*, **23**, 328 (1975).
5. В. П. Карамзин, М. И. Княжанский, Е. П. Олехнович, Г. Н. Дорофеевко, *Журн. прикл. спектроскопии*, **22**, 234 (1975).
6. H. Burton, P. F. G. Praill, *J. Chem. Soc.*, 120 (1960).
7. В. Г. Харченко, С. Н. Чалая, Л. Г. Чиченкова, А. С. Татаринев, *ЖОрХ*, **11**, 444 (1975).
8. C. F. H. Allen, H. R. Sallans, *Canad. J. Res.*, **9**, 574 (1933).
9. Н. В. Пчелинцева, С. Н. Чалая, В. Г. Харченко, *ЖОрХ*, **26**, 1904 (1990).
10. T. Tamamuga, T. Yamare, N. Yasuoka, N. Kasai, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **47**, 832 (1974).
11. Л. К. Куликова, В. Г. Харченко, А. П. Кривенько, О. В. Федотова, Г. К. Кравцова, *Хим.-фарм. журн.*, **16**, 545 (1982).
12. Н. В. Пчелинцева, С. Н. Чалая, В. Г. Харченко, *ЖОрХ*, **26**, 1854 (1990).
13. Н. В. Пчелинцева, Д. А. Цимбаленко, О. В. Федотова, *ЖОрХ*, **43**, 1292 (2007).
14. О. В. Федотова, Л. К. Куликова, Б. А. Шендеров, А. П. Кривенько, В. Г. Харченко, Г. М. Шуб, *Хим.-фарм. журн.*, **11**, № 10, 72 (1977).
15. Н. В. Пчелинцева, Я. Г. Колеватова, О. В. Федотова, *Тез. докл. XVIII Менделеевского съезда по общей и прикладной химии*, 2007, т. 5, с. 216.
16. Д. А. Цимбаленко, О. В. Федотова, В. Г. Харченко, *ЖОрХ*, **35**, 1705 (1999).

Саратовский государственный университет  
им. Н. Г. Чернышевского, Саратов 410012, Россия  
e-mail: Burov\_AM@rambler.ru

Поступило 16.05.2008