

С. А. Ямашкин*, Е. А. Алямкина

О ТАУТОМЕРИИ В РЯДУ
ПИРРОЛО[2,3-*h*]-, -[3,2-*f*]-, -[2,3-*f*]-, -[3,2-*g*]-, -[3,2-*h*]ХИНОЛИНОВ

Методом полуэмпирических расчетов исследованы молекулы пирролохинолинов, полученных из замещенных 4-, 5-, 6-, 7-аминоиндолов и β -кетозэфиров (ацетоуксусного, трифторацетоуксусного, шавелевоуксусного эфиров) в хинолоновой и гидроксихинолиновой формах. На основе экспериментальных данных и расчетных спектров ЯМР ^1H найдены спектральные критерии отнесения к той или другой таутомерной форме.

Ключевые слова: пирролохинолины, расчетные и экспериментальные спектры ЯМР ^1H пирролохинолинов, таутомерия в ряду пирролохинолинов, хинолоновая и гидроксихинолиновая формы, химический сдвиг протонов β -H гидроксихинолин и β -H хинолон.

В процессе исследований по разработке методов синтеза конденсированных трициклических азотсодержащих гетеросистем из замещенных 4-, 5-, 6-, 7-аминоиндолов и различных кетозэфиров (ацетоуксусный, трифторацетоуксусный, шавелевоуксусный эфиры) получена представительная серия (80 соединений) гидроксид(оксо)замещенных пирролохинолинов с различным сочленением колец [1–16] (соединения **1–80** приведены в табл. 1). При доказательстве строения синтезированных соединений методом спектроскопии ЯМР ^1H было обнаружено, что они в зависимости от сочленения колец и характера заместителей существуют в хинолоновой (**a**) и гидроксихинолиновой (**b**) формах.

Характеристическими для таутомеров **a**, **b** являются различия в химических сдвигах сигналов однотипных протонов и особенно β -H (форма **b**) и β -H (форма **a**) в пределах 0.5–1.0 м. д. Поскольку эти протоны в форме как **a**, так и **b** практически не подвержены обменным процессам, правомерно отнесение сигналов для разных таутомеров с использованием расчетных спектров ЯМР ^1H . По данным теоретических спектров, сигналы β -H таутомеров **a** в зависимости от заместителей проявляются в области 5.58–7.61, а сигналы того же протона в форме **b** в области 6.72–8.15 м. д. Экспериментальные спектры ЯМР ^1H пирроло[3,2-*f*]хинолинов с R = H, OMe подтверждают существование их в γ -хинолоновой форме **a**. Образование хинолоновой формы для 6-метилзамещенных (R = Me) пирроло[3,2-*f*]хинолинов **6**, **7**, **15**, **16**, **19**, **20**, **24–29**, а также для пирроло[2,3-*h*]хинолина **3** зависит от природы заместителя в α -положении пиридинового кольца. Так α -метилзамещенные соединения **6**, **7**, **15**, **16** существуют в виде γ -хинолоновых структур **a**, в то время как α -трифтометил-, этоксикарбонилзаме-

щенные пирролохинолины **3**, **19**, **20**, **24–29** обнаружены преимущественно или исключительно в γ -гидроксихинолиновой форме **b**. Авторы анализируемых работ также отмечают, что, по-видимому, для этих соединений образование формы **a** стерически затруднено *орто*-метильным (*орто*-С-метильным для пирроло[2,3-*h*]хинолина) по отношению к группе N–H заместителем.

Пирроло[2,3-*f*]хинолины независимо от характера заместителя в положении 5 в растворе ДМСО- d_6 , согласно данным спектров ЯМР 1H , находятся в виде таутомерной структуры **a**, кроме соединений **71**, **72** ($R = Me$), для которых наблюдается наличие смеси таутомеров **a** и **b** в одинаковых соотношениях. Этот факт, как и существование исключительно в форме **b** пирроло[3,2-*h*]хинолинов **76**, **78–80** ($R^1 = Me$), объясняется приведенными выше для пирроло[3,2-*f*]хинолинов соображениями относительно стерических требований *орто*-метильной, *перу*-метильной для пирроло[3,2-*h*]хинолина групп по отношению к группе N–H при образовании γ -хинолоновой структуры **a**. Для пирроло[3,2-*g*]хинолинов **47**, **48**, **57**, **58** данная тенденция прослеживается также для моделей с $R = OMe$, т. е. эти соединения существуют преимущественно в таутомерной форме **b**.

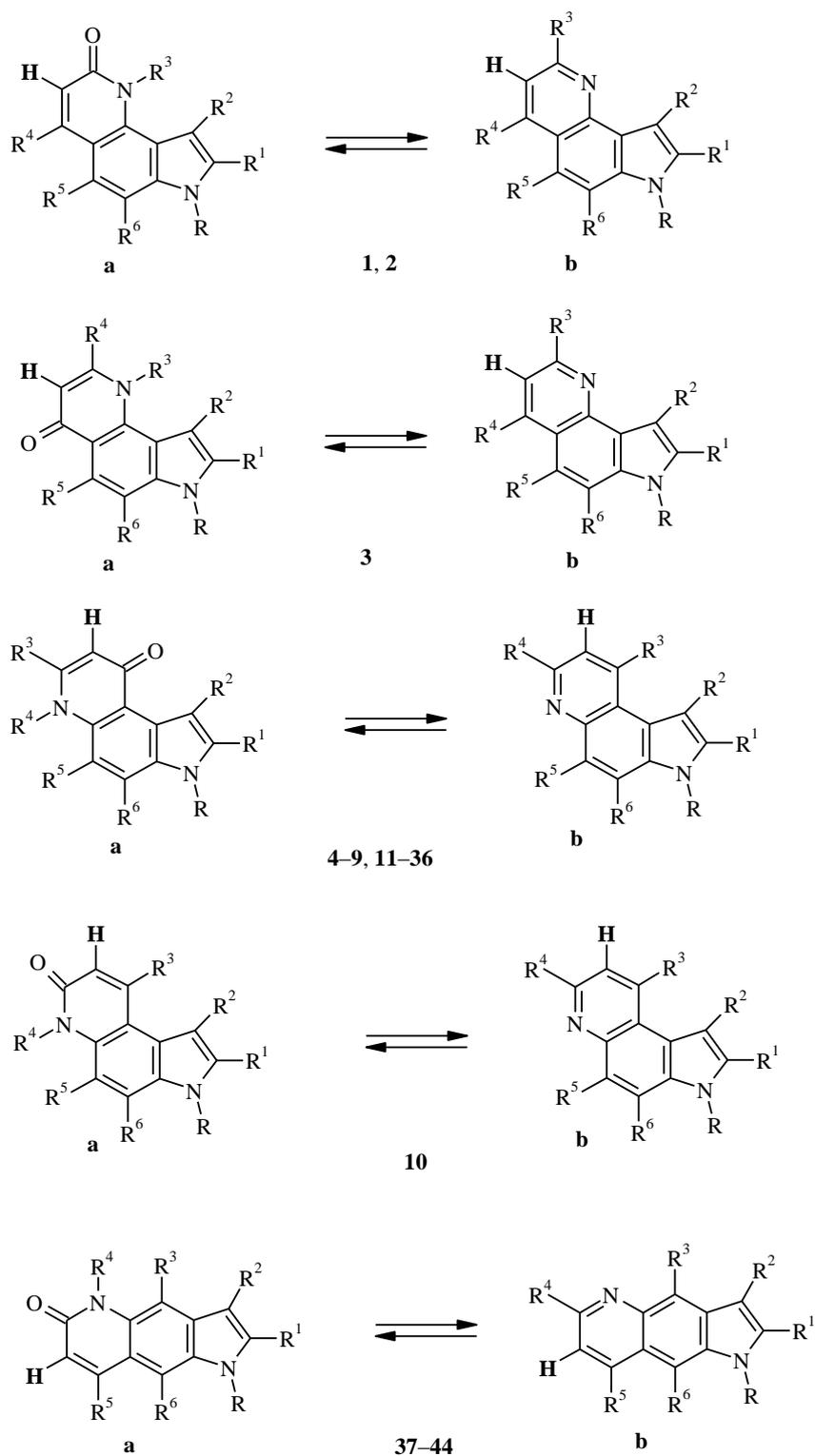
Казалось интересным проанализировать соблюдение найденных для пирролохинолинов закономерностей на родственных структурах. Для этого мы сравнили экспериментальные спектры ЯМР 1H соединений **81–90**, приведенные в работах [17–22], с рассчитанными нами (табл. 2). Как видно из таблицы, химические сдвиги сигналов протона β -H для структур **82–86**, **88–90** хорошо согласуются с расчетными для правильно предложенных авторами таутомерных форм **a**.

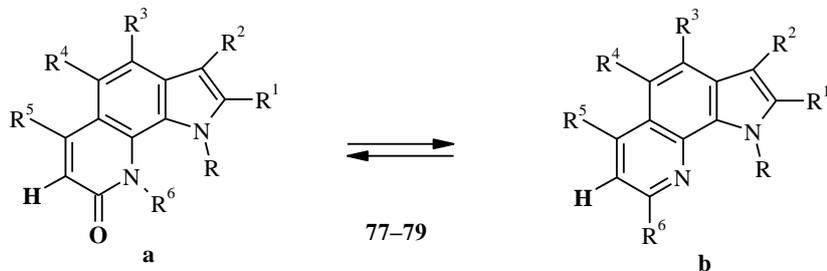
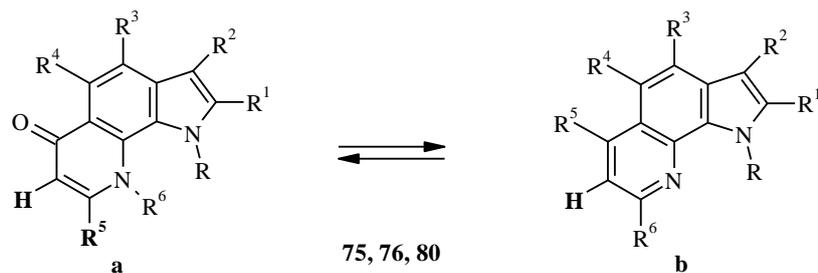
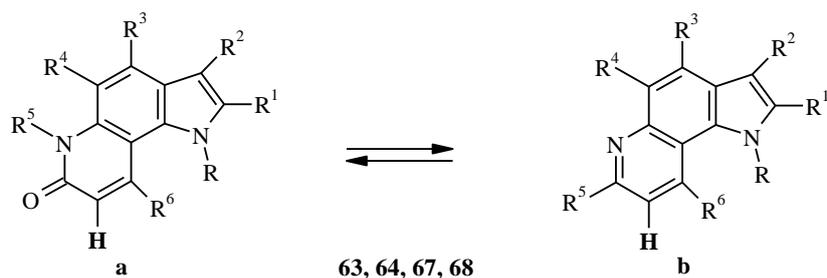
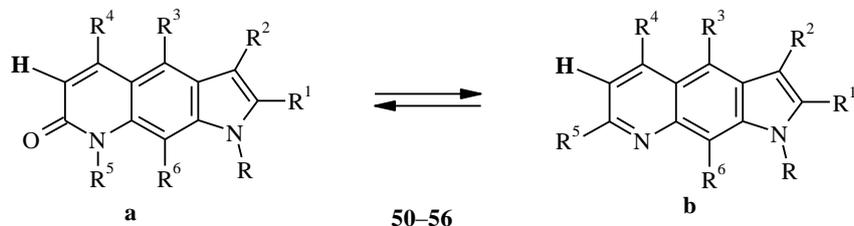
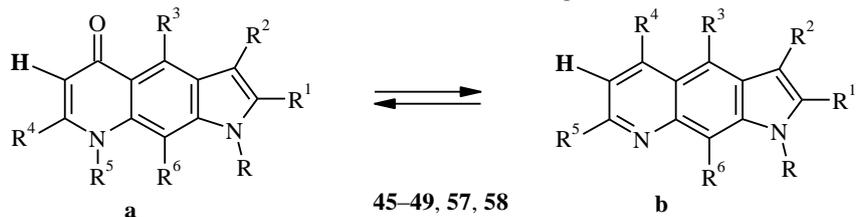
В спектре ЯМР 1H соединения **87** сигнал протона β -H при 5.88 м. д. авторы относят форме **a**. Однако, согласно расчетным спектрам, данный химический сдвиг больше соответствует β -H гидроксихинолиновой таутомерной форме **b**: δ 5.13 β -H (**a**) и δ 6.01 м. д. β -H (**b**).

При анализе спектров соединения **81** сигнал характеристического протона, экспериментально обнаруженный при 6.60, согласно расчетам (6.75 – β -H (**a**) и 7.89 м. д. β -H (**b**)) соответствует форме **a** и опровергает предложенную авторами структуру **81b**.

Закономерности, выявленные при анализе структур **1–7**, **9–38**, **41–47**, **49–53**, **55–78**, **80**, можно применить для доказательства строения соединений, полученных метилированием ряда пирролохинолинов, где возможно альтернативное образование O- и N-метилпроизводных. Авторами работ [12–14] было изучено поведение некоторых соединений γ - и α -хинолоновой природы в реакциях метилирования. Согласно полученным данным, при метилировании α -пирроло[2,3-*g*]- и -[3,2-*g*]хинолонов **37**, **38**, **41**, **42**, **52**, **53** образуются соединения **39**, **40**, **54** с сигналами протона β -H в области 6.86, 6.89, 6.85 м. д., соответственно, то есть метилирование приводит, согласно расчетным спектрам, ЯМР 1H (β -H (**a**) δ 6.82 и β -H (**b**), δ 7.42 м. д.), к образованию N-метилзамещенных таутомеров **a**. В тех же работах констатировалось образование пирролохинолонов **8**, **48**, **79** с *перу*-метильными группами. Однако химические сдвиги сигналов протона β -H (для соединений **8**, **48** и **79** экспериментальные: 6.72, 6.77 и 7.21, расчетные:

Экспериментальные (Э) и расчетные (Р) химические сдвиги протонов β -Н (форма а) и β -Н (форма б) в спектрах ЯМР ^1H таутомерных структур 1–80





Продолжение таблицы 1

Таутомерная структура (α -, γ -хинолон/ α -, γ -гидроксихинолин)								δ , м. д., β -H (a)/ β -H (b)	
№	R	R ¹	R ²	R ³	R ⁴	R ⁵	R ⁶	Э	Р
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Пирроло[2,3-<i>h</i>]хинолины									
1a	H	Me	Me	H	CF ₃	H	H	6.80	6.85
1b	H	Me	Me	OH	CF ₃	H	H	–	7.35
2a	Me	Me	Me	H	CF ₃	H	H	6.80	6.84
2b	Me	Me	Me	OH	CF ₃	H	H	–	7.35
3a	H	Me	Me	H	CO ₂ Et	H	H	6.64	6.75
3b	H	Me	Me	CO ₂ Et	OH	H	H	7.44	7.97
Пирроло[3,2-<i>f</i>]хинолины									
4a	H	Me	Me	Me	H	H	H	5.90	5.82
4b	H	Me	Me	OH	Me	H	H	–	7.11
5a	Me	Me	Me	Me	H	H	H	5.82	5.82
5b	Me	Me	Me	OH	Me	H	H	–	7.09
6a	H	Me	Me	Me	H	Me	H	5.84	5.85
6b	H	Me	Me	OH	Me	Me	H	–	7.08
7a	Me	Me	Me	Me	H	Me	H	5.82	5.85
7b	Me	Me	Me	OH	Me	Me	H	–	7.06
8a	Me	Me	Me	Me	Me	Me	H	–	5.56
8b	Me	Me	Me	OMe	Me	Me	H	6.72	6.85
9a	H	Me	Me	Me	H	H	Me	5.77	5.82
9b	H	Me	Me	OH	Me	H	Me	–	7.09
10a	H	Me	Me	Me	H	H	H	6.29	6.52
10b	H	Me	Me	Me	OH	H	H	–	6.83
11a	H	Me	H	Me	H	H	H	5.82	5.90
11b	H	Me	H	OH	Me	H	H	–	7.15
12a	H	Me	Me	Me	H	OMe	H	5.84	5.85
12b	H	Me	Me	OH	Me	OMe	H	–	7.16
13a	H	Ph	H	Me	H	H	H	5.93	5.90
13b	H	Ph	H	OH	Me	H	H	–	7.12
14a	Me	Ph	H	Me	H	H	H	5.93	5.90
14b	Me	Ph	H	OH	Me	H	H	–	7.10
15a	H	Ph	H	Me	H	Me	H	6.00	5.85
15b	H	Ph	H	OH	Me	Me	H	–	7.09
16a	Me	Ph	H	Me	H	Me	H	6.00	5.86
16b	Me	Ph	H	OH	Me	Me	H	–	7.07
17a	H	Me	Me	CF ₃	H	H	H	7.18	7.14
17b	H	Me	Me	OH	CF ₃	H	H	–	7.73
18a	Me	Me	Me	CF ₃	H	H	H	7.19	7.14
18b	Me	Me	Me	OH	CF ₃	H	H	–	7.71

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
19a	H	Me	Me	CF ₃	H	Me	H	–	7.14
19b	H	Me	Me	OH	CF ₃	Me	H	7.64	7.69
20a	Me	Me	Me	CF ₃	H	Me	H	–	7.14
20b	Me	Me	Me	OH	CF ₃	Me	H	7.84	7.67
21a	Me	Me	Me	CF ₃	H	OMe	H	7.21	7.14
21b	Me	Me	Me	OH	CF ₃	OMe	H	–	7.77
22a	H	Ph	H	CF ₃	H	H	H	7.19	7.14
22b	H	Ph	H	OH	CF ₃	H	H	–	7.74
23a	Me	Ph	H	CF ₃	H	H	H	7.22	7.14
23b	Me	Ph	H	OH	CF ₃	H	H	–	7.72
24a	H	Ph	H	CF ₃	H	Me	H	–	7.14
24b	H	Ph	H	OH	CF ₃	Me	H	7.68	7.70
25a	Me	Ph	H	CF ₃	H	Me	H	–	7.14
25b	Me	Ph	H	OH	CF ₃	Me	H	7.40	7.68
26a	H	Me	Me	CO ₂ Et	H	Me	H	6.60	6.73
26b	H	Me	Me	OH	CO ₂ Et	Me	H	7.60	8.05
27a	Me	Me	Me	CO ₂ Et	H	Me	H	6.60	6.73
27b	Me	Me	Me	OH	CO ₂ Et	Me	H	7.80	8.03
28a	H	Ph	H	CO ₂ Et	H	Me	H	6.74	6.73
28b	H	Ph	H	OH	CO ₂ Et	Me	H	7.75	8.06
29a	Me	Ph	H	CO ₂ Et	H	Me	H	6.73	6.73
29b	Me	Ph	H	OH	CO ₂ Et	Me	H	7.94	8.04
30a	H	Me	Me	CO ₂ Et	H	OMe	H	7.03	6.73
30b	H	Me	Me	OH	CO ₂ Et	OMe	H	–	8.15
31a	H	Me	H	CO ₂ Et	H	H	H	6.66	6.73
31b	H	Me	H	OH	CO ₂ Et	H	H	–	8.12
32a	Me	Me	H	CO ₂ Et	H	H	H	6.67	6.73
32b	Me	Me	H	OH	CO ₂ Et	H	H	–	8.10
33a	H	Ph	H	CO ₂ Et	H	H	H	6.72	6.73
33b	H	Ph	H	OH	CO ₂ Et	H	H	–	8.10
34a	Me	Ph	H	CO ₂ Et	H	H	H	6.72	6.73
34b	Me	Ph	H	OH	CO ₂ Et	H	H	–	8.08
35a	H	Me	Me	CO ₂ Et	H	H	H	6.60	6.73
35b	H	Me	Me	OH	CO ₂ Et	H	H	–	8.09
36a	Me	Me	Me	CO ₂ Et	H	H	H	6.60	6.73
36b	Me	Me	Me	OH	CO ₂ Et	H	H	–	8.07
Пирроло[2,3-g]хинолины									
37a	H	Me	Me	H	H	CF ₃	H	6.70	6.85
37b	H	Me	Me	H	OH	CF ₃	H	–	7.41
38a	Me	Me	Me	H	H	CF ₃	H	6.73	6.85
38b	Me	Me	Me	H	OH	CF ₃	H	–	7.42
39a	Me	Me	Me	H	Me	CF ₃	H	6.86	6.82
39b	Me	Me	Me	H	OMe	CF ₃	H	–	7.42

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
40a	Me	Ph	H	H	Me	CF ₃	H	6.89	6.82
40b	Me	Ph	H	H	OMe	CF ₃	H	–	7.42
41a	H	Ph	H	H	H	CF ₃	H	6.84	6.85
41b	H	Ph	H	H	OH	CF ₃	H	–	7.41
42a	Me	Ph	H	H	H	CF ₃	H	6.77	6.85
42b	Me	Ph	H	H	OH	CF ₃	H	–	7.39
43a	Me	Ph	COCF ₃	H	H	CF ₃	H	6.86	6.85
43b	Me	Ph	COCF ₃	H	OH	CF ₃	H	–	7.39
44a	H	Me	Me	H	H	CF ₃	Me	6.86	6.84
44b	H	Me	Me	H	OH	CF ₃	Me	–	7.33

Пирроло[3,2-g]хинолины

45a	Me	Me	Me	H	Me	H	H	5.81	5.73
45b	Me	Me	Me	H	OH	Me	H	–	6.99
46a	H	Me	Me	H	Me	H	OMe	5.79	5.73
46b	H	Me	Me	H	OH	Me	OMe	–	7.06
47a	Me	Me	Me	H	Me	H	OMe	5.90	5.73
47b	Me	Me	Me	H	OH	Me	OMe	6.60	7.06
48a	Me	Me	Me	H	Me	Me	OMe	–	5.58
48b	Me	Me	Me	H	OMe	Me	OMe	6.77	6.85
49a	Me	Me	Me	H	CF ₃	H	H	6.80	7.16
49b	Me	Me	Me	H	OH	CF ₃	H	–	7.61
50a	H	Me	Me	H	Me	H	H	6.22	6.41
50b	H	Me	Me	H	Me	OH	H	–	6.71
51a	Me	Me	Me	H	CF ₃	H	H	6.74	6.85
51b	Me	Me	Me	H	CF ₃	OH	H	–	7.35
52a	H	Me	Me	H	CF ₃	H	OMe	6.79	6.85
52b	H	Me	Me	H	CF ₃	OH	OMe	–	7.41
53a	Me	Me	Me	H	CF ₃	H	OMe	6.80	6.85
53b	Me	Me	Me	H	CF ₃	OH	OMe	–	7.41
54a	Me	Me	Me	H	CF ₃	Me	OMe	6.85	6.82
54b	Me	Me	Me	H	CF ₃	OMe	OMe	–	7.44
55a	H	Me	Me	H	CF ₃	H	Me	6.78	6.85
55b	H	Me	Me	H	CF ₃	OH	Me	–	7.31
56a	Me	Me	Me	H	CF ₃	H	Me	6.79	6.85
56b	Me	Me	Me	H	CF ₃	OH	Me	–	7.31
57a	H	Me	Me	H	CO ₂ Et	H	OMe	6.64	6.75
57b	H	Me	Me	H	OH	CO ₂ Et	OMe	7.46	8.03
58a	Me	Me	Me	H	CO ₂ Et	H	OMe	–	6.75
58b	Me	Me	Me	H	OH	CO ₂ Et	OMe	7.45	8.03

Пирроло[2,3-f]хинолины

59a	H	Me	Me	H	H	H	Me	6.02	6.17
59b	H	Me	Me	H	H	Me	OH	–	7.13

Окончание таблицы 1

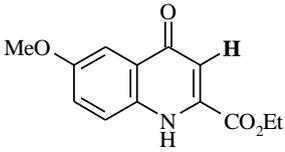
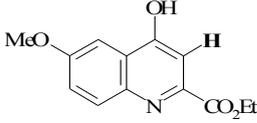
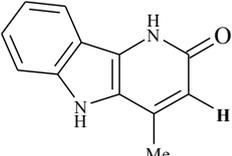
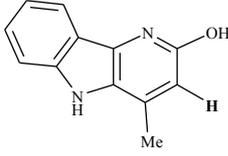
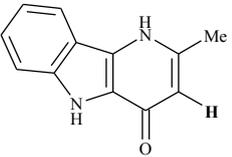
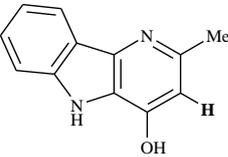
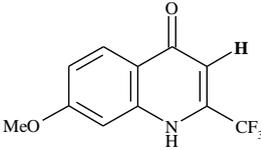
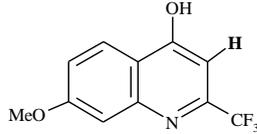
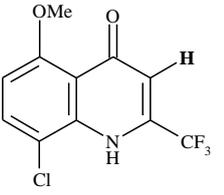
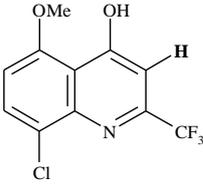
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
60a	Me	Me	Me	H	H	H	Me	5.94	6.17
60b	Me	Me	Me	H	H	Me	OH	–	7.09
61a	H	Me	Me	H	H	H	CF ₃	7.04	7.61
61b	H	Me	Me	H	H	CF ₃	OH	–	7.73
62a	Me	Me	Me	H	H	H	CF ₃	6.80	7.61
62b	Me	Me	Me	H	H	CF ₃	OH	–	7.69
63a	H	Me	Me	H	H	H	Me	6.33	6.66
63b	H	Me	Me	H	H	OH	Me	–	6.85
64a	H	Me	Me	H	Me	H	Me	6.32	6.66
64b	H	Me	Me	H	Me	OH	Me	–	6.81
65a	H	Me	Me	H	Me	H	Me	6.02	6.18
65b	H	Me	Me	H	Me	Me	OH	–	7.09
66a	Me	Me	Me	H	Me	H	Me	5.94	6.18
66b	Me	Me	Me	H	Me	Me	OH	–	7.06
67a	H	Me	Me	H	Me	H	CF ₃	6.99	7.10
67b	H	Me	Me	H	Me	OH	CF ₃	–	7.43
68a	H	Me	Me	H	OMe	H	CF ₃	7.00	7.10
68b	H	Me	Me	H	OMe	OH	CF ₃	–	7.53
69a	H	Me	Me	H	H	H	CO ₂ Et	6.75	7.20
69b	H	Me	Me	H	H	CO ₂ Et	OH	–	8.09
70a	Me	Me	Me	H	H	H	CO ₂ Et	6.67	7.20
70b	Me	Me	Me	H	H	CO ₂ Et	OH	–	8.05
71a	Me	Me	Me	H	Me	H	CO ₂ Et	6.68	7.20
71b	Me	Me	Me	H	Me	CO ₂ Et	OH	7.71	8.02
72a	H	Me	Me	H	Me	H	CO ₂ Et	6.75	7.20
72b	H	Me	Me	H	Me	CO ₂ Et	OH	7.72	8.05
73a	H	Me	Me	H	OMe	H	CO ₂ Et	6.73	7.20
73b	H	Me	Me	H	OMe	CO ₂ Et	OH	–	8.15
74a	Me	Me	Me	H	OMe	H	CO ₂ Et	6.65	7.20
74b	Me	Me	Me	H	OMe	CO ₂ Et	OH	–	8.11

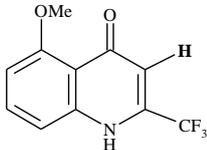
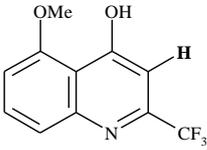
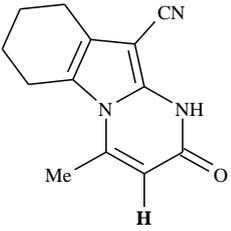
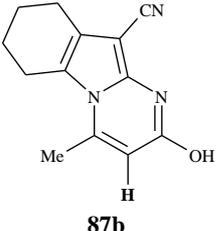
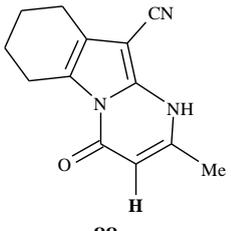
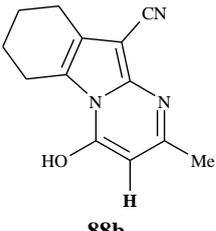
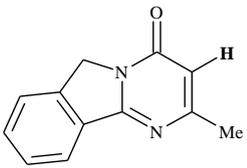
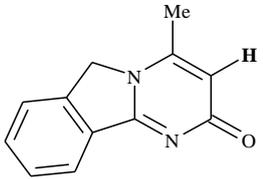
Пирроло[3,2-*h*]хинолины

75a	H	Me	Me	H	H	Me	H	5.85	5.73
75b	H	Me	Me	H	H	OH	Me	–	7.06
76a	Me	Me	Me	H	H	Me	H	–	5.73
76b	Me	Me	Me	H	H	OH	Me	6.65	7.04
77a	H	Me	Me	H	H	CF ₃	H	6.74	6.85
77b	H	Me	Me	H	H	CF ₃	OH	–	7.41
78a	Me	Me	Me	H	H	CF ₃	H	–	6.84
78b	Me	Me	Me	H	H	CF ₃	OH	7.08	7.39
79a	Me	Me	Me	H	H	CF ₃	Me	–	6.82
79b	Me	Me	Me	H	H	CF ₃	OMe	7.21	7.42
80a	Me	Me	Me	H	H	CO ₂ Et	H	–	6.75
80b	Me	Me	Me	H	H	OH	CO ₂ Et	7.48	8.01

Таблица 2

Экспериментальные (Э) и расчетные (Р) химические сдвиги протонов β -Н (форма а) и β -Н (форма б) в спектрах ЯМР ^1H таутомерных структур соединений 81–90, полученных авторами [17–22]

Таутомерная структура (α -, γ -хинолон)	δ , м. д., β -Н (а)		Таутомерная структура (α -, γ -гидрокси- хинолин)	δ , м. д., β -Н (б)	
	Э	Р		Э	Р
1	2	3	4	5	6
 <p>81a</p>	6.60	6.75	 <p>81b</p>	–	7.89
 <p>82a</p>	6.29	6.29	 <p>82b</p>	–	6.71
 <p>83a</p>	6.02	6.02	 <p>83b</p>	–	6.98
 <p>84a</p>	6.93	7.16	 <p>84b</p>	–	7.53
 <p>85a</p>	7.23	7.12	 <p>85b</p>	–	7.45

1	2	3	4	5	6
 <p>86a</p>	7.04	7.12	 <p>86b</p>	—	7.24
 <p>87a</p>	—	5.13	 <p>87b</p>	5.88	6.01
 <p>88a</p>	5.40	5.29	 <p>88b</p>	—	5.82
 <p>89</p>	6.07	6.07			
 <p>90</p>	5.89	5.70			

6.85, 6.85 и 7.42 м. д., соответственно) в спектрах ЯМР ^1H полученных соединений свидетельствуют об их таутомерной форме **b**. Очевидно, *перизаместители* к группе NH в γ -хинолонах **6**, **7**, **46**, **47** и α -хинолонах **77**, **78** в условиях реакции метилирования способствуют формированию стерически более выгодных O-метилзамещенных изомеров **8b**, **48b**, **79b** вместо ошибочно приведенных структур **8a**, **48a**, **79a**.

Таким образом, на основании сравнительного анализа экспериментальных и расчетных спектров ЯМР ^1H мы предложили способ определения таутомерной формы для α -, γ -гидрокси(оксо)замещенных в пиридиновом кольце пирролохинолинов и родственных им структур. Этот метод можно использовать и для доказательства направления реакции метилирования (по O или N) для α -, γ -гидрокси(оксо)хинолинов.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Экспериментальные спектры ЯМР ^1H записаны на приборах Bruker DRX 500 (пирролохинолинов **1–3**, **5–9**, **12–45**, **47–49**, **51–58**, **60–62**, **64**, **67–80**), Varian-100XL (пирролохинолинов **4**, **10**, **11**, **50**, **59**, **63**), Bruker AC-200P (пирролохинолинов **46**, **65**, **66**), Bruker AMX-500 (соединения **81**), JNM-4H-100 (соединений **82**, **83**), Varian HA-100 (соединений **84–86**), Jeol-C-60HL (соединений **87**, **88**), ZKR-60 (соединения **89**) в DMSO-d_6 и Bruker CPX-500 (для соединения **90**) в CDCl_3 , относительно TMS [1–22]. Расчетные спектры ЯМР ^1H получены в программе ACD/LABS HNMR Spectrum Generator: Chems sketch Window.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. С. А. Ямашкин, А. Н. Кост, Л. Г. Юдин, *XTC*, 1570 (1981).
2. С. А. Ямашкин, А. Н. Кост, Л. Г. Юдин, *XTC*, 493 (1983). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **19**, 401 (1983)].
3. С. А. Ямашкин, Н. Я. Кучеренко, М. А. Юровская, *XTC*, 69 (1997). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **33**, 59 (1997)].
4. С. А. Ямашкин, Н. Я. Кучеренко, М. А. Юровская, *XTC*, 75 (1997). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **33**, 64 (1997)].
5. С. А. Ямашкин, Г. А. Романова, И. С. Романова, М. А. Юровская, *XTC*, 1202 (2003). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **39**, 1048 (2003)].
6. С. А. Ямашкин, Г. А. Романова, И. С. Романова, М. А. Юровская, *XTC*, 1354 (2003). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **39**, 1188 (2003)].
7. С. А. Ямашкин, Г. А. Романова, М. А. Юровская, *Вестн. МГУ, сер. 2, Химия*, **45**, 6 (2004).
8. С. А. Ямашкин, Г. А. Романова, М. А. Юровская, *Вестн. МГУ, сер. 2, Химия*, **45**, 12 (2004).
9. С. А. Ямашкин, Е. А. Орешкина, И. С. Романова, М. А. Юровская, *XTC*, 1529 (2005). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **41**, 1280 (2005)].
10. С. А. Ямашкин, Е. А. Орешкина, Г. А. Романова, Н. В. Жукова, *XTC*, 86 (2006). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **42**, 77 (2006)].
11. С. А. Ямашкин, Е. А. Орешкина, М. А. Юровская, *Вестн. МГУ, сер. 2, Химия*, **46**, 382 (2005).

12. С. А. Ямашкин, Е. А. Орешкина, И. С. Романова, М. А. Юровская, *ХГС*, 97 (2006). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **42**, 86 (2006)].
13. С. А. Ямашкин, Н. В. Жукова, М. А. Юровская, *Вестн. МГУ, сер. 2, Химия*, **47**, 342 (2006).
14. С. А. Ямашкин, Н. В. Жукова, И. С. Романова, *ХГС*, 80 (2007). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **43**, 67 (2007)].
15. С. А. Ямашкин, Е. А. Орешкина, М. А. Юровская, *Вестн. МГУ, сер. 2, Химия*, **48**, 125 (2007).
16. Z. Zhang, L. M. V. Tillekeratne, R. A. Hudson, *Synthesis*, 377 (1996).
17. K. C. Nicolaou, *J. Heterocycl. Chem.*, **33**, 735 (1996).
18. В. С. Вележева, А. В. Ярош, Т. А. Козик, Н. Н. Суворов, *ЖОХ*, 1712 (1978).
19. G. S. Vajwa, M. M. Joullie, *J. Heterocycl. Chem.*, **9**, 1403 (1972).
20. М. В. Мезенцева, А. Н. Гринев, О. С. Анисимова, Л. М. Алексева, Ю. Н. Шенкер, *ХГС*, 833 (1989). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **25**, 694 (1989)].
21. Ф. С. Бабичев, А. К. Тылтин, В. А. Ковтуненко, А. К. Туров, *Укр. хим. журн.*, **48**, 641 (1982).
22. В. И. Ищенко, В. А. Ковтуненко, А. К. Тылтин, В. В. Трацевский, В. Винтечка, Ф. С. Бабичев, *Укр. хим. журн.*, **56**, 517 (1990).

Государственное общеобразовательное
учреждение высшего профессионального
образования
Мордовский государственный педагогический
институт им. М. Е. Евсевьева, Саранск 430007,
Россия
e-mail: biotech@moris.ru

Поступило 19.10.2007