

**В. В. Бахарев,* А. А. Гидаспов, Е. В. Селезнева, И. В. Ульянкина,
Д. Б. Криволапов,^a И. А. Литвинов,^a О. С. Ельцов^b**

РЕАКЦИИ 1,3,5-ТРИАЗИНИЛНИТРОФОРМАЛЬДОКСИМОВ

3.* ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ 1,3,5-ТРИАЗИНИЛНИТРОФОРМАЛЬДОКСИМОВ С ЭФИРОМ МАЛОНОВОЙ КИСЛОТЫ

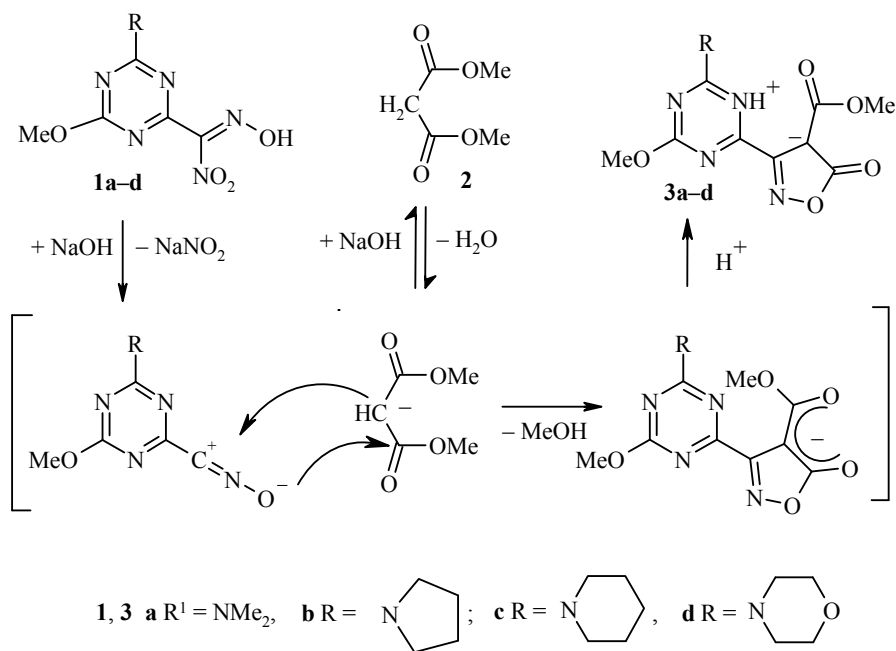
Реакция 4-R-6-метокси-1,3,5-триазин-2-илнитроформальдоксимов с метиловым эфиром малоновой кислоты приводит к образованию цвиттер-ионных 4-мет-оксикарбонил-3-(4-R-6-метокси-1,3,5-триазин-2-ил)-4,5-дигидроизоксазол-5-онов. Приведены данные РСА цвиттер-ионного 3-(4-метокси-6-пиперидино-1,3,5-триазин-2-ил)-4-метоксикарбонил-4,5-дигидроизоксазол-5-она.

Ключевые слова: 3,4-дизамещённые 4,5-дигироизоксазол-5-оны, метиловый эфир малоновой кислоты, 1,3,5-триазинилнитрилоксиды, 1,3,5-триазинилнитроформальдоксимы.

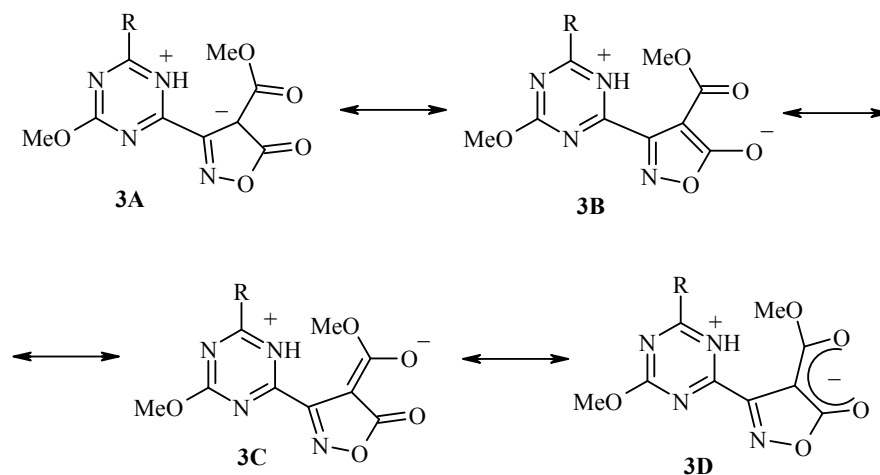
При действии оснований 1,3,5-триазинилнитроформальдоксимы генерируют 1,3,5-триазинилнитрилоксиды, способные реагировать с енолятами дикетонов или кетоэфиров по реакции диполярного [3+2]-циклоприсоединения с образованием производных 3,4,5-тризамещённого изоксазола [2]. Однако примеров взаимодействия нитрилоксидов с эфирами малоновой кислоты мы не обнаружили. Пытаясь восполнить этот пробел, мы исследовали реакцию 1,3,5-триазинилнитроформальдоксимов с диметиловым эфиром малоновой кислоты.

Реакция 4-R-6-метокси-1,3,5-триазин-2-илнитроформальдоксимов **1a–d** с метиловым эфиром малоновой кислоты **2** в присутствии щёлочи протекает через образование ряда интермедиатов и их взаимодействие между собой. При действии щёлочи из соединений **1a–d** образуются нитрилоксиды, а из соединения **2** – карбанион. Их взаимодействие по реакции диполярного [3+2]-циклоприсоединения приводит к отщеплению метанола и замыканию цикла изоксазола. После обработки кислотой образуются цвиттер-ионные 3-(4-R-6-метокси-1,3,5-триазин-2-ил)-4-метоксикарбонил-4,5-дигидроизоксазол-5-оны **3a–d** с выходом 59–75%.

* Сообщение 2 см. [1].



Поглощение карбонильных групп в изоксазолах **3a-d** проявляется в виде одной полосы в области 1716–1720 см⁻¹. Усреднение и некоторое снижение частоты поглощения карбонильных групп в соединениях **3a-d** в сравнении с 5-метил-3-(4-R-6-метокси-1,3,5-триазин-2-ил)-4-этоксикарбонилизоксазолами [2] обусловлено, вероятно, уменьшением кратности связей C=O карбонильных групп, которое можно отобразить предельными структурами **3A-D**:

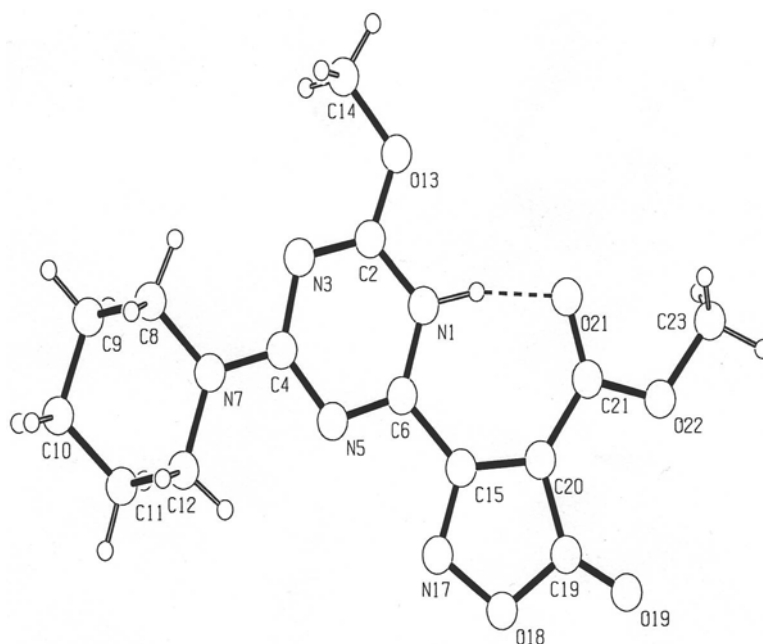


Данные спектров ЯМР ^{13}C цвиттер-ионных 3-(4-R-6-метокси-1,3,5-триазин-2-ил)-4-метоксикарбонил-4,5-дигидроизоксазол-5-онов 3a-d и 5-метил-3-(4-R-6-метокси-1,3,5-триазин-2-ил)-4-этоксикарбонил-изоксазолов

Соединение	Химические сдвиги, δ , м. д.											
	Цикл 1,3,5-триазина					Цикл изоксазола					СООМе, СООEt	Другие
	C(2)	C(4)	C(6)	C(3)	C(4)	C(5)	C(3)	C(4)	C(5)			
3a	164.9	163.1	163.1	158.0	80.7	173.3	164.7	36.9, 37.1 (N(CH ₃) ₂); 50.6 (COOСН ₃); 55.5 (OСН ₃)				
3b	165.3	161.3	163.4	158.1	79.9	173.1	167.6	24.8, 25.1 (СН ₂); 47.6, 47.8 (СН ₂ N); 50.8 (COOСН ₃); 56.0 (OСН ₃)				
3c	164.9	162.4	162.8	157.6	76.6	172.8	164.8	23.7, 23.3, 25.4 (СН ₂); 44.9, 45.2 (СН ₂ N); 50.5 (COOСН ₃); 55.6 (OСН ₃)				
3d	165.1	164.5	163.5	159.3	80.2	172.9	165.1	43.4, 43.8 (СН ₂ N); 50.0 (COOСН ₃); 55.0 (OСН ₃); 65.7 (OСН ₂)				
3-(6-Диметиламино-4-метокси-2-ил)-4-этоксикарбонил-5-метил-изоксазол	169.78	165.74	164.99	160.16	108.45	174.40	159.29	12.01 (СН ₃); 13.28 (СН ₃); 35.50, 35.75 (N(CH ₃) ₂); 53.98 (OСН ₃); 60.23 (OСН ₂)				
5-Метил-3-(4-метокси-6-пирролидинил-1,3,5-триазин-2-ил)-4-этоксикарбонил-изоксазол	169.58	165.66	162.84	160.15	108.44	174.38	159.29	12.03 (СН ₃); 13.28 (СН ₃); 24.13, 24.29 (СН ₂); 45.84, 46.08 (СН ₂ N); 53.94 (OСН ₃); 60.21 (OСН ₂)				
5-Метил-3-(4-метокси-6-пиперидино-1,3,5-триазин-2-ил)-4-этоксикарбонил-изоксазол	170.07	166.06	163.99	160.18	108.46	174.35	159.26	11.97 (СН ₃); 13.28 (СН ₃); 23.51, 24.83, 24.91 (СН ₂); 43.48, 43.83 (СН ₂ N); 53.99 (OСН ₃); 60.23 (OСН ₂)				
5-Метил-3-(4-метокси-6-морфолино-1,3,5-триазин-2-ил)-4-этоксикарбонил-изоксазол	170.07	166.15	164.47	160.14	108.45	174.50	159.16	11.99 (СН ₃); 13.30 (СН ₃); 43.02, 43.38 (СН ₂ N); 54.16 (OСН ₃); 60.27 (OСН ₂); 65.37 (OСН ₂)				

Подтверждение строения полученных соединений и отнесение сигналов ^1H и ^{13}C (см. табл. 1) было выполнено на основании данных спектров ЯМР ^1H , ^{13}C и двумерных протон-углеродных корреляций (gs-НМВС, gs-НСQC). В частности, можно отметить наличие кросс-пиков, обусловленных дальними взаимодействиями атомов С(2), С(4) триазинового цикла, карбонильного атома углерода сложноэфирной группы и протонов соответствующих заместителей, что однозначно позволило сделать их отнесение. Доказательством наличия карбанионного центра на атоме С(4) цикла изоксазола служит химический сдвиг 76–80 м. д., характерный для sp^3 -гибридного атома углерода. Смещение сигнала этого атома в спектре ЯМР ^{13}C в сильное поле по сравнению с 5-метил-3-(4-*R*-6-метокси-1,3,5-триазин-2-ил)-4-этоксикарбонилизоксазолами составляет примерно 29–32 м. д. (δ С(4) = 108–109 м. д.). Помимо этого в спектрах gs-НСQC атом С(4) цикла изоксазола не имеет каких-либо кросс-пиков с протонами, что также подтверждает отсутствие ковалентной связи с протонами и его карбанионный характер.

Строение изоксазола **3c** подтверждено методом PCA (рисунок, табл. 2–4).



Молекулярная структура 3-(4-метокси-6-пиперидино-1,3,5-триазин-2-ил)-4-метоксикарбонил-4,5-дигидроизоксазол-5-она **3c**

Т а б л и ц а 2

Длины связей (*d*) соединения 3с

Связь	<i>d</i> , Å	Связь	<i>d</i> , Å
N(1)–C(2)	1.356(2)	C(10)–C(11)	1.513(3)
N(1)–C(6)	1.348(2)	C(11)–C(12)	1.512(3)
N(5)–C(4)	1.367(2)	C(6)–C(15)	1.480(2)
N(5)–C(6)	1.304(2)	C(15)–N(17)	1.309(2)
N(3)–C(2)	1.297(2)	O(18)–N(17)	1.404(2)
N(3)–C(4)	1.360(2)	O(18)–C(19)	1.402(2)
O(13)–C(2)	1.309(2)	O(19)–C(19)	1.215(2)
O(13)–C(14)	1.452(2)	C(20)–C(19)	1.426(2)
C(4)–N(7)	1.324(2)	C(20)–C(21)	1.427(2)
N(7)–C(8)	1.475(2)	O(22)–C(21)	1.335(2)
N(7)–C(12)	1.468(2)	O(22)–C(23)	1.440(2)
C(8)–C(9)	1.500(3)	O(21)–C(21)	1.235(2)
C(9)–C(10)	1.508(3)	C(15)–C(20)	1.427(2)

Т а б л и ц а 3

Валентные углы (ω) соединения 3с

Угол	ω , град.	Угол	ω , град.
C(2)–N(1)–C(6)	117.82(11)	C(12)–N(7)–C(8)	114.66(13)
C(2)–N(3)–C(4)	115.45(12)	N(1)–C(6)–C(15)	117.26(10)
C(4)–N(5)–C(6)	115.58(11)	N(5)–C(6)–C(15)	119.68(11)
N(1)–C(6)–N(5)	123.06(12)	C(6)–C(15)–N(17)	115.43(11)
N(1)–C(2)–N(3)	123.46(12)	C(6)–C(15)–C(20)	131.33(11)
N(3)–C(4)–N(5)	124.61(11)	C(15)–N(17)–O(18)	105.92(10)
C(2)–O(13)–C(14)	117.48(11)	N(17)–O(18)–C(19)	110.56(10)
O(13)–C(2)–N(1)	113.12(11)	O(18)–C(19)–O(19)	118.61(13)
O(13)–C(2)–N(3)	123.41(13)	O(18)–C(19)–C(20)	105.80(11)
N(3)–C(4)–N(7)	117.80(12)	O(19)–C(19)–C(20)	135.59(12)
C(4)–N(7)–C(8)	122.19(13)	N(17)–C(15)–C(20)	113.17(12)
N(5)–C(4)–N(7)	117.59(12)	C(19)–C(20)–C(15)	104.53(11)
C(4)–N(7)–C(12)	123.04(12)	C(15)–C(20)–C(21)	130.72(12)
N(7)–C(8)–C(9)	111.26(15)	C(19)–C(20)–C(21)	124.74(12)
C(8)–C(9)–C(10)	111.39(15)	C(20)–C(21)–O(21)	126.09(12)
C(9)–C(10)–C(11)	110.38(16)	C(20)–C(21)–O(22)	113.84(11)
C(10)–C(11)–C(12)	111.37(16)	C(21)–O(22)–C(23)	116.28(12)
C(11)–C(12)–N(7)	109.89(14)	O(21)–C(21)–O(22)	120.06(12)

Т а б л и ц а 4

Торсионные углы (θ) соединения 3с

Угол	θ , град.	Угол	θ , град.
C(14)–O(13)–C(2)–N(3)	1.6(2)	N(1)–C(6)–C(15)–C(20)	–2.2(2)
C(14)–O(13)–C(2)–N(1)	–177.4(1)	N(1)–C(6)–C(15)–N(17)	–179.0(1)
O(13)–C(2)–N(3)–C(4)	–179.9(1)	N(5)–C(6)–C(15)–N(17)	0.7(2)
O(13)–C(2)–N(1)–C(6)	–179.1(1)	N(5)–C(6)–C(15)–C(20)	177.5(1)
C(2)–N(3)–C(4)–N(5)	–0.5(2)	C(6)–C(15)–C(20)–C(21)	2.4(2)
N(3)–C(4)–N(5)–C(6)	1.0(2)	C(6)–C(15)–N(17)–O(18)	177.5(1)
C(4)–N(5)–C(6)–N(1)	–0.0(2)	C(6)–C(15)–C(20)–C(19)	–176.0(1)
N(5)–C(6)–N(1)–C(2)	–1.3(2)	C(15)–N(17)–O(18)–C(19)	–1.1(1)
C(6)–N(1)–C(2)–N(3)	1.9(2)	N(17)–O(18)–C(19)–O(19)	–178.1(1)
N(1)–C(2)–N(3)–C(4)	–1.0(2)	N(17)–O(18)–C(19)–C(20)	1.6(1)
N(3)–C(4)–N(7)–C(8)	–6.1(2)	O(18)–C(19)–C(20)–C(21)	–180.0(1)
N(3)–C(4)–N(7)–C(12)	178.1(1)	O(18)–C(19)–C(20)–C(15)	–1.4(1)
N(5)–C(4)–N(7)–C(12)	–2.5(2)	C(15)–C(20)–C(19)–O(19)	178.2(2)
N(5)–C(4)–N(7)–C(8)	173.4(1)	C(15)–C(20)–C(21)–O(22)	–176.6(1)
C(4)–N(7)–C(8)–C(9)	129.7(2)	C(19)–C(20)–C(15)–N(17)	0.8(2)
C(4)–N(7)–C(12)–C(11)	129.3(2)	C(20)–C(21)–O(22)–C(23)	175.7(1)
N(7)–C(12)–C(11)–C(10)	55.0(2)	C(15)–C(20)–C(21)–O(21)	3.7(2)
C(12)–C(11)–C(10)–C(9)	56.2(2)	C(19)–C(20)–C(21)–O(21)	–178.1(1)
C(11)–C(10)–C(9)–C(8)	–55.0(2)	C(19)–C(20)–C(21)–O(22)	1.5(2)
C(10)–C(9)–C(8)–N(7)	53.2(2)	O(21)–C(21)–C(20)–C(19)	–178.1(1)
C(9)–C(8)–N(7)–C(12)	–54.1(2)	C(21)–C(20)–C(19)–O(19)	–0.3(3)
C(8)–N(7)–C(12)–C(11)	54.6(2)	O(21)–C(21)–C(20)–C(15)	3.7(2)

Несмотря на наличие заместителя в положении 4 цикла изоксазола (сравнение с данными РСА этилового эфира 5-метил-3-(4-метокси-6-пирролидинил-1,3,5-триазин-2-ил)изоксазол-4-карбоновой кислоты [2]), вся молекула плоская за исключением пиперидинового цикла, имеющего конформацию *кресло*. Планарность молекулы достигается за счёт внутримолекулярной водородной связи O(21)–H(1)–N(1) (параметры водородной связи: N(1)–H(1) 0.972, H(1)⋯O(21) 1.616, N(1)⋯O(21) 2.567 Å, угол N(1)–H(1)⋯O(21) 165.72°). Цикл 1,3,5-триазина симметрично деформирован: связи C(2)–N(3) и C(6)–N(5) укорочены до 1.290–1.310 Å; связи C(4)–N(3), C(4)–N(5), C(2)–N(1) и C(6)–N(1) увеличены до 1.35–1.37 Å. Атом C(20), на котором в основном сосредоточен отрицательный заряд, имеет плоскую тригональную конфигурацию: все связи C(15)–C(20), C(21)–C(20) и C(19)–C(20) одинаковы (1.427 Å); отклонение величины углов от 120° (C(15)–C(20)–C(21) 130.72°, C(21)–C(20)–C(19) 124.74° и C(19)–C(20)–C(15) 104.53°) связано с тем, что атом C(20) является частью циклической системы изоксазола.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

ИК спектры записаны на спектрофотометре Avatar 360ESP в таблетках KBr, спектры ЯМР ^1H и ^{13}C – на спектрометре Bruker Avance II (400 и 100 МГц соответственно) в DMSO-d_6 , внутренний стандарт ТМС. Элементный анализ выполнен на приборе Eurovector EA 3000.

Рентгеноструктурный анализ соединения 3c выполнен при 20° на автоматическом дифрактометре Bruker Smart APEX2 (λ MoK α , графитовый монохроматор, ω -сканирование). Учёт поглощения не проводился ввиду его малости. Структура расшифрована прямым методом по программе SIR [3] и уточнена вначале в изотропном, затем в анизотропном приближении по программе SHELXL-97 [4]. Координаты атомов водорода выявлены из разностных рядов Фурье и уточнены изотропно. Все расчёты проведены с помощью программ WinGX [5] и APEX2 [6]. Рисунок и анализ водородных связей выполнены с помощью программы PLATON [7].

Кристаллы соединения **3c**: бесцветные, прозрачные призматические, триклинные; $\text{C}_{14}\text{H}_{17}\text{N}_5\text{O}_5$, $M = 335.33$, $a = 7.0908(5)$, $b = 10.5571(7)$, $c = 11.1432(8)$ Å, $\alpha = 98.552(1)$, $\beta = 107.493(1)$, $\gamma = 97.187(1)^\circ$, $V = 773.88(9)$ Å 3 , $d_{\text{выч}} = 1.44$ г/см 3 , $Z = 2$, пространственная группа $P\bar{1}$. Угол сканирования $2.0^\circ \leq \theta \leq 27.0^\circ$. Измерено 3361 независимое отражение, 2806 из которых с $I > 2\sigma(I)$. Учёт поглощения не проводился ввиду его малости ($\mu(\text{Mo}) = 0.112$ см $^{-1}$). Окончательные значения факторов расходимости $R_{\text{obs}} = 0.037$ и $R_{\text{wobs}} = 0.0978$ по 2806 рефлексам.

Исследование монокристалла соединения **3c** проведено в Отделении рентгеноструктурных исследований Центра коллективного пользования ЦКП САЦ на базе Лаборатории дифракционных методов исследования ИОФХ им. А. Е. Арбузова КНЦ РАН.

Координаты атомов и структурные параметры соединения **3c** депонированы в Кембриджском банке структурных данных (депонент CCDC 736560).

Соединения **1a–d** синтезированы по методике [8]. 5-Метил-3-(4-*R*-6-метокси-1,3,5-триазин-2-ил)-4-этоксикарбонилзоксазолы синтезированы по методике [1].

Цвиттер-ионный 3-(4-диметиламино-6-метокси-1,3,5-триазин-2-ил)-4-метоксикарбонил-4,5-дигидроизоксазол-5-он (3a). К раствору 1.6 г (4 ммоль) гидроксида натрия в 20 мл метанола при $20\text{--}25^\circ\text{C}$ и перемешивании приливают 2.30 мл (2 ммоль) метилового эфира малоновой кислоты, затем добавляют 2.42 г (1 ммоль) соединения **1a**. Реакционную массу выдерживают при $20\text{--}25^\circ\text{C}$ и перемешивании до исчезновения исходного соединения **1a**, по данным ТСХ (1 ч – 1 ч 30 мин). После окончания выдерживания реакционную массу охлаждают до $5\text{--}10^\circ\text{C}$, выпавший осадок отфильтровывают и промывают 5 мл холодного метанола. Осадок растворяют в 20 мл воды, подкисляют разбавленной соляной кислотой, выпавший осадок **3a** отфильтровывают, промывают холодной водой. Выход 2.12 г (72%). Т. пл. $175\text{--}177^\circ\text{C}$ (с разл.). ИК спектр, ν , см $^{-1}$: 3018, 2958, 1720, 1648, 1618, 1502, 1467, 1413, 1214, 1193, 1083, 1024, 935, 906, 885, 781, 732. Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J , Гц): 3.21 и 3.23 (6H, два с, NCH $_3$); 3.51 (3H, с, COOCH $_3$); 3.99 (3H, с, OCH $_3$); 11.07 (уш. с, NH $^+$). Найдено, %: С 44.88; Н 4.28; N 23.60. $\text{C}_{11}\text{H}_{13}\text{N}_5\text{O}_5$. Вычислено, %: С 44.75; Н 4.44; N 23.72.

Цвиттер-ионный 3-(6-метокси-4-пирролидинил-1,3,5-триазин-2-ил)-4-метоксикарбонил-4,5-дигидроизоксазол-5-он (3b) получают аналогично из 2.68 г (1 ммоль) соединения **1b**. Выход 1.90 г (59%). Т. пл. $140\text{--}142^\circ\text{C}$ (с разл.). ИК спектр, ν , см $^{-1}$: 2958, 2887, 2439, 1716, 1648, 1608, 1500, 1459, 1378, 1213, 1122, 1078, 1037, 1027, 908, 885, 781, 659. Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J , Гц): 1.96 (4H, м, CH $_2$); 3.55 (3H, с, COOCH $_3$); 3.61 (4H, т, $J = 8.0$, NCH $_2$); 4.02 (3H, с, OCH $_3$); 10.13 (1H, уш. с, NH $^+$). Найдено, %: С 48.54; Н 4.87; N 21.91. $\text{C}_{13}\text{H}_{15}\text{N}_5\text{O}_5$. Вычислено, %: С 48.60; Н 4.71; N 21.80.

Цвиттер-ионный 3-(6-метокси-4-пиперидино-1,3,5-триазин-2-ил)-4-метоксикарбонил-4,5-дигидроизоксазол-5-он (3c) получают аналогично из 2.82 г (1 ммоль) соединения **1c**. Выход 2.25 г (67%). Т. пл. 145–147 °С (с разл.). ИК спектр, ν , см^{-1} : 3432, 3012, 2863, 1718, 1710, 1652, 1612, 1560, 1498, 1467, 1450, 1382, 1290, 1214, 1180, 1153, 1093, 1035, 910, 779, 673. Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д.: 1.08–1.15 (6H, м, CH_2); 3.53 (3H, с, COOCH_3); 3.87 (4H, м, NCH_2); 4.00 (3H, с, OCH_3); 11.83 (уш. с, NH^+). Найдено, %: С 50.32; Н 5.17; N 20.75. $\text{C}_{14}\text{H}_{17}\text{N}_5\text{O}_5$. Вычислено, %: С 50.15; Н 5.11; N 20.89.

Цвиттер-ионный 3-(6-метокси-4-морфолино-1,3,5-триазин-2-ил)-4-метоксикарбонил-4,5-дигидроизоксазол-5-он (3d) получают аналогично из 2.84 г (1 ммоль) соединения **1d**. Выход 2.53 г (75%). Т. пл. 155–157 °С (с разл.). ИК спектр, ν , см^{-1} : 3012, 2954, 2860, 1718, 1646, 1602, 1500, 1465, 1448, 1380, 1303, 1284, 1211, 1116, 1078, 1016, 904, 881, 783, 622. Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д.: 3.51 (3H, с, COOCH_3); 3.66–3.84 (8H, м, $\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{O}$); 3.97 (3H, с, OCH_3); 10.50 (уш. с, NH^+). Найдено, %: С 46.13; Н 4.41; N 20.57. $\text{C}_{13}\text{H}_{15}\text{N}_5\text{O}_6$. Вычислено, %: С 46.29; Н 4.48; N 20.76.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. В. В. Бахарев, А. А. Гидаспов, Е. В. Переседова, Д. Б. Криволапов, Е. В. Миронова, И. А. Литвинов, *ХТС*, 1345 (2009). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **45**, 1075 (2009)].
2. В. В. Бахарев, Е. В. Переседова, Д. Б. Криволапов, Е. В. Миронова, И. А. Литвинов, *ХТС*, 743 (2009). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **45**, 587 (2009)].
3. A. Altomare, G. Cascarano, C. Giacovazzo, D. Viterbo, *Acta Crystallogr.*, **A47**, 744 (1991).
4. G. M. Sheldrick, *SHELXL-97. Program for Crystal Structure Refinement*, Univ. of Gottingen, Germany, 1997.
5. L. J. Farrugia, WinGX 1.64.05. *An Integrated System of Windows Programs for the Solution, Refinement and Analysis of Single Crystal X-Ray Diffraction Data*, *J. Appl. Crystallogr.*, **32**, 837 (1999).
6. APEX2 (Version 2.1), SAINTPlus. *Data Reduction and Correction Program*, v. 7.31A, Bruker Advanced X-ray Solutions, BrukerAXS Inc., Madison, Wisconsin, USA, 2006.
7. A. L. Spek, *Acta Crystallogr.*, **A46**, 34 (1990).
8. В. В. Бахарев, А. А. Гидаспов, Е. В. Переседова, В. Г. Граник, Н. Б. Григорьев, В. И. Левина, И. С. Северина, А. Ю. Щеголев, Д. Е. Дмитриев, А. Б. Шере-метев, *Изв. АН, Сер. хим.*, 1900 (2009).

Самарский государственный технический университет,
Самара 443100, Россия
e-mail: knil@sstu.smr.ru

Поступило 01.04.2010

^aИнститут органической и физической химии
им. А. Е. Арбузова Казанского научного центра РАН,
Казань 420088, Республика Татарстан
e-mail: litvinov@iopc.knc.ru

^bУральский государственный технический
университет – УПИ, Екатеринбург 620002, Россия
e-mail: oleg-elstov@yandex.ru