

Э. Абеле, Р. Абеле, Э. Лукевиц

ОКСИМЫ ПЯТИЧЛЕННЫХ ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ С ТРЕМЯ И ЧЕТЫРЬМЯ ГЕТЕРОАТОМАМИ

1. СИНТЕЗ И СТРОЕНИЕ

(ОБЗОР)

Обобщены данные по способам получения и строению триазольных, тетразольных, диоксазольных, оксадиазольных и тиадиазольных альдоксимов, кетоксимов и амидоксимов и их производных.

Ключевые слова: диоксазол, оксадиазол, оксим, тетразол, тиадиазол, триазол.

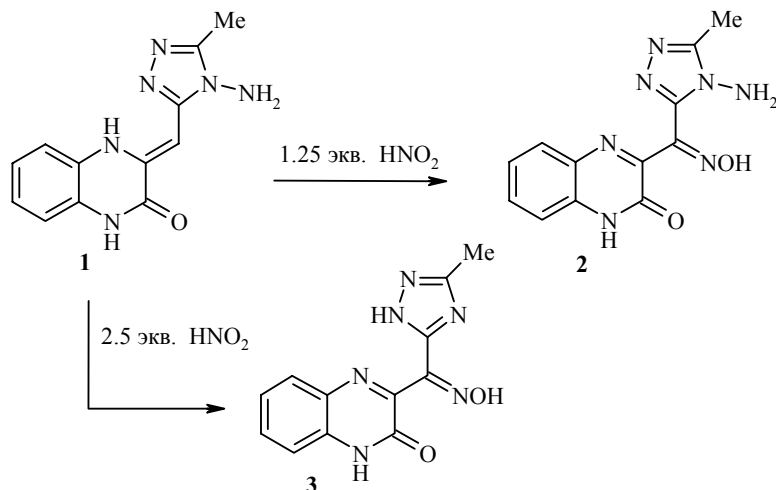
Оксимы пятичленных гетероциклических соединений с тремя гетероатомами широко применяются как интермедиаты в тонком органическом синтезе. В данном обзоре обобщены основные методы получения триазольных, тетразольных, диоксазольных, оксадиазольных и тиадиазольных альдоксимов, кетоксимов и амидоксимов и их производных. Вкратце рассмотрены основные методы исследования структуры оксимов пятичленных гетероциклических соединений с тремя и четырьмя гетероатомами с учетом изомерии. Реакции и биологическая активность оксимов пятичленных гетероциклических соединений с двумя гетероатомами будут рассмотрены во второй части обзора.

1. СИНТЕЗ

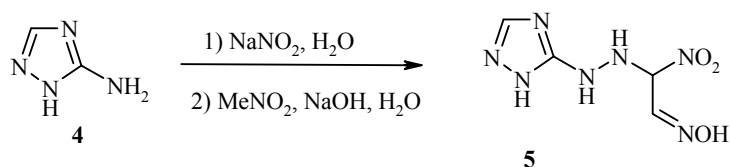
1.1. Синтез триазольных альдоксимов, кетоксимов и амидоксимов

Классический метод синтеза триазольных кетоксимов основан на взаимодействии кетона с гидроксиламином в спирте [1] или с солянокислым гидроксиламином в пиридине [2] или водном растворе K_2CO_3 [3].

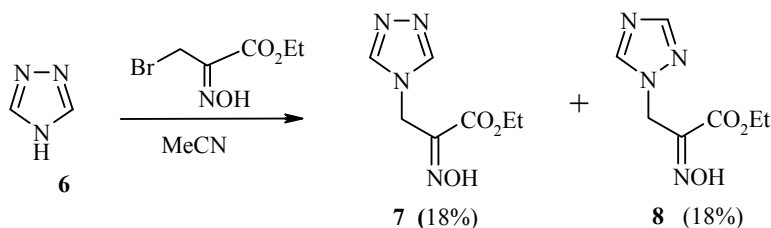
Триазольные оксимы были получены в результате нитрозирования алкильной цепи соответствующих алкилпроизводных. В качестве нитрозирующих систем использовали $NaNO_2/HCl$ [4, 5], $NaNO_2/H_2O/AcOH$ [6, 7], $NaNO_2/H_2O/H_2SO_4$ [8] и $i-BuONO/NaOEt/EtOH$ [9]. Иногда, в зависимости от количества нитрозирующего агента, образуются различные продукты. Так, реакция триазола **1** с 1.25 экв. нитрозирующего агента (HNO_2) приводит к N-аминопроизводному **2** с выходом 79%. Если ту же реакцию проводить в присутствии 2.5 экв. HNO_2 , то в качестве единственного продукта образуется оксим триазола **3** [10].

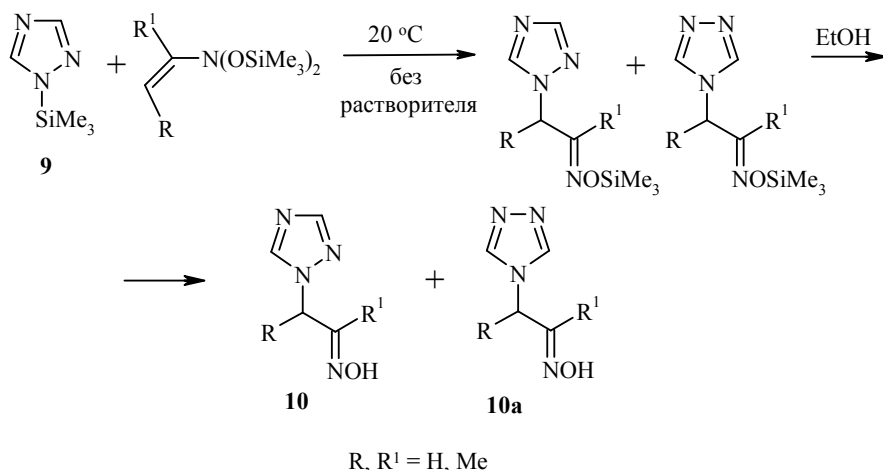


Диазотирование 3-амино-1,2,4-триазола (4) нитритом натрия с последующей обработкой реакционной смеси щелочным раствором нитрометана дает оксим 5 с выходом 42% [11]. Образование продукта 5 происходит через стадию диазотирования с последующей реакцией с натриевой солью нитрометана.

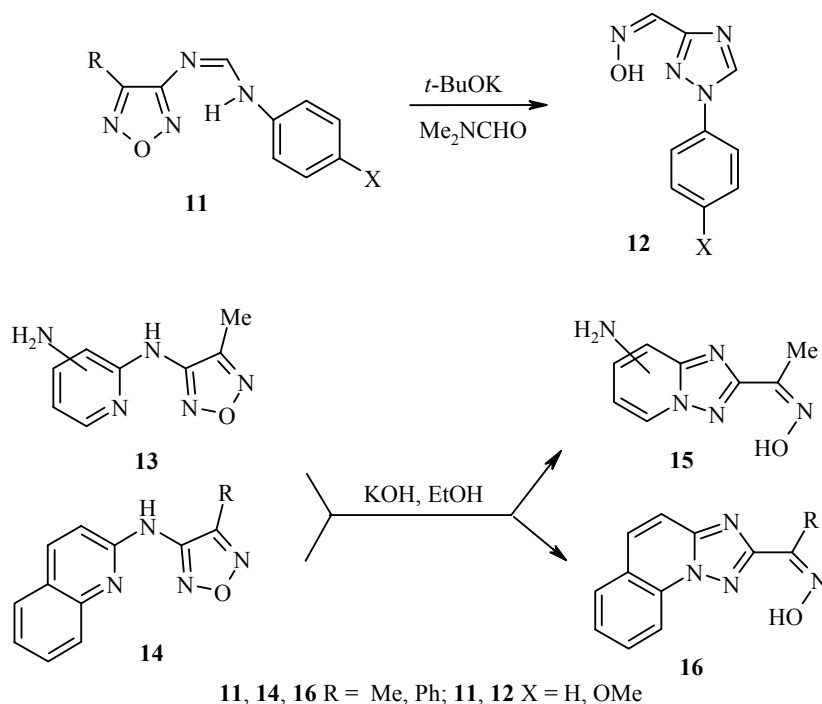


В литературе имеются сведения о синтезе N-триазолилалканоновых оксимов. Алкилирование 1,2,4-триазола (6) этил-3-бром-2-гидроксииминопропаноатом в ацетонитриле дает смесь двух изомерных оксимов 7 и 8 [12]. Присоединение N-триметилсилилтриазола (9) к N,N-бис(силокси)ен-аминам, которые являются формальными аналогами β -углеродных электрофилов, с последующим десилилированием этанолом дает изомерные триазольные оксимины 10 и 10a с выходами до 100% [13].



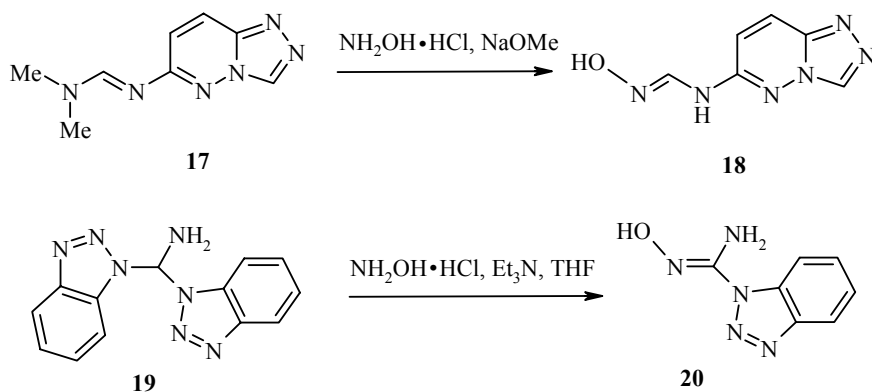


Раскрытие оксадиазольного кольца иминопроводных 1,2,5-оксадиазолов **11** действием *tert*-бутоксид калия в ДМФА с последующей рециклизацией дает триазольные альдоксимины **12** с выходом 60–80% [14, 15]. Пиридил- и хинолиламинооксадиазолы **13** и **14** в спиртовой щелочи тоже раскрывают оксадиазольное кольцо и затем циклизуются в триазолы с вовлечением в цикл пиридинового азота. При этом образуются оксимины триазоло[1,5-*a*]пиридинов **15** или триазоло[1,5-*a*]хинолинов **16** с выходом до 70% [16].

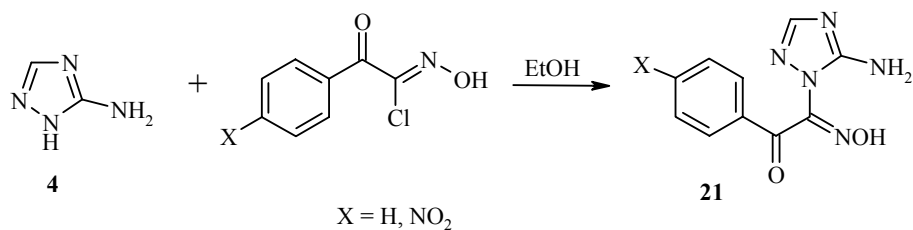


Триазольные амидоксимины обычно получают из соответствующих нитрилов и гидроксилamina в этаноле [17], но для этой цели можно использовать и имины. Так, 6-гидроксииминометилениминотриазоло[4,3-*b*]пиридазин (**18**) был получен из имиона **17** в системе NH₂OH·HCl/NaOMe [18].

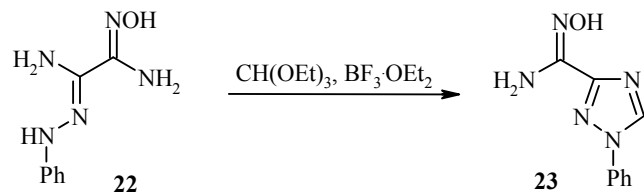
Хорошей уходящей группой в этой реакции является бензотриазол. Например, ди(1H-1,2,3-бензотриазол-1-ил)метанамин (**19**) в системе $\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}/\text{Et}_3\text{N}/\text{THF}$ дает амидоксим **20** с выходом 89% [19].



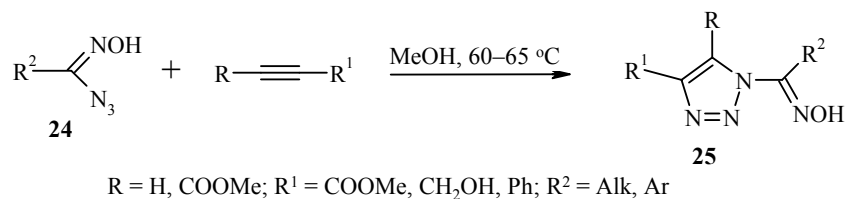
3-Амино-1,2,4-триазол (**4**) и α -хлороксимы типа $\text{XC}_6\text{H}_4\text{COC}(\text{Cl})=\text{NOH}$ в этаноле легко превращаются в соответствующие амидоксимы **21**, выделенные с выходами 60–75% [20].



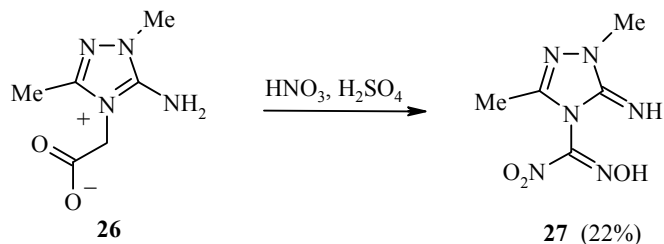
Циклизация оксима **22** с ортомуравьиным эфиром в присутствии $\text{BF}_3\cdot\text{OEt}_2$ дает амидоксим 1-фенил-1,2,4-триазол-3-карбоновой кислоты (**23**) с выходом 38% [21].



1,3-Диполярное циклоприсоединение азидоксимов **24** к алкинам в метаноле приводит к образованию триазольных оксимов **25** с выходом 15–79% [22, 23].

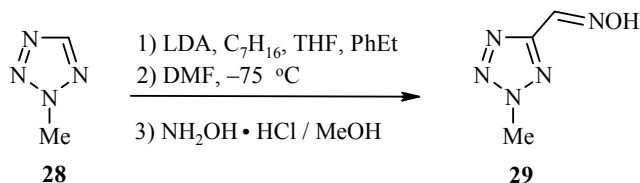


Взаимодействие соли триазолия **26** с нитрующей смесью ($\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{SO}_4$) дает оксим **27** [24].

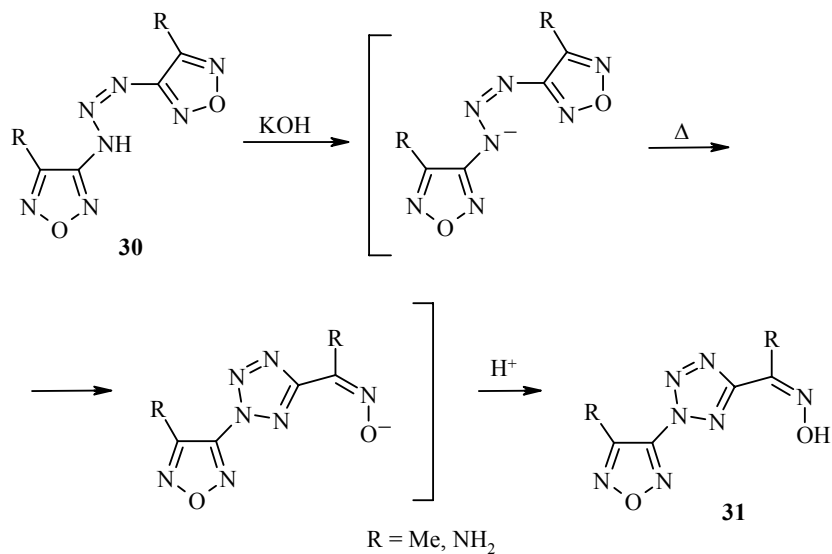


1.2. Синтез тетразольных альдоксимов, кетоксимов и амидоксимов

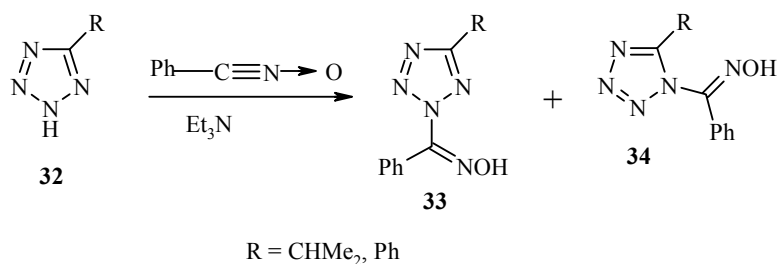
Тетразольные альдоксимы и кетоксимы обычно получают из соответствующих карбонилсоединений и солянокислого гидроксиламина в присутствии пиридина в этаноле [25] или ацетата натрия в метаноле [26]. Недавно разработан новый метод синтеза тетразольного альдоксима **29** из N-метилтетразола (**28**) в системе диизопропиламид лития (LDA)/THF/гептан/этилбензол с последующей обработкой реакционной смеси ДМФА и солянокислым гидроксиламином [27].



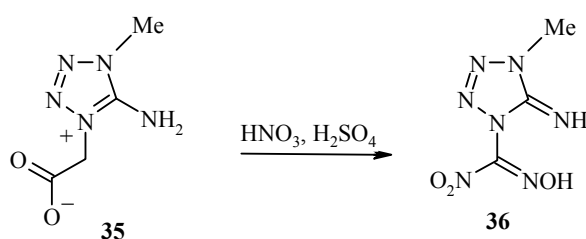
Дифуразанилтриазены **30** в условиях основного катализа (KOH в воде) в результате перегруппировки одного из гетероциклов, образуют оксимные производные 2-фуразанилтетразолов **31** с выходом 74–86% [28].



Взаимодействие тетразолов **32** с бензонитрил-N-оксидом и триэтиламинном в диоксане дает смесь двух тетразольных оксимов **33** и **34** [29].

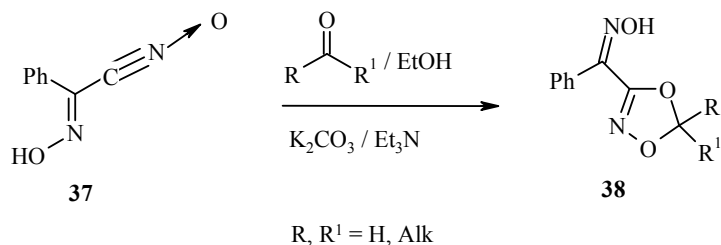


Бетаин **35** с нитрирующей смесью (HNO₃/H₂SO₄) дает оксим **36** с выходом 10% [24].



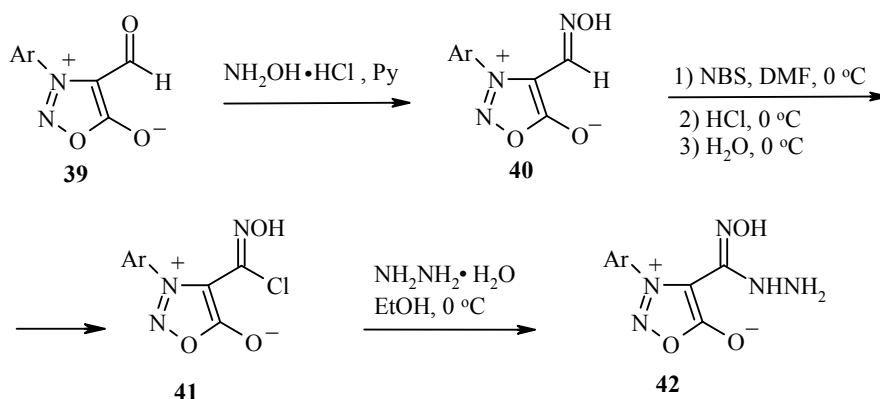
1.3. Синтез 1,4,2-диоксазольных кетоксимов

α -Оксииминонитрилоксид (**37**) легко реагирует с альдегидами и кетонами, образуя 1,4,2-диоксазольные кетоксимы **38** [30].

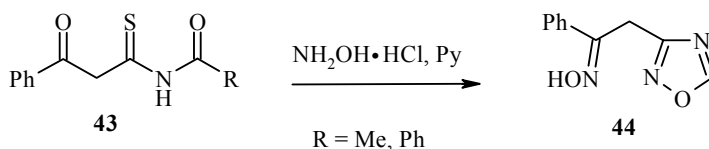


1.4. Синтез 1,2,3- и 1,2,4-оксадиазольных альдоксимов, кетоксимов и амидоксимов

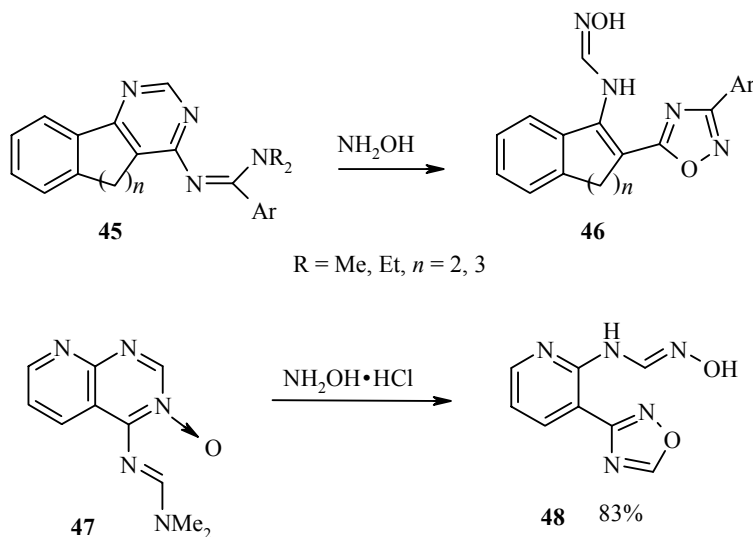
Синтез оксимных производных 1,2,3-оксадиазолов подробно изложен в работе [31]. Альдегиды **39** и солянокислый гидросиламин в пиридине дают альдоксимы **40**. Последние легко галогенируются в NBS/DMF, потом HCl, образуя соответствующие хлориды **41**. Реакция соединения **41** и гидразина в этаноле дает гидразиновые производные **42** с выходом 83–95%.



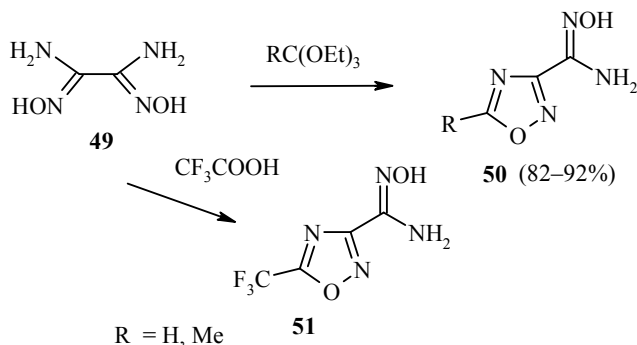
Ацилированные бензоилтиоацетамиды **43** и солянокислый гидроксил-амин в пиридине образуют оксими 1,2,4-оксадиазолов **44** [32].



Амидоксими 1,2,4-оксадиазолов получают из соответствующих нитрилов и солянокислого гидроксил-амин в присутствии метилата натрия в метаноле [33]. Их можно получать и из амидинов, содержащих пири-мидиновое кольцо. При действии на них избытком гидроксил-амин амидиновая группировка циклизуется в 1,2,4-оксадиазол, а пиримидиновое кольцо расщепляется с образованием амидоксими. Таким образом, из амидинов **45** были успешно синтезированы 1,2,4-оксадиазольные амидоксими **46** [34]. Похожим образом из N,N-диметиламинометиленамино-производного **47** и солянокислого гидроксил-амин в метаноле образуется оксим **48** [35].



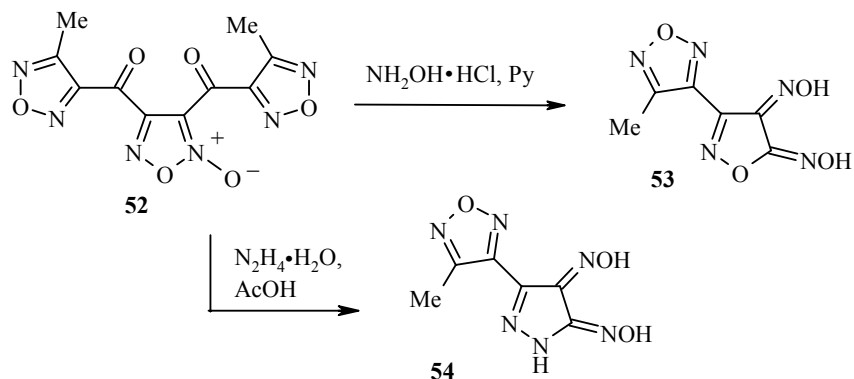
Взаимодействие диаминоглиоксима (**49**) с этиловым эфиром ортомуравьиной и ортоуксусной кислот (2-кратный избыток к субстрату) в присутствии эфира трехфтористого бора приводит к амидоксима 1,2,4-оксадиазол-3-карбоновой кислоты **50**. При увеличении времени реакции и использовании больших количеств ортоэфира в реакцию вступают обе оксимные группы и образуются бисоксадиазолы. Если циклизацию субстрата **49** проводить в трифторуксусной кислоте, то в качестве основного продукта выделен 5-трифторметил-1,2,4-оксадиазол-3-карбоксамидоксим (**51**) с выходом 30% [36, 37].



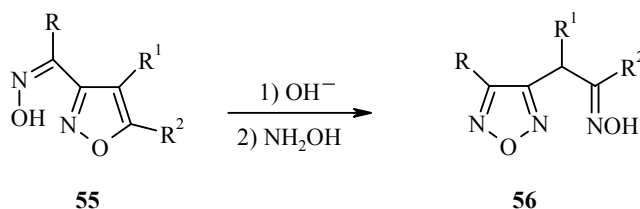
1.5. Синтез 1,2,5-оксадиазольных альдоксимов, кетоксимов и амидоксимов

Синтез фуразановых (1,2,5-оксадиазольных) производных, в том числе оксимных, перегруппировкой оксимов 3-ацил-1-окса-2-азолов подробно изложен в обзоре [38], поэтому в настоящей работе мы рассмотрели этот вопрос бегло.

Ряд работ посвящен синтезу фуразановых кетоксимов. Классический путь синтеза этих соединений основан на взаимодействии соответствующих кетонов с $\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$ в воде [39, 40]. В этих случаях с гидроксиламином реагируют только карбонильные группы. Однако обычно реакция оксимации сопровождается дальнейшими превращениями. Так, реакция 3,4-бис(4-метил-3-фуразаноил)фуроксана (**52**) с гидроксиламином дает фуразановый диоксим **53** с выходом 32% [39]. Похожая реакция субстрата **52** с гидразингидратом в уксусной кислоте приводит к диоксиму **54** [41].

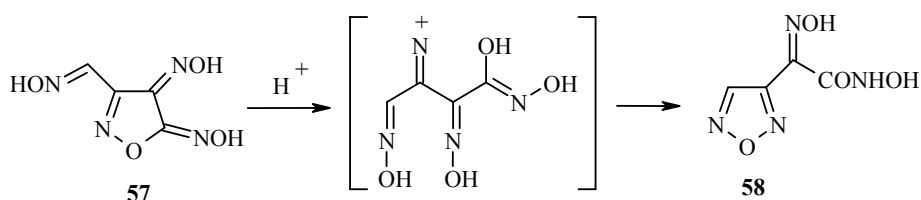


Под действием щелочи *E*-оксимы изоксазола **55** перегруппировываются в кетофурананы. Если реакцию провести в присутствии гидроксиламина, то в качестве продуктов выделяют оксимы фурананов **56**. Однако перегруппировка *Z*-оксимоидов идет труднее потому, что на первой стадии реакции должна пройти *Z-E*-изомеризация [38].

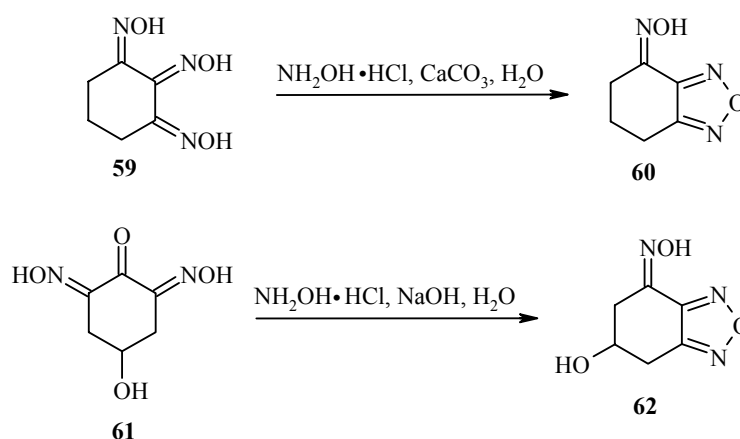


R = Alk, Ar, Het; R¹ = H, Ph, C₆H₅; R² = H, Me, Ph

В присутствии кислот триоксимы **57** превращаются в оксимы фурансана **58**. Образование продуктов **58** происходит через стадию ациклических продуктов [42].

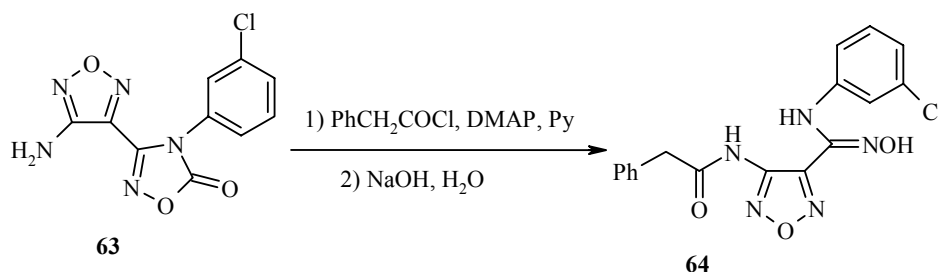


Триоксим 1,2,3-циклогексантриона (**59**) в системе NH₂OH·HCl/CaCO₃/H₂O дает 4-гидроксиимино-4,5,6,7-тетрагидробензфуранан (**60**) с выходом 39% [43]. 4-Гидрокси-2,6-ди(гидроксиимино)циклогексанон (**61**) в присутствии свободного гидроксиламина превращается в фуранан **62** (выход 50%), представляющий собой смесь изомеров, разделенных хроматографически, с отношением *E/Z*-изомеров ~4:1 [44].

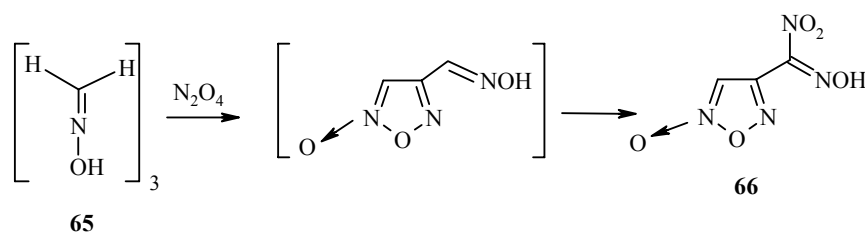


Амидоксимы 1,2,5-оксадиазолов получены из соответствующих нитри-

лов и солянокислого гидросиламина в спиртовой воде [45]. 1,2,5-Оксадиазол-5-оны при щелочном гидролизе образуют амидоксимы. Так, 3-(4-амино-1,2,5-оксадиазол-3-ил)-4-(3-хлорфенил)-1,2,4-оксадиазол-5(4H)-он (**63**) в системе PhCH₂COCl/4-диметиламинопиридин (DMAP)/ пиридин с последующим щелочным гидролизом дает 1,2,5-оксадиазольный оксим **64** с выходом 45% [46].

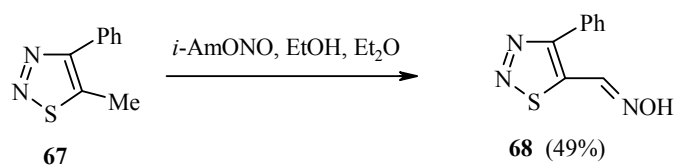


Циклизация тригидроксииминопропана (**65**) с N₂O₄ в Et₂O или CH₂Cl₂ дает фуроксан-4-нитроловую кислоту (**66**), которая получается через фуроксан-4-альдоксим [47].

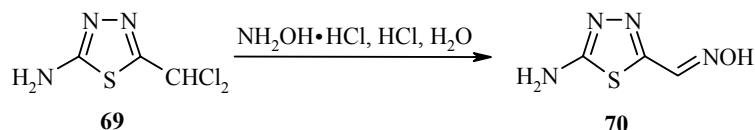


1.6. Синтез 1,2,3-, 1,3,4- и 1,3,5-тиадиазольных альдоксимов и кетоксимов

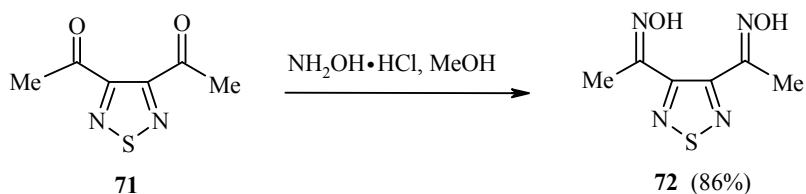
4-Фенил-1,2,3-тиадиазольный альдоксим **68** был успешно получен из метилзамещенного тиадиазола **67** в системе изоамилнитрит/EtOH/Et₂O [48].



Классический метод синтеза 1,3,4-тиадиазольных кетоксимов основан на взаимодействии кетона с солянокислым гидросиламином в пиридине [49]. Интересно, что дихлорметилпроизводное 1,3,4-тиадиазола **69** в присутствии солянокислого гидросиламина и конц. HCl образует оксим 2-амино-1,3,4-тиадиазол-5-карбальдегида **70** [50, 51].



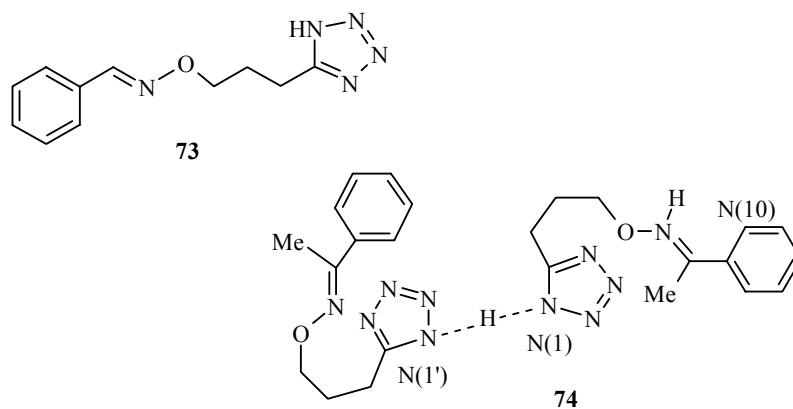
1,3,5-Тиадиазольные альдоксими и кетоксими получены реакцией альдегида или кетона с солянокислым гидроксиламином в водном NaOH [52] или метаноле [53]. 1,3,5-Тиадиазольный диоксим (72) получен из diketона 71 и $\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$ в метаноле [54].



2. СТРОЕНИЕ

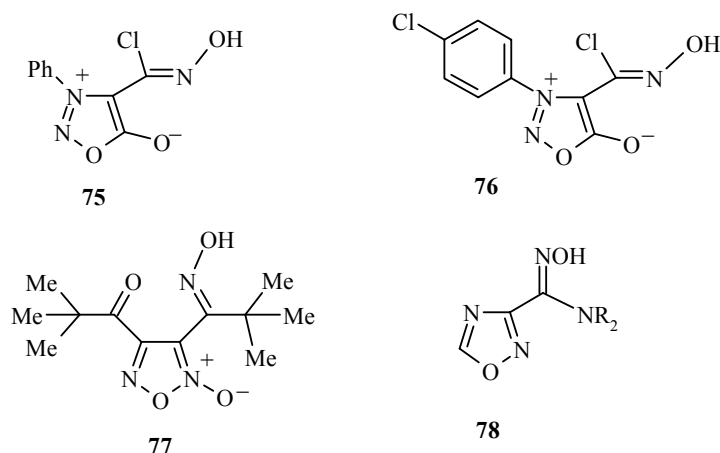
Одним из наиболее надежных методов определения строения изомерных оксимов пятичленных гетероциклических соединений с тремя и четырьмя гетероатомами является спектроскопия ЯМР. Наиболее подробно исследованы спектры ЯМР ^1H и ^{13}C оксимов триазола [9, 14, 23, 55–57], тетразола [28, 58–60], 1,2,4-оксадиазола [32, 36], 1,2,5-оксадиазола [45, 61] и 1,2,3-, 1,2,4- [62] и 1,2,5-тиадиазола [61, 63].

Строение O-[3-(5-тетразолил)пропил]оксима бензальдегида (73) и O-[3-(5-тетразолил)пропил]оксима ацетофенона (74) подтверждено данными РСА [62]. Необычное протонирование наблюдается в кристаллах соединения 74. В кристаллической решетке молекулы соединения 74 две молекулы кристаллизуются в виде ассоциатов. При этом в ходе кристаллизации происходит перенос протона с тетразольного атома N(1) к оксимному атому N(10). Протон тетразольного кольца имеет мостиковые свойства, соединяя атомы N(1) тетразола и N(1') тетразольного фрагмента соседней молекулы. Длина связей N(1)–H и N(1')–H равна 1.394 и 1.402 Å соответственно. В отличие от соединения 74 в структуре O-[3-(5-тетразолил)пропил]оксима бензальдегида (73) такой перенос протона не происходит.



Структура натриевой соли O-[3-(5-тетразолил)пропил]оксима ацетил-

пиридина [59], 3-арилсиднон-4-карбогидроксамовых хлоридов **75** и **76** [31] и оксима 1-[4-(2,2-диметилпропионил)-5-оксифуразан-3-ил]-2,2-диметилпропан-1-она (**77**) [39] также подтверждена методом РСА.



Для изучения структуры триазольных [20, 21], оксадиазольных [65, 66] и тиadiaзольных [53] оксимов используют и метод ИК спектроскопии. Кроме того, проведено исследование констант ионизации 1,2,5-тиадиазолов в воде [64].

Переход *Z*-изомеров в *E*-изомеры амидоксимов 1,2,4-оксадиазол-3-карбонной кислоты **78** подробно рассмотрен в работе [36].

Показано, что заместители у атома азота амидоксимной группы оказывают значительное влияние как на относительную стабильность *Z*- и *E*-изомеров, так и на величину барьера *E-Z*-изомеризации. Незамещенные амидоксими известны только в виде термодинамически более стабильных *Z*-изомеров. Для *N*-алкилзамещенных соединений также более выгоден *Z*-изомер. Но в случае *N,N*-диалкилзамещенных амидоксимов **78** энергетически более выгоден *E*-изомер. *Z-E*-Изомеризацию обычно можно ускорить применением кислого катализатора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Г. Х. Хиямутдинов, В. Л. Королев, И. З. Кондюков, И. Ш. Абдрахманов, С. П. Смирнов, А. А. Файнзильберг, *Изв. АН, Сер. хим.*, 1623 (1993).
2. Т. В. Сокол, В. А. Туров, А. В. Туров, Н. В. Кривохижа, В. В. Семенюченко, В. П. Хиля, *XTC*, 1676 (2005). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **41**, 1411 (2005)].
3. A. Albert, W. Pendergast, *J. Chem. Soc., Perkin Trans. 1*, 1625 (1973).
4. И. М. Штирков, Г. В. Ройтбурд, В. П. Тащи, М. З. Кример, *Изв. АН СССР, Сер. хим.*, 2821 (1991).
5. C. F. Kroeger, G. Etzold, H. Beyer, G. Busse, *Liebigs Ann. Chem.*, **664**, 156 (1963).
6. Y. Kurasawa, K. Suzuki, S. Nakamura, K. Moriyama, A. Takada, *Heterocycles*, **22**, 695 (1984).
7. Т. П. Кофман, Т. А. Уварова, Г. Ю. Карцева, *ЖОрХ*, **31**, 270 (1995).
8. М. З. Кример, В. П. Тащи, Г. В. Ройтбурд, И. М. Штирков, С. А. Манаев, С. Т. Малиновский, Ю. Г. Потсикин, *ДАН*, **308**, 1155 (1989).
9. J. Kocur, H. Mildenerger, B. Sachse, *Z. Naturforsch.*, **37b**, 902 (1982).

10. Y. Kurasawa, Y. Okamoto, A. Takada, *J. Heterocycl. Chem.*, **22**, 1715 (1985).
11. E. J. Browne, *Aust. J. Chem.*, **22**, 2251 (1969).
12. T. L. Gilchrist, W. Stretch, E. J. T. Chrystal, *J. Chem. Soc., Perkin Trans. 1*, 2235 (1987).
13. I. V. Bliznets, A. V. Lesiv, L. M. Makarenkova, Y. A. Strelenko, S. L. Ioffe, V. A. Tartakovskii, *Mendeleev Commun.*, 142 (2000).
14. M. Ruccia, N. Vivona, G. Cusmano, G. Macaluso, *J. Chem. Soc., Perkin Trans. 1*, 589 (1977).
15. M. Ruccia, N. Vivona, D. Spinelli, *Adv. Heterocycl. Chem.*, **29**, 141 (1981).
16. G. Cusmano, G. Macaluso, M. Gruttadauria, *Heterocycles*, **36**, 1577 (1993).
17. D. A. Berry, T.-C. Chien, L. B. Townsend, *Heterocycles*, **63**, 2475 (2004).
18. J. Faganeli, S. Polanc, B. Stanovnik, M. Tišler, *Croatica Chem. Acta*, **48**, 161 (1976).
19. A. R. Katritzky, N. M. Khashab, S. Bobrov, M. Yoshioka, *J. Org. Chem.*, **71**, 6753 (2006).
20. C. Parkanyi, A. O. Abdelhamid, J. C. S. Cheng, A. S. Shawali, *J. Heterocycl. Chem.*, **21**, 1029 (1984).
21. В. Г. Андрианов, В. Г. Семенихина, А. В. Еремеев, *XTC*, 964 (1992). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **28**, 803 (1992)].
22. J. Plenkiewicz, *Bull. Acad. Pol. Sci., Ser. Sci. Chim.*, **25**, 19 (1977); *Chem. Abstr.*, **87**, 68248 (1977).
23. J. Plenkiewicz, *Pol. J. Chem.*, **52**, 1419 (1978).
24. A. R. Katritzky, G. L. Sommen, A. V. Gromova, R. M. Witek, P. J. Steel, R. Damavarapu, *XTC*, 127 (2005). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **41**, 111 (2005)].
25. D. Moderhack, *Liebigs Ann. Chem.*, **758**, 29 (1972).
26. J. Plenkiewicz, E. Osuchowska, *Pol. J. Chem.*, **52**, 1597 (1978).
27. Z. Ma, L. T. Phan, R. F. Clark, S. Zhang, S. Djuric, US Pat. 2006166906; *Chem. Abstr.*, **145**, 145985 (2006).
28. С. Д. Шапошников, С. Ф. Мельникова, И. В. Целинский, *Изв. АН, Сер. хим.*, 1077 (2004).
29. J. Plenkiewicz, T. Zdrojewski, *Bull. Soc. Chim. Belg.*, **90**, 193 (1981).
30. В. Г. Андрианов, А. В. Еремеев, *XTC*, 1426 (1989). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **25**, 1197 (1989)].
31. M.-H. Shih, M.-Y. Yeh, M.-J. Lee, Y.-C. Su, *Synthesis*, 2877 (2004) and references cited therein.
32. G. Ronsisvalle, F. Guerrero, M. A. Siracusa, *Tetrahedron*, **37**, 1415 (1981).
33. G. I. Gregory, P. W. Seale, W. K. Warburton, M. J. Wilson, *J. Chem. Soc., Perkin Trans. 1*, 47 (1973).
34. K. Sasaki, Y.-X. Zhang, H. Yamamoto, S. Kashino, T. Hirota, *J. Chem. Res. (S)*, 548 (1999).
35. B. Verček, I. Leban, B. Stanovnik, M. Tišler, *J. Org. Chem.*, **44**, 1695 (1979).
36. В. Г. Андрианов, В. Г. Семенихина, А. В. Еремеев, *XTC*, 822 (1991). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **27**, 646 (1991)].
37. В. Г. Андрианов, В. Г. Семенихина, А. В. Еремеев, *XTC*, 539 (1994). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **30**, 475 (1994)].
38. В. Г. Андрианов, А. В. Еремеев, *XTC*, 1443 (1990). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **26**, 1199 (1990)].
39. S. D. Shaposhnikov, S. V. Pirogov, S. F. Mel'nikova, I. V. Tselinsky, C. Nather, T. Graening, T. Traulsen, W. Friedrichsen, *Tetrahedron*, **59**, 1059 (2003).
40. R. Behrend, H. Tryller, *Liebigs Ann. Chem.*, **283**, 209 (1894).
41. С. Д. Шапошников, С. В. Пирогов, С. Ф. Мельникова, И. В. Целинский, *ЖОрХ*, **36**, 1745 (2000).
42. C. Grubdmann, G. W. Nickel, R. K. Bansal, *Liebigs Ann. Chem.*, 1029 (1975).
43. J. J. Lewis, *J. Heterocycl. Chem.*, **12**, 601 (1975).

44. В. А. Самсонов, Л. Б. Володарский, *XTC*, 1135 (2000). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **36**, 996 (2000)].
45. В. Г. Андрианов, А. В. Еремеев, *XTC*, 693 (1994). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **30**, 608 (1994)].
46. А. Р. Combs, E. W. Yue, WO Patent 2006122150; *Chem. Abstr.*, **145**, 489247 (2006).
47. О. А. Ракитин, Е. А. Хайбуллина, Т. И. Годовикова, В. А. Огурцов, Л. И. Хмельницкий, *XTC*, 1117 (1993). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **29**, 952 (1993)].
48. G. L'abbe, L. Bastin, W. Dehaaen, L. Van Meervelt, J. Feneau-Dupont, J. P. Declercq, *J. Heterocycl. Chem.*, **29**, 1757 (1992).
49. Т. В. Шокол, В. В. Семенюченко, В. П. Хиля, *XTC*, 1840 (2004). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **40**, 1588 (2004)].
50. W. A. Remers, G. J. Gibs, M. J. Weiss, US Pat. 3564002; *Chem. Abstr.*, **75**, 20411 (1971).
51. W. A. Remers, G. J. Gibs, M. J. Weiss, US Pat. 3790590; *Chem. Abstr.*, **80**, 95964 (1974).
52. S. Mataka, M. Kurisu, K. Takahashi, M. Tashiro, *J. Heterocycl. Chem.*, **22**, 325 (1985).
53. K.-J. Kim, K. Kim, *Heterocycles*, **71**, 855 (2007).
54. K.-J. Kim, K. Kim, *Tetrahedron*, **63**, 5014 (2007).
55. S. Yang, B. Song, Z. Li, R. Liao, *Huaxue Tangbao*, **65**, 198 (2002); *Chem. Abstr.*, **137**, 262995 (2002).
56. S. Yang, B. Song, Z. Li, R. Liao, *Nangyaoxue Xuebao*, **4**, 23 (2002); *Chem. Abstr.*, **138**, 321212 (2003).
57. R. J. Brown, G. Annis, A. Casalnuovo, D. Chan, R. Shapiro, W. J. Marshall, *Tetrahedron*, **60**, 4361 (2004).
58. D. Rakowitz, G. Heinisch, P. Lukavsky, S. Kiendler, C. Trenkwalder, D. Barlocco, G. Rastelli, L. Constantino, *J. Heterocycl. Chem.*, **37**, 1089 (2000).
59. К. Рубина, Э. Абеле, С. Беляков, И. Шестакова, Ю. Попелис, *ЖОрХ*, **42**, 751 (2006).
60. E. Abele, K. Rubina, S. Belyakov, M. Fleisher, J. Popelis, *Heterocycl. Comm.*, **12**, 259 (2006).
61. V. Cere, D. Dal Monte, S. Pollicino, E. Sandri, *Gazz. Chim. Ital.*, **105**, 723 (1975).
62. R. A. Kenley, C. D. Bedford, O. D. Dailey, Jr, R. A. Howd, A. Miller, *J. Med. Chem.*, **27**, 1201 (1984).
63. A. S. Andeloni, D. Dal Monte, S. Pollicino, E. Sandri, G. Scapini, *Tetrahedron*, **30**, 3839 (1974).
64. A. S. Angeloni, D. Dal Monte, E. Sandri, G. Scapini, *Tetrahedron*, **30**, 3849 (1974).
65. В. Г. Андрианов, В. Г. Семенихина, А. В. Еремеев, *XTC*, 827 (1991). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **27**, 651 (1991)].
66. M. V. Vovk, V. V. Pirozhenko, V. N. Fetyukhin, A. A. Esipenko, E. A. Romanenko, L. I. Samarai, *Ukr. Khim. Zh.*, **56**, 276 (1990); *Chem. Abstr.*, **113**, 276 (1990).

Латвийский институт органического синтеза,
 Рига LV-1006
 e-mail: abele@osi.lv

Поступило 25.03.2008