

Е. Васильева, П. Арсенян*

**СИНТЕЗ СЕЛЕНОФЕНОВ, КОНДЕНСИРОВАННЫХ
С ШЕСТИЧЛЕННЫМИ АЗОТИСТЫМИ ГЕТЕРОЦИКЛАМИ
(ОБЗОР)**

Обобщены литературные данные о методах синтеза би- и полиядерных конденсированных гетероциклических систем, в состав которых входят цикл селенофена и один или более азиновых циклов.

Ключевые слова: селенофен, селенофенопирозин, селенофенопиридазин, селенофенопиримидин, селенофенопиримидин, полиядерные селено- и азотсодержащие гетероциклы.

Открытие уникальных биологических свойств селена вызвало повышенный интерес к исследованию селенсодержащих соединений. Селен входит в состав глутатионпероксидазы – фермента, предохраняющего клетки организма от токсического действия перекисных радикалов [1]. От содержания селена зависит активность цитохрома Р-450 в эндоплазматических клетках печени, а также транспорт электронов в митохондриях. Дефицит селена в организме сопровождается развитием мышечной дистрофии, эндемической селенодефицитной кардиомиопатии [2]. Также установлено, что применение селена в диетических дозах способствует укреплению иммунной системы и снижает риск возникновения онкологических заболеваний [3, 4]. В последние десятилетия резко возрос интерес к разработке синтетических методов получения селенсодержащих гетероциклических соединений. Исследования показали, что органические производные селена проявляют широкий спектр биологической активности: противоопухолевую [5–7], противовирусную [8], антимикробную [9, 10], антиаритмическую [11, 12], фунгицидную [13, 14] и противовоспалительную [15]. Возможность создания новых препаратов является неоспоримым стимулом к разработке методов синтеза селенорганических соединений и исследованию их свойств. Последний близкий по теме обзор, описывающий методы синтеза селенсодержащих гетероциклов, опубликован в 1997 году [16].

В данной работе обобщены литературные данные по методам синтеза селенофенов, конденсированных с шестичленными азотистыми гетероциклами, за период с 1970 по 2011 г. В основу систематизации данных положен тип конденсированной гетеросистемы.

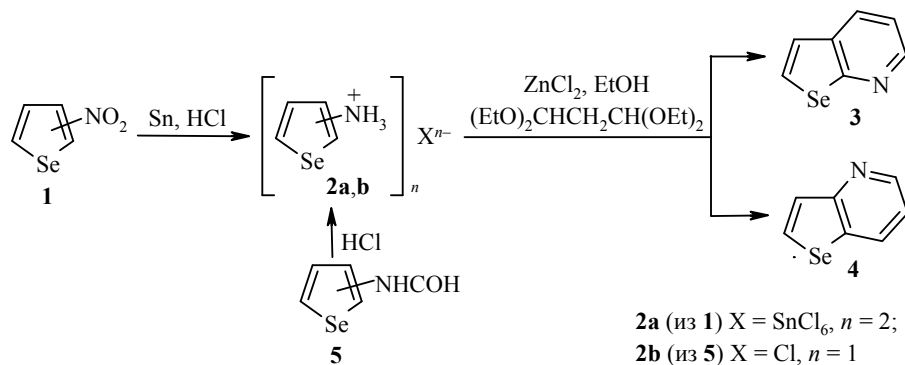
Селенофенопиридины и их бензопроизводные

Методы синтеза селенофенопиридинов можно разделить на две основные группы: 1) достраивание пиридинового цикла к производным селенофена, 2) аннелирование селенофенового кольца к пиридиновому.

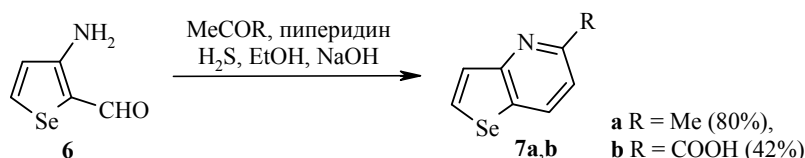
Синтез незамещённых селенофено[2,3-*b*]- (3) и селенофено[3,2-*b*]пиридинов (4) впервые осуществлён французскими исследователями в 1973 г. Соединения 3 и 4 были получены с удовлетворительным выходом из 2- и 3-нитро-

* Здесь и далее в номере фамилия автора, с которым следует вести переписку, отмечена звёздочкой.

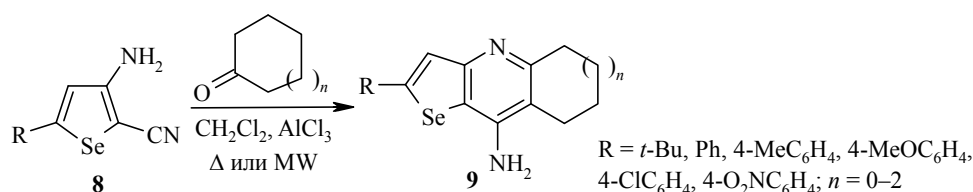
селенофенов **1** в две стадии: восстановление нитрогруппы в системе Sn–HCl и последующая конденсация с ацеталем малонового альдегида [17]. Использование в качестве исходных веществ 2- и 3-формиламиноселенофенов **5** позволяет избежать образования токсичной оловосодержащей соли аммония **2a** и даёт селенофенопиридины **3** и **4** с более высокими выходами (70%) [18].



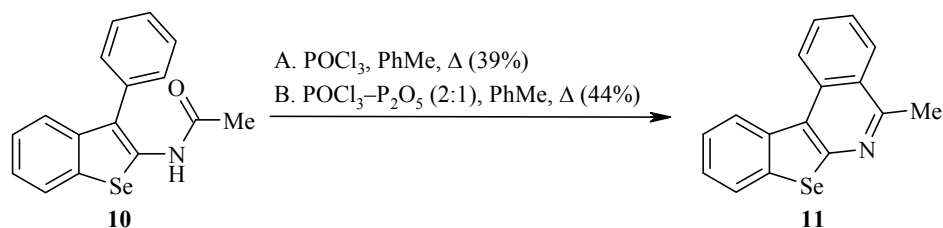
В синтезе замещённых селенофено[3,2-*b*]пиридинов **7** успешно использована реакция Фридландера [19, 20]. Так, реакция конденсации 3-аминоселенофен-2-карбальдегида **6** с ацетоном или ацетоуксусной кислотой в кипящей спиртовой щёлочи в присутствии сероводорода и пиперидина ведёт к образованию селенофено[3,2-*b*]пиридинов **7a,b**.



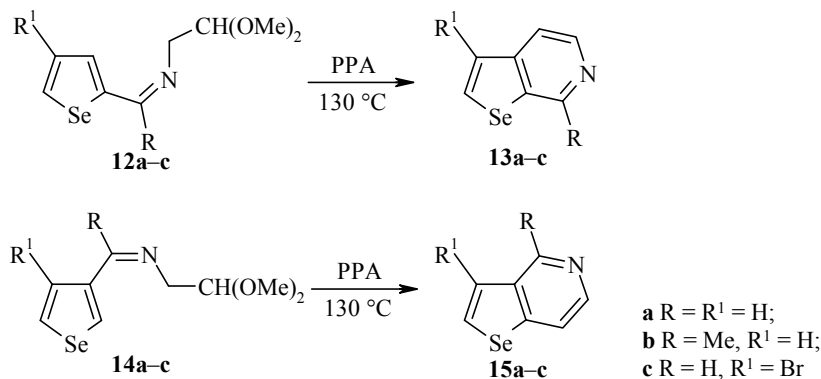
Основываясь на реакции Фридландера, авторы [21] синтезировали ряд циклоалканопроизводных селенофено[3,2-*b*]пиридина **9** конденсацией 3-аминоселенофен-2-карбонитрилов **8** с различными циклоалканами в присутствии хлорида алюминия, применив как классическое нагревание, так и микроволновое облучение. В результате экспериментов было установлено, что при микроволновом облучении продукты **9** образуются быстрее и с более высокими выходами (75–97%).



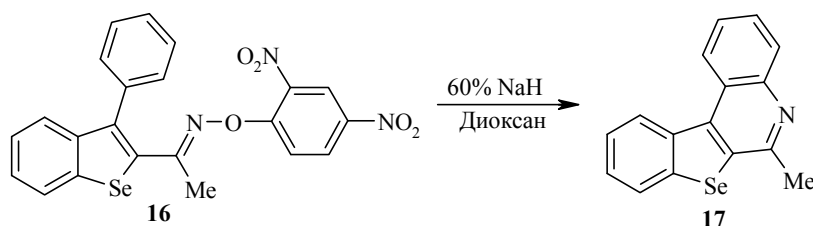
5-Метилбензо[*b*]селенофено[2,3-*c*]изохинолин (**11**) получен обработкой ацетамида **10** хлорокисью фосфора или смесью POCl₃–P₂O₅, 2:1 [22]. Метод основан на реакции циклизации по Бишлеру–Напиральскому [23].



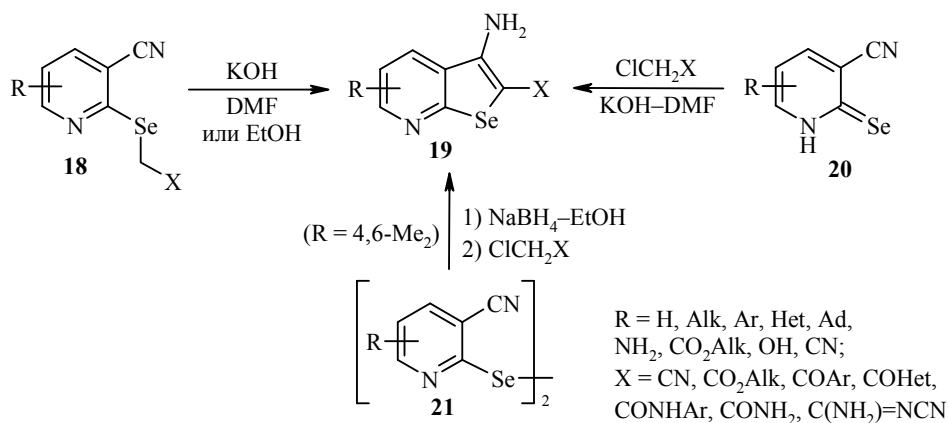
Один из немногих способов получения селенофено[2,3-*c*]- и селенофено[3,2-*c*]пиридинов **13**, **15 a–c** включает циклизацию иминопроизводных ацилселенофенов **12**, **14 a–c** соответственно под действием полифосфорной кислоты (реакция Померанца–Фрича) [24]. Однако выходы соединений **13**, **15 a–c** не превышают 45% [25, 26].



Необычный метод синтеза бензо[*b*]селенофено[2,3-*c*]хинолина (**17**) предложен в работе [27]: соединение **17** получено с выходом 84% кипячением *O*-(2,4-динитрофенил)оксима **16** с гидридом натрия в диоксане.

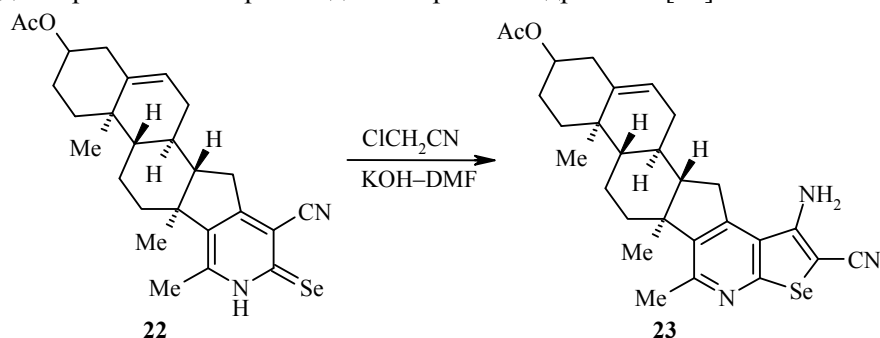


Распространённым способом синтеза функционально замещённых селенофено[2,3-*b*]пиридинов **19** (выходы 60–90%) является катализируемая основанием циклизация селенидов пиридинового ряда **18** (метод Торпа–Циглера) [28–32]. Производные селенофенопиридина **19** могут быть получены из селенонов **20** в две стадии: *Se*-алкилирование и уже упомянутая циклизация Торпа–Циглера [28–38].

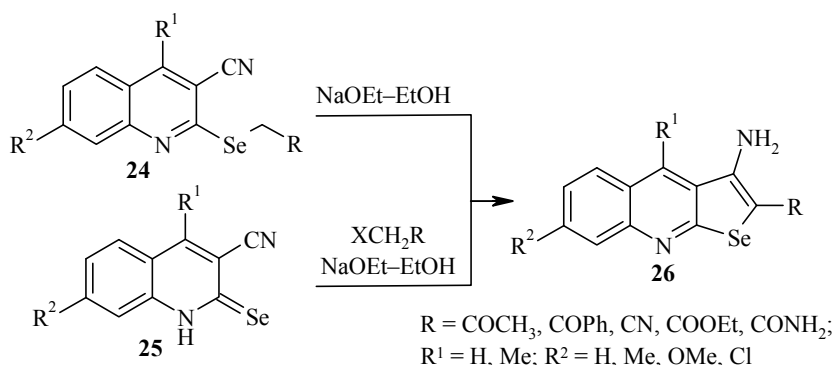


Описан также одnoreакторный метод получения аминоселенофенопиридинов **19** (выходы 85–93%) из диселенида **21**, включающий восстановление и последующую обработку реакционной смеси галогенопроизводными при кипячении [37].

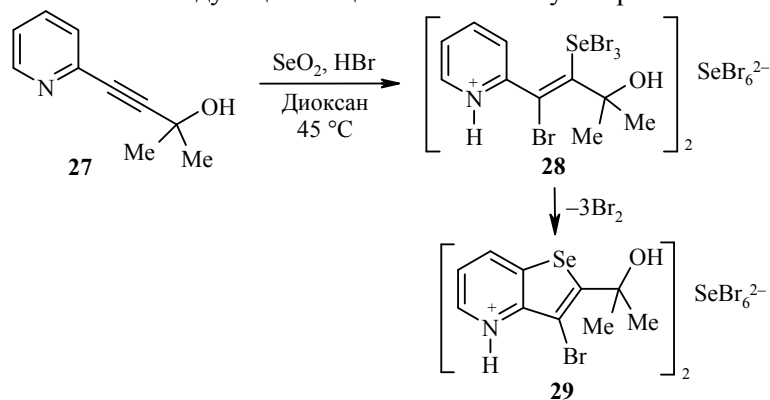
Метод Торпа–Циглера использован в синтезе селенофено[2,3-*b*]пиридина **23**, конденсированного с производным гормона андростена [39].



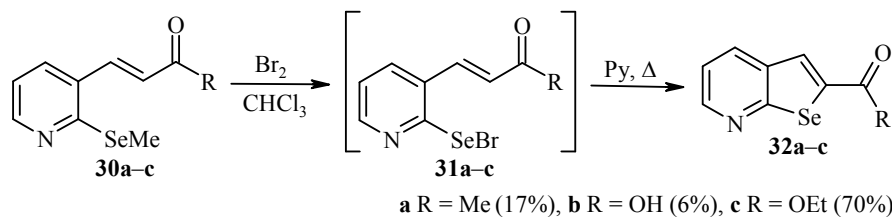
Исходными веществами в синтезе селенофено[2,3-*b*]хинолинов **26** (выходы 45–77%) по Торпу–Циглеру служат хинолинилселениды **24** и селеноны **25** [40–42].



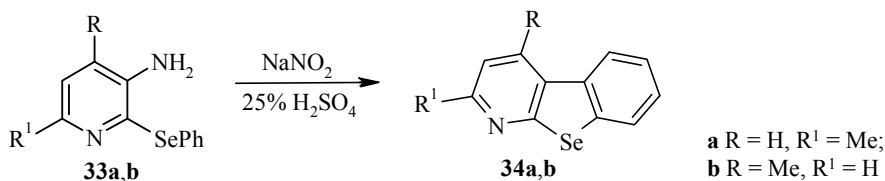
Приготовленный *in situ* из диоксида селена и концентрированной бромводородной кислоты тетрабромид селена является удобным реагентом при получении гексабромселенита селенофено[3,2-*b*]пиридиния **29** (выход 58%) [43]. В результате присоединения тетрабромид селена к тройной связи алкилпиридина **27** предположительно образуется интермедиат **28**, далее следует электрофильная атака на атом С-3 с последующим отщеплением молекулы брома.



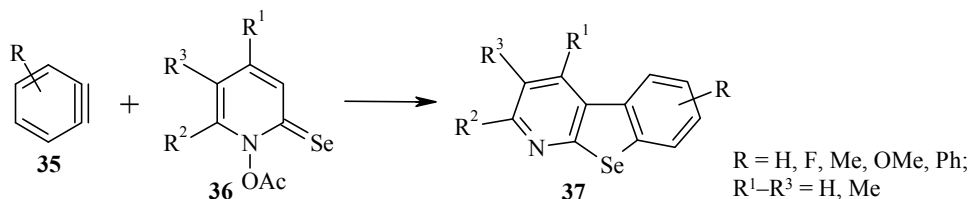
Осуществлён синтез селенофено[2,3-*b*]пиридинов **32а–с** из селенидов **30а–с**, включающий обработку бромом в хлороформе и последующее кипячение в пиридине [44]. Однако данный метод позволяет получить с хорошим выходом только сложный эфир **32с**. По мнению авторов [44], невысокие выходы кетона **32а** и кислоты **32б** связаны со стабильностью соответствующих интермедиатов **31а,б** и с плохой растворимостью исходных соединений **30а,б** в хлороформе.



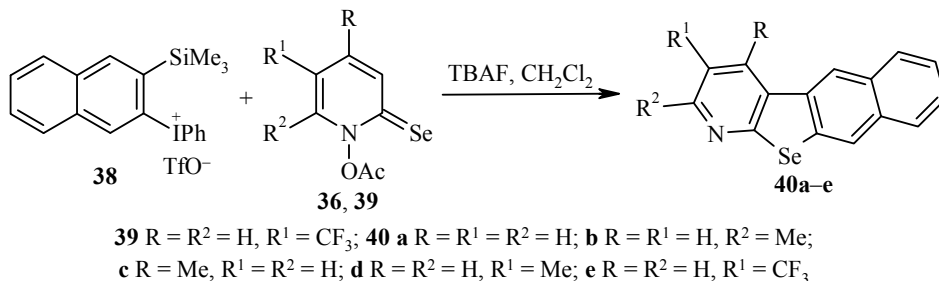
Селенильные производные пиридина **33a,b** были использованы в синтезе бензоселенофено[2,3-*b*]пиридинов **34a,b** [45, 46]. Соединения **33a,b** подвергали диазотированию нитритом натрия в разбавленной серной кислоте и полученные диазосоединения при нагревании в 25% серной кислоте циклизовали в 2- и 4-метилбензоселенофено[2,3-*b*]пиридины **34a,b** с выходами 31 и 22% соответственно.



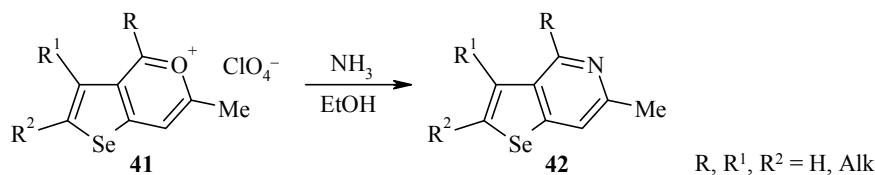
Спустя три десятилетия производные бензоселенофено[2,3-*b*]пиридина **37**, в том числе и ранее синтезированные соединения **34a,b** с выходами 64 и 62% соответственно, были получены взаимодействием производных арина **35** со сложными эфирами Бартонна **36** [47]. Выходы продуктов реакции зависят от природы прекурсора арина, а также от условий его генерирования, и колеблются от 16 до 67%. Прекурсорами служили производные антраниловой кислоты и 2-(триметилсилил)фенилтрифлаты.



Аналогично синтезированы нафто[2',3':4,5]селенофено[2,3-*b*]пиридины **40a-e** [48]. В качестве прекурсора арина использовали трифлат диарилиодония **38**. В ходе реакции к смеси соединения **38** и эфира Бартонна **36, 39** в хлористом метиле при пониженной температуре добавляли раствор фторида тетрабутиламония в ТГФ. Данный метод является относительно простым и эффективным. Выходы продуктов реакции **40a-e** составляют 75–91%.

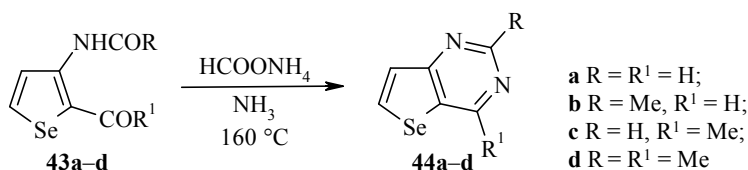


Замещённые селенофено[3,2-*c*]пиридины **42** (выходы 60–71%) получены рециклизацией солей пирилия **41** при нагревании в спиртовом растворе аммиака [49, 50]. Недостатком метода является ограниченная доступность перхлоратов селенофенопирилия.

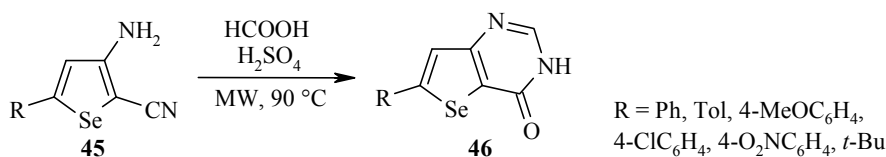


Селенофенотриазины

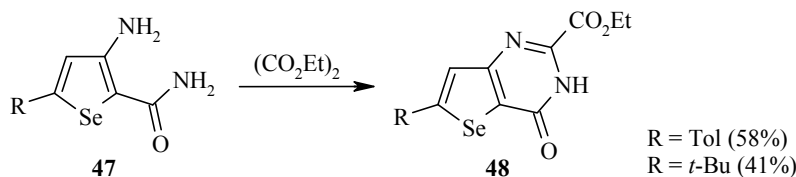
Наиболее простым методом получения производных селенофено[3,2-*d*]-пиримидина **44a–d** можно считать реакцию конденсации 3-аминаноселенофенов **43a–d** с формиатом аммония в аммиаке при 160 °С в запаянной ампуле. Однако выходы соединений **44a–d** не превышают 45% [51, 52].



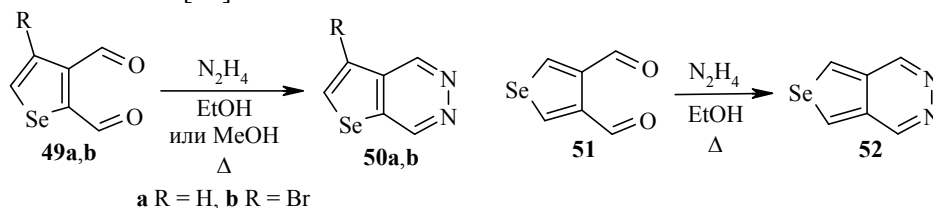
Замещённые селенофено[2,3-*d*]пиримидин-4-оны **46** могут быть также получены обработкой 3-амино-2-цианоселенофенов **45** муравьиной кислотой в присутствии каталитического количества серной кислоты при микроволновом облучении. Соединения **46** образуются с хорошими выходами (65–92%) уже через 10 мин облучения. Реакция проходит и при классическом нагревании, но при более высокой температуре (110 °С). При этом продолжительность реакции увеличивается с 10 мин до 4 ч, а выходы продуктов реакции уменьшаются в среднем на 10% [53].



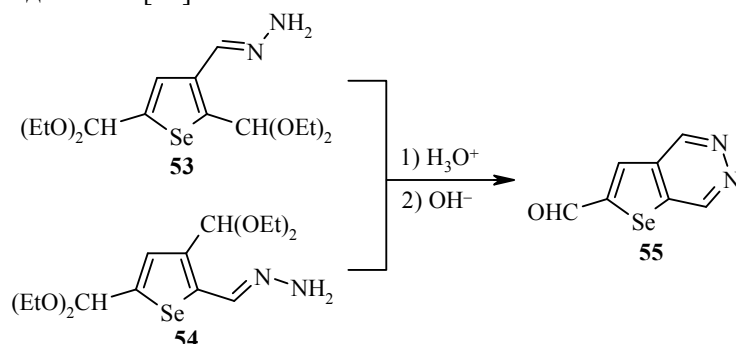
Реакцией производных селенофена **47** с диэтилоксалатом с умеренными выходами получены селенофено[3,2-*d*]пиримидиноны **48** [53].



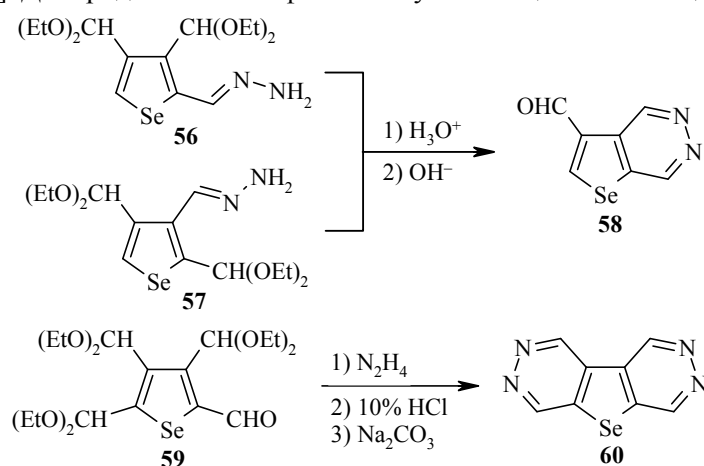
Незамещённые селенофено[2,3-*d*]пиридазин (**50a**) и селенофено[3,4-*d*]пиридазин (**52**) получают конденсацией диформилселенофенов **49a** и **51** с гидразином при кипячении в абсолютном этаноле [54]. Аналогично синтезируют 7-бромселенофено[2,3-*d*]пиридазин (**50b**), используя в качестве растворителя метанол [54].



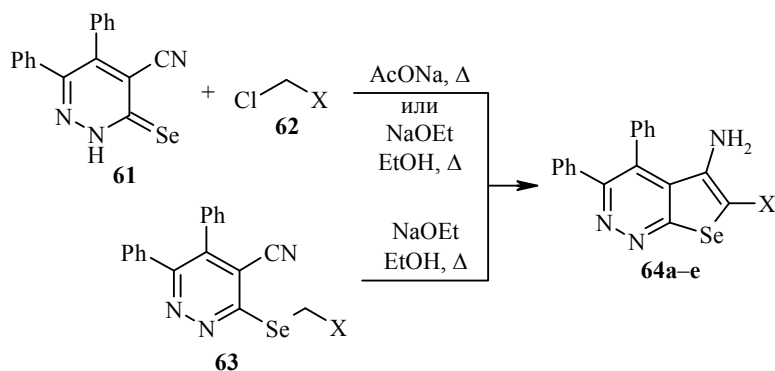
Кипячение водного раствора гидразона селенофен-2- или селенофен-3-карбальдегида **53**, **54** в концентрированной соляной кислоте и последующая обработка карбонатом натрия дают 2-формилселенофено[2,3-*d*]пиридазин (**55**) с выходом 29% [54].



Аналогичная реакция внутримолекулярной конденсации изомерных гидразонов **56** и **57** приводит к образованию 3-формилселенофено[2,3-*d*]пиридазина (**58**) [54]. Дипиридазинселенофен **60** получен из ацетала **59** и гидразина [54].



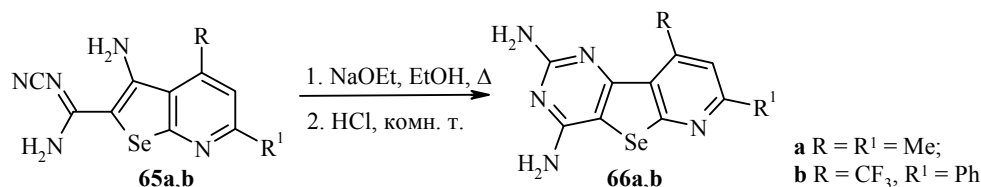
Замещённые селенофено[2,3-*c*]пиридазины **64a–e** с высокими выходами получены взаимодействием селенона **61** с хлорметилпроизводными **62** в условиях основного катализа либо кипячением селенидов **63** в этаноле в присутствии этиоксида натрия. Обе реакции основаны на циклизации Торпа-Циглера [28, 55, 56].



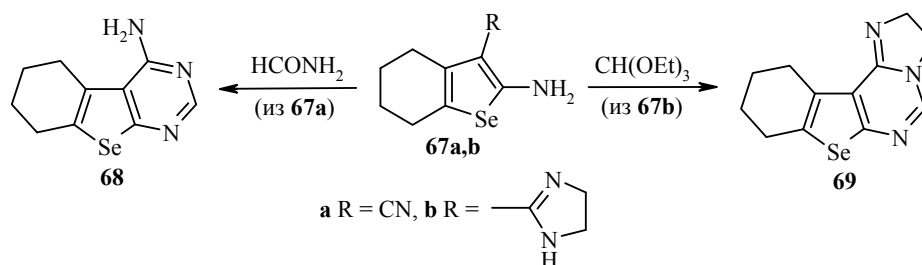
62 X = CN, CONH₂, COMe, COPh, COOEt; **63** X = CN, CONH₂, COOEt;
64 a X = CN, **b** X = CONH₂, **c** X = COMe, **d** X = COPh, **e** X = COOEt

Полиядерные молекулы на основе селенофена

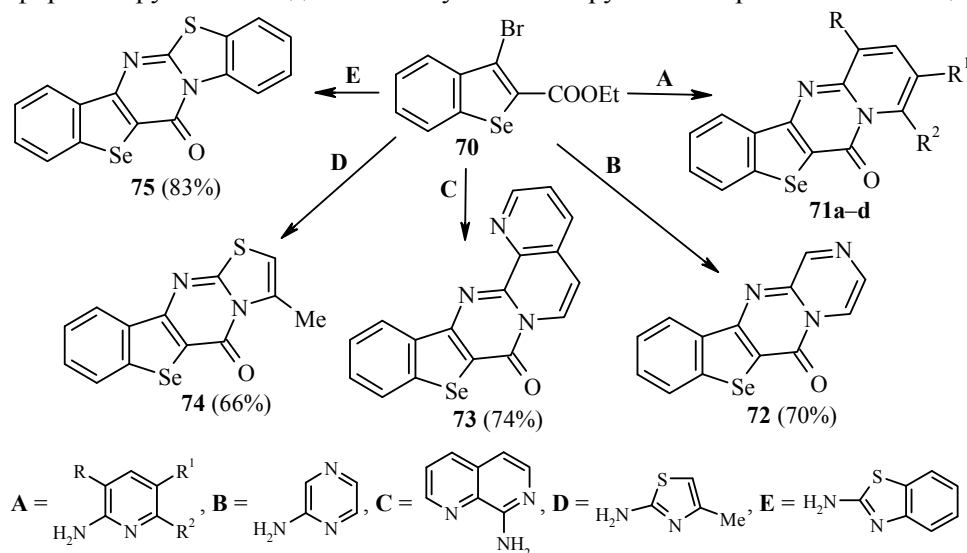
Пиридоселенофенопиримидины **66a,b** получены с хорошими выходами (63–76%) кипячением селенофенопиридинов **65a,b** в этаноле с этоксидом натрия [34, 38]. Соединение **66a** может быть получено также перемешиванием соединения **65a** в соляной кислоте при комнатной температуре [38].



Сообщалось также о получении тетрагидробензоселенофено[2,3-*d*]пиримидина **68** и имидазобензоселенофенопиримидина **69**. Соединение **68** с 66% выходом получено кипячением тетрагидробензоселенофена **67a** в формамиде. Для синтеза полициклического продукта **69** (выход 89%) 2-аминотетрагидробензо[*b*]селенофен **67b** обрабатывали ортомуравьиным эфиром [57].



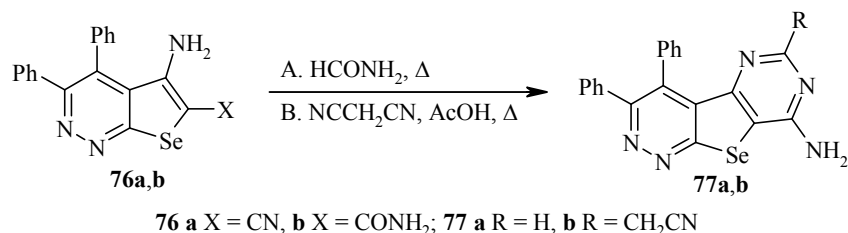
Удобным методом получения полиядерных производных бензоселенофено[3,2-*d*]пиримидина **71–75** является взаимодействие этилового эфира 3-бромбензо[*b*]селенофен-2-карбоновой кислоты **70** с различными 2-аминоазолами и 2-аминоазидами [58]. Данный метод основан на тандемной реакции аминирования по Бухвальду–Хартвигу [59] и ацилирования с участием сложноэфирной группы исходной молекулы и азогруппы гетариламина. Реакции



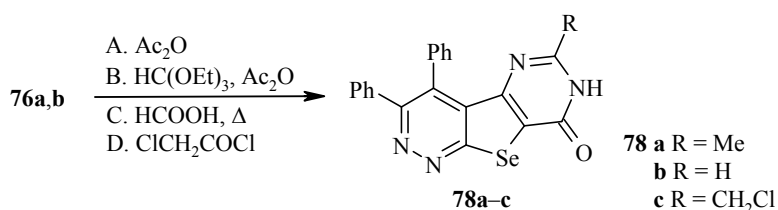
71 a R = R¹ = R² = H (87%); **b** R = R¹ = H, R² = Me (61%); **c** R = R² = H, R¹ = Cl (15%);
d R = Cl, R¹ = CF₃, R² = H (54%)

проводят в ксилоле при 120 °С в течение 20 ч, используя каталитическую систему Pd₂dba₃/Xantphos/Cs₂CO₃. Выходы продуктов циклизации зависят от природы заместителей в гетарилаmine и, как правило, превышают 50%, за исключением реакции с 2-амино-5-хлорпиридином (15%).

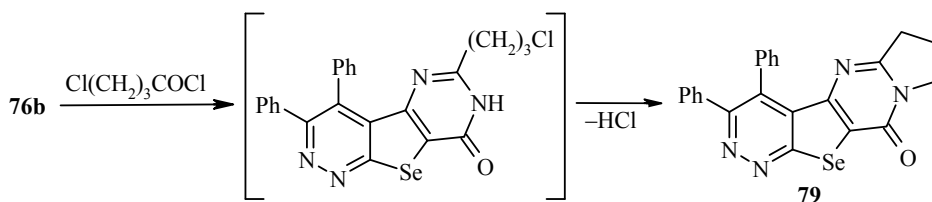
Селенофенопиридазины **76a,b** использовались для синтеза более сложных гетероциклических систем. Так, при кипячении соединения **76a** с формамидом с 37% выходом образуется 3,4-дифенилпиримидо[4',5':4,5]селенофено[2,3-с]-пиридазин-8-амин (**77a**) (метод А). Производное гетарилацетонитрила **77b** (выход 40%) является продуктом реакции соединения **76a** с малонодинитрилом при кипячении в уксусной кислоте (метод В) [56].



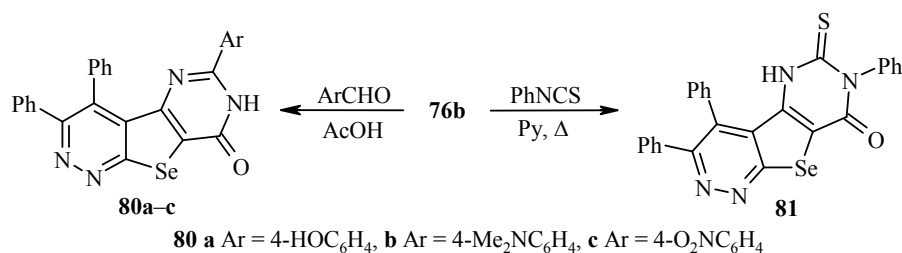
Соединение **76a** реагирует с уксусным ангидридом с образованием пиримидоселенофенопиридазина **78a** (выход 53%, метод А) [56], который можно также получить из селенофенопиридазина **76b** аналогичным методом или обработкой смесью триэтилортоформата с уксусным ангидридом (метод В) [55]. Кипячение соединения **76b** с муравьиной кислотой даёт пиримидинон **78b** (выход 64%, метод С). В случае нагревания соединения **76b** с хлор-ацетилхлоридом (метод D) образуется соединение **78c** (выход 75%) [56].



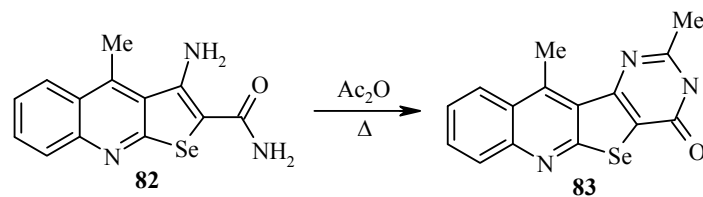
Продуктом конденсации 5-амино-3,4-дифенилселенофено[2,3-с]пиридазин-6-карбоксамид (**76b**) с хлорангидридом ω-хлормасляной кислоты является пирролсодержащее соединение **79** (выход 86%). Образующийся в ходе реакции интермедиат подвергается внутримолекулярной реакции кватернизации с последующим элиминированием молекулы HCl [56].



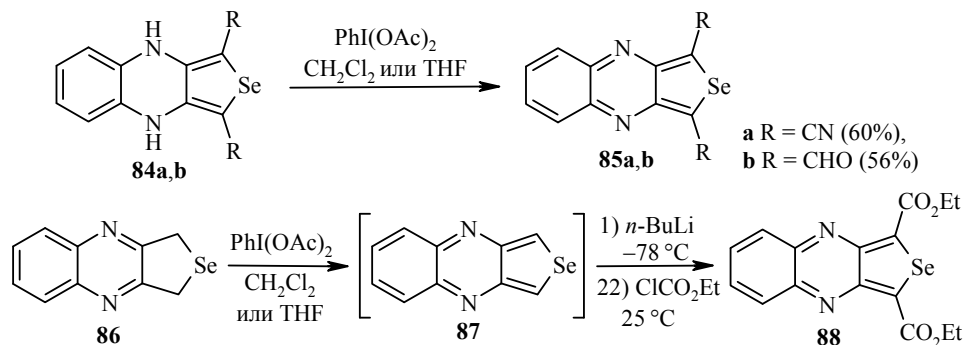
Для получения арилзамещённых пиримидоселенофенопиридазинов **80a–c** (выходы 50–60%) использовали реакцию конденсации селенофенопиридазина **76b** с ариальдегидами в присутствии уксусной кислоты [56]. Из соединения **76b** с удовлетворительным выходом (25%) при кипячении с фенил-изотиоцианатом в пиридине получено тиопроизводное **81** [56].



Длительное кипячение селенофено[2,3-*b*]хинолина **82** с бидистиллированным уксусным ангидридом приводит к образованию пиримидо[4',5':4,5]-селенофено[2,3-*b*]хинолина **83** с выходом 52% [56].



В работе [60] описан синтез селенофено[3,4-*b*]хиноксалинов **85a,b** окислением дигидропроизводных **84a,b** диацетатом иодозобензола. При аналогичной обработке дигидропроизводного **86** выделить продукт окисления не удалось. Стабильное соединение **88** было получено дилитированием интермедиата **87** *in situ* с последующим добавлением этилхлорформиата [60].



Таким образом, исследования методов синтеза шестичленных азотсодержащих гетероциклических систем, конденсированных циклом селенофена, открывают возможности введения атома селена в потенциально биологически активные гетероциклы с целью получения новых лекарственных средств.

Работа выполнена при содействии Европейского социального фонда (ESF № 2009/0197/1DP/1.1.1.2.0/09/APIA/VIAA/014), а также гранта Латвийского совета по науке (№ 09.1588).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. J. M. Hansen, W. H. Watson, D. P. Jones, *Toxicol. Sci.*, **82**, 308 (2004).
2. B. Debski, J. A. Milner, *Trace Elem. Electrolytes*, **19**, 209 (2002).
3. J. E. Spallholz, *Bull. Selenium-Tellurium Develop. Assoc.*, **1** (2001).
4. H. Arvilommi, K. Poikonen, I. Jokinen, O. Muukkonen, L. Rasanen, J. Foreman, J. K. Huttunen, *Infect. Immun.*, **41**, 185 (1983).
5. R. Bohm, *Pharmazie*, **42**, 793 (1987).
6. P. Arsenyan, K. Rubina, I. Shestakova, I. Domracheva, *Eur. J. Med. Chem.*, **42**, 635 (2007).

7. M. S. Shahabuddin, M. Nambiar, B. Choudhary, G. M. Advirao, S. C. Raghavan, *Invest. New Drugs*, **28**, 35 (2010).
8. V. Y. Mortikov, V. P. Litvinov, A. M. Shestopalov, Y. A. Sharanin, E. E. Apenova, G. A. Galegov, I. I. Abdullaev, T. B. Asadullaev, F. I. Abdullaev, *Pharm. Chem. J.*, **25**, 312 (1991).
9. S. E. Bahaie, M. G. Assy, M. M. Hassanien, *Pharmazie*, **45**, 791 (1990).
10. J. R. Hwu, L.-L. Lai, G. H. Hakimelahi, H. Davari, *Helv. Chim. Acta.*, **77**, 1037 (1994).
11. Z. Li, L. Carrier, A. Belame, A. Thiyagarajah, V. A. Salvo, M. E. Burow, B. G. Rowan, *Breast Cancer Res. Treat.*, **118**, 33 (2009).
12. S. D. Mercurio, G. F. Combs, Jr., *Biochem. Pharm.*, **35**, 4505 (1986).
13. V. G. Beylin, O. P. Goel, A. D. Sercel, H. D. H. Showalter, US Pat. Appl. 4806654.
14. Д. А. Опарин, Т. И. Зиматкина, *Хим.-фарм. журн.*, **25**, № 11, 49 (1991).
15. G. Zeni, D. S. Ludtke, C. W. Nogueira, R. B. Panatieri, A. L. Braga, C. C. Silveira, H. A. Stefani, J. B. T. Rocha, *Tetrahedron Lett.*, **42**, 8927 (2001).
16. В. П. Литвинов, В. Д. Дяченко, *Успехи химии*, **66**, 1025 (1997).
17. F. Outurquin, G. Ah-Kow, C. Paulmier, *C. R. Acad. Sci., Ser. C: Sci. Chim.*, **277**, 29 (1973).
18. F. Outurquin, G. Ah-Kow, C. Paulmier, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 883 (1976).
19. J. J. Li, *Name Reactions*, 4th ed., Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2009, p. 238.
20. S. Gronowitz, C. Westerlund, A. B. Hornfeldt, *Acta. Chem. Scand., Ser. B*, **29**, 233 (1975).
21. D. Thomae, G. Kirsch, P. Seck, *Synthesis*, 1600 (2008).
22. S. Deprets, G. Kirsch, *Eur. J. Org. Chem.*, 1353 (2000).
23. J. J. Li, *Name Reactions*, 4th ed., Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2009, p. 48.
24. J. J. Li, *Name Reactions*, 4th ed., Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2009, p. 444.
25. F. Outurquin, C. Paulmier, J. Morel, P. Pastour, *C. R. Acad. Sci., Ser. C: Sci. Chim.*, **274**, 1696 (1972).
26. F. Outurquin, C. Paulmier, J. Morel, P. Pastour, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, **12**, 3039 (1974).
27. S. Deprets, G. Kirsch, *ARKIVOC*, i, 40 (2002).
28. J. J. Li, *Name Reactions*, 4th ed., Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2009, p. 546.
29. V. P. Litvinov, V. Y. Mortikov, Y. A. Sharanin, A. M. Shestopalov, *Synthesis*, 98 (1985).
30. В. Д. Дяченко, Ю. А. Шаранин, А. М. Шестопалов, Л. А. Родиновская, А. В. Туров, В. П. Литвинов, В. К. Промоненков, *Журн. общ. химии*, **60**, 2384 (1990).
31. В. Ю. Мортиков, В. П. Литвинов, А. М. Шестопалов, Ю. А. Шаранин, Е. Э. Апеннова, Г. А. Галегов, И. И. Абдуллаев, Т. Б. Асадуллаев, Ф. И. Абдуллаев, *Хим.-фарм. журн.*, **25**, № 5, 41 (1991).
32. Е. Э. Апеннова, Ю. А. Шаранин, Б. М. Золотарев, В. П. Литвинов, *Изв. АН, Сер. хим.*, 406 (1986).
33. А. М. Шестопалов, В. Ю. Мортиков, Ю. А. Шаранин, В. П. Литвинов, Л. А. Родиновская, В. К. Промоненков, *Журн. общ. химии*, **55**, 1656 (1985).
34. В. А. Артемов, Л. А. Родиновская, А. М. Шестопалов, В. П. Литвинов, *XTC*, 122 (1994). [*Chem. Heterocycl. Compd.*, **30**, 110 (1994).]
35. Sh. H. Abdel-Hafez, R. A. Ahmed, M. A. Abdel-Azim, K. M. Hassan, *J. Chem. Res.*, 56 (2009).
36. Sh. H. Abdel-Hafez, R. A. Ahmed, M. A. Abdel-Azim, K. M. Hassan, *J. Chem. Res.*, 580 (2007).
37. Sh. H. Abdel-Hafez, S. A. Abdel-Mohsen, Y. A. El-Ossaily, *Phosphorus, Sulfur Silicon Relat. Elem.*, **181**, 2297 (2006).
38. V. A. Artyomov, L. A. Rodinovskaya, A. M. Shestopalov, V. P. Litvinov, *Tetrahedron*, **52**, 1011 (1996).
39. Ю. А. Шаранин, Г. В. Клокол, *Химия природ. соединений*, 138 (1988).
40. Sh. H. Abdel-Hafez, *Phosphorus, Sulfur Silicon Relat. Elem.*, **185**, 2543 (2010).
41. S. K. Nandeeshaiyah, S. Y. Ambekar, *Synth. Commun.*, **25**, 451 (1995).
42. Sh. H. Abdel-Hafez, M. A. Hussein, *Arch. Pharm. Chem. Life Sci.*, **341**, 240 (2008).
43. P. Arsenyan, A. Petrenko, J. Vasiljeva, S. Belyakov, *Mendeleev Commun.*, **21**, 80 (2011).
44. P. Pirson, L. Christiaens, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, **2**, 704 (1973).

45. П. И. Абраменко, В. Г. Жиряков, *XTC*, 1541 (1972). [*Chem. Heterocycl. Compd.*, **8**, 1392 (1972).]
46. П. И. Абраменко, В. Г. Жиряков, Л. А. Балькова, Т. К. Пономарева, *XTC*, 796 (1974). [*Chem. Heterocycl. Compd.*, **10**, 691 (1974).]
47. U. N. Rao, R. Sathunuru, J. A. Maguire, E. Biehl, *J. Heterocycl. Chem.*, **41**, 13 (2004).
48. R. Sathunuru, E. Biehl, *ARKIVOC*, xiv, 51 (2004).
49. В. И. Дуленко, Н. Н. Алексеев, С. Н. Баранов, *XTC*, 997 (1971). [*Chem. Heterocycl. Compd.*, **7**, 934 (1971).]
50. В. И. Дуленко, Н. Н. Алексеев, *XTC*, 1212 (1973). [*Chem. Heterocycl. Compd.*, **9**, 1101 (1973).]
51. G. Ah-Kow, C. Paulmier, P. Pastour, *C. R. Acad. Sci., Ser. C: Sci. Chim.*, **278**, 1513 (1974).
52. G. Ah-Kow, C. Paulmier, P. Pastour, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 151 (1976).
53. S. Hesse, C. Chenet, D. Thomae, G. Kirsch, *Synthesis*, 1204 (2009).
54. B. Decroix, J. Morel, C. Paulmier, P. Pastour, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 3453 (1972).
55. Sh. H. Abdel-Hafez, *Eur. J. Med. Chem.*, **43**, 1971 (2008).
56. Sh. H. Abdel-Hafez, M. I. Abdel-Monem, M. G. Mohamed, F. M. Abdelrazek, S. A. M. Metwally, *XTC*, 441 (2011). [*Chem. Heterocycl. Compd.*, **47**, 363 (2011).]
57. Sh. H. Abdel-Hafez, *Журн. орган. химии*, **41**, 406 (2005).
58. P. Arsenyan, E. Paegle, S. Belyakov, I. Shestakova, E. Jaschenko, I. Domracheva, J. Popelis, *Eur. J. Med. Chem.*, **46**, 3434 (2011).
59. J. J. Li, *Name Reactions*, 4th ed., Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2009, p. 80.
60. E. Aqad, M. V. Lakshmikantham, M. P. Cava, *Org. Lett.*, **5**, 4089 (2003).

Латвийский институт органического синтеза,
ул. Айзкрауклес, 21, Рига LV-1006, Латвия
e-mail: pavel@osi.lv

Поступило 10.08.2011
После доработки 17.07.2012