

Многокомпонентная каскадная гетероциклизация — перспективный путь направленного синтеза полифункциональных пиридинов[†]

В.П.Литвинов

*Институт органической химии им. Н.Д.Зелинского Российской академии наук
119991 Москва, Ленинский просп., 47, факс (095) 135–5328*

Показано современное состояние и перспективы развития методологии многокомпонентной каскадной гетероциклизации для направленного синтеза полифункциональных пиридинов, их гидрированных и конденсированных аналогов.

Библиография — 405 ссылок.

Оглавление

I. Введение	75
II. Каскадная гетероциклизация с участием α,β -непредельных карбонильных соединений	76
III. Каскадная гетероциклизация с участием 1,3-дикарбонильных соединений	80
IV. Каскадная гетероциклизация с участием илидов пиридиния	83
V. Каскадная гетероциклизация в синтезе конденсированных гетероциклов	85

I. Введение

Важнейшей фундаментальной проблемой синтетической органической химии является создание новых хемо-, регио-, стерео- и энантиоселективных методов синтеза полифункциональных карбо- и гетероциклов, обладающих практически полезными свойствами. Разрабатываемые методы должны не только основываться на простых и промышленно доступных субстратах и реагентах, характеризоваться низкой себестоимостью конечных продуктов, но и являться экологически безвредными.

В связи с этим в последнее время резко возрос интерес к одnoreакторному (one-pot) синтезу, который включает две группы реакций. К первой группе относят последовательные реакции, в процессе осуществления которых добавляют другой реагент, субстрат, катализатор или изменяют температуру проведения реакции без выделения промежуточных продуктов. Вторую группу составляют каскадные реакции, протекающие в одних и тех же условиях без добавления каких-либо других реагентов или катализаторов; при этом на каждой последующей стадии происходит преобразование функциональных групп, образующихся на предыдущих стадиях. В литературе для этого типа процессов используют

также термины «домино» или тандемные реакции, причем строгого различия между данными понятиями не существует.

Особый интерес представляют многокомпонентные каскадные процессы, что нашло отражение в ряде обзоров^{1–11}. Они могут служить основой как направленного органического синтеза, так и комбинаторной химии, позволяющей с использованием методологии многокомпонентной каскадной приемы одновременно осуществлять синтез нескольких тысяч образцов для биологического скрининга.^{12–20}

Анализ именных реакций в органической химии свидетельствует о том, что многие из них, особенно приводящие к получению гетероциклических соединений, основаны на использовании методологии многокомпонентной каскадной гетероциклизации. В качестве примеров можно привести реакции Ганча — получение замещенных пиридинов циклоконденсацией эфиров β -кетокислот или β -дикетонов с альдегидами и аммиаком;^{21, 22} Гаттермана–Скита — синтез производных пиридина конденсацией натриймалонового эфира с дихлорметиламиноном (как вариант реакции Ганча);²³ Гуарески–Торпа — образование производных пиридина в результате циклоконденсации эфира (амида) циануксусной кислоты и α -аллилацетоуксусного эфира с аммиаком;^{24, 25} Дёбнера — получение хинолинкарбоновых кислот конденсацией ароматических, гетероароматических или конденсированных полициклических аминов с альдегидами и пировиноградной кислотой;²⁶ Ульмана–Фетвадяна — синтез бензокридинов конденсацией β -нафтола с альдегидами и ароматическими аминами²⁷ и многие другие.

В.П.Литвинов. Доктор химических наук, профессор, заведующий лабораторией химии гетерофункциональных соединений ИОХ РАН. Телефон: (095)135–8837, e-mail: vpl@ioc.ac.ru
Область научных интересов: химия гетероциклических и биологически активных соединений.

Дата поступления 11 сентября 2002 г.

[†] Посвящается 75-летию известного шведского профессора Сало Гроновитца, в лаборатории которого автор работал в 1979–1980 гг.

В последние 15 лет интенсивно развивается химия функционально замещенных пиридинхалькогенонов, что нашло отражение в ряде обзоров^{28–41} и диссертаций^{42–54}. Это обусловлено как теоретическим интересом к указанному классу органических соединений, так и чрезвычайно широким диапазоном практического использования производных пиридинового ряда. Так, например, из наиболее часто применяемых современных медицинских препаратов свыше 10% содержат пиридиновый или гидрированный пиридиновый цикл.⁵⁵ На основе 1,4-дигидропиридинов создан новый класс антагонистов кальция,^{56, 57} в частности препарат нифедипин, применяемый для понижения кровяного давления и при стенокардии.⁵⁵ Среди них найдены высокоэффективные кардиотоники^{58–107} (в том числе препараты амринон и милринон^{98–107}), транквилизаторы^{108–118} и вещества, обладающие противовоспалительной, гипогликемической, противоязвенной, противосудорожной, противогрибковой, антибактериальной, пестицидной и другими видами биологической активности.^{112–142} Производные пиридина используются в качестве исходных субстратов при создании новых СН-антиоксидантов,^{143–146} аналогов фолиевой кислоты,¹⁴⁷ витамина В₆,¹⁴⁸ других биологически активных соединений,^{143, 147–151} а также моделей окислительно-восстановительных коферментов НАД и НАДФ.¹²⁵ Здесь целесообразно упомянуть и применение замещенного циклопентанспиропиридина в синтезе известного анксиолитика буспирона, который предотвращает привыкание к наркотикам.¹⁵² К этому же классу соединений принадлежит единственный известный природный алкалоид, содержащий нитрильную группу, — 1-метил-4-метокси-3-циано-1*H*-пиридин-2-он.¹⁵³

Значительным фактором, стимулирующим развитие химии функционально замещенных пиридинов в последнее десятилетие, явилось обнаружение в ряду этих соединений высокоактивных ингибиторов ВИЧ-1 специфической обратной транскриптазы (потенциальных препаратов для лечения синдрома приобретенного иммунодефицита),^{154–166} средства защиты кожи от УФ-облучения (диэтон), антигипертензивного и антиангинального препарата (форидон (риодипин)), нейротропного и антидиабетического препарата (церебрократ), нейропротектора (глутапирон), стимулятора роста сельскохозяйственных животных (дилудин), а также амфифильных соединений, обладающих свойствами агентов трансфекции клеток, которые необходимы для осуществления генной терапии.¹⁶⁷

Кроме того, соединения этого класса могут быть использованы как стабилизаторы полимеров и лаков,¹⁶⁸ в качестве пигментов и диазосоставляющих в синтезе красителей,^{169–176} кислотно-основных индикаторов в титриметрическом анализе,¹⁷⁷ жидких кристаллов¹⁷⁸ и других практически важных веществ.

Высокий практический потенциал пиридинхалькогенонов и их производных стимулировал разработку таких методов их синтеза, которые позволили бы обойти инертность пиридинового ядра при функционализации с помощью электрофильного замещения. Оказалось, что этого можно достигнуть при проведении синтеза в условиях одnoreакторной многокомпонентной каскадной гетероциклизации.

Определяющим фактором успешного осуществления данной методологии является подбор исходных субстратов и реагентов, которые наряду с доступностью должны обладать также полифункциональностью. Наиболее простые и удобные методы синтеза функционально замещенных пиридинхалькогенонов основаны на использовании в качестве реагентов амидов циануксусной кислоты и их тио- и селенокарбонильных аналогов, малонитрила, циануксусного эфира и других СН-кислот. Наличие в молекулах этих соединений нескольких реакционных центров обуславливает раз-

нообразие их высокорегииоселективных (часто стереоселективных) химических превращений, которые осуществляются в мягких условиях и при достаточно простом аппаратурном оформлении. Огромный синтетический потенциал этих реагентов отражен в монографии³⁴ и обзорах^{28, 39, 40}.

В качестве субстратов многокомпонентной гетероциклизации применяют алифатические, ароматические и гетероароматические моно- и дикарбонильные соединения, их енамины, циклоалканоны и др.

Направление реакций можно достаточно легко изменять, варьируя условия или природу заместителей в молекулах субстратов и реагентов.

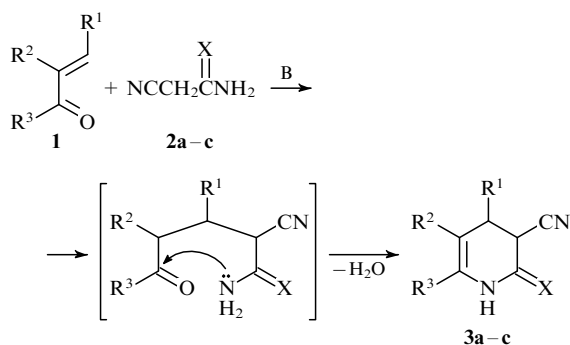
Среди примеров успешного использования методологии многокомпонентной каскадной гетероциклизации в первую очередь следует отметить разработку регио- и стереоселективных способов получения неизвестных ранее частично гидрированных пиридинхалькогенонов, полифункциональных 1,4- и 3,4-дигидропиридинов, 1,2,3,4-тетрагидропиридинов, 6-оксо-1,2,3,4-тетрагидропиридин-2-тиолатов небетаинового происхождения, 4,5-*транс*-6-гидрокси-1,4,5,6-тетрагидропиридин-2-тиолатов, тетрагидропиридонов, спиро-сочлененных частично гидрированных пиридинов и хинолинов, а также других соединений пиридинового ряда, потенциально обладающих биологической активностью и являющихся перспективными субстратами тонкого органического синтеза. Основные методы получения частично гидрированных пиридинхалькогенонов включают те же подходы, которые успешно были использованы в синтезе их ароматических аналогов, — конденсацию α,β -непредельных карбонильных, 1,3-дикарбонильных соединений и их енаминов, α,β -непредельных нитрилов и других субстратов с СН-кислотами (цианацетамидом, его тио- и селеноаналогами, малонитрилом, производными циануксусной кислоты и др.).^{28, 42–46, 179–194} При этом постулировалось образование аддуктов Михаэля и частично гидрированных пиридинхалькогенонов как интермедиатов каскадной гетероциклизации. Во многих случаях эти интермедиаты удалось выделить в виде стабильных соединений и достаточно детально изучить их строение и реакционную способность.

Следует подчеркнуть, что огромный синтетический потенциал данной методологии основан на возможности варьирования природы исходного субстрата при постоянстве структуры реагента, изменения природы реагента при сохранении типа используемого субстрата, одновременного варьирования природы обоих реагирующих компонентов, а также изменения их соотношения и числа.

В настоящем обзоре впервые проанализированы полученные за последние 15 лет данные по применению методологии многокомпонентной каскадной гетероциклизации для получения производных пиридинового ряда. В основу систематизации методов синтеза положен тип используемых реагентов и субстратов. Основное внимание сосредоточено на разработке оптимальных методов синтеза частично гидрированных пиридинхалькогенонов и их производных, потенциально наиболее перспективных с практической точки зрения.

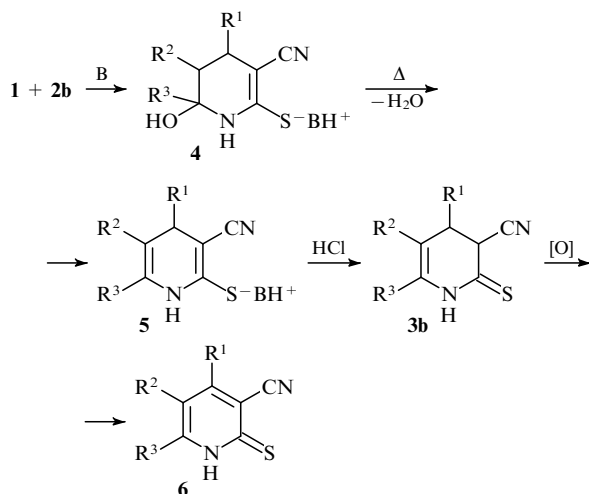
II. Каскадная гетероциклизация с участием α,β -непредельных карбонильных соединений

Взаимодействие α,β -непредельных карбонильных соединений **1** с СН-кислотами типа **2** в присутствии органических оснований протекает по механизму каскадной гетероциклизации с образованием на первой стадии аддуктов Михаэля, которые в результате последующей циклоконденсации превращаются в 3,4-дигидро-1*H*-пиридин-2-халькогеноны **3**.



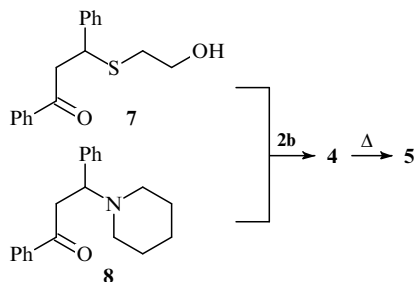
$\text{R}^1, \text{R}^2, \text{R}^3 = \text{Alk, Ar, Het; X} = \text{O (a), S (b), Se (c);}$
 B — органическое основание.

В 1980 г. впервые было описано образование 3,4-дигидро-1*H*-пиридин-2-халькогенонов **3b** как интермедиатов реакций арилиденацетона или арилиденацетофенона с цианотиоацетамидом (**2b**).¹⁹⁵ Позднее было показано, что при обработке соединений **1** амидом **2b** в этаноле в присутствии эквивалентного количества органического основания при 20°C образуются гидрированные 3-циано-1*H*-пиридин-2-тионы **3b**, которые были выделены и охарактеризованы в виде устойчивых солей **4** и **5**.^{196–202} Замещенные 3,4-дигидропиридин-тионы **3b** образуются при обработке солей **5** соляной кислотой. Они относительно стабильны, хотя при хранении в растворе окисляются кислородом воздуха в 3-циано-1*H*-пиридин-2-тионы **6**.



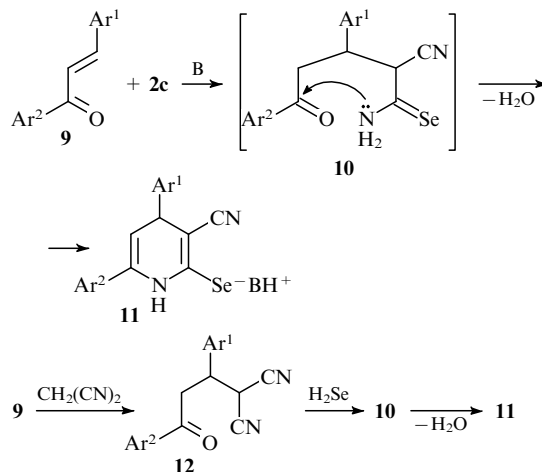
$\text{R}^1 = \text{Ph, 4-MeC}_6\text{H}_4, 4\text{-MeOC}_6\text{H}_4, 4\text{-FC}_6\text{H}_4, 4\text{-ClC}_6\text{H}_4, 4\text{-BrC}_6\text{H}_4, 3\text{-NO}_2\text{C}_6\text{H}_4, 4\text{-NO}_2\text{C}_6\text{H}_4, 3\text{-Py, 4-Py; R}^2 = \text{H, Me, Ph, COMe, CO}_2\text{Me, CO}_2\text{Et; R}^3 = \text{Me, Ph.}$

Соли **4** и **5** получены также реакциями амида **2b** с кетонами **7**²⁰³ и **8**.²⁰¹



Взаимодействие халконов **9** с цианоселенацетамидом (**2c**) в присутствии избытка *N*-метилморфолина протекает с обра-

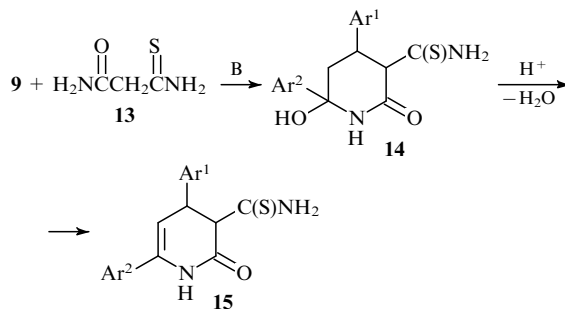
зованием аддуктов Михаэля **10**, которые в условиях реакции подвергаются циклизации в 1,4-дигидропиридин-2-селенолаты **11** с выходами 60–90%.^{45, 46, 204, 205} Последние получены также реакцией халконов **9** с малонитрилом и последующим взаимодействием образующихся δ-кетодинитрилов **12** с селеноводородом.



$\text{Ar}^1 = \text{Ph, 3-FC}_6\text{H}_4, 4\text{-FC}_6\text{H}_4, 2\text{-тиенил;}$
 $\text{Ar}^2 = \text{Ph, 4-ClC}_6\text{H}_4, 2\text{-Py; B} = \text{N-метилморфолин.}$

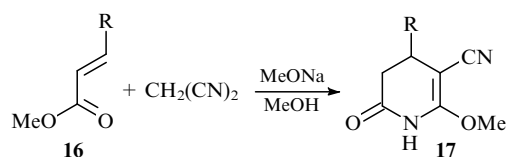
Конденсация арил(гетарил)халконов с амидами **2a, b** в присутствии алкоголятов щелочных металлов или аминов в качестве катализаторов использована также для получения ряда 3,4-дигидропроизводных 3-циано-1*H*-пиридин-2-онов и -тионов.^{206, 207}

При взаимодействии кетонов **9** с тиокарбамоилацетамидом (**13**) в присутствии пиперидина или метилата натрия образуются замещенные пиперидоны **14**, которые в кислой среде превращаются в пиперидоны **15**.^{208, 209}



$\text{Ar}^1 = \text{Ph, 4-ClC}_6\text{H}_4, 4\text{-NO}_2\text{C}_6\text{H}_4; \text{Ar}^2 = \text{Ph; B} = \text{MeONa, пиперидин.}$

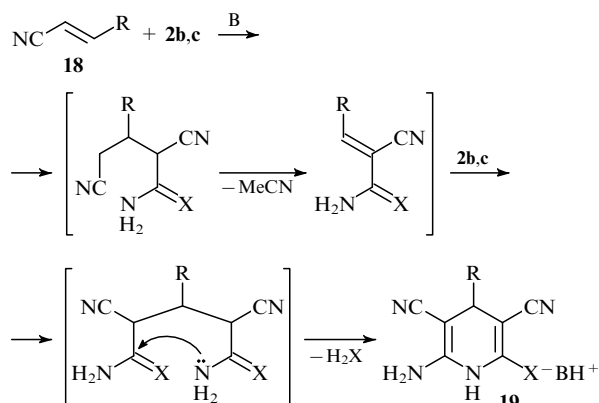
Применение метилата натрия как катализатора в реакции замещенных метилакрилатов **16** с малонитрилом привело к образованию 3,4-дигидро-1*H*-пиридин-2-онов **17** с выходами 49–85%.²¹⁰



$\text{R} = \text{Alk, Ar.}$

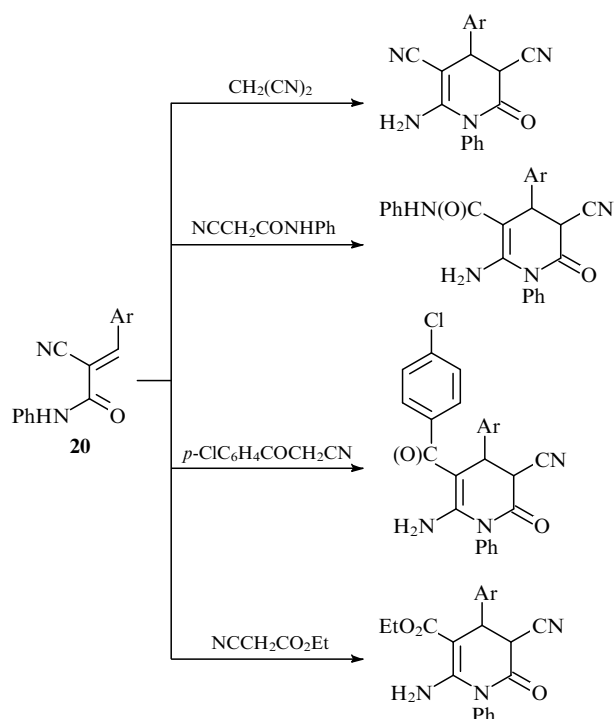
При взаимодействии 3-фенил- и 3-(2-фурил)акрилонитрилов (**18**) с цианотио(селено)ацетамидами (**2b, c**) в присутствии двукратного избытка *N*-метилморфолина при комнатной температуре образуются замещенные 1,4-дигидропиридин-

2-тиолаты(селенолаты) **19**.^{45, 46, 211} Аналогично протекает реакция амидов **2b,c** с этил-3-фенил- и -3-(2-фурил)-акрилатами.



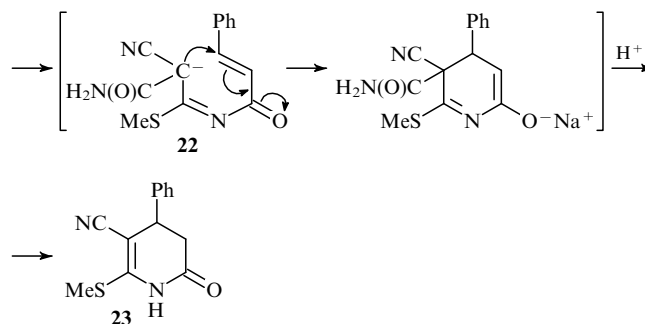
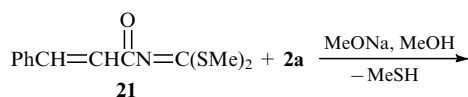
R = Ph, 2-фурил; X = S, Se; B — *N*-метилморфолин.

Взаимодействие анилидов 2-цианкоричной и других 3-арил-2-цианакриловых кислот **20** с СН-кислотами успешно использовано для получения разнообразных 3,4-дигидро-1*H*-пиридин-2-онов.²¹²

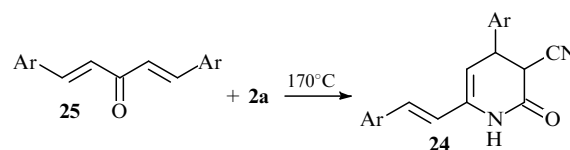


Ar = 4-MeOC₆H₄.

Конденсация α,β-непредельного карбонильного соединения **21** с амидом **2a** в присутствии метилата натрия в метаноле протекает с элиминированием метантиола и промежуточным образованием аддукта Михаэля **22** и приводит к 6-метилтио-4-фенил-5-циано-3,4-дигидро-1*H*-пиридин-2-ону (**23**) с выходом 70%.²¹³

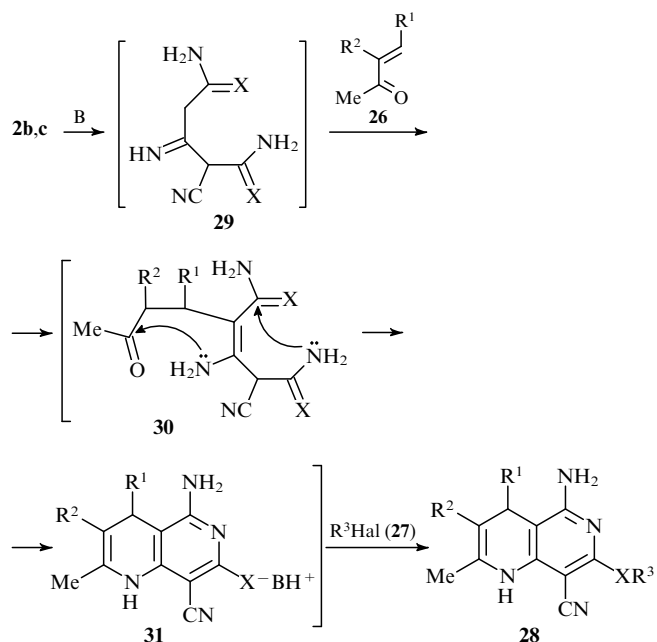


С целью получения замещенных 3-циано-3,4-дигидро-1*H*-пиридин-2-онов **24** смесь пентадиенона **25** и цианацетамида (**2a**) нагревали при 170°C без растворителя в запаянной ампуле; выходы пиридонов **24** составили 32 – 37%.²¹⁴



Ar = Ph, 4-MeOC₆H₄.

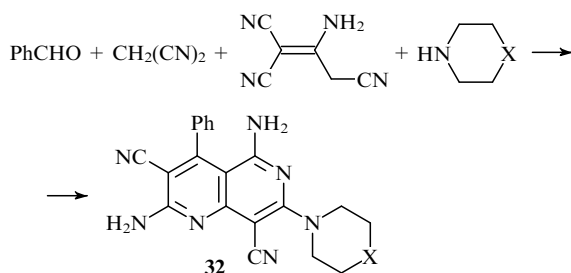
Многокомпонентная каскадная гетероциклизация с участием α,β-непредельных кетонов и амидов **2b,c** с успехом использована в синтезе функционально замещенных нафтиридинов, которые, как известно, обладают широким спектром биологической активности.^{215, 216} В частности, на их основе созданы препараты с кардиотоническим,⁶³ противотуберкулезным,²¹⁷ противоопухолевым,^{218, 219} анти-ВИЧ^{220–222} и другими видами действия. В то же время известные методы синтеза нафтиридинов довольно сложны и многостадийны, а серо- и селеносодержащие аналоги являются практически неизученным классом соединений. Нами впервые обнаружено, что конденсация непредельных кетонов **26** с амидами **2b,c** и алкилгалогенидами **27** в присутствии *N*-метилморфолина протекает по схеме каскадной гетероциклизации с образованием неизвестных ранее полифункционально замещенных 1,6-нафтиридинов **28**.^{53, 223–228}



R¹ = Ar, Het; R² = COMe, CO₂Et; R³ = Alk, CH₂CH=CH₂; X = S, Se; Hal = I, Br, Cl; B — *N*-метилморфолин.

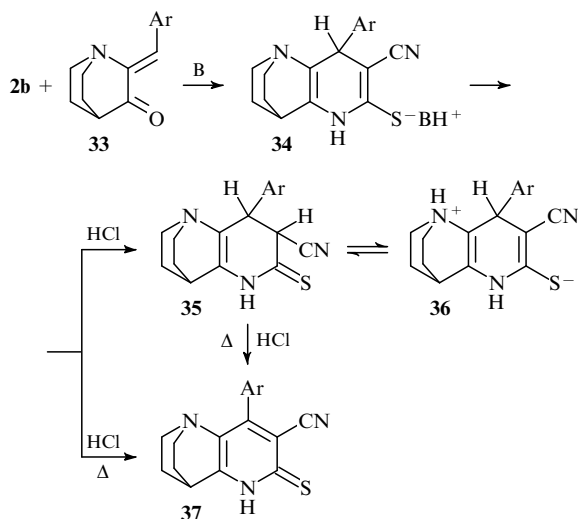
На первой стадии реакции происходит димеризация амида **2** по Торпу с образованием иминонитрила **29**, который присоединяется по Михаэлю к кетону **26**, давая аддукт **30**. Последний в условиях реакции претерпевает циклоконденсацию в соль **31**, которая подвергается региоселективному алкилированию алкилгалогенидами **27** с образованием 1,4-дигидро-1,6-нафтиридинов **28**.

Многокомпонентная каскадная гетероциклизация бензальдегида с малонитрилом и его димером в присутствии двукратного избытка пиперидина или морфолина приводит к неизвестным ранее 2,5-диамино-7-пиперидино(морфолино)-4-фенил-3,8-дициано-1,6-нафтиридинам (**32**) с высоким выходом. В процессе реакции происходит не только построение сложной нафтиридиновой системы, но и внедрение в нее фрагмента насыщенного азотистого гетероцикла, используемого в качестве катализатора.^{53, 224}



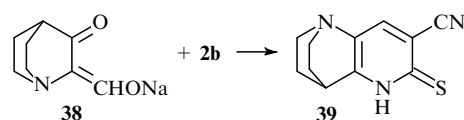
X = CH₂, O.

Реакции 2-арилденхинуклидин-3-онов **33** с цианотиоацетамидом (**2b**) в присутствии пиперидина также протекают по схеме каскадной гетероциклизации с образованием 4-арил-3-циано-5,8-этан-1,4,5,6,7,8-гексагидро-1,5-нафтиридин-2-тиолатов пиперидиния **34**, которые при обработке соляной кислотой превращаются в 4-арил-3-циано-5,8-этан-3,4,5,6,7,8-гексагидро-1*H*-1,5-нафтиридин-2-тионы **35**, находящиеся в таутомерном равновесии с бетаинами **36**.²²⁹ При нагревании солей **34** или тионов **35** в этаноле в присутствии соляной кислоты происходит их дегидрирование с образованием нафтиридинтионов **37**.

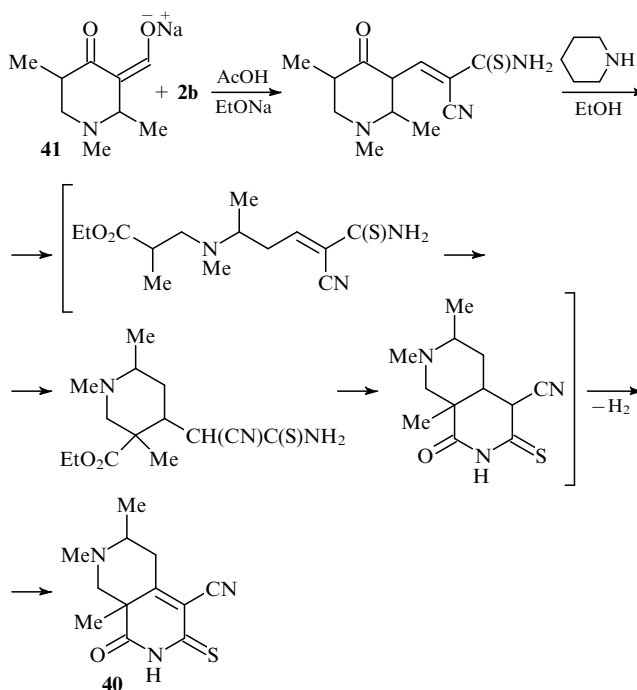


Ar = Ph, 4-FC₆H₄; В — пиперидин.

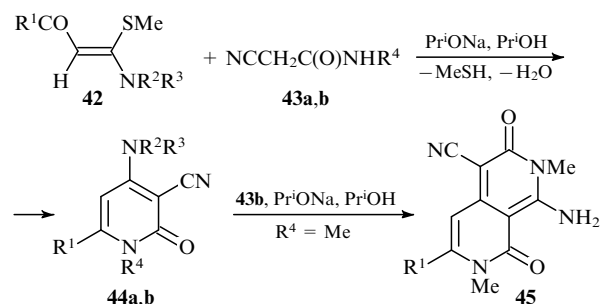
Другим примером высокорегииоселективного синтеза 1,5-нафтиридиновой системы является конденсация натриевой соли 2-формилхинуклидона (**38**) с цианотиоацетамидом (**2b**), протекающая с образованием 3-циано-1*H*-1,5-нафтиридин-2-тиона (**39**).²³⁰



В работах^{45, 231} описан синтез 6,7,8*a*-триметил-1-оксо-4-циано-1,2,3,5,6,7,8,8*a*-октагидро-2,7-нафтиридин-3-тиона (**40**) каскадной гетероциклизацией натриевой соли 1,2,5-триметил-3-формил-4-пиперидона (**41**) и амида **2b**.

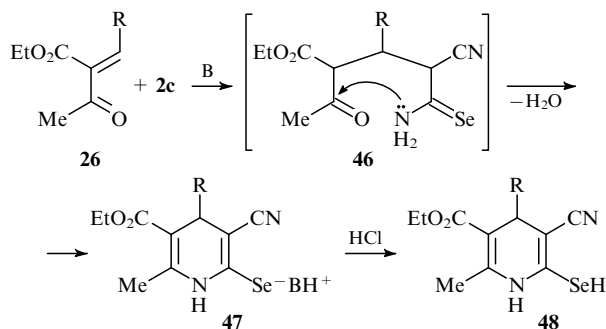


Конденсация β-аминокарбонильных соединений **42** с замещенными цианацетамидами **43a,b** протекает по схеме каскадной гетероциклизации с элиминированием метантиола и последующим образованием 4-диалкиламинопиридонов **44a,b**, в структуре которых имеется фрагмент β-аминоамида. Пиридон **44b** реагирует со второй молекулой *N*-метилцианацетамида (**43b**) с образованием нафтиридиндиона **45**.²³²



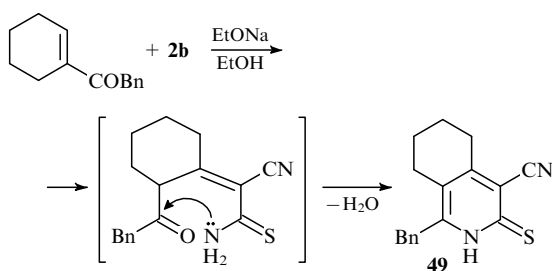
R¹ = Me, Ph, 4-ClC₆H₄, 4-MeOC₆H₄; R² = Et, Ph, CH₂CH(OEt)₂, Bn; R³ = H; R³ - R⁴ = (CH₂)₂O(CH₂)₂; R⁴ = H (**a**), Me (**b**).

Бензилиден- и 2-фурфуриленацетоуксусные эфиры (**26**) гладко реагируют с селеноамидом **2c** в мягких условиях (абсолютный этанол, 20°C), существенную роль при этом играет соотношение реагентов.^{45, 233–235} При соотношении 1 : 1 образуются аддукты **46**, которые циклизуются в 1,4-дигидропиридин-2-селенолаты **47**. Последние обработкой соляной кислотой превращены в 1,4-дигидропиридин-2-селенолы **48**.



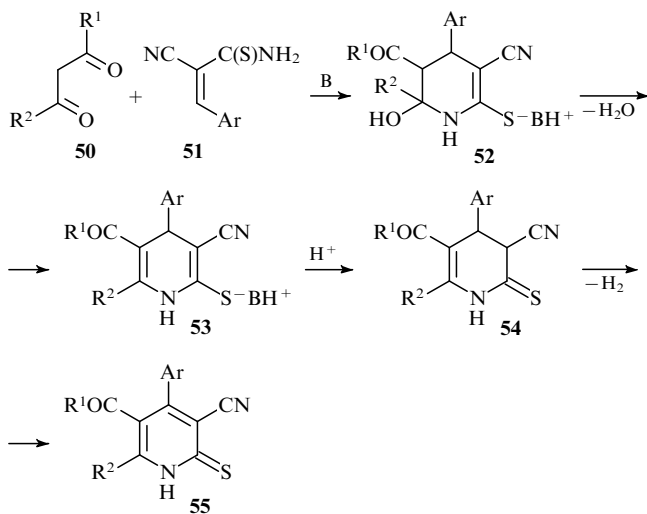
R = Ph, 2-фурил; B — основание.

Взаимодействием 1-фенилэтилциклогексена с тиоамидом **2b** в присутствии этилата натрия в спирте получен пиридинтион **49**, содержащий фрагмент структуры алкалоида папаверина.²³⁶



III. Каскадная гетероциклизация с участием 1,3-дикарбонильных соединений

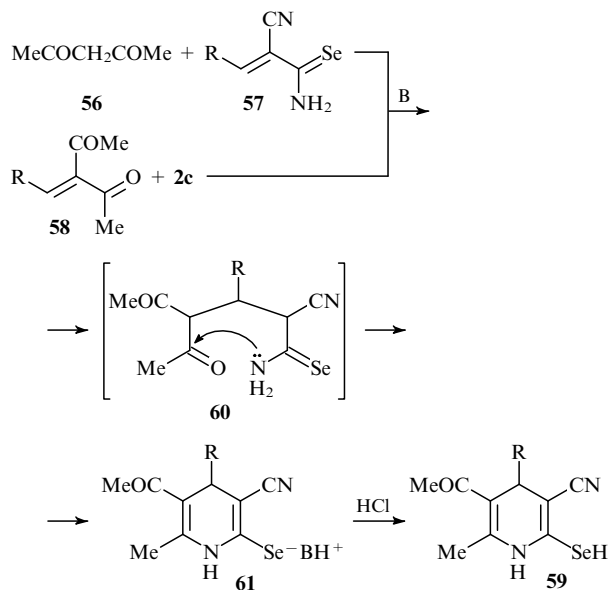
Подобно α,β -непредельным аналогам, 1,3-дикарбонильные соединения **50** и их енамины реагируют с производными цианотиоацетамида — арилендицианотиоацетамидами **51** — в присутствии основных катализаторов с образованием 3-циано-1*H*-пиридин-2-тионов или их солей.^{33, 237–254} В некоторых случаях промежуточно образующиеся тетрагидропиридин-2-тиолаты **52** были выделены; последующее отщепление воды в них приводит к 3-циано-1,4-дигидропиридин-2-тиолатам **53**. Подкислением солей **52** и **53** получены 3-циано-3,4-дигидро-1*H*-пиридин-2-тионы **54**, которые в растворе претерпевают дегидрирование с образованием 3-циано-1*H*-пиридин-2-тионов **55**. β -Енаминопроизводные



R¹ = Ph, OEt; R² = Me, CF₃; Ar = Ph, 3-FC₆H₄, 4-FC₆H₄, 4-ClC₆H₄, 4-BrC₆H₄, 4-NO₂C₆H₄; B — основание.

1,3-дикарбонильных соединений реагируют с амидами **51** и в отсутствие основных катализаторов с образованием соответствующих 1,4-дигидропиридин-2-тиолатов с высокими выходами.

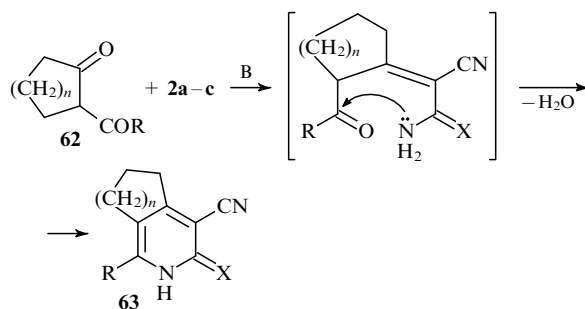
Взаимодействием ацетилаcetона (**56**) с 2-фурурилендицианоселенацетамидом (**57**) или непредельного карбонильного соединения — 2-фурурилендицианоселенацетона (**58**) — с цианоселенацетамидом (**2c**) получен 5-ацетил-6-метил-4-(2-фурил)-3-циано-1,4-дигидропиридин-2-селенол (**59**) с выходом ~80%.^{45, 255} Реакция, протекающая по схеме каскадной гетероциклизации, включает промежуточное образование аддукта Михаэля **60** и стабильного селенолата **61**, подкисление которого приводит к селенолу **59**. Аналогично протекает взаимодействие амида **57** с ацетоуксусным эфиром или его енамином с образованием 5-этоксикарбонилзамещенного селенола типа **59**.



R — 2-фурил.

Следует подчеркнуть, что 1,3-дикарбонильные соединения вследствие своего огромного разнообразия и высокой реакционной способности являются наиболее удобными строительными блоками для регио- и стереонаправленного синтеза труднодоступных гидрированных серо- и селено-содержащих пиридинов и их конденсированных аналогов. Для этой цели успешно использованы ацетилацетон, бензоилацетон, дибензоилметан, 2-теноилтрифторацетон, β -кетонамиды (ацетилацетамид, ацетилацетанилиды), этилбутироилацетат, эфиры ацетоуксусной и малоновой кислот, циклические моно- и дикетоны.^{45, 46, 256–303}

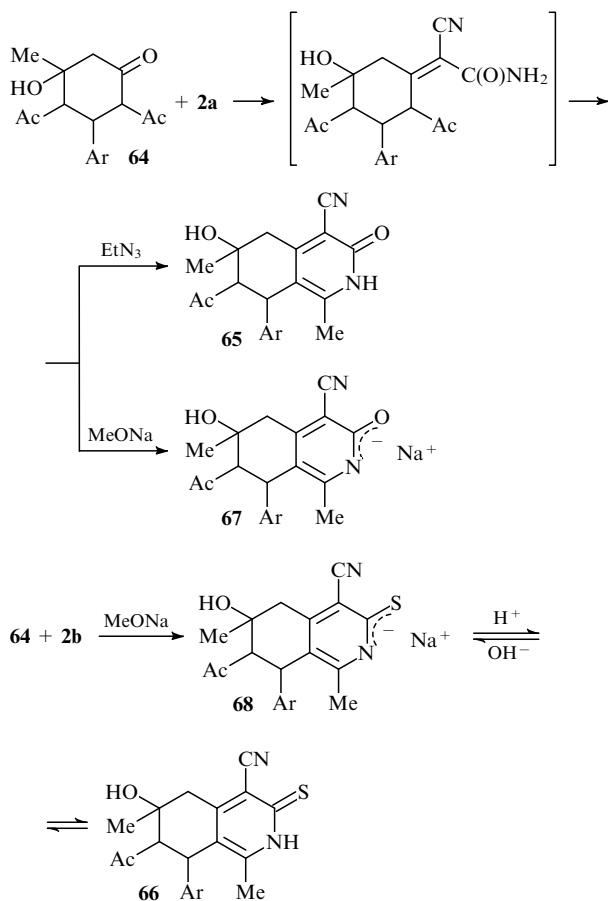
Так, применение 2-ацилциклоалканонов **62** в качестве субстратов и амидов циануксусной кислоты **2** в качестве реагентов позволило разработать удобные методы региоселектив-



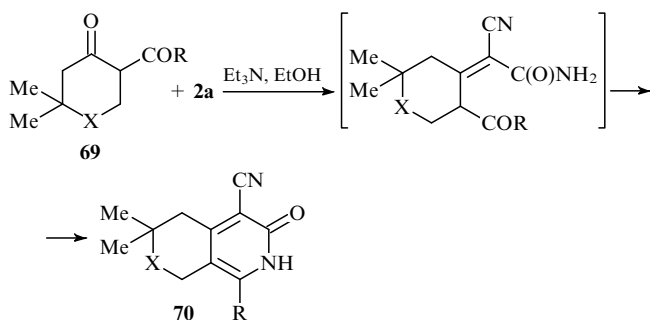
R = Alk, Ar; n = 1, 2; X = O, S, Se.

ного синтеза конденсированных 3-циано-1*H*-пиридин-2-халькогенонов **63**.^{44, 188, 304–316}

Действием амидов **2a,b** на 3-арил-2,4-диацетил-5-гидрокси-5-метилциклогексаноны **64** получены с высокими выходами 8-арил-7-ацетил-6-гидрокси-1,6-диметил-4-циано-5,6,7,8-тетрагидро-2*H*-изохинолин-3-оны **65**, соответствующие тионы **66** и их натриевые соли **67**, **68**.³¹⁴



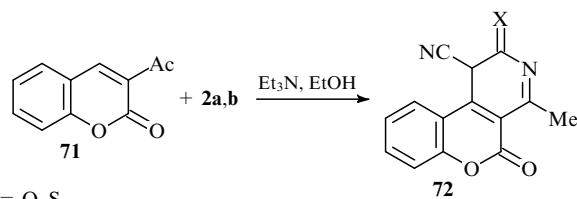
Среди многочисленных реакций амида **2a** с 2-ацилциклоалканами^{269, 272, 315–318} следует отметить конденсацию с тетрагидропиранами или -тиопиранами **69** в этаноле в присутствии триэтиламина, приводящую к неизвестным ранее 6-окспирано(тиопирано)[3,4-*c*]пиридинам **70**.^{117, 315, 316}



R = Alk, Ar; X = O, S.

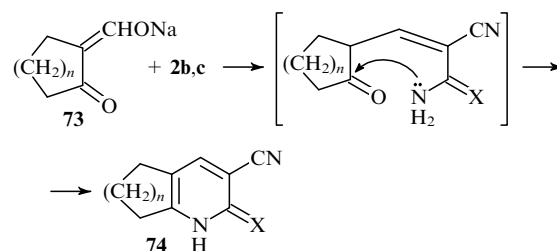
Производные кумарина и его конденсированные аналоги проявляют антибактериальную, сосудорасширяющую и гипотермальную активность. С целью поиска новых лекарственных средств ведется разработка методов синтеза замещенных кумаринов. Так, изучено взаимодействие 3-ацетилкумарина (**71**) с амидами **2a,b** в присутствии основа-

ний, приводящее к оксо- и тиоксопроизводным бензопирано[3,4-*c*]пиридина **72**.³¹⁸



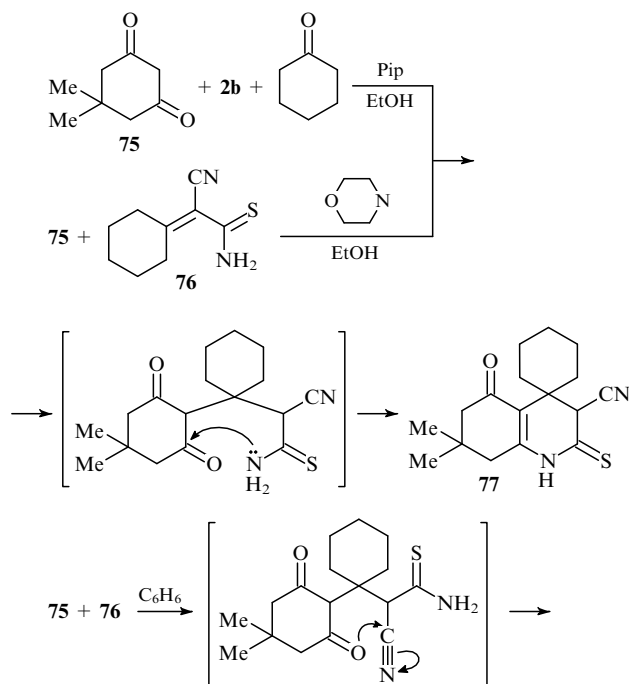
X = O, S.

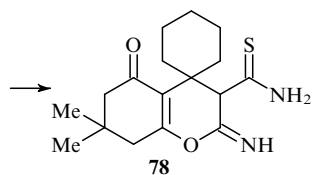
Изучена каскадная гетероциклизация амидов **2b,c** с натриевыми солями 2-гидроксиметилденциклоалканонов **73**. Показано, что при этом региоселективно образуются конденсированные 3-циано-1*H*-пиридин-2-тионы(селеноны) **74**.^{44, 308, 319–326}



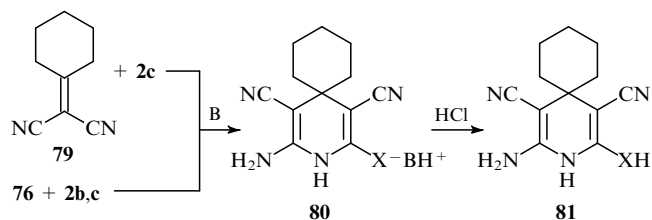
X = S, Se; n = 1, 2.

Уникальность методологии каскадной гетероциклизации можно продемонстрировать также на примере синтеза неизвестных ранее хинолин- и пиридинтионов, содержащих спиросоочлененный фрагмент. Так, трехкомпонентной конденсацией димедона (**75**), цианотиоацетамида (**2b**) и циклогексана в присутствии пиперидина в этаноле или взаимодействием дикетона **75** с циклогексилиденцианотиоацетамидом (**76**) в этаноле в присутствии морфолина получен неизвестный ранее 7,7-диметил-5-оксо-3-циано-спиро[циклогексан-1,4'-октагидрохинолин]-2-тион (**77**).^{45, 293} Использование в последней реакции бензола в качестве растворителя изменяет ее направление и приводит к образованию 2-иминопирана **78**.



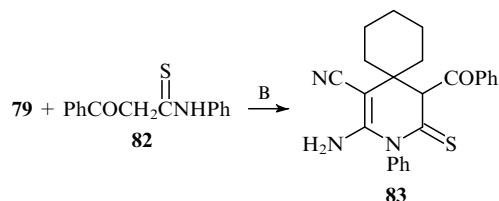


Для получения спиросочлененных частично гидрированных пиридин-2-тиолатов(селенолатов) применяли и другие реагенты. Так, при взаимодействии циклогексилиденмалонитрила (**79**) с цианоселеноацетамидом (**2c**) или циклогексилиденцианоацетамидом (**76**) с цианацетамидами **2b,c** или малонитрилом в этаноле в присутствии *N*-метилморфолина образуются соли **80**, которые при обработке соляной кислотой трансформируются в 6-амино-3,5-дицианоспиро[циклогексан-1,4'-дигидропиридин]-2-тиол(селенол) (**81**).^{45, 282, 327, 328}

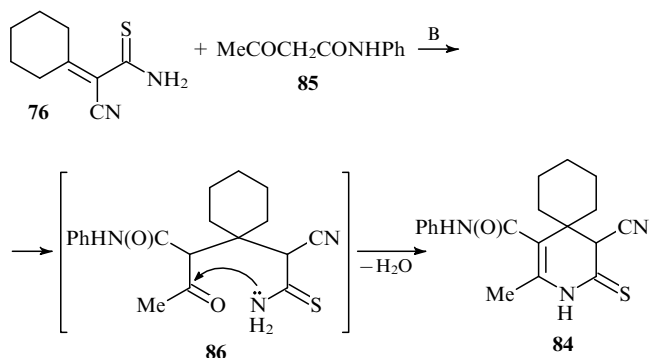


X = S, Se; B — *N*-метилморфоллин.

Взаимодействием динитрила **79** с анилидом **82** получен частично гидрированный полифункционально замещенный спиросочлененный пиридинтион **83**.³²⁸

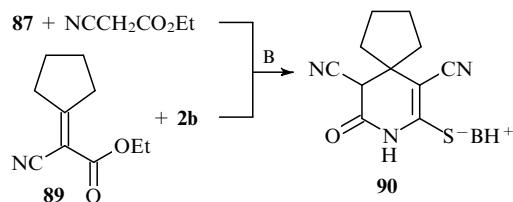
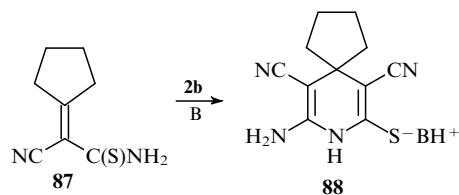


В свою очередь, спиро[циклогексан-1,4'-пиридин]-2-тион **84** получен реакцией тиамида **76** с анилидом ацетоксусной кислоты (**85**) в этаноле в присутствии *N*-метилморфолина с выходом 87%.^{46, 263}

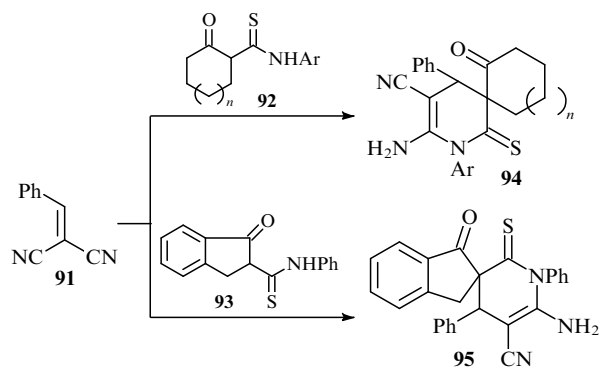


B — *N*-метилморфоллин.

Аналогичной реакцией цикlopентилендицианоацетамидом (**87**) с цианоацетамидом (**2b**) получен 6-амино-3,5-дицианоспиро[циклопентан-1,4'-дигидропиридин]-2-тиолат (**88**).²⁸³ а взаимодействием амида **87** с цианоуксусным эфиром или амида **2b** с цикlopентилендицианоуксусным эфиром (**89**) синтезирован 6-оксо-3,5-дицианоспиро[циклопентан-1,4'-тетрагидропиридин]-2-тиолат (**90**).³²⁹

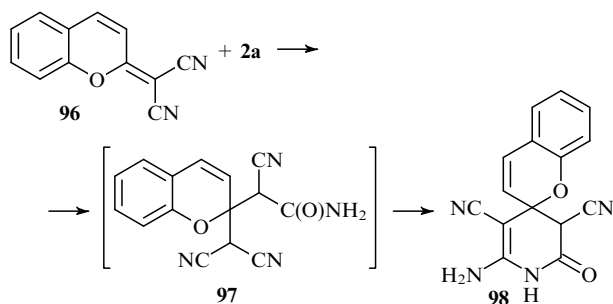


Бензилиденмалонитрил (**91**) с анилидами 2-оксоциклоалкантиокарбоновой (**92**) и 3-оксо-2,3-дигидроинден-2-тиокарбоновой кислоты (**93**) образует спиросочлененные пиридинтионы **94** и **95** соответственно.^{330, 331}

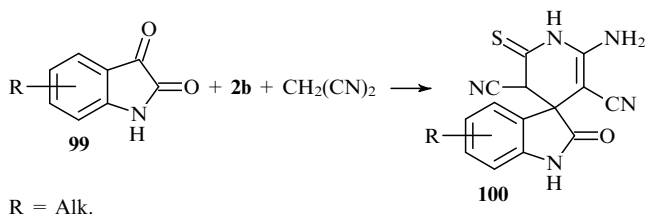


Ar = Ph, 4-MeC₆H₄, 4-MeOC₆H₄, 4-ClC₆H₄, 4-BrC₆H₄; n = 0–2.

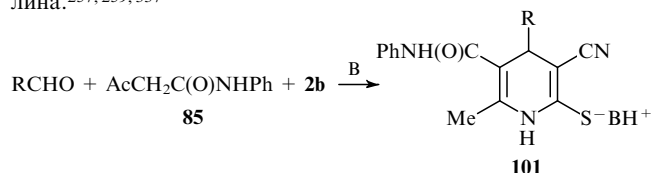
Цианацетамид (**2a**) присоединяется к хроменилиденмалонитрилу (**96**) при кипячении в этаноле в присутствии пиперидина с образованием аддукта **97**, внутримолекулярно циклизующегося *in situ* в спиросочлененный пиридон **98**.³³¹



Другим примером синтеза спиросочлененных пиридин-халькогенонов является трехкомпонентная гетероциклизация дикетона **99**, амида **2b** и малонитрила в этаноле в присутствии пиперидина, приводящая к образованию частично гидрированного пиридинтиона **100**.³³²

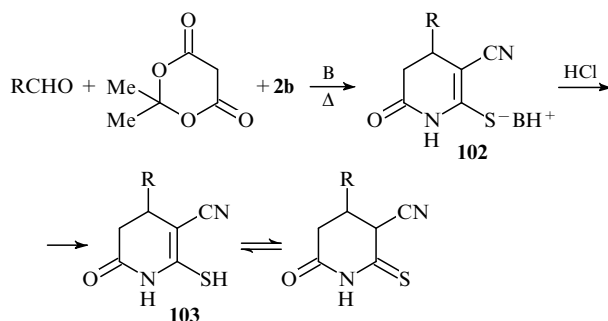


Следует отметить, что в последние 10 лет в синтезе 1*H*-пиридин-2-халькогенонов, их гидрированных аналогов и солей успешно применяется трехкомпонентная каскадная гетероциклизация амидов циануксусной кислоты или ее тио- и селенопроизводных с алифатическими, ароматическими либо гетероциклическими альдегидами и 1,3-дикарбонильными соединениями в присутствии избытка органического основания (см. ^{44–46, 199, 233, 241, 243, 244, 256, 257, 259, 262–268}, а также работы ^{270, 271, 274, 276, 279, 284–286, 289–291, 293, 294, 302, 333–339}). Иллюстрацией этому может служить синтез солей 4-(арил, гетарил)-6-метил-5-фенилкарбамоил-3-циано-1,4-дигидропиридин-2-тиолатов **101** из ароматических или гетероциклических альдегидов, амида **2b** и анилида уксусной кислоты (**85**) в присутствии избытка *N*-метилморфолина.^{257, 259, 337}



R = Ph, 2-ClC₆H₄, 2-MeC₆H₄, 3-Py, 2-тиенил; B — *N*-метилморфолин.

В качестве 1,3-дикарбонильных субстратов в трехкомпонентной гетероциклизации использованы также циклические дикетоны (циклогексан-1,3-дион, димедон, кислота Мелдрума).^{262, 285, 286, 295} Так, 4-(арил, гетарил)-6-оксо-3-циано-1,4,5,6-тетрагидропиридин-2-тиолаты **102** получены в результате кипячения эквимольной смеси соответствующего альдегида, амида **2b** и изопропилиденмалоната (кислоты Мелдрума) в спирте в присутствии *N*-метилморфолина в течение 3 ч. Тиолаты **102** при подкислении 10%-ной соляной кислотой до pH 5 превращаются в 4-(арил, гетарил)-6-меркапто-5-циано-3,4-дигидро-1*H*-пиридин-2-оны **103**.²⁸⁵

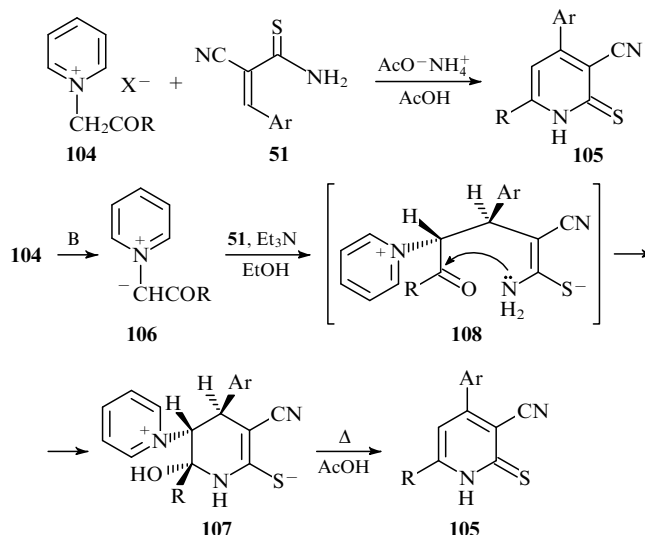


R = 4-MeC₆H₄, 1-нафтил, 2-фурил, 2-тиенил; B — *N*-метилморфолин.

IV. Каскадная гетероциклизация с участием илидов пиридиния

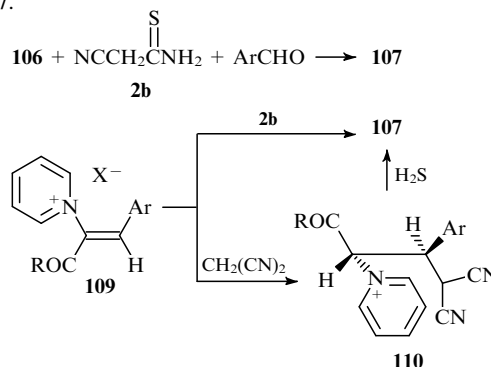
Илиды пиридиния, генерируемые *in situ* из кватернизованных пиридинов, довольно широко используют в тонком органическом синтезе,^{340–343} в том числе и для получения 4,6-дизамещенных 3-циано-1*H*-пиридин-2-тионов (см. работы ^{43, 44, 126, 327, 344–354}). Отмечено влияние условий проведения реакции на природу образующихся продуктов. Так, при нагревании ариленцианотиоацетамидов **51** с пиридиниевыми солями **104** в присутствии ацетата аммония в уксусной кислоте образуются 4,6-дизамещенные 3-циано-1*H*-пиридин-2-тионы **105**,³⁴⁶ а проведение реакций илидов пиридиния **106**, генерируемых из солей **104**, с амидами **51** в этаноле в присутствии триэтиламина при комнатной температуре дает

транс,транс-1,4,5,6-тетрагидропиридин-2-тиолаты **107**, которые были выделены и охарактеризованы в виде кристаллических стабильных солей.^{345–348, 351, 355–367} Высокая селективность этих реакций обусловлена стереоизбирательностью стадии присоединения илидов **106** к амидам **51**. Последующая циклизация аддуктов **108** протекает с сохранением *транс*-расположения атомов водорода.^{44, 346, 362} Соли **107** при нагревании в уксусной кислоте в присутствии ацетата аммония превращаются в тионы **105**.



R = Me, OMe, NH₂, Ph, 3-Py; Ar = Ph, 3-FC₆H₄, 4-FC₆H₄, 4-ClC₆H₄, 4-NO₂C₆H₄, 3-Py; X = I, Br; B — основание.

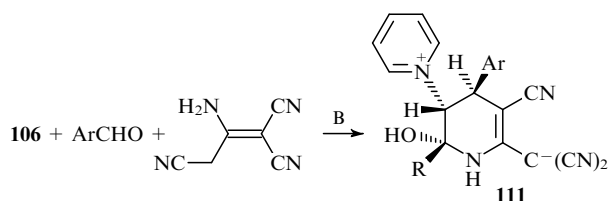
Синтез тиолатов **107** осуществлен и без предварительного приготовления тиоамидов **51** путем трехкомпонентной конденсации илидов пиридиния **106**, цианотиоацетамида (**2b**) и ароматических альдегидов,^{346, 347, 351} а также из пиридиниевой соли **109** и цианотиоацетамида (**2b**).³⁶⁰ При замене амида **2b** на малонитрил из *E*-изомера соединения **109** удалось получить *транс*-аддукты **110**, обработка которых сероводородом привела к *транс*-замещенным тетрагидропиридинам **107**.



R = Me, OMe, NH₂, Ph; Ar = Ph, 4-ClC₆H₄, 4-BrC₆H₄, 4-FC₆H₄, 4-MeOC₆H₄, 3-Py, 4-Py; X = Cl, Br.

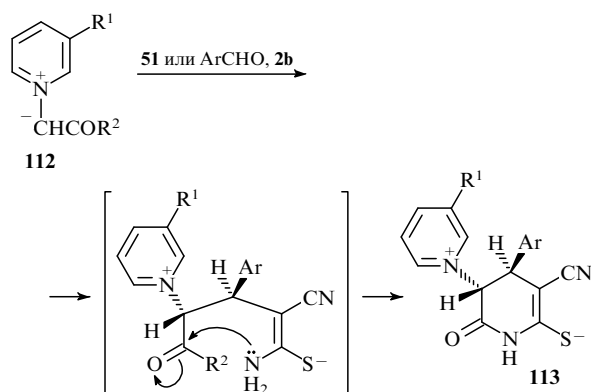
В синтезе тиолатов нашли применение также илиды изохинолина.³⁴⁷

Стереоселективной трехкомпонентной конденсацией илидов пиридиния **106**, ароматических альдегидов и 2-амино-1,1,3-трицианопропена получены труднодоступные *транс*-6-*R*-4-арил-6-гидрокси-5-пиридин-3-циано-1,4,5,6-тетрагидропиридин-2-дицианометиллы (**111**).^{345, 346}



Ar = Ph, 4-FC₆H₄, 4-ClC₆H₄, 4-BrC₆H₄, 4-MeOC₆H₄;
R = Me, OMe, NH₂, Ph, 3-Py.

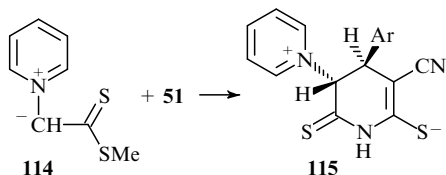
На основе реакции илидов *meta*-замещенного пиридиния **112** с арилиденцианоацетамидами **51** разработаны регио- и стереоселективные методы синтеза *trans*-4-арил-6-оксо-5-пиридиinio-3-циано-1,4,5,6-тетрагидропиридин-2-тиолатов (**113**).^{44, 223, 345, 353–355} Осуществлен также одnoreакторный синтез тетрагидропиридинов **113** без предварительного получения неопределенных амидов **51** гетероциклизацией илидов пиридиния **112** с ароматическими альдегидами и цианоацетамидом (**2b**).^{44, 345}



R¹ = Me, Br, NH₂; R² = Me, Ph, NH₂, OMe;
Ar = Ph, 4-FC₆H₄, 4-ClC₆H₄, 4-BrC₆H₄, 4-HOC₆H₄, 4-MeOC₆H₄,
2-NO₂C₆H₄, 3-Py, 4-Py.

Разнообразные илиды пиридиния применяют для получения 4-арил-6-оксо-5-пиридиinio-3-циано-1,4,5,6-тетрагидропиридин-2-олатов.^{346, 353–356, 368}

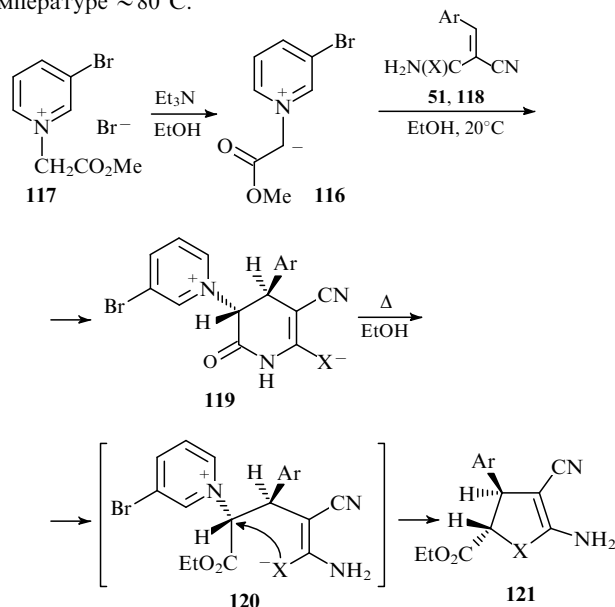
С использованием реакции каскадной гетероциклизации илида пиридиния **114** с амидами **51** осуществлен синтез *trans*-замещенных 6-тиоксо-1,4,5,6-тетрагидропиридин-2-тиолатов **115**.^{223, 346, 353, 355}



Ar = 4-HOC₆H₄, 4-MeOC₆H₄, 4-FC₆H₄, 4-ClC₆H₄, 4-BrC₆H₄, 3-Py.

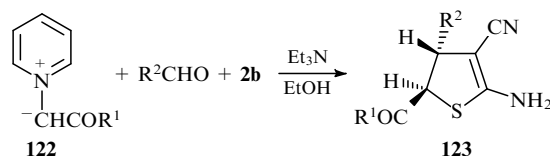
Установлено влияние температуры на направление реакции каскадной гетероциклизации с участием илидов пиридиния. Так, взаимодействие илида 3-бромпиридиния **116**, генерированного из соли **117**, с неопределенными нитрилами **51** и **118** при комнатной температуре в этаноле в присутствии триэтиламина протекает стерео- и атропоселективно с образованием 3,4-*trans*-1,2,3,4-тетрагидропиридинов **119**. При нагревании последних в этаноле происходит реакция алколиза и раскрытия тетрагидропиридинового цикла по амидной связи с образованием соответствующих интермедиатов **120**. Последующее внутримолекулярное нуклеофильное

замещение протекает с элиминированием 3-бромпиридина при сохранении *trans*-расположения атомов водорода и приводит к образованию соответствующих *trans*-дигидрофуранов и -тиофенов **121**.^{43, 44, 344, 349, 350, 354, 369} Пятичленные гетероциклы **121** образуются также с высокими выходами без выделения интермедиатов **119** и **120** при проведении реакции между илидом **116** и нитрилом **51** или **118** в этаноле при температуре ~80°C.



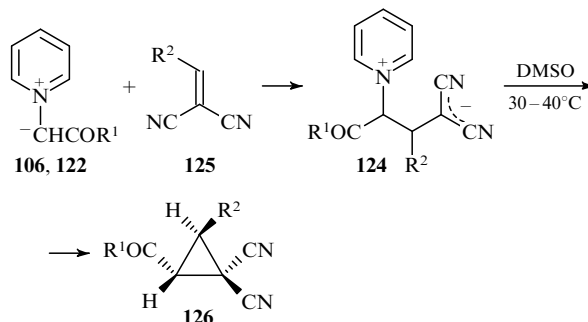
Ar = 3-Py, 4-FC₆H₄, 2-MeOC₆H₄; X = S (**51**), O (**118**).

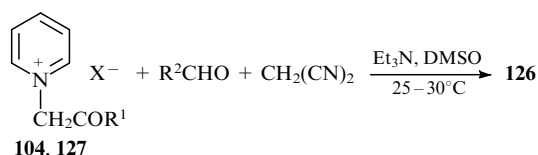
Трехкомпонентной каскадной гетероциклизацией илида **122**, ароматических альдегидов и амида **2b** в этаноле в присутствии триэтиламина при комнатной температуре получены неизвестные ранее адамантилкарбонилдигидро-тиофены **123** с выходами 62–95%.^{43, 343, 349}



R¹ — 1-адамантил; R² = 4-Py, 4-FC₆H₄, 4-ClC₆H₄.

Высокий синтетический потенциал илидов пиридиния дает возможность использовать их для разработки принципиально новых подходов к получению функционально замещенных циклопропанов. Так, при нагревании бетаинов **124**, образовавшихся в результате взаимодействия илидов пиридиния **106** и **122** с арилиденмалонитрилами **125**, в ДМСО при 30–40°C происходит внутримолекулярное 1,3-элиминирование пиридина и образуются *trans*-циклопропаны **126** с выходами 80–96%.^{43, 344, 357, 370, 371} Соединения **126** могут



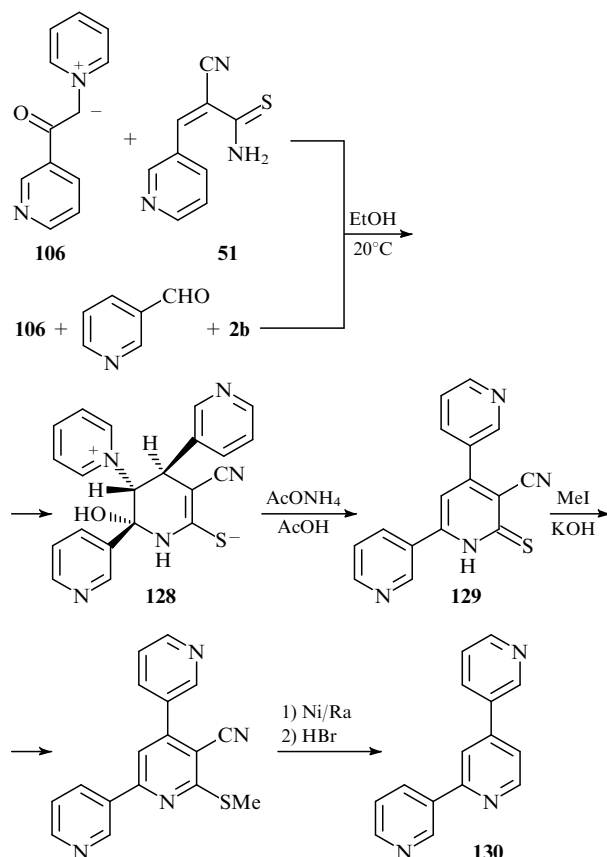


$R^1 = \text{NH}_2, \text{Me}$ (**104**, **106**), 1-адамантил (**122**, **127**);

$R^2 = 4\text{-ClC}_6\text{H}_4, 4\text{-BrC}_6\text{H}_4, 4\text{-IC}_6\text{H}_4, 3\text{-Py}, 4\text{-Py}, 2\text{-тиенил}$.

быть также получены с выходами 78–94% трехкомпонентной конденсацией солей **104** или **127** с ароматическими альдегидами и малонитрилом в ДМСО в присутствии триэтиламина при 25–30°C.

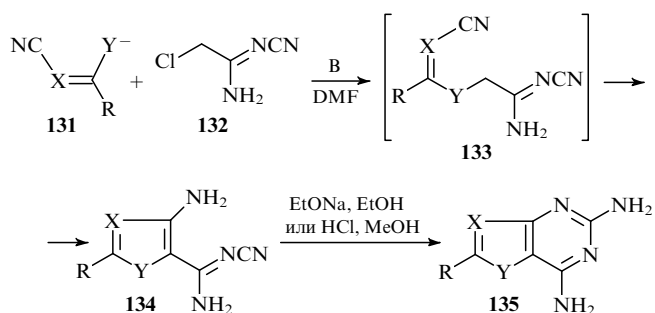
Еще одной иллюстрацией успешного применения методологии каскадной гетероциклизации с участием илидов пиридиния может служить синтез никотилина — 2,4-бис-(3-пиридил)пиридина — минорного алкалоида табака *Nicotiana tabacum*.^{43, 44, 344, 351} Так, взаимодействием илида **106** ($R = 3\text{-Py}$) с амидом **51** ($\text{Ar} = 3\text{-Py}$) в этаноле при комнатной температуре получен 4,5-*транс*-6-гидрокси-4,6-бис(3-пиридил)-5-пиридино-3-циано-1,4,5,6-тетрагидропиридин-2-тиолат (**128**) с выходом 98%. Это же соединение синтезировано с выходом 92% трехкомпонентной конденсацией илида **106** ($R = 3\text{-Py}$), 3-пиридинкарбальдегида и амида **2b** в аналогичных условиях. Нагревание тиолата **128** в уксусной кислоте в присутствии ацетата аммония приводит с выходом 83% к тиону **129**, который в результате последовательных стадий алкилирования, гидрогенолиза в присутствии никеля Ренея и децианирования в кислой среде превращен в никотилин **130** с выходом 82%.



V. Каскадная гетероциклизация в синтезе конденсированных гетероциклов

Функционально замещенные конденсированные гетероциклы представляют не меньший, а во многих случаях и значительно больший практический интерес по сравнению с соответствующими мооядерными гетероциклическими системами. Однако подавляющее большинство существующих методов их синтеза являются довольно трудоемкими, многостадийными и зачастую требуют жестких условий, что в конечном счете приводит к значительному снижению выхода и повышению себестоимости конечных продуктов. Использование стратегии каскадной гетероциклизации позволяет не только устранить эти недостатки, но и создать такие полифункциональные аннелированные гетероциклы, которые практически невозможно получить традиционными методами. К настоящему времени с использованием методологии каскадной гетероциклизации простых и доступных субстратов и реагентов разработаны удобные способы получения различных классов конденсированных гетероциклов, таких как тиено[3,2-*b*]пиридины, тиено[3,2-*d*]пиримидины, тиазоло[4,5-*b*]пиридины, тиазоло[4,5-*d*]пиримидины, пиридо[3',2':4,5]тиено[3,2-*b*]пиридины, пиридо[3',2':4,5]тиено[3,2-*d*]пиримидины, пиридо[3',2':4,5]тиено(селенофено)[3,2-*d*]пиримидины, хинуклидино[2'',3'':5',6']пиридо[3',2':4,5]тиено[3,2-*d*]пиримидины, пиримидо[4',5':4,5]тиено[2,3-*c*]-2,7-нафтиридины, пиридо[2'',3'':4',5']тиено[3',2':4,5]тиено[3,2-*b*]пиридины и др.^{50, 52, 371–390}

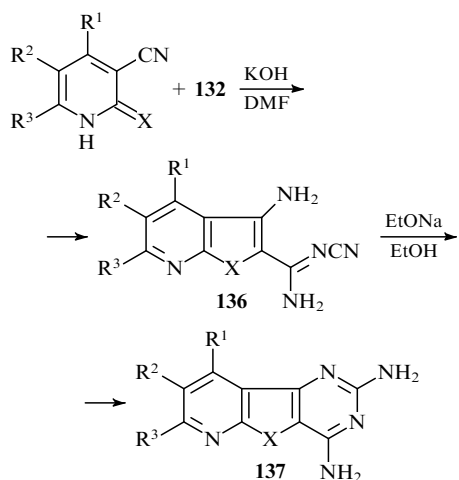
В качестве примеров успешного применения стратегии каскадной гетероциклизации можно привести региоселективные методы синтеза тиено-, селенофено- и тиазолодиаминопиримидинов на основе вицинальных меркапто(гидроселено)нитрилов **131** и *N*-цианохлорацетамида (**132**). Первоначально протекает региоселективное алкилирование по атому халькогена с образованием интермедиатов **133**, которые циклизуются по Торпу–Циглеру в соединения **134**; последние при нагревании в этаноле в присутствии этилата натрия либо при обработке соляной кислотой в метаноле превращаются в гетарилпиримидины **135**.^{50, 373, 375}



$R = \text{NHPh}, \text{NHCH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$; $X = \text{N}, \text{CCN}$; $Y = \text{S}, \text{Se}$;

B — основание.

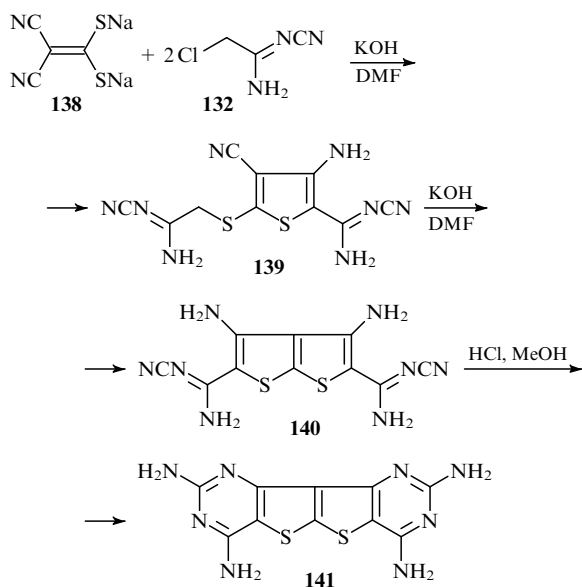
Аналогичная реакция амида **132** с 1*H*-пиридин-2-халькогенами в ДМФА в присутствии избытка КОН протекает как последовательность двух стадий — нуклеофильного замещения и конденсации Торпа–Циглера — и приводит к образованию тиено(селенофено)[2,3-*b*]пиридинов **136**.³⁷³ Кипячением последних с этилатом натрия в этаноле получены 2,4-диаминопиридо[3',2':4,5]тиено(селенофено)[3,2-*d*]пиримидины **137**, синтез которых можно осуществить и без выделения промежуточных соединений **136**.^{372, 373}



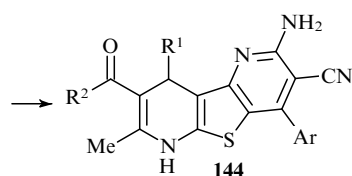
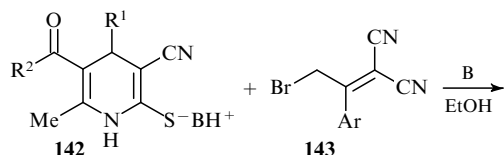
$R^1 = \text{H, Me, CF}_3, 4\text{-ClC}_6\text{H}_4$; $R^2 = \text{H}$; $R^3 = \text{Me, Ph, 4-MeC}_6\text{H}_4$;

$R^2\text{--}R^3 = \text{piperidine ring}$; $(\text{CH}_2)_4$; $X = \text{S, Se}$.

При использовании в качестве нитрильной компоненты 2,2-дицианоэтилен-1,1-дитиолат натрия (**138**) реакция протекает с последовательным образованием соединений **139**, **140** и на последней стадии приводит к тетрааннелированному гетероциклу **141**.^{50, 373, 375}



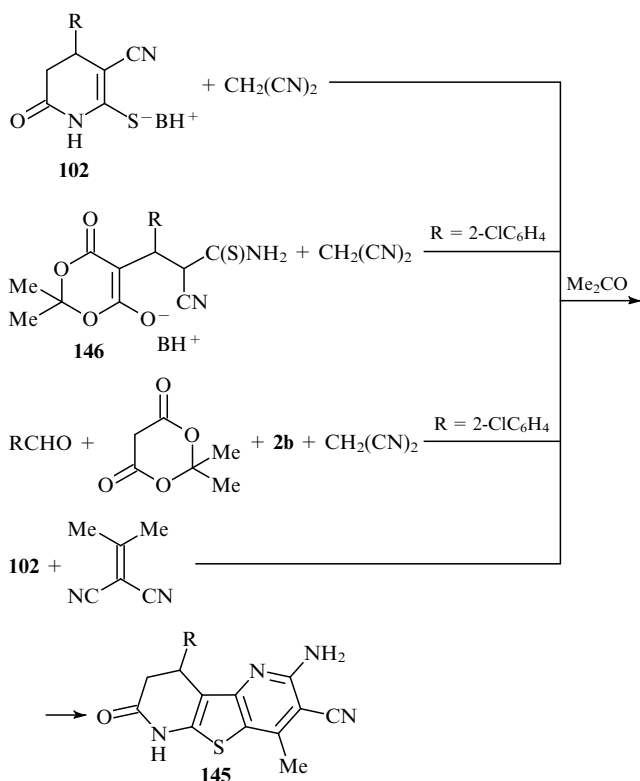
Из других многочисленных примеров использования каскадной гетероциклизации в синтезе конденсированных гетероциклических систем следует отметить получение пиридо-тиенопиридинов, пиридо-тиенопиримидинов и их гидрированных аналогов.^{52, 380–383, 387, 391, 392} Так, взаимодействием пиперидиниевых солей 3-циано-1,4-дигидропиридин-2-тиолатов **142** с 2-бром-1-арилэтиленмалонитрилами **143** получены 2,5-дигидропиридо[3',2':4,5]тиено[3,2-*b*]пиридины **144** с высокими выходами.^{52, 381} Этот способ используют также для синтеза функционально замещенных пиридо[3',2':4,5]тиено[3,2-*d*]пиримидинов.



$R^1 = 4\text{-MeOC}_6\text{H}_4, 2\text{-NO}_2\text{C}_6\text{H}_4, 2\text{-тиенил}$; $R^2 = \text{Me, OEt}$;

$\text{Ar} = \text{Ph, 4-BrC}_6\text{H}_4$; B — пиперидин.

Тетрагидропиридо-тиенопиридины **145** синтезированы трехкомпонентной каскадной гетероциклизацией тетрагидропиридин-2-тиолатов **102**, малонитрила и ацетона в кипящем этаноле. Эти же соединения образуются при взаимодействии предшественников тиолатов **102** — соответствующих аддуктов Михаэля **146** — с малонитрилом и ацетоном, конденсацией 2-хлорбензальдегида, кислоты Мелдрума, цианотиоацетамида (**2b**), малонитрила и ацетона в присутствии *N*-метилморфолина и при кипячении смеси тиолатов **102**, изопропилиденмалонитрила и ацетона в этаноле.^{391, 392}



$R = \text{Ph, 4-MeC}_6\text{H}_4, 2\text{-ClC}_6\text{H}_4, 2\text{-MeOC}_6\text{H}_4, 2,5\text{-(MeO)}_2\text{C}_6\text{H}_3, 3,4\text{-(MeO)}_2\text{C}_6\text{H}_3, 3,4,5\text{-(MeO)}_3\text{C}_6\text{H}_2, 4\text{-EtOC}_6\text{H}_4, 3,4\text{-(OCH}_2\text{O)}\text{C}_6\text{H}_3, 1\text{-нафтил, 2-тиенил}$; B — *N*-метилморфолин.

Последние достижения в области каскадной гетероциклизации обсуждены в обзорах^{389, 390, 393–395} и статьях^{396–405}.

* * *

Создание фундаментальных основ методологии одnoreакторной каскадной гетероциклизации карбонильных соединений и СН-кислот в условиях основного катализа позволило легко осуществлять регио- и стереоселективный синтез полифункциональных гетероциклов, в частности, замещенных пиридинхалькогенонов, их гидрированных и конденсированных аналогов. Важным достоинством данного подхода является простота и доступность субстратов и реагентов:

ароматических, гетероароматических альдегидов, циклоалканонов, ациклических и циклических моно- и дикарбонильных соединений, α,β -непредельных карбонильных соединений, амидов циануксусной кислоты, их тиио- и селенокарбонильных аналогов.

Несомненно, данная методология перспективна для разработки способов получения новых классов гетероциклических соединений.

Обзор написан при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 02-03-32063).

Литература

1. I.Ugi, A.Domling, B.Werner. *J. Heterocycl. Chem.*, **37**, 647 (2000)
2. В.П.Литвинов. *Вестн. РФФИ*, 2003 (в печати)
3. L.F.Tietze, U.Beifuss. *Angew. Chem., Int. Ed. Engl.*, **32**, 131 (1993)
4. L.F.Tietze. *J. Heterocycl. Chem.*, **27**, 47 (1990)
5. L.F.Tietze. *Chem. Rev.*, **96**, 115 (1996)
6. S.E.Denmark, A.Thorarensen. *Chem. Rev.*, **96**, 137 (1996)
7. J.D.Winkler. *Chem. Rev.*, **96**, 167 (1996)
8. I.Ryu, N.Sonoda, D.P.Currarn. *Chem. Rev.*, **96**, 177 (1996)
9. P.J.Parsons, C.S.Penkett, A.J.Shell. *Chem. Rev.*, **96**, 195 (1996)
10. K.K.Wang. *Chem. Rev.*, **96**, 207 (1996)
11. A.Padwa, M.D.Wingarten. *Chem. Rev.*, **96**, 223 (1996)
12. *Multicomponent Reactions and Combinatorial Chemistry. (German-Polish Workshop)*. Rzeszow, 1997. (Eds Z.Hippe, I.Ugi). University of Technology, Rzeszow/Technical University, Munich, 1998
13. L.A.Thompson, J.A.Ellman. *Chem. Rev.*, **96**, 555 (1996)
14. E.S.Osborne, A.D.Ellington. *Chem. Rev.*, **97**, 349 (1997)
15. R.R.Breaker. *Chem. Rev.*, **97**, 371 (1997)
16. G.P.Smith, V.Petrenko. *Chem. Rev.*, **97**, 391 (1997)
17. K.S.Lam, M.Lebli, V.Krchnak. *Chem. Rev.*, **97**, 411 (1997)
18. A.Nefzi, J.M.Ostersh, R.A.Houghten. *Chem. Rev.*, **97**, 449 (1997)
19. M.C.Pirring. *Chem. Rev.*, **97**, 473 (1997)
20. D.J.Gravert, K.D.Janda. *Chem. Rev.*, **97**, 489 (1997)
21. A.Hantzsch. *Liebigs Ann. Chem.*, **215**, 72 (1882)
22. D.M.Stout, A.I.Meyers. *Chem. Rev.*, **82**, 223 (1982)
23. L.Gattermann, A.Skita. *Berichte*, **49**, 494 (1916)
24. I.Guareschi. *Chem. Zbl.*, **11**, 684 (1905)
25. G.A.R.Kon, J.F.Thorpe. *J. Chem. Soc.*, **115**, 686 (1919)
26. O.Doebner. *Berichte*, **27**, 352 (1894)
27. F.Ullmann, A.Fetvadjan. *Berichte*, **36**, 1027 (1903)
28. V.P.Litvinov, L.A.Rodinovskaya, Yu.A.Sharanin, A.M.Shestopalov, A.Senning. *Sulfur Rep.*, **13**, 1 (1992)
29. F.M.Abdel-Galil, Sh.M.Sherif, M.H.Elnagdi. *Heterocycles*, **24**, 2023 (1986)
30. B.Y.Riad, A.M.Negm, S.E.Abdou, H.A.Daboun. *Heterocycles*, **26**, 205 (1987)
31. M.H.Elnagdi, Sh.M.Sherif, R.M.Mohareb. *Heterocycles*, **26**, 497 (1987)
32. Л.А.Родиновская, В.К.Промоненков, Ю.А.Шаранин, В.П.Литвинов, А.М.Шестопапов. В кн. *Органическая химия. Т. 17. (Итоги науки и техники)*. Изд-во ВИНТИ, Москва, 1989. С. 3
33. В.П.Литвинов, В.К.Промоненков, Ю.А.Шаранин, А.М.Шестопапов. В кн. *Органическая химия. Т. 17. (Итоги науки и техники)*. Изд-во ВИНТИ, Москва, 1989. С. 72
34. Ю.А.Шаранин, В.К.Промоненков, В.П.Литвинов. *Органическая химия. Т. 20. Ч. 1. (Итоги науки и техники)*. Изд-во ВИНТИ, Москва, 1991. 240 с.
35. А.Э.Саусиньш, Г.Я.Дубур. *Химия гетероцикл. соединений*, 435 (1992)
36. А.Э.Саусиньш, Г.Я.Дубур. *Химия гетероцикл. соединений*, 579 (1993)
37. Я.Озолс, Б.Виганте, Г.Дубур. *Химия гетероцикл. соединений*, 1603 (1994)
38. Ю.А.Шаранин, М.П.Гончаренко, В.П.Литвинов. *Успехи химии*, **67**, 442 (1998)
39. В.П.Литвинов. *Изв. АН. Сер. хим.*, 2123 (1998)
40. В.П.Литвинов. *Успехи химии*, **68**, 817 (1999)
41. В.П.Литвинов, С.Г.Кривоколыско, В.Д.Дяченко. *Химия гетероцикл. соединений*, 579 (1999)
42. Ю.А.Шаранин. Дис. д-ра хим. наук. ИОХ АН СССР, Москва, 1988
43. А.М.Шестопапов. Дис. д-ра хим. наук. ИОХ АН СССР, Москва, 1991
44. Л.А.Родиновская. Дис. д-ра хим. наук. ИОХ РАН, Москва, 1994
45. В.Д.Дяченко. Дис. д-ра хим. наук. ИОХ РАН, Москва, 1998
46. С.Г.Кривоколыско. Дис. д-ра хим. наук. ИОХ РАН, Москва, 2001
47. Е.Э.Апенцова. Дис. канд. хим. наук. ИОХ АН СССР, Москва, 1986
48. В.Н.Нестеров. Дис. канд. хим. наук. ИОХ АН СССР, Москва, 1987
49. Г.Е.Хорошилов. Дис. канд. хим. наук. ИОХ РАН, Москва, 1993
50. В.А.Артемов. Дис. канд. хим. наук. ИОХ РАН, Москва, 1995
51. Н.Г.Фролова. Дис. канд. хим. наук. ИОХ РАН, Москва, 1997
52. В.Л.Иванов. Дис. канд. хим. наук. ИОХ РАН, Москва, 1997
53. С.В.Роман. Дис. канд. хим. наук. Харьковский национальный университет, Харьков, 2001
54. Я.Ю.Якунин. Дис. канд. хим. наук. Харьковский национальный университет, Харьков, 2001
55. Э.Лукевич. *Химия гетероцикл. соединений*, 723 (1995)
56. В.В.Кастрон, Р.О.Витолинь, Г.Я.Дубур. *Хим.-фарм. журн.*, **24** (6), 14 (1990)
57. И.Э.Кируле, А.А.Краузе, А.Х.Велена, Д.Ю.Антипова, Г.Я.Арницане, И.А.Вуцина, Г.Я.Дубур. *Хим.-фарм. журн.*, **26** (11–12), 59 (1992)
58. Пат. 234574 ГДР; *Chem. Abstr.*, **105**, 208775 (1986)
59. Пат. 6097960 Япония; *Chem. Abstr.*, **104**, 19516 (1986)
60. Пат. 4555517 США; *Chem. Abstr.*, **104**, 148755 (1986)
61. Пат. 4539321 США; *Chem. Abstr.*, **104**, 62077 (1986)
62. Пат. 6094964 Япония; *Chem. Abstr.*, **104**, 5780 (1986)
63. Пат. 4567186 США; *Chem. Abstr.*, **105**, 42768 (1986)
64. Пат. 167121 Европа; *Chem. Abstr.*, **105**, 42839 (1986)
65. Пат. 6204270 Япония; *Chem. Abstr.*, **106**, 156296 (1987)
66. Пат. 549790 Испания; *Chem. Abstr.*, **106**, 84403 (1987)
67. Пат. 544504 Испания; *Chem. Abstr.*, **107**, 7070 (1987)
68. Пат. 61180770 Япония; *Chem. Abstr.*, **106**, 67120 (1987)
69. Пат. 4650806 США; *Chem. Abstr.*, **106**, 213774 (1987)
70. Пат. 61229865 Япония; *Chem. Abstr.*, **106**, 156291 (1987)
71. Пат. 61243080 Япония; *Chem. Abstr.*, **106**, 67299 (1987)
72. Пат. 61291570 Япония; *Chem. Abstr.*, **106**, 176191 (1987)
73. Пат. 207500 Европа; *Chem. Abstr.*, **106**, 119711 (1987)
74. Пат. 61218589 Япония; *Chem. Abstr.*, **106**, 84605 (1987)
75. WO PCT 8800468; *Chem. Abstr.*, **109**, 129026 (1988)
76. WO PCT 8801508; *Chem. Abstr.*, **109**, 93054 (1988)
77. Пат. 6377879 Япония; *Chem. Abstr.*, **109**, 128986 (1988)
78. Пат. 4731371 США; *Chem. Abstr.*, **109**, 73346 (1988)
79. Пат. 624270 Япония; *Chem. Abstr.*, **110**, 63770 (1989)
80. WO PCT 8601202; *Chem. Abstr.*, **111**, 194606 (1989)
81. Пат. 01279884 Япония; *Chem. Abstr.*, **112**, 198358 (1990)
82. Пат. 347027 Европа; *Chem. Abstr.*, **113**, 58944 (1990)
83. Пат. 4866074 США; *Chem. Abstr.*, **113**, 152440 (1990)
84. Пат. 167298 Польша; *Chem. Abstr.*, **125**, 142574 (1996)
85. R.Troschuetz, L.Gruen. *Arch. Pharm. (Weinheim, Ger.)*, **326**, 857 (1993); *Chem. Abstr.*, **120**, 217537 (1994)
86. G.A.Youngdale, T.F.Oglia. *J. Med. Chem.*, **28**, 1790 (1985)
87. H.Landmann, H.Lowe. *Pharmazie*, **41**, 169 (1986)
88. L.Mosti, G.Menozzi, P.Schenone. *Actual. Chim. Ther.*, **15**, 113 (1988); *Chem. Abstr.*, **111**, 7188 (1989)
89. L.Mosti, G.Menozzi, P.Scvenone, P.Dorigo, R.M.Gaion, F.Benetollo, G.Bombier. *Eur. J. Med. Chem.*, **24**, 517 (1989)
90. Е.Г.Пароникян, С.Н.Сиракян, Г.Х.Григорян, А.С.Норавян. *Арм. хим. журн.*, **42**, 505 (1989)
91. H.Fukatsu, Y.Kato, S.Murase, S.Nakagawa. *Heterocycles*, **29**, 1517 (1989)
92. V.Hagen, E.Klauschenz, A.Rumler, A.Hagen, S.Heer, R.Mitzner, H.Hiedrich, D.Lohmann. *Pharmazie*, **45**, 189 (1990)

93. Л.В.Ершов, А.В.Кадушкин, В.Г.Граник, О.В.Долгун, А.В.Денисов, С.Д.Южаков, М.Д.Машковский. *Хим.-фарм. журн.*, **26** (9–10), 51 (1992)
94. M.Yamanaka, Sh.Suda, Y.Kabasawa, T.Ogawa, K.Sawada, H.Ohara. *Chem. Pharm. Bull.*, **40**, 1486 (1992)
95. V.Gomez-Parra, M.Del Carmen Gomez, F.Sanchez, V.Stefani. *Arch. Pharm. (Weinheim, Ger.)*, **325**, 483 (1992); *Chem. Abstr.*, **117**, 251207 (1992)
96. А.Краузе, В.Н.Гаралене, Г.Я.Дубур. *Хим.-фарм. журн.*, **27** (1), 39 (1993)
97. L.Mosti, P.Schenone, M.Jester, P.Dorigo, R.M.Gaion, D.Fraccorollo. *Eur. J. Med. Chem.*, **28**, 853 (1993)
98. A.A.Alousi, J.M.Canter, M.J.Montenaro, D.J.Fort, R.A.Ferrari. *J. Cardiovasc. Pharm.*, **5**, 792 (1983)
99. A.A.Alousi, G.P.Stankus, J.C.Stuart, L.H.Walton. *J. Cardiovasc. Pharm.*, **5**, 804 (1983)
100. C.S.Maskin, L.Sinoway, B.Chadwick, E.N.Sonneblick, T.H.LeJemtel. *Circulation*, **67**, 1065 (1983)
101. D.S.Biam, A.V.McDowell, J.Cherniles, E.S.Monrad, J.A.Parker, J.Edelson, E.Braunwald, W.Grossman. *Engl. J. Med.*, **309**, 748 (1983)
102. E.S.Monrad, D.S.Baim, H.S.Smith, A.Lanoue, E.Braunwald, W.Grossman. *Circulation*, **71**, 972 (1985)
103. K.M.Borow, P.C.Come, A.Neumann, D.S.Baim, E.Braunwald, W.Grossman. *Am. J. Cardiol.*, **55**, 726 (1985)
104. A.Ward, R.N.Brogden, R.C.Heel, T.M.Speight, G.S.Avery. *Drugs*, **26**, 468 (1983)
105. D.W.Robertson, E.E.Beedle, J.K.Swartzendruber, N.D.Jones, T.K.Elreyzey, R.F.Kauffman, H.Wilson, E.S.Hayes. *J. Med. Chem.*, **29**, 635 (1986)
106. Пат. 543212 Испания; *Chem. Abstr.*, **107**, 58866 (1987)
107. X.Zheng, Z.Feng, Y.Liu. *Zhongguo Yiyao Gongye Zazhi*, **21**, 486 (1990); *Chem. Abstr.*, **115**, 8524 (1991)
108. В.В.Кузнецов. *Хим.-фарм. журн.*, **25** (7), 61 (1991)
109. Пат. 564358 Европа; *Chem. Abstr.*, **120**, 164006 (1994)
110. Y.Xu, Z.Zhu, Z.Tong, D.Peng, L.Duan. *Zhongguo Yiyao Gongye Zazhi*, **24**, 49 (1993); *Chem. Abstr.*, **120**, 8556 (1994)
111. G.Guillaumet. *J. Pharm. Bull.*, **49**, 216 (1994)
112. H.Niedrich, H.-U.Heyne, E.Schroetter, H.-J.Jaensch, H.-J.Heidrich, G.Faust, D.Lohman. *Pharmazie*, **41**, 173 (1986)
113. L.W.Singh, H.Ila, H.Junappa. *Indian J. Chem., Sect. B*, **26**, 607 (1987); *Chem. Abstr.*, **108**, 221566 (1987)
114. Заявка 3725357 ФРГ; *Chem. Abstr.*, **109**, 92824 (1988)
115. Пат. 150312 Польша; *Chem. Abstr.*, **114**, 64264 (1991)
116. J.Wang, G.Han, G.Jiang. *Yingyong Huaxue*, **8**, 38 (1991); *Chem. Abstr.*, **115**, 71425 (1991)
117. Е.Г.Пароникян, С.Н.Сиракян, А.С.Норавян, Д.А.Мелконян. *Арм. хим. журн.*, **44**, 250 (1991)
118. O.H.Hishmat, H.I.El-Diwani, Sh.M.A.Bakr, S.S.Mahmoud, S.A.Nada. *Arch. Pharm. Res.*, **16**, 168 (1993); *Chem. Abstr.*, **120**, 315144 (1994)
119. V.A.Adhikari, V.V.Badiger. *Indian J. Chem., Sect. B*, **30**, 946 (1991); *Chem. Abstr.*, **115**, 256108 (1991)
120. G.M.Cingolani, F.Gualtieri, M.Pigini. *J. Med. Chem.*, **12**, 531 (1969)
121. Пат. 333020 Европа; *Chem. Abstr.*, **112**, 118659 (1990)
122. Пат. 308020 Европа; *Chem. Abstr.*, **112**, 118654 (1990)
123. O.H.Hishmat, F.M.Abdel Galil, D.S.Farrag. *Pharmazie*, **45**, 793 (1990)
124. O.H.Hishmat, J.A.A.Miky, N.M.Saleh. *Pharmazie*, **44**, 823 (1989)
125. R.Benoit, J.Duflos, G.Dupas, J.Bourguignon, G.Quuguiner. *J. Heterocycl. Chem.*, **26**, 1595 (1989)
126. А.М.Шестопапов, Ю.А.Шаранин, Л.А.Родиновская, В.Ю.Мортиков, В.П.Литвинов, В.К.Промоненков. В кн. *Химия и технология пиридинсодержащих пестицидов. (Тез. докл. Всесоюз. конф.)*. Черноголовка, 1988. С. 122
127. А.с. 1657495 СССР; *Бюл. изобрет.*, (23) (1991)
128. WO PCT 9117987; *Chem. Abstr.*, **117**, 48568 (1992)
129. WO PCT 9222532; *Chem. Abstr.*, **118**, 191556 (1993)
130. F.Guerrera, L.Salerno, M.C.Sarvas, M.A.Siracusa, S.Oliveri, R.Minardi. *Farmaco*, **48**, 1725 (1993)
131. В.Г.Кульневич, Е.А.Кайгородова, И.С.Арустамова, Л.В.Коробченко, Г.В.Владыко, Е.И.Бореко. *Хим.-фарм. журн.*, **24** (2), 132 (1990)
132. М.В.Мезинцева, А.В.Кадушкин, Л.М.Алексеева, А.С.Соколова, В.Г.Граник. *Хим.-фарм. журн.*, **25** (4), 19 (1991)
133. В.Ю.Мортиков, В.П.Литвинов, А.М.Шестопапов, Ю.А.Шаранин, Е.Э.Апёнова, Г.А.Галегов, И.И.Абдуллаев, Т.Б.Асадуллаев, Ф.И.Абдуллаев. *Хим.-фарм. журн.*, **25** (5), 41 (1991)
134. М.Ю.Юре, Э.Ю.Гудринице. В кн. *Карбонильные соединения в синтезе гетероциклов. (Тез. докл.)*. Ч. 1. Саратов, 1992. С. 57
135. WO PCT 9113055; *Chem. Abstr.*, **115**, 279621 (1991)
136. M.Inouye, K.Kim, T.Kiato. *J. Am. Chem. Soc.*, **114**, 778 (1992)
137. Л.Р.Цель, Ю.В.Немальцев. *Биоорг. химия*, **19**, 760 (1993)
138. H.C.Davis, R.G.Gedir, E.M.Edward. *Eur. J. Med. Chem.*, **20**, 381 (1985)
139. WO PCT 9105556; *Chem. Abstr.*, **115**, 92686 (1991)
140. Пат. 2027169 Канада; *Chem. Abstr.*, **115**, 135931 (1991)
141. C.N.O'Callaghan, T.B.H.McMurry, Ch.J.Cardin, D.J.Wilcock. *J. Chem. Soc., Perkin Trans. 1*, 2479 (1993)
142. J.A.A.Miky. *Al-Azhar Bull. Sci.*, **6**, 1127 (1995); *Chem. Abstr.*, **126**, 131363 (1997)
143. *Ордена Трудового Красного Знамени Институт органического синтеза. (Под ред. Я.Ф.Фрейманис)*. Зинатне, Рига, 1982
144. М.Ю.Лидак. *Химия гетероцикл. соединений*, 5 (1985)
145. Г.Я.Дубур. В кн. *IV Всесоюз. конф. по химии азотсодержащих гетероциклов. (Тез. докл.)*. Новосибирск, 1987. С. 15
146. Э.Я.Казуш, Е.И.Сагун, Г.Д.Тирзит, Г.Я.Дубур. *Химия гетероцикл. соединений*, 641 (1994)
147. E.C.Taylor, K.F.McDaniel, J.C.Warner. *Tetrahedron Lett.*, **28**, 1977 (1987)
148. А.с. 1298211 СССР; *Бюл. изобрет.*, (11), 100 (1987)
149. С.Н.Квак, Е.А.Кайгородова, В.Н.Заплишний. В кн. *6-е Совещание по химическим реактивам. (Тез. докл.)*. Баку, 1993. С. 125
150. WO PCT 9313104; *Chem. Abstr.*, **119**, 271139 (1993)
151. Пат. 624583 Европа; *Chem. Abstr.*, **122**, 81132 (1995)
152. Пат. 5185329 США; *РЖХим.*, 10 О 222П (1994)
153. Т.А.Генри. *Химия растительных алкалоидов*. Изд-во иностр. лит., Москва, 1956
154. M.E.Goldman, J.H.Nunberg, J.A.O'Brien, J.C.Quintero, W.A.Schleif, K.F.Freund, S.L.Gaul, W.S.Saari, J.S.Wai, J.M.Hoffman, P.S.Anderson. *D.J.Hupe, E.A.Emini, A.M.Stern. Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **88**, 6863 (1991)
155. W.A.Saari, J.M.Hoffman, J.S.Wai, T.J.Fisher, C.S.Rooney, A.M.Smith, C.M.Thomas, M.E.Goldman, J.A.O'Brien, J.H.Nunberg, J.C.Quintero, W.A.Schleif, E.A.Emini, A.M.Stern, P.S.Anderson. *J. Med. Chem.*, **34**, 2922 (1991)
156. J.H.Nunberg, W.A.Schleif, E.J.Boots, J.A.O'Brien, J.C.Quintero, J.M.Hoffman, E.A.Emini, M.E.Goldman. *J. Virol.*, **65**, 4887 (1991)
157. M.E.Goldman, J.H.Nunberg, J.A.O'Brien, T.I.Ruffing, J.C.Quintero, W.A.Schleif, E.J.Boots, K.F.Freund, S.L.Gaul, W.S.Saari, J.S.Wai, J.M.Hoffman, C.S.Ronney, P.S.Anderson, E.A.Emini. In *Challenge of the 1990's, New Diseases and New Therapies, Aids and Bening Prostatic Hypertrophy*. (Eds P.Luthy, R.G.Douglas). Hanley and Belfus Medical Publishers, Philadelphia, N.Y., 1992. P. 111
158. J.M.Hoffman, J.C.Wai, C.M.Thomas, R.B.Levin, J.A.O'Brien, M.E.Goldman. *J. Med. Chem.*, **35**, 3784 (1992)
159. W.S.Saari, J.S.Wai, T.E.Fisher, C.M.Thomas, J.M.Hoffman, C.S.Ronney, A.M.Smith, J.H.Jones, D.I.Bamburgere, M.E.Goldman, J.A.O'Brien, J.H.Nunberg, J.C.Quintero, P.S.Anderson. *J. Med. Chem.*, **35**, 3792 (1992)
160. I.N.Houpis, A.Molina, J.Lynch, R.A.Reamer, R.P.Volante, P.J.Reider. *J. Org. Chem.*, **58**, 3176 (1993)
161. Пат. 462800 Европа; *Chem. Abstr.*, **116**, 128678 (1992)
162. Пат. 481802 Европа; *Chem. Abstr.*, **117**, 131074 (1992)
163. WO PCT 9222531; *Chem. Abstr.*, **118**, 191555 (1993)
164. Пат. 5202243 США; *Chem. Abstr.*, **119**, 70543 (1993)
165. Пат. 2273928 Англия; *Chem. Abstr.*, **121**, 255655 (1994)
166. Пат. 5364776 США; *Chem. Abstr.*, **122**, 79224 (1995)

167. Г.Дубурс. *Химия гетероцикл. соединений*, 1147 (2001)
168. Заявка 3844355 ФРГ; *РЖХим.*, 10 Н 108П (1991)
169. Пат. 5326872 США; *Chem. Abstr.*, **122**, 33540 (1995)
170. Заявка 3637091 ФРГ; *РЖХим.*, 5 Н 200П (1989)
171. H.Mustroph. *Z. Chem.*, **29**, 422 (1989)
172. Пат. 147477 Польша; *РЖХим.*, 13 Н 225П (1990)
173. N.R.Ayyangar, K.V. Spinivasan. *Colourage*, **37**, 78 (1990)
174. D.W.Rangnekar, P.Y.Kamar. *Indian J. Fibre Text. Res.*, **16**, 223 (1991)
175. D.W.Rangnekar, P.Y.Kamar. *Indian J. Fibre Text. Res.*, **17**, 92 (1992)
176. Заявка 4122866 ФРГ; *РЖХим.*, 9 Н 141П (1994)
177. V.V.Mikhaylova, J.T.Angelova. *Dokl. Bulg. Akad. Nauk*, **44**, 65 (1991)
178. А.И.Павлюченко, Н.И.Смирнова, Т.А.Михайлова, Е.И.Ковшев, В.В.Титов, *Журн. орг. химии*, **22**, 1061 (1986)
179. A.Dornuv, E.Neuse. *Arch. Pharm. (Weinheim, Ger.)*, **288**, 174 (1955)
180. K.Wallenfels, H.Schuly. *Liebigs Ann. Chem.*, **621**, 215 (1959)
181. F.Brodi, P.R.Rubi. In *Pyridine and Its Derivatives. Vol. 14. Pt. 1.* (Ed. E.Klinsberg). Interscience, New York, 1960. P. 99
182. H.Tekelmann. In *Pyridine and Its Derivatives. Vol. 14. Pt. 12.* (Ed. R.A.Abramovitch). Interscience, New York, 1974. P. 597
183. U.Schmidt, H.Kubitzek. *Chem. Ber.*, **93**, 1559 (1960)
184. Э.Ю.Гудринице, А.В.Никитенко. *Изв. АН Латв. ССР. Сер. хим.*, 569 (1972)
185. А.А.Краузе, З.А.Бомика, А.М.Шестопапов, Л.А.Родиновская, Ю.Э.Пелчер, Г.Я.Дубур, Ю.А.Шаранин, В.К.Промоненков. *Химия гетероцикл. соединений*, 377 (1981)
186. Ю.А.Шаранин, Л.А.Родиновская, А.М.Шестопапов. В кн. *Успехи химии азотистых гетероциклов. (Тез. докл. III Всесоюз. конф.)*. Ростов-на-Дону, 1983. С. 145
187. Л.А.Родиновская, Ю.А.Шаранин, В.П.Литвинов, А.М.Шестопапов, В.К.Промоненков, Б.М.Золотарев, В.Ю.Мортиков. *Журн. орг. химии*, **21**, 2439 (1985)
188. А.М.Шестопапов, Л.А.Родиновская, В.К.Промоненков, Ю.А.Шаранин, С.Н.Меленчук, А.С.Демерков. В кн. *Всесоюзное совещание по химии и технологии пиридиновых оснований для производства химических средств защиты растений. (Тез. докл.)*. Москва, 1983. С. 45
189. Э.В.Нарушявичус, В.Н.Гаралене, А.А.Краузе, Г.Я.Дубур. *Хим.-фарм. журн.*, **23**, 1459 (1989)
190. Л.А.Родиновская, А.М.Шестопапов, Ю.А.Шаранин, В.П.Литвинов. В кн. *Енамины в органическом синтезе. (Тез. докл.)*. Свердловск, 1990. С. 48
191. G.Wagner, H.Vieweg, S.Leistner, N.Bohm, U.Krasselet, V.Hahfeld, J.Prantz, R.Grupe. *Pharmazie*, **45**, 102 (1990)
192. V.Krstic, M.Misic-Vucovic, M.Radojkovic-Velickovic. *J. Chem. Res. (S)*, 82 (1991); *Chem. Abstr.*, **115**, 29067 (1991)
193. L.A.Rodinovskaya, A.M.Shestopalov, V.P.Litvinov. In *The 15th International Symposium on the Organic Chemistry of Sulfur. (Abstracts of Reports)*. Caen, 1992. P. 132
194. В.К.Промоненков, А.М.Шестопапов, Ю.А.Шаранин, В.П.Литвинов, Л.А.Родиновская, Б.М.Золотарев, В.Д.Соковых, Б.В.Розынов, Я.Я.Крымский. *Журн. орг. химии*, **21**, 1963 (1985)
195. J.Pelc'er, A.Krause, Z.Bomika, G.Duburs. In *The 9th International Symposium on the Organic Chemistry of Sulfur. (Abstracts of Reports)*. Riga, 1980. P. 108
196. А.А.Краузе, З.А.Калме, Ю.Э.Пелчер, И.В.Дипан, Г.Я.Дубур. *Химия гетероцикл. соединений*, 1515 (1983)
197. А.А.Краузе, Р.О.Витолина, Г.В.Зариньш, Ю.Э.Пелчер, З.А.Калме, А.А.Кименис, Г.Я.Дубур. *Хим.-фарм. журн.*, **19**, 540 (1985)
198. M.J.Rubio, C.Seoane, A.Susacta. *Liebigs Ann. Chem.*, **210** (1986)
199. А.А.Краузе, Э.Э.Лиепиньш, Ю.Э.Пелчер, З.А.Калме, Г.Я.Дубур. *Химия гетероцикл. соединений*, 75 (1987)
200. А.А.Краузе, Э.Э.Лиепиньш, Ю.Э.Пелчер, Г.Я.Дубур. *Химия гетероцикл. соединений*, 124 (1987)
201. А.А.Краузе, Р.О.Витолина, М.Р.Романова, Г.Я.Дубур. *Хим.-фарм. журн.*, **22**, 548 (1988)
202. А.А.Краузе, Р.О.Витолина, М.Р.Романова, Г.Я.Дубур. *Хим.-фарм. журн.*, **22**, 855 (1988)
203. А.А.Краузе, Г.Я.Дубур. *Химия гетероцикл. соединений*, 1142 (1988)
204. Ю.А.Шаранин, В.Д.Дяченко, В.П.Литвинов, А.В.Туров. *Журн. общ. химии*, **61**, 942 (1991)
205. V.P.Litvinov, Yu.A.Sharanin, A.M.Shestopalov, V.D.Dyachenko. *Synlett*, 87 (1992)
206. G.E.H.Elgemeie, H.F.Zohdi, S.M.Sherif. *Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem.*, **54**, 215 (1990)
207. P.Coudert, J.Conquelet, P.Tronche, F.Leal. *J. Heterocycl. Chem.*, **30**, 1093 (1993)
208. А.А.Краузе, Э.Э.Лиепиньш, Г.Я.Дубур. *Химия гетероцикл. соединений*, 994 (1987)
209. А.А.Краузе, Э.Э.Лиепиньш, Г.Я.Дубур. *Химия гетероцикл. соединений*, 787 (1989)
210. P.Victory, R.Nomen, O.Colomina, M.Carriga, A.Cvespo. *Heterocycles*, **23**, 1135 (1985)
211. С.Г.Кривоколыско, В.Д.Дяченко. *Укр. хим. журн.*, **62**, 61 (1996)
212. M.A.E.Khalifa, G.H.Tammam, A.A.A.Elbanany. *Arch. Pharm. (Weinheim, Ger.)*, **316**, 822 (1983)
213. M.Richter, A.Vogt, M.Augustin, K.Strauss. *Z. Chem.*, **29**, 443 (1989)
214. N.A.Hassan, A.F.Elkaftawy, M.Eiborai. *Rev. Roum. Chim.*, **28**, 715 (1983)
215. В.П.Литвинов, С.В.Роман, В.Д.Дяченко. *Успехи химии*, **69**, 218 (2000)
216. В.П.Литвинов, С.В.Роман, В.Д.Дяченко. *Успехи химии*, **70**, 345 (2001)
217. А.С.Норавян, Е.Г.Пароникян, С.А.Вартанян. *Хим.-фарм. журн.*, **19**, 790 (1986)
218. I.C.Ivanov, E.V.Stoyanov, P.S.Denkova, V.S.Dimitrov. *Liebigs Ann.-Recueil*, 1777 (1997)
219. Пат. 5391554 США; *РЖХим.*, 14О37П (1996)
220. H.I.El-Subbagh, A.H.Abad, I.E.Al-Khawad, K.A.Al-Rashood. *Arch. Pharm. (Weinheim, Ger.)*, **332**, 19 (1999)
221. Заявка 4425650 ФРГ; *РЖХим.*, 1О81П (1998)
222. Y.-S.Oh, Ch.Sung-Hye. *J. Heterocycl. Chem.*, **35**, 17 (1998)
223. Л.А.Родиновская, А.М.Шестопапов, В.П.Литвинов. *Докл. АН*, **330**, 597 (1993)
224. С.В.Роман, В.Д.Дяченко, В.П.Литвинов. *Химия гетероцикл. соединений*, 1435 (1999)
225. В.Д.Дяченко, С.В.Роман, В.П.Литвинов. *Изв. АН. Сер. хим.*, 121 (2000)
226. С.В.Роман, В.Д.Дяченко, В.П.Литвинов. *Химия гетероцикл. соединений*, 555 (2000)
227. В.П.Литвинов, С.В.Роман, В.Д.Дяченко. *Докл. АН*, **374**, 218 (2000)
228. С.В.Роман, В.Д.Дяченко, В.П.Литвинов. В кн. *Органический синтез и комбинаторная химия. (Тез. докл. Международной конф.)*. Звенигород, 1999. С. П-58
229. А.М.Шестопапов, В.Ю.Мортиков, Ю.А.Шаранин, А.В.Туров, В.П.Литвинов. *Журн. орг. химии*, **25**, 1980 (1989)
230. А.М.Шестопапов, В.Н.Нестеров, Ю.А.Шаранин, В.П.Литвинов, В.Ю.Мортиков, В.Е.Шкловер, Ю.Т.Стручков. *Химия гетероцикл. соединений*, 557 (1989)
231. В.А.Артемов, А.М.Шестопапов, В.П.Литвинов. *Химия гетероцикл. соединений*, 512 (1996)
232. V.Aggarwal, G.Singh, H.Ila, N.Junappa. *Synthesis*, 214 (1982)
233. В.Д.Дяченко, С.Г.Кривоколыско, В.Н.Нестеров, В.П.Литвинов. *Химия гетероцикл. соединений*, 1243 (1996)
234. В.Д.Дяченко, С.Г.Кривоколыско, В.П.Литвинов. *Химия гетероцикл. соединений*, 560 (1997)
235. В.Д.Дяченко, С.Г.Кривоколыско, В.П.Литвинов. *Химия гетероцикл. соединений*, 666 (1997)
236. Ю.А.Шаранин, А.М.Шестопапов, Л.А.Родиновская, В.К.Промоненков, В.П.Литвинов. *Журн. орг. химии*, **20**, 2442 (1984)
237. А.А.Краузе, Э.Э.Лиепиньш, Ю.Э.Пелчер, З.А.Калме, И.В.Дипан, Г.Я.Дубур. *Химия гетероцикл. соединений*, 95 (1985)

238. V.P.Litvinov, Yu.A.Sharanin, L.A.Rodinovskaya, A.V.Shestopalov, V.Yu.Mortikov. In *The 11th International Symposium on the Organic Chemistry of Sulfur. (Abstracts of Reports)*. Lindau, 1984. В 3.23
239. A.Krause. In *The 3rd Conference of Young Scientists on Organic and Bioorganic Chemistry. (Abstracts of Reports)*. Prague, 1984. P. 83
240. А.А.Краузе, Ю.Э.Пелчер, З.А.Калме, Я.Г.Дубур. *Химия гетероцикл. соединений*, 1694 (1984)
241. J.L.Soto, C.Seoane, M.E.Rubio, J.M.Botoya. *Org. Prep. Proced. Int.*, **16**, 11 (1984)
242. Ю.А.Шаранин, М.П.Гончаренко, А.М.Шестопапов. *Журн. орг. химии*, **21**, 2470 (1985)
243. В.П.Литвинов, В.К.Промоненков, Ю.А.Шаранин, А.М.Шестопапов, Л.А.Родиновская, В.Ю.Мортиков, В.С.Богданов. *Изв. АН СССР. Сер. хим.*, 2101 (1985)
244. Ю.А.Шаранин, Л.А.Родиновская, А.М.Шестопапов, В.П.Литвинов, В.К.Промоненков, В.Ю.Мортиков. *Журн. орг. химии*, **21**, 683 (1985)
245. V.N.Nesterov, V.E.Shklover, Yu.T.Struchkov, Yu.A.Sharanin, A.M.Shestopalov, L.A.Rodinovskaya. *Acta Crystallogr., Sect. C*, **41**, 1191 (1985)
246. Ю.А.Шаранин, А.М.Шестопапов, В.П.Литвинов, В.Ю.Мортиков, Л.А.Родиновская, М.П.Гончаренко, В.К.Промоненков. *Журн. орг. химии*, **22**, 1962 (1986)
247. Ю.А.Шаранин, А.М.Шестопапов, Л.А.Родиновская, В.Н.Нестеров, В.Е.Шкловер, В.К.Промоненков, В.П.Литвинов. *Журн. орг. химии*, **22**, 2600 (1986)
248. А.А.Краузе, Э.Э.Липиниш, Ю.Э.Пелчер, Г.Я.Дубур, А.Калмэ. *Химия гетероцикл. соединений*, 630 (1986)
249. H.A.Hommouda, A.M.El-Reedy, S.M.Hussian. *J. Heterocycl. Chem.*, **23**, 1203 (1986)
250. M.H.Elnagdi, F.M.Abdelrazek, N.S.Ibrahim, A.V.Erian. *Tetrahedron*, **45**, 3597 (1989)
251. G.E.H.Elgemeie, H.A.Regaila, N.Shehata. *Sulfur Lett.*, **9**, 253 (1989)
252. А.А.Краузе, А.Г.Одынец, А.А.Веррева, С.К.Германе, А.Н.Кожухов, Г.Я.Дубур. *Хим.-фарм. журн.*, **25** (7), 40 (1991)
253. L.A.Rodinovskaya, A.M.Shestopalov, V.P.Litvinov. In *The 15th International Symposium on the Organic Chemistry of Sulfur. (Abstracts of Reports)*. Caen, 1992. P. 168
254. А.А.Краузе, В.Н.Гаралене, Г.Я.Дубур. *Хим.-фарм. журн.*, **26** (5), 40 (1992)
255. В.П.Литвинов, В.Д.Дяченко. *Докл. АН*, **352**, 636 (1997)
256. В.Д.Дяченко, Ю.А.Шаранин. *Журн. общ. химии*, **62**, 948 (1991)
257. В.П.Литвинов, Ю.А.Шаранин, М.П.Гончаренко, В.Д.Дяченко, А.М.Шестопапов. *Изв. АН СССР. Сер. хим.*, 1888 (1991)
258. В.Н.Нестеров, В.Д.Дяченко, Ю.А.Шаранин, Ю.Т.Стручков. *Изв. АН. Сер. хим.*, 437 (1996)
259. Л.А.Родиновская, А.М.Шестопапов, Е.В.Белухина, В.П.Литвинов. *Химия гетероцикл. соединений*, 851 (1995)
260. В.Д.Дяченко, С.Г.Кривоколыско, В.П.Литвинов. *Химия гетероцикл. соединений*, 1232 (1996)
261. С.Г.Кривоколыско, В.Д.Дяченко, В.П.Литвинов. *Химия гетероцикл. соединений*, 672 (1997)
262. В.Д.Дяченко, В.Н.Нестеров, С.Г.Кривоколыско, В.П.Литвинов. *Химия гетероцикл. соединений*, 785 (1997)
263. В.Д.Дяченко, С.Г.Кривоколыско, В.П.Литвинов. *Химия гетероцикл. соединений*, 1533 (1997)
264. С.Г.Кривоколыско, В.Д.Дяченко, В.П.Литвинов. *Химия гетероцикл. соединений*, 1381 (1998)
265. С.Г.Кривоколыско, В.Д.Дяченко, В.П.Литвинов. *Химия гетероцикл. соединений*, 1425 (1998)
266. С.Г.Кривоколыско, В.Д.Дяченко, В.П.Литвинов. *Химия гетероцикл. соединений*, 228 (1999)
267. С.Г.Кривоколыско, В.Д.Дяченко, В.П.Литвинов. *Химия гетероцикл. соединений*, 230 (1999)
268. С.Г.Кривоколыско, В.Д.Дяченко, В.П.Литвинов. *Химия гетероцикл. соединений*, 516 (1999)
269. С.Г.Кривоколыско, В.В.Доценко, В.Д.Дяченко, В.П.Литвинов. *Химия гетероцикл. соединений*, 1256 (1999)
270. С.Г.Кривоколыско, В.Д.Дяченко, В.П.Литвинов. *Химия гетероцикл. соединений*, 1370 (1999)
271. С.Г.Кривоколыско, В.Д.Дяченко, В.П.Литвинов. *Химия гетероцикл. соединений*, 1645 (1999)
272. С.Г.Кривоколыско, В.Д.Дяченко, В.П.Литвинов. *Химия гетероцикл. соединений*, 1691 (1999)
273. Я.Ю.Якунин, В.Д.Дяченко, В.П.Литвинов. *Химия гетероцикл. соединений*, 1667 (2000)
274. С.Г.Кривоколыско, В.Д.Дяченко, В.П.Литвинов. *Химия гетероцикл. соединений*, 345 (2000)
275. С.Г.Кривоколыско, В.В.Доценко, В.П.Литвинов. *Химия гетероцикл. соединений*, 1272 (2000)
276. С.Г.Кривоколыско, В.Д.Дяченко, Э.Б.Русанов, В.П.Литвинов. *Химия гетероцикл. соединений*, 525 (2001)
277. С.Г.Кривоколыско, К.А.Фролов, В.П.Литвинов. *Химия гетероцикл. соединений*, 699 (2001)
278. С.Г.Кривоколыско, В.Д.Дяченко, А.Н.Чернега, В.П.Литвинов. *Химия гетероцикл. соединений*, 790 (2001)
279. С.Г.Кривоколыско, В.Д.Дяченко, В.П.Литвинов. *Химия гетероцикл. соединений*, 1076 (2001)
280. В.П.Литвинов, С.Г.Кривоколыско, Э.Б.Русанов. *Докл. АН*, **377**, 493 (2001)
281. С.Г.Кривоколыско, А.Н.Чернега, Э.Б.Русанов, В.П.Литвинов. *Докл. АН*, **377**, 638 (2001)
282. С.Г.Кривоколыско, Э.Б.Русанов, В.П.Литвинов. *Докл. АН*, **379**, 340 (2001)
283. В.Д.Дяченко, С.Г.Кривоколыско, В.Н.Нестеров, Ю.Т.Стручков, В.П.Литвинов. *Изв. АН. Сер. хим.*, 2535 (1996)
284. В.Д.Дяченко, С.Г.Кривоколыско, В.П.Литвинов. *Изв. АН. Сер. хим.*, 1849 (1997)
285. В.Д.Дяченко, С.Г.Кривоколыско, В.П.Литвинов. *Изв. АН. Сер. хим.*, 1852 (1997)
286. В.Д.Дяченко, С.Г.Кривоколыско, В.П.Литвинов. *Изв. АН. Сер. хим.*, 2016 (1997)
287. С.Г.Кривоколыско, В.Д.Дяченко, В.П.Литвинов. *Изв. АН. Сер. хим.*, 166 (1999)
288. Я.Ю.Якунин, В.Д.Дяченко, В.П.Литвинов. *Изв. АН. Сер. хим.*, 196 (1999)
289. С.Г.Кривоколыско, В.Д.Дяченко, В.П.Литвинов. *Изв. АН. Сер. хим.*, 2333 (1999)
290. С.Г.Кривоколыско, В.Д.Дяченко, В.П.Литвинов. *Изв. АН. Сер. хим.*, 173 (2000)
291. С.Г.Кривоколыско, В.Д.Дяченко, В.П.Литвинов. *Изв. АН. Сер. хим.*, 485 (2000)
292. С.Г.Кривоколыско, В.Д.Дяченко, А.Н.Чернега, В.П.Литвинов. *Изв. АН. Сер. хим.*, 733 (2000)
293. В.Д.Дяченко, С.Г.Кривоколыско, Ю.А.Шаранин. *Журн. орг. химии*, **33**, 1084 (1997)
294. В.Д.Дяченко, С.Г.Кривоколыско, В.Н.Нестеров, В.П.Литвинов. *Журн. орг. химии*, **33**, 1580 (1997)
295. В.Д.Дяченко, С.Г.Кривоколыско, В.П.Литвинов. *Журн. орг. химии*, **34**, 750 (1998)
296. В.Д.Дяченко, С.Г.Кривоколыско, В.П.Литвинов. *Журн. орг. химии*, **34**, 927 (1998)
297. С.Г.Кривоколыско, В.Д.Дяченко, В.Н.Нестеров, Ю.А.Шаранин, Ю.Т.Стручков. *Журн. орг. химии*, **35**, 966 (1999)
298. С.Г.Кривоколыско, В.Д.Дяченко, В.П.Литвинов. В кн. *Карбо- нильные соединения в синтезе гетероциклов. (Тез. докл. 6-й Всерос. конф.)*. Саратов, 1996. С. 23
299. В.Д.Дяченко, С.Г.Кривоколыско, В.П.Литвинов. В кн. *Органический синтез и комбинаторная химия. (Тез. докл. Между- народной конф.)*. Звенигород, 1999. С. П-88
300. С.Г.Кривоколыско, В.Д.Дяченко, В.П.Литвинов. В кн. *XX Всероссийская конференция по химии и технологии органических соединений серы. (Тез. докл.)*. Казань, 1999. С. 175
301. С.Г.Кривоколыско, В.П.Литвинов. В кн. *Школа молодых ученых «Органическая химия в XX веке»*. (Тез. докл.). Звенигород, 2000. С. 57
302. В.Л.Абраменко, С.Г.Кривоколыско, В.П.Литвинов. В кн. *1-я Всероссийская конференция по химии гетероциклов памяти А.Н.Коста. (Тез. докл.)*. Суздаль, 2000. С. 76

303. С.Г.Кривоколыско, К.А.Фролов, Ю.Н.Лысенко, А.Н.Чернега, Э.Б.Русанов, В.П.Литвинов. В кн. *Химия и биологическая активность синтетических и природных соединений. Азотистые гетероциклы и алкалоиды. Т. 2. (Тез. докл.)*. Москва, 2001. С. 167
304. Ю.А.Шаранин, А.М.Шестопапов, Л.А.Родиновская, В.Д.Дяченко. В кн. *Химические средства защиты растений. (Тез. докл.)*. Уфа, 1982. С. 155
305. Ю.А.Шаранин, Л.А.Родиновская, В.К.Промоненков, А.М.Шестопапов. *Журн. орг. химии*, **19**, 1781 (1983)
306. Ю.А.Шаранин, А.М.Шестопапов, В.К.Промоненков, Л.А.Родиновская. *Журн. орг. химии*, **20**, 1539 (1984)
307. А.М.Шестопапов, Л.А.Родиновская, Ю.А.Шаранин, В.П.Литвинов. *Журн. общ. химии*, **58**, 840 (1988)
308. F.Freeman, T.I.Ito. *J. Org. Chem.*, **34**, 3670 (1969)
309. K.Gewald, W.Schill. *J. Prakt. Chem.*, **313**, 678 (1971)
310. J.W.Ducker, M.J.Gunter. *Aust. J. Chem.*, **28**, 581 (1975)
311. V.Green, I.S.Khaidem, R.I.Grane, S.S.Newaz. *Tetrahedron*, **32**, 2997 (1976)
312. A.J.Fatiadi. *Synthesis*, 165 (1978)
313. А.И.Озолс, Ю.Э.Пелчер, З.А.Калме, Ю.Ю.Попелис, И.В.Туровскис, Г.Я.Дубурс. *Химия гетероцикл. соединений*, 59 (1996)
314. С.Г.Пилосян, В.В.Дабаева, Б.Дж.Енокян, З.А.Абгарян, С.Норавян. *Арм. хим. журн.*, **41**, 687 (1988)
315. Е.Г.Пароникян, С.Н.Сираканян, С.В.Линдеман, М.С.Алексян, А.А.Карапетян, А.С.Норавян, Ю.Т.Стручков. *Химия гетероцикл. соединений*, 1137 (1989)
316. T.R.Kasturi, H.R.Y.Jois. *Indian J. Chem., Sect. B*, **29**, 615 (1990); *Chem. Abstr.*, **113**, 211803 (1990)
317. Т.А.Смирнова, М.Ю.Гаврилов. *Химия гетероцикл. соединений*, 370 (1996)
318. N.A.Ismail, F.A.Khalifa, A.A.M.El Din. *Heterocycles*, **32**, 1101 (1991)
319. V.B.Lemke. *Annalen*, **478**, 176 (1930)
320. E.Gordar, R.P.Mariella. *J. Am. Chem. Soc.*, **79**, 1402 (1957)
321. Л.А.Родиновская, А.М.Шестопапов, В.П.Литвинов, Л.А.Хорошилова. В кн. *15-я Украинская конференция по органической химии. (Тез. докл.)*. Ужгород, 1986. С. 255
322. В.П.Литвинов, Ю.А.Шаранин, Л.А.Родиновская, В.Н.Нестеров, В.Е.Шкловер, Ю.Т.Стручков. *Конденсированные пиридины. Сообщение 8. 5,6-Пентаметилен-3-цианопиридин-2(1H)-тион и -селенон в синтезе 3-аминопиено- и -селено[2,3-b]-пиридинов. Кристаллическая структура 3-амино-2-бензоил-5,6-пентаметиленселенофено[2,3-b]пиридина*. Москва, 1988; деп. в ВИНТИ № 1985-Б (Москва, 1988)
323. V.P.Litvinov, Yu.A.Sharanin, L.A.Rodinovskaya, V.N.Nesterov, V.E.Shklover, Yu.T.Struchkov. *Chem. Scr.*, **29**, 327 (1989)
324. Л.А.Родиновская, Е.В.Белухина, А.М.Шестопапов, В.П.Литвинов. *Изв. АН. Сер. хим.*, 489 (1994)
325. Р.Н.Галеева, М.Ю.Гаврилов, М.Е.Коншин. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*, **39**, 7 (1996)
326. F.F.Abdel-Latif. *Pharmazie*, **45**, 283 (1990)
327. В.Д.Дяченко, В.П.Литвинов. *Докл. АН*, **355**, 62 (1997)
328. K.Bogdanowicz-Szwed, M.Ciechanowicz-Rutkowska, A.Gzarny, G.Filippini, T.Pilati, B.Rys. *Liebigs Ann. Chem.*, 633 (1994)
329. В.Д.Дяченко, В.П.Литвинов. *Химия гетероцикл. соединений*, 208 (1998)
330. K.Bogdanowicz-Szwed, M.Krasodomska, M.Lipovska, B.Rys, A.Skonecka. *Monatsh. Chem.*, **124**, 721 (1993)
331. J.Zied, A.-M.El-Torgomon, S.El-Konsy, A.Khattab. *Arch. Pharm. (Weinheim, Ger.)*, **321**, 589 (1991)
332. F.F.Abdel-Latif. *Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem.*, **53**, 145 (1990)
333. G.E.H.Elgemeie, A.N.H.Elghandour. *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **63**, 1230 (1990)
334. А.А.Краузе, Х.-И.Уншь, Г.Я.Дубур. *Химия гетероцикл. соединений*, 1674 (1991)
335. В.Д.Дяченко, С.Г.Кривоколыско, В.П.Литвинов. *Химия гетероцикл. соединений*, 1099 (1996)
336. В.Д.Дяченко, А.Е.Митрошин, В.П.Литвинов. *Химия гетероцикл. соединений*, 1235 (1996)
337. В.Д.Дяченко, С.Г.Кривоколыско, В.П.Литвинов. *Химия гетероцикл. соединений*, 672 (1997)
338. В.Д.Дяченко, С.Г.Кривоколыско, В.П.Литвинов. *Химия гетероцикл. соединений*, 81 (1998)
339. В.П.Литвинов. *Журн. орг. химии*, **29**, 2070 (1993)
340. В.П.Литвинов. *Журн. орг. химии*, **30**, 1572 (1994)
341. В.П.Литвинов. *Журн. орг. химии*, **31**, 1441 (1995)
342. В.П.Литвинов, А.М.Шестопапов. *Журн. орг. химии*, **33**, 975 (1997)
343. О.П.Богомолова. Дис. канд. хим. наук. ИОХ РАН, Москва, 1992
344. Ю.А.Шаранин, Г.Е.Хорошилов, О.М.Нефедов, В.П.Литвинов, А.М.Шестопапов. *Журн. орг. химии*, **25**, 1315 (1989)
345. А.М.Шестопапов, Л.А.Родиновская, В.П.Литвинов, Ю.А.Шаранин. *Докл. АН СССР*, **314**, 870 (1990)
346. А.М.Шестопапов, Ю.А.Шаранин, Л.А.Родиновская, В.П.Литвинов. *Журн. орг. химии*, **26**, 1588 (1990)
347. А.М.Шестопапов, Л.А.Родиновская, Ю.А.Шаранин, В.П.Литвинов. *Изв. АН СССР. Сер. хим.*, 2593 (1990)
348. A.M.Shestopalov, O.P.Bogomolova, L.A.Rodinovskaya, V.P.Litvinov. In *The 14th International Symposium on the Organic Chemistry of Sulfur. (Abstracts of Reports)*. Lodz, 1990. P. 17
349. А.М.Шестопапов, О.П.Богомолова, Л.А.Родиновская, В.П.Литвинов, Ю.А.Шаранин. *Докл. АН СССР*, **317**, 112 (1991)
350. Л.А.Родиновская, О.П.Богомолова, А.М.Шестопапов, В.П.Литвинов. *Докл. АН*, **324**, 585 (1992)
351. А.М.Шестопапов, Л.А.Родиновская, Б.Буйницкий, М.Миколайчик, В.П.Литвинов. *Докл. АН*, **323**, 1116 (1992)
352. A.M.Shestopalov, O.P.Bogomolova, L.A.Rodinovskaya, V.P.Litvinov, B.Bujnicki, M.Mikolajczyk, V.N.Nesterov, Yu.T.Struchkov. *Heteroat. Chem.*, **4**, 593 (1993)
353. Л.А.Родиновская, А.М.Шестопапов, В.П.Литвинов. *Докл. АН*, **339**, 214 (1994)
354. A.M.Shestopalov, V.P.Litvinov, L.A.Rodinovskaya, Yu.A.Sharanin. *Synthesis*, 402 (1991)
355. А.М.Шестопапов, Ю.А.Шаранин, Л.А.Родиновская, В.П.Литвинов. *Журн. орг. химии*, **26**, 1571 (1990)
356. А.М.Шестопапов, В.П.Литвинов, Л.А.Родиновская, Ю.А.Шаранин. *Изв. АН СССР. Сер. хим.*, 146 (1991)
357. В.П.Литвинов, А.М.Шестопапов, Л.А.Родиновская, В.Ю.Мортиков. В кн. *IV Всесоюзная конф. по химии азотсодержащих гетероциклов. (Тез. докл.)*. Новосибирск, 1987. С. 185
358. А.М.Шестопапов, Ю.А.Шаранин, А.С.Демерков, Л.А.Родиновская. В кн. *Естественные науки — народному хозяйству. (Тез. докл. Региональной научно-технической конф.)*. Пермь, 1988. С. 126
359. А.М.Шестопапов, Ю.А.Шаранин, В.П.Литвинов. *Химия гетероцикл. соединений*, 363 (1990)
360. А.М.Шестопапов, Ю.А.Шаранин, В.К.Промоненков. *Химия гетероцикл. соединений*, 370 (1990)
361. А.М.Шестопапов, Ю.А.Шаранин, Л.А.Родиновская, В.П.Литвинов. *Журн. орг. химии*, **26**, 1578 (1990)
362. Л.А.Родиновская, А.М.Шестопапов, О.П.Богомолова, В.П.Литвинов. В кн. *18-я Конференция по химии и технологии органических соединений серы. (Тез. докл.)*. Казань, 1992. С. 169
363. А.М.Шестопапов, О.П.Богомолова, В.П.Литвинов. *Изв. АН СССР. Сер. хим.*, 1630 (1991)
364. О.П.Богомолова, А.М.Шестопапов, Л.А.Родиновская, В.П.Литвинов. В кн. *Всесоюзная конференция по химии дикарбонильных соединений. (Тез. докл.)*. Рига, 1991. С. 32
365. А.М.Шестопапов, Л.А.Родиновская, О.П.Богомолова, В.П.Литвинов. В кн. *V Всесоюзная конференция по химии азотсодержащих гетероциклических соединений. (Тез. докл.)*. Черногоровка, 1991. С. 94
366. O.P.Bogomolova. In *The 8th Conference of Young Scientists on Organic and Bioorganic Chemistry. (Abstracts of Reports)*. Riga, 1991. P. 47

367. A.M.Shestopalov, O.P.Bogomolova, V.P.Litvinov. *Synthesis*, 277 (1991)
368. К.Гевальд. *Химия гетероцикл. соединений*, 1299 (1976)
369. В.П.Литвинов, А.М.Шестопапов, Ю.А.Шаранин, В.Ю.Мортиков. *Докл. АН СССР*, **309**, 115 (1989)
370. А.М.Шестопапов, Ю.А.Шаранин, В.П.Литвинов, О.М.Нефедов. *Журн. орг. химии*, **25**, 1111 (1989)
371. V.A.Artyomov, L.A.Rodinovskaya, A.M.Shestopalov, V.P.Litvinov. *Mendeleev Commun.*, 149 (1993)
372. В.А.Артемьев, Л.А.Родиновская, А.М.Шестопапов, В.П.Литвинов. *Химия гетероцикл. соединений*, 122 (1994)
373. В.А.Артемьев, А.М.Шестопапов, В.П.Литвинов. *Журн. орг. химии*, **31**, 127 (1995)
374. В.А.Артемьев, А.М.Шестопапов, В.П.Литвинов. *Журн. орг. химии*, **31**, 595 (1995)
375. V.A.Artyomov, L.A.Rodinovskaya, A.M.Shestopalov, V.P.Litvinov. *Tetrahedron*, **52**, 1011 (1996)
376. V.P.Litvinov, V.A.Artyomov, L.A.Rodinovskaya, A.M.Shestopalov. In *The 16th International Symposium on the Organic Chemistry of Sulfur. (Abstracts of Reports)*. Merzeburg, 1994. P. 295
377. В.Л.Иванов, В.А.Артемьев, А.М.Шестопапов, В.П.Литвинов. *Химия гетероцикл. соединений*, 659 (1995)
378. В.Л.Иванов, В.А.Артемьев, Л.А.Родиновская, А.М.Шестопапов, В.Н.Нестеров, Ю.Т.Стручков, В.П.Литвинов. *Химия гетероцикл. соединений*, 115 (1996)
379. В.Л.Иванов, В.А.Артемьев, А.М.Шестопапов, В.Н.Нестеров, Ю.Т.Стручков, В.П.Литвинов. *Химия гетероцикл. соединений*, 413 (1996)
380. В.А.Артемьев, В.Л.Иванов, Л.А.Родиновская, А.М.Шестопапов, В.П.Литвинов. *Химия гетероцикл. соединений*, 553 (1996)
381. В.Л.Иванов, В.А.Артемьев, А.М.Шестопапов, В.П.Литвинов. *Химия гетероцикл. соединений*, 837 (1997)
382. V.A.Artyomov, V.L.Ivanov, A.M.Shestopalov, V.P.Litvinov. *Tetrahedron*, **53**, 13351 (1997)
383. В.А.Артемьев, В.Л.Иванов, А.В.Кошкарёв, А.М.Шестопапов, В.П.Литвинов. *Химия гетероцикл. соединений*, 104 (1998)
384. В.Л.Иванов, В.А.Артемьев, А.М.Шестопапов, В.П.Литвинов. *Химия гетероцикл. соединений*, 263 (1998)
385. В.А.Артемьев, В.Л.Иванов, В.П.Литвинов. *Химия гетероцикл. соединений*, 435 (2000)
386. В.Л.Иванов, В.А.Артемьев, А.М.Шестопапов, В.Н.Нестеров, В.П.Литвинов. В кн. *19-я Всероссийская конференция по химии и технологии органических соединений серы. (Тез. докл.)*. Казань, 1995. С. 142
387. В.Л.Иванов, В.А.Артемьев, А.М.Шестопапов, В.П.Литвинов. В кн. *Химия азотистых гетероциклов. (Тез. докл. Межинститутского colloquium)*. Черногловка, 1995. С. 143
388. V.A.Artyomov, V.L.Ivanov, A.M.Shestopalov, V.P.Litvinov. In *The 12th Symposium on the Chemistry of Heterocyclic Compounds and 6th Blue Danube Symposium on the Heterocyclic Chemistry. (Abstracts of Reports)*. Brno, 1996. P. 5
389. В.П.Литвинов, Я.Ю.Якунин, В.Д.Дяченко. *Химия гетероцикл. соединений*, 41 (2001)
390. В.П.Литвинов. *Химия гетероцикл. соединений*, 12 (2002)
391. В.В.Доценко, С.Г.Кривоколыско, В.П.Литвинов, А.Н.Чернега. *Изв. АН. Сер. хим.*, 339 (2002)
392. В.В.Доценко, С.Г.Кривоколыско, А.Н.Чернега, В.П.Литвинов. *Изв. АН. Сер. хим.*, 1432 (2002)
393. В.П.Литвинов, В.Д.Дяченко. *Успехи химии*, **66**, 1025 (1997)
394. В.П.Литвинов. *Успехи химии*, **68**, 45 (1999)
395. В.П.Литвинов, М.-Г.А.Швехгеймер. *Журн. орг. химии*, **36**, 329 (2000)
396. Н.Г.Фролова, В.К.Завьялова, В.П.Литвинов. *Изв. АН. Сер. хим.*, 938 (1996)
397. Н.Г.Фролова, В.К.Завьялова, В.П.Литвинов. *Изв. АН. Сер. хим.*, 2719 (1996)
398. В.Л.Иванов, В.А.Артемьев, А.М.Шестопапов, В.Н.Нестеров, Ю.Т.Стручков, В.П.Литвинов. *Химия гетероцикл. соединений*, 413 (1996)
399. В.Д.Дяченко, С.Г.Кривоколыско, В.П.Литвинов. *Химия гетероцикл. соединений*, 1094 (1996)
400. В.Д.Дяченко, С.Г.Кривоколыско, Ю.А.Шаранин, В.П.Литвинов. *Химия гетероцикл. соединений*, 909 (1997)
401. В.Д.Дяченко, В.П.Литвинов. *Химия гетероцикл. соединений*, 1384 (1997)
402. В.Д.Дяченко, В.П.Литвинов. *Химия гетероцикл. соединений*, 213 (1998)
403. Г.В.Клокол, С.Г.Кривоколыско, В.Д.Дяченко, В.П.Литвинов. *Химия гетероцикл. соединений*, 1363 (1999)
404. С.Г.Кривоколыско, В.П.Литвинов. *Химия гетероцикл. соединений*, 552 (2000)
405. С.Г.Кривоколыско, В.Д.Дяченко, В.Н.Нестеров, В.П.Литвинов. *Химия гетероцикл. соединений*, 344 (2001)

MULTICOMPONENT CASCADE HETEROCYCLISATION AS A PROMISING ROUTE FOR TARGETED SYNTHESIS OF POLYFUNCTIONAL PYRIDINES

V.P.Litvinov

*N.D.Zelinsky Institute of Organic Chemistry, Russian Academy of Sciences
47, Leninsky prosp., 119991 Moscow, Russian Federation, Fax +7(095)135–5328*

The state-of-the art and the prospects of development of the multicomponent cascade heterocyclisation methodology for targeted synthesis of polyfunctional pyridines and their hydrogenated and fused analogues are considered.

Bibliography — 405 references.

Received 11th September 2002