

*Посвящается академику РАН Б. А. Трофимову  
в связи с его 70-летием*

**Н. А. Недоля**

**ХИМИЯ ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ  
В ИРКУТСКОМ ИНСТИТУТЕ ХИМИИ ИМ. А. Е. ФАВОРСКОГО СО РАН  
ЗА 50 ЛЕТ**

**(ОБЗОР)**

Обзор содержит краткую историческую справку и сведения о наиболее значимых работах коллектива Иркутского института химии им. А. Е. Фаворского СО РАН в области химии гетероциклических соединений.

**Ключевые слова:** азасилинаны, азепины, diaзепины, диоксаны, диоксоланы, диселенетаны, дитиетаны, дитиоланы, имидазолы, оксазолы, оксасилинаны, оксасилоланы, оксираны, пиразолы, пираны, пиридины, пиримидины, пирролы, селеназины, селенасилафульвены, селенофены, силатраны, теллурасилафульвены, теллурофены, тиadiaзолы, тиaзины, тиaзолы, тиасилетаны, тиасилинаны, тиасилоланы, тиетаны, тиопираны, тиофены, триазолы, фураны, хинолины, циклосилаалкины, синтез, реакции, свойства.

Иркутский институт химии им. А. Е. Фаворского Сибирского отделения Российской академии наук (ИрИХ СО РАН), до 1997 г. – Иркутский институт органической химии (ИрИОХ), – один из первых академических институтов Сибири – основан в 1957 г. Становление и дальнейшее развитие института тесно связаны с именами его организатора и первого директора, ближайшего ученика и сподвижника классика органической химии академика А. Е. Фаворского – члена-корреспондента АН СССР М. Ф. Шостаковского и второго директора (с 1970 г.), крупнейшего авторитета в области химии органических соединений кремния и серы – академика РАН М. Г. Воронкова. М. Ф. Шостаковский заложил основы динамичного развития крупнейшей российской химической школы – школы Фаворского на сибирской земле. Под его руководством институт сразу же выдвинулся на передовые позиции мировой химической науки в области химии ацетилена, полимеров и кремния (особенно кремнийацетиленовых соединений). Под руководством М. Г. Воронкова разворачиваются пионерские исследования в области химии гипервалентного кремния, принесшие институту мировую известность, карбофункциональных и биологически активных кремнийорганических соединений, металлоорганических соединений, высокотемпературного синтеза органических производных серы.

К настоящему времени в институте сформировались и успешно развиваются две ведущие, официально признанные научные школы – академиков РАН Б. А. Трофимова и М. Г. Воронкова. Некоторые исторические вехи и наиболее интересные моменты из жизни института в воспоминаниях его сотрудников описаны в монографии "Иркутскому институту химии им. А. Е. Фаворского – 50 лет" [1]. Сведения об институте и его научной деятельности можно также почерпнуть из сборников [2, 3].

С химией ацетилена, кремния и серы – основными направлениями фундаментальных и прикладных исследований института – тесно связаны и достижения в области химии гетероциклических соединений. Это – и гетероциклический синтез, базирующийся на использовании соединений названных классов в качестве строительных блоков для конструирования гетероциклического ядра или макромолекулы, и функционализация или аннелирование гетероциклов. Большое внимание уделяется систематическому изучению реакционной способности и физико-химических свойств фундаментальных гетероциклов, приведшему к открытию новых важных реакций и пониманию их механизмов. Вряд ли в институте найдется хотя бы один научный сотрудник, который в своих исследованиях в той или иной мере не соприкасался бы с гетероциклической химией. Примечательно, что обе именные реакции – Воронкова и Трофимова, открытые\* и разрабатываемые в институте, – относятся к синтезу гетероциклов. Многие биообъекты, выделением (из растительного сырья) и изучением которых занимаются в институте, также имеют гетероциклическую структуру, например дигидрокверцетин, мальтол, арабиногалактан и др.

Автор настоящего обзора попытался отобразить вклад ИрИХ в развитие химии гетероциклических соединений. При этом рассматриваются как наиболее важные достижения последних лет, так и более ранние работы, которые не утратили своего значения и по настоящее время. Автор вполне сознает, что охватить все или хотя бы наиболее интересные и значимые результаты, полученные в институте, в рамках одного обзора – невыполнимая задача, и надеется на понимание этого своими коллегами. Не вошедшие в данный обзор результаты ни в коей мере не следует рассматривать как менее важные.

Обзор построен традиционно: материал в нем классифицирован по размеру гетероцикла и количеству гетероатомов в нем.

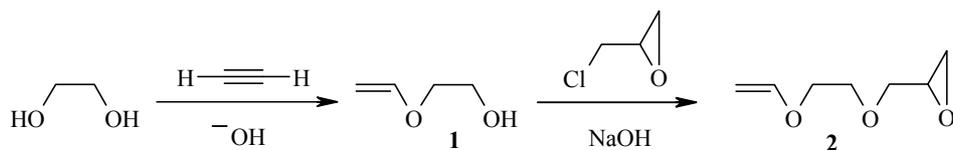
## 1. Трех- и четырехчленные гетероциклы

### 1.1. Оксираны

Усовершенствование способов получения 2-(винилокси)этанола **1** [4–7] и 2-(винилокси)этоксиметилоксирана («винилокса») **2** на его основе [7–13]

---

\* Реакция Воронкова (взаимодействие серы с арилхлоралканами и –алкенами) открыта в Институте органического синтеза АН ЛатвССР (ныне – Латвийский институт органического синтеза).



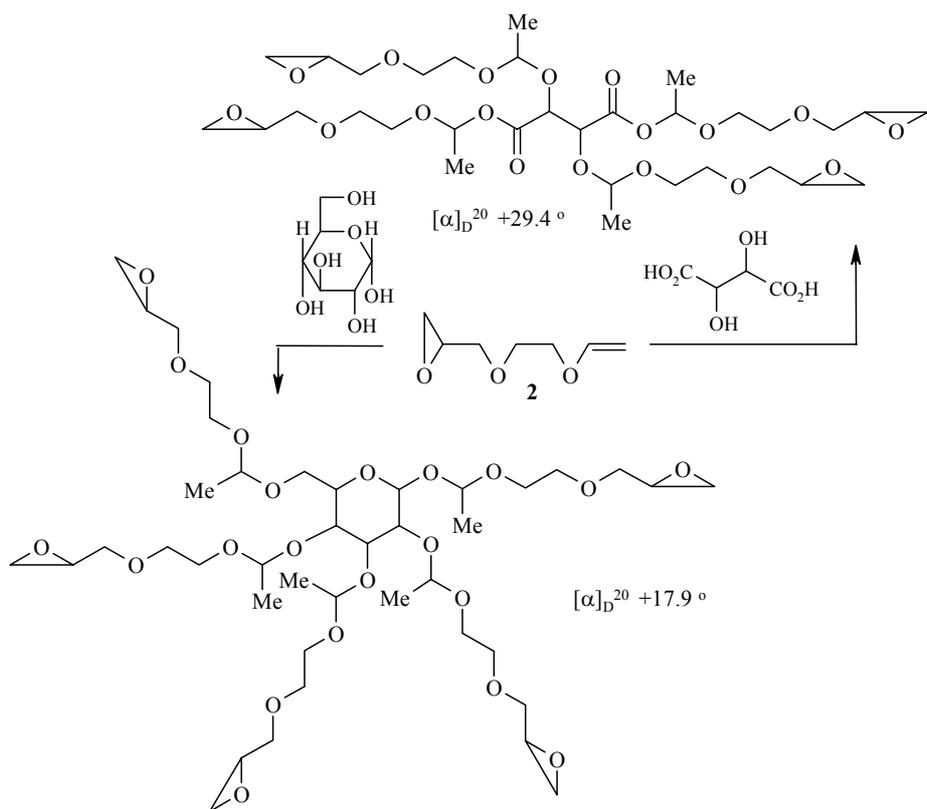
послужило толчком к глубокому, всестороннему и систематическому изучению свойств и синтетического потенциала оксиранов, функционализированных винилоксигруппами. Были разработаны методы синтеза разнообразных аналогов винилокса – конденсацией алкандиолов, а также диэтилен- и триэтиленгликолей с эпихлоргидрином [6–10], селективным присоединением глицидола к дивиниловым эфирам гликолей [14–17], последовательной обработкой 1,3-диоксолан-2-онов сначала 2-(винилокси)этиламино, а затем системой эпихлоргидрин/основание [15, 18] либо только основанием [15, 19, 20].

В результате исследований кинетики и механизма электрофильного присоединения спиртов и карбоновых кислот к виниловым эфирам [7, 14, 15, 21–25] создана (Б. А. Трофимов, Н. А. Недоля) [14, 15, 26–30] концептуально новая атом-экономная стратегия синтеза эпоксидных смол, базирующаяся на использовании винилокса в качестве летучего оксирана, содержащего «якорную» функцию – винилоксигруппу, способную легко, селективно и количественно вовлекаться в реакцию присоединения бис- или полипротогенных соединений (многоатомные спирты, фенолы, карбоновые кислоты, сахара, тиолы, тиоколы), сохраняя оксирановый цикл полностью незатронутым. Такой летучий якорный оксиран может быть легко очищен дистилляцией, что позволяет получать эпоксидные смолы заданной степени чистоты. В качестве специфического мягкодействующего катализатора региоселективного присоединения гидроксилсодержащих соединений к винилоксигруппе впервые предложены перфторкарбоновые кислоты [14, 15, 27–32] или их ацилалли [14, 15, 30–32] и трифенилхлорметан [14].

Использование в реакции с винилоксом природных оптически активных гидроксикарбоновых кислот [например L-(+)-винной,  $[\alpha]_D^{20} + (12-12.4)^\circ$ ] и сахаров [например L-(+)-глюкозы,  $[\alpha]_D^{20} + (52.5-53)^\circ$ ] впервые позволило легко и количественно получать оптически активные эпоксидные смолы [15].

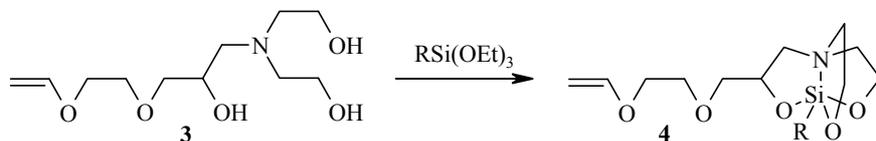
Другие якорные оксираны также успешно использованы в синтезе эпоксидных смол нового поколения [14, 15, 26]. Этот общий подход, позволивший синтезировать сотни новых, не имеющих аналогов (ни по структуре, ни по свойствам) эпоксидных смол, в том числе серу-, азот-, кремний-, фтор-, бром- и борсодержащих, получает сейчас новое звучание в связи с наметившимся привлечением эпоксидных смол для дизайна наноструктурированных материалов [33–35].

Винилокс открыл путь не только к новым эпоксидным смолам, но также и к ряду новых функциональных монооксиранов, синтезируемых высокоселективными реакциями присоединения к его реакционно-способной двойной связи [7, 14, 15, 31, 32, 36–51]. На примере винилокса



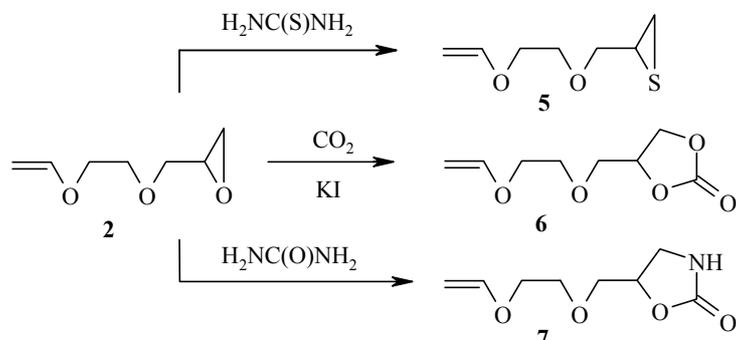
впервые открыто инициирование типичными катионными катализаторами ( $C_3F_7CO_2H$ , *n*-ТСК) свободнорадикального присоединения тиолов к винилокси группе [15, 43, 44]. Механизм реакции включает перенос электрона от тиола к карбоксииевому интермедиату с образованием радикальных частиц, которые далее инициируют цепной радикальный процесс.

Оксирановый цикл в винилоксе и его аналогах легко раскрывается различными нуклеофильными реагентами [7, 14, 15, 52–64] с сохранением винилокси группы, что представляет собой новый общий подход к синтезу самых разнообразных функционализированных виниловых эфиров. Аддукт винилокса с диэтаноламином **3** [63] после обработки органилтриалкоксисиланами необычно легко и с практически количественным выходом дает "якорные" силатраны **4** [64].



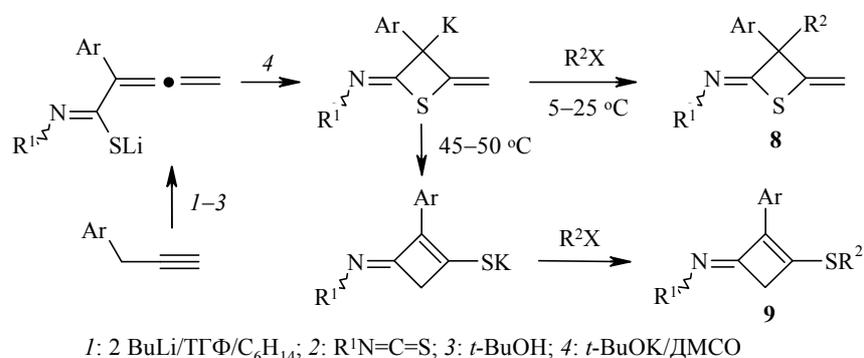
Обменная реакция между винилоксом и тиомочевинной дает тиран **5** [7, 15, 65], который использован как ключевое соединение для получения биологически активных производных аминотиолов [7, 15, 66], других функциональных тиолов [7, 15] и тиранов [15, 67, 68], включая тирановые смолы – ранее неизвестные сернистые аналоги эпоксидных смол. Реакции циклоприсоединения с диоксидом углерода [7, 15, 69, 70] и

мочевинной [15] с участием оксиранового цикла сделали доступными такие "якорные" гетероциклы, как 1,3-диоксолан-2-он **6** и 1,3-оксазолидин-2-он **7**, – удобные реагенты для избирательной функционализации различных соединений [15, 71–73], включая полимеры [74, 75].

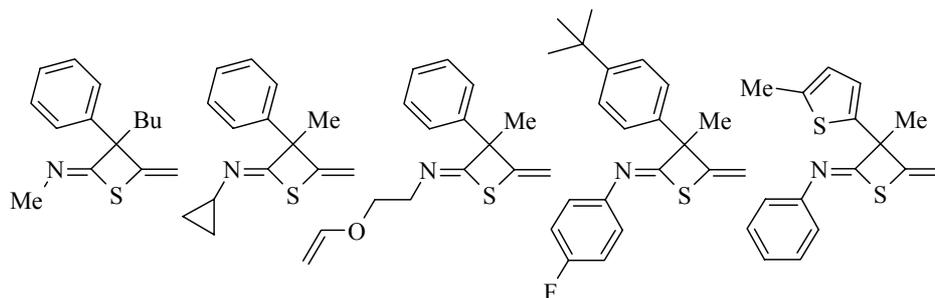


## 1.2. Тиетаны

В группе Н. А. Недоли открыты и систематически изучены низкотемпературные реакции 1,3-дианионов пропаргиларенов с изотиоцианатами как принципиально новый и эффективный путь к функционализированным четырехчленным циклическим системам – 2-метилен-4-иминотиетанам **8** и 3-иминоциклобутенам **9** [76–79]. Строгая зависимость маршрута реакции от температуры позволяет осуществлять контролируемый синтез тиетана **8** или изомерного ему циклобутена **9** из одного и того же предшественника [78]. Процесс проводят в одну препаративную стадию.

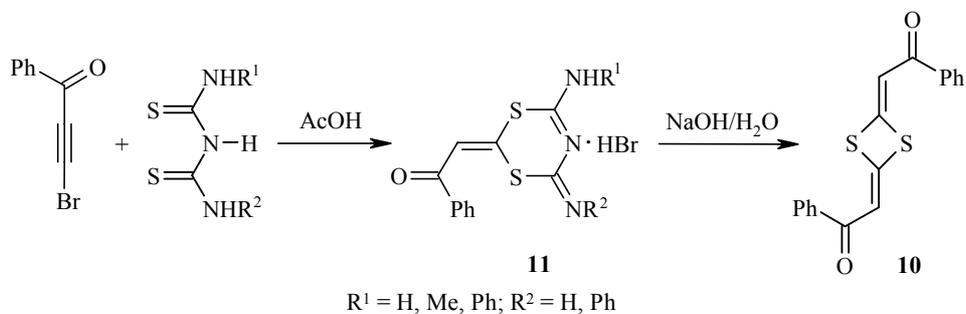


В результате этой реакции стали доступными иминотиетаны с алкильными, циклоалкильными, гетероалкильными, винильными, арильными и гетарильными заместителями, отдельные представители которых показаны ниже.

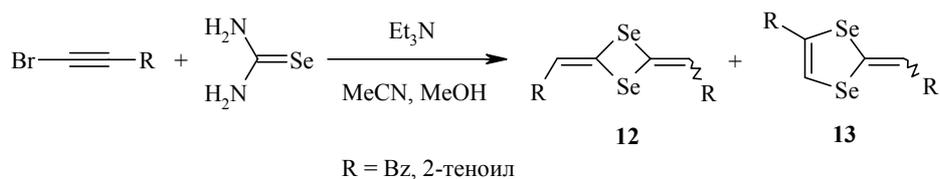


### 1.3. Дитиетаны, диселенетаны, тиасилетаны

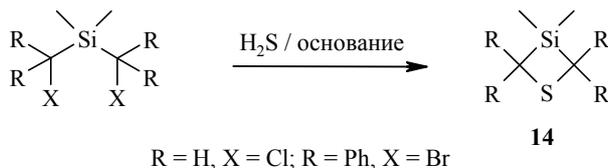
1,3-Дитиетан **10** был неожиданно получен (Т. Е. Глотова, Н. И. Процук, М. Ю. Дворко) гидролизом гидробромидов 4Н-1,3,5-дитиазинов **11**, синтезированных реакцией 2-бензоил-1-бромацетилен с 2,4-дитиобиуретами [80–82].



Реакция бромацетиленовых кетонов с селеномочевинной (С. В. Амосова и сотр.) приводит к 1,3-диселенетанам **12** и 1,3-диселенолам **13** [83].



При действии S-нуклеофилов на бис- $\alpha$ -галогеналкиламещенные силаны образуются 1,3-тиасилетаны **14** (М. Г. Воронков, Е. Н. Суслова, С. В. Кирпиченко) [84, 85].

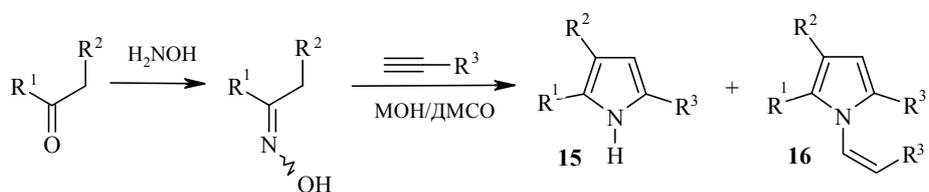


## 2. Пятичленные гетероциклы с одним гетероатомом

### 2.1. Пирролы

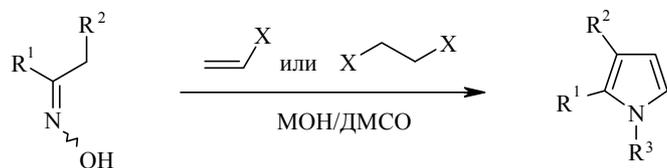
Открытые в институте реакции ацетилена с кетоксимами [7, 86–98], алленовых и ацетиленовых карбанионов с изотиоцианатами [98–101] и аллилизотиоцианата с амидами щелочных металлов [99, 100, 102] стали основой концептуально новых стратегий конструирования пиррольного ядра.

Под руководством Б. А. Трофимова открыта и систематически разработана [7, 86–98, 103–128] новая общая реакция кетоксимов с ацетиленами, протекающая в присутствии сверхосновных систем типа МОН/ДМСО (М – щелочной металл) и приводящая к NH- и N-винилпирролам **15** и **16**. При избытке ацетилена можно сразу получить N-винилпирролы.



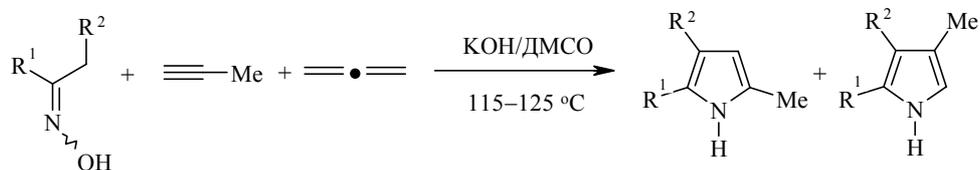
$R^1, R^2 = \text{Alk, Ar, Het}; R^3 = \text{H, Me, Ph}; M = \text{Li, Na, K, Rb, Cs}$

При необходимости синтез можно осуществлять одnoreакторно, обрабатывая кетон в системе МОН/ДМСО сначала гидросиламином (или его гидрохлоридом), затем ацетиленом [116, 117]. Вместо ацетилена можно использовать его синтетические эквиваленты – винилгалогениды [86, 121, 122] и 1,2-дигалогенэтаны [123–125],

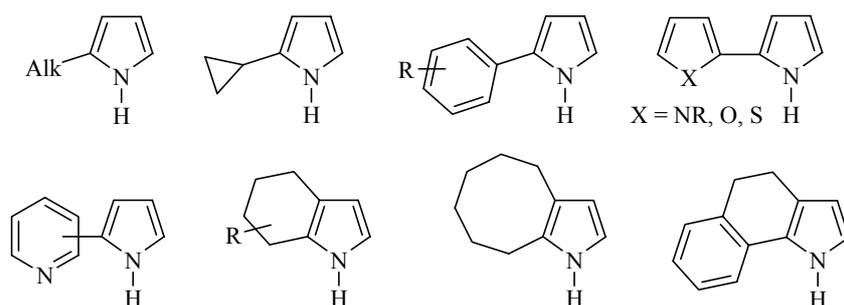


$R^1 = \text{Alk}, R^2 = \text{H, Alk}; R^3 = \text{H, Vin}; X = \text{Cl, Br}; M = \text{Na, K, Cs}$

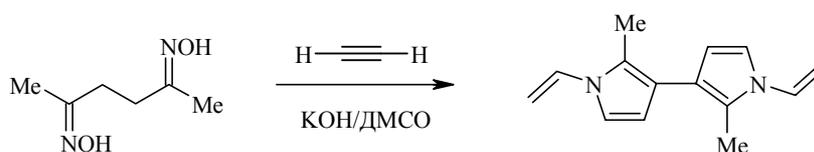
а также пропин–алленовую смесь [126].



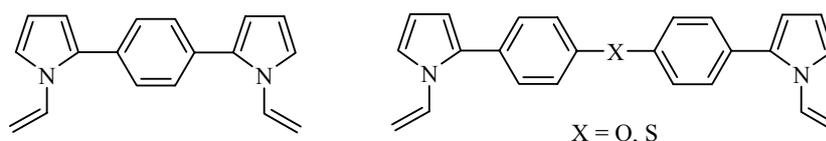
В результате этой реакции, известной как реакция Трофимова (см., например, работы [97, 129] и ссылки в них), стали доступными пирролы с алкильными, циклоалкильными, арильными и гетарильными заместителями, а также пирролы, аннелированные с карбоциклами и конденсированными системами [87, 94, 95, 118].



Реакции диоксимов алкандионов, например 2,5-гександиона, с ацетиленом приводят к дипирролам [110, 127].

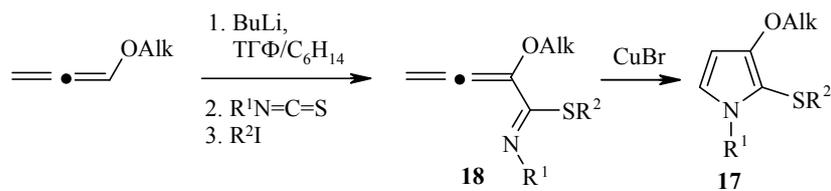


Из ацетилена и диоксимов ароматических кетонов получены дипирролы, разделенные ароматическими спейсерами [113, 114, 128].



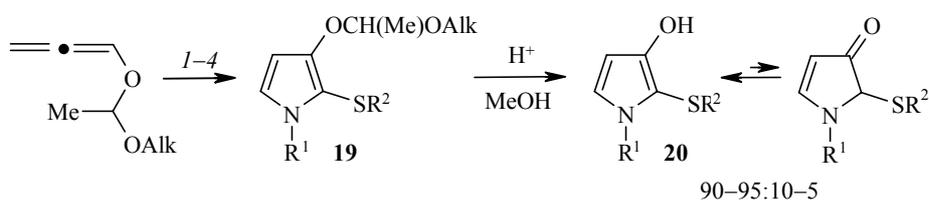
В лаборатории (с 2001 г. – группе) Н. А. Недали (при сотрудничестве с проф. L. Brandsma, Утрехтский университет, Нидерланды) открыта и систематически развита принципиально новая общая стратегия синтеза пиррольного ядра [99–101, 130–149] и других фундаментальных аза-, окса- и тиогетероциклов (пирролинов, пиридинов, дигидропиридинов, хинолинов, азепинов, дигидроазепинов, дигидрофуранов, тиетанов, тиофенов, дигидротиофенов, дигидротиопиранов) [76–79, 99, 101, 148–150]. Суть ее заключается в использовании в качестве ключевых строительных блоков гетерокумуленов (изотиоцианатов, изоцианатов) и карбанионов, легко генерируемых *in situ* из доступных алкинов или 1,2- и 1,3-диенов. Результаты этих исследований обобщены и проанализированы в диссертациях [99, 148, 149] и недавно опубликованных обзорах и монографиях [98, 101, 150–165].

Широкий ряд 1,2,3-замещенных пирролов **17** с редкими 3-алкокси- и 2-алкилсульфанильными заместителями получен катализируемой Cu(I)X (X = Cl, Br, I) циклизацией 1-аза-1,3,4-триенов **18**, образующихся при взаимодействии  $\alpha$ -лителированных алкоксиалленов и изотиоцианатов с последующим S-алкилированием аддуктов [99–101, 131]. Процесс ведет в одну препаративную стадию, хотя при необходимости интермедиаты **18** могут быть легко выделены.



$\text{R}^1 = \text{Alk, cyclo-Alk, CH}_2=\text{CHO}(\text{CH}_2)_2, \text{Ar}; \text{R}^2 = \text{Alk}$

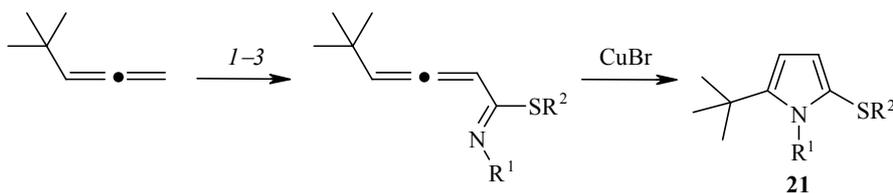
Благодаря этой реакции впервые стали доступными 2-(алкилсульфанил)-3-(1-алкоксиалкокси)пирролы **19** и устойчивые в гидроксиформе пиррол-3-олы **20** [99, 132].



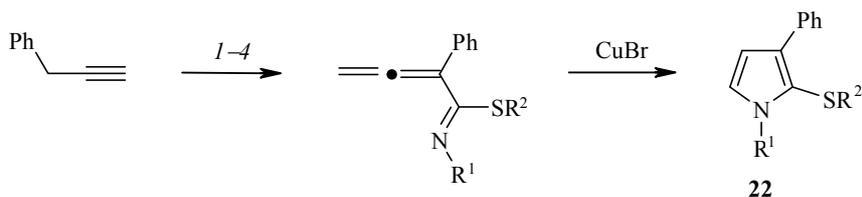
90-95:10-5

1: BuLi/THF/C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>; 2: R<sup>1</sup>N=C=S; 3: R<sup>2</sup>I; 4: CuBr

Введение в реакцию с изотиоцианатами  $\gamma$ -литомированного *трет*-бутилаллена приводит к 5-*трет*-бутилпирролам **21** [133], а 1,3-дилитомированного пропаргилбензола – к 3-арилпирролам **22** [134].

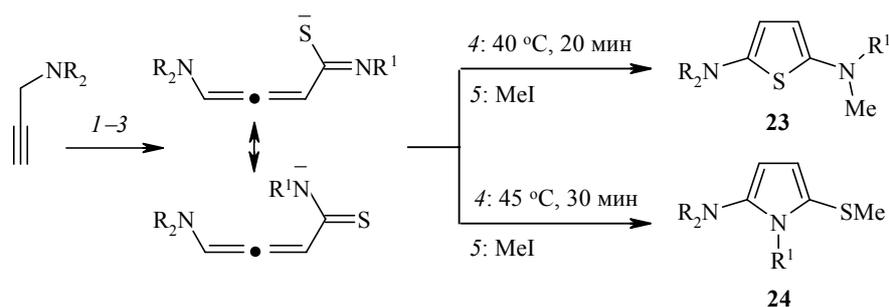


1: BuLi/THF/C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>; 2: R<sup>1</sup>N=C=S; 3: R<sup>2</sup>I



1: 2 BuLi/THF/C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>; 2: R<sup>1</sup>N=C=S; 3: *t*-BuOH; 4: R<sup>2</sup>I

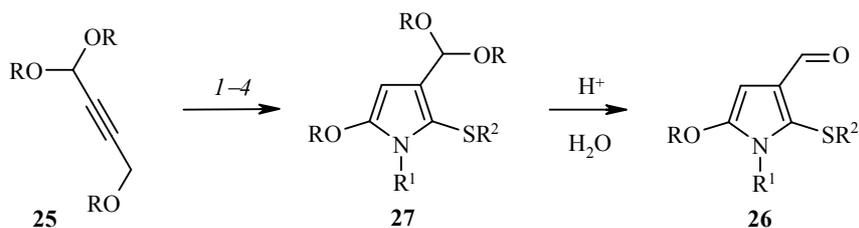
Реакция монолитомированных пропаргиламинов с изотиоцианатами позволяет осуществлять высокоселективный синтез 2,5-бис(амино)тиофенов **23** и 2-аминопирролов **24** из одних и тех же предшественников. В отличие от рассмотренных выше реакций, в данном случае внутримолекулярной гетероциклизации подвергаются S- или N-центрированные азатриеновые анионы [135].



1: 2 BuLi/ТГФ/С<sub>6</sub>Н<sub>14</sub>; 2: R<sup>1</sup>N=C=S; 3: *t*-BuOK/*t*-BuOH/DMCO

Представительные ряды 1,2,3,5-тетразамещенных пирролов, содержащих алкильные, алкоксиалкильные, аминоалкильные, циклоалкильные, алкеновые, алкиновые, арильные, гетарильные, ацетальные, алкокси-, гидроксо-, алкилсульфанильные, аминные, карбальдегидные и другие заместители, получены из изотиоцианатов и металлизированных алкинов в одну препаративную стадию [99, 136–146].

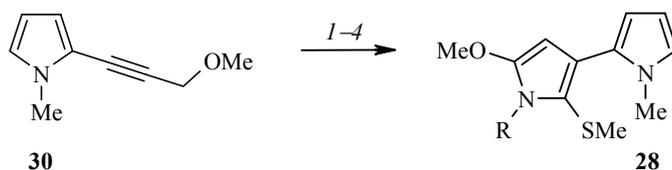
Использование в реакции с изотиоцианатами литиированных 1,1,4-триалкокси-2-бутинов **25** в качестве источника карбанионов блокированных 4-алкокси-2,3-бутадиеналей открывает прямой выход к 3-формилпирролам **26** (через пирролы **27**) [139, 140].



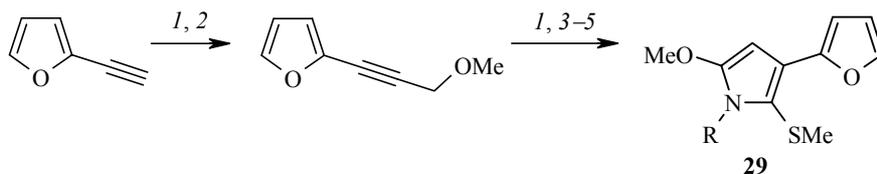
1: BuLi/ТГФ/С<sub>6</sub>Н<sub>14</sub>; 2: R<sup>1</sup>N=C=S; 3: R<sup>2</sup>I; 4: CuBr

R = Me, Et; R<sup>1</sup> = Alk, *cyclo*-Alk, MeOCH<sub>2</sub>, CH<sub>2</sub>=CHO(CH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>, Ar; R<sup>2</sup> = Alk

Редкие гетарилпиррольные ансамбли – 2,3'-бипиррол **28** и 3-(2-фурил)-пиррол **29** получены в одну препаративную стадию из изотиоцианата и литиированных 2-алкинилпиррола **30** [143] и 2-этинилфурана [144] соответственно.

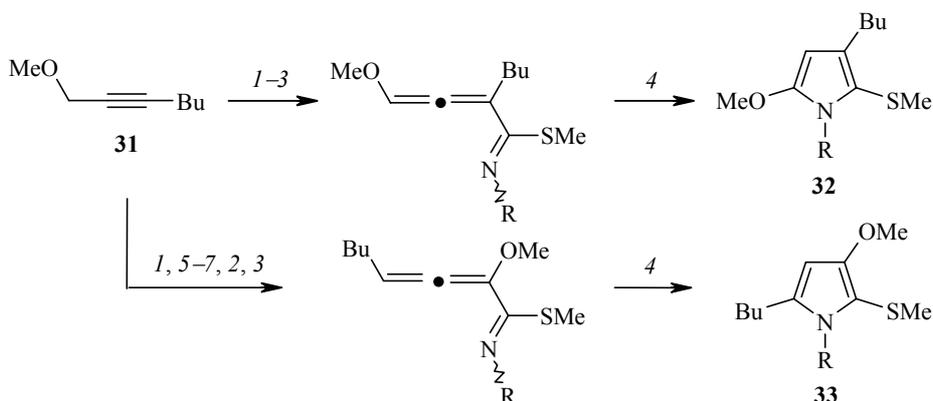


1: BuLi/ТГФ/С<sub>6</sub>Н<sub>14</sub>; 2: RN=C=S; 3: MeI; 4: CuBr



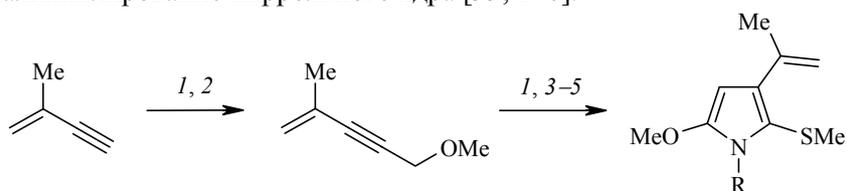
1: BuLi/TGФ/C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>; 2: ClCH<sub>2</sub>OMe; 3: RN=C=S; 4: MeI; 5: CuBr

На структуру конечного продукта можно эффективно влиять и на стадии депротонирования 2-алкина. Так, например, из литиированного BuLi 2-гептина **31** и изотиоцианатов получены 3-бутил-5-метокси-пирролы **32**. Использование в качестве депротонирующего основания системы BuLi/*t*-BuOK/ГМФА ведет к 5-бутил-3-метокси-пирролам **33** [99, 141].

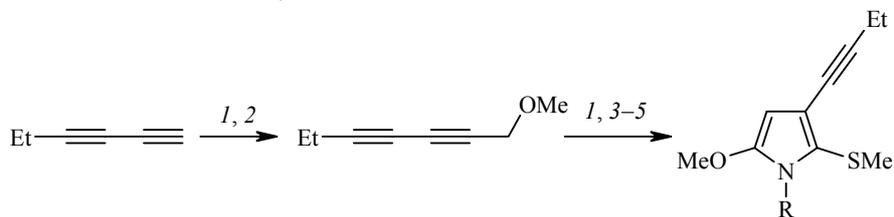


1: BuLi/TGФ/C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>; 2: RN=C=S; 3: MeI; 4: CuBr; 5: *t*-BuOK; 6: ГМФА; 7: LiBr

Использование в данной реакции сопряженных енинов и диенов обеспечивает синхронное конструирование и C-3-винилирование [99] или C-3-алкинирование пиррольного ядра [99, 146].

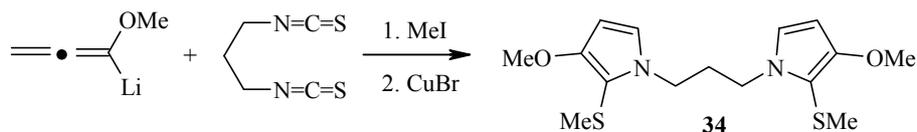


1: BuLi/TGФ/C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>; 2: ClCH<sub>2</sub>OMe; 3: RN=C=S; 4: MeI; 5: CuBr

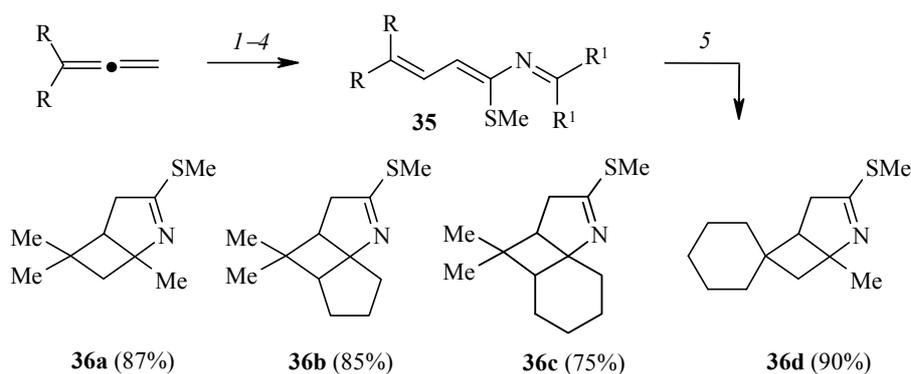


1: BuLi/TGФ/C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>; 2: ClCH<sub>2</sub>OMe; 3: RN=C=S; 4: MeI; 5: CuBr

Вовлечение в реакцию с литиированными алленами диизотиоцианатов ведет к 1,1'-(1,ω-алкандиил)бис(пирролам), например **34** [99, 147].

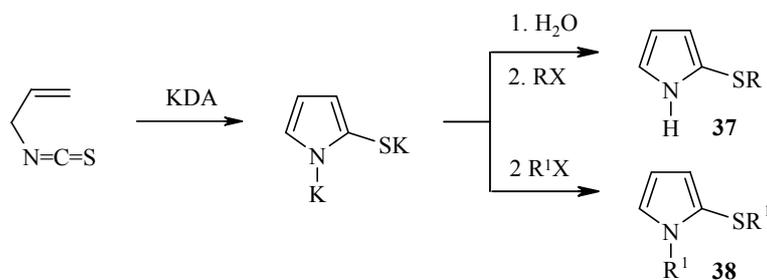


Необычные термические перегруппировки азатриеновых систем **35**, полученных из  $\gamma$ -литоированных 1,1-дизамещенных алленов и изотиоцианатов с *втор*-алкильными или циклоалкильными заместителями, ведут к сложным ди- и трициклическим структурам пирролинового ряда **36** [166–170].



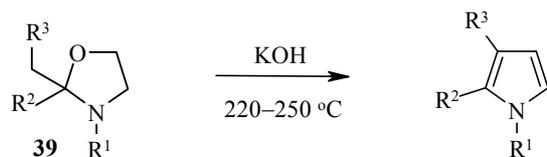
1: BuLi/ТГФ/ $\text{C}_6\text{H}_{14}$ ; 2:  $\text{R}^1\text{CHN}=\text{C}=\text{S}$ ; 3: MeI; 4: [1,5]-Н сдвиг; 5: 220–255 °С, ~10–15 мин  
 $\text{R} = \text{R}^1 = \text{Me}$ ;  $\text{R}-\text{R} = (\text{CH}_2)_5$ ;  $\text{R}^1-\text{R}^1 = (\text{CH}_2)_n$ ,  $n = 4, 5$

Открыта (Н. А. Недоля и колл.) реакция реорганизации аллил-изотиоцианата в NH- и 1-алкил-2-(органилсульфанил)пирролы **37** и **38** под действием диизопропиламида калия [99, 102, 171–173].



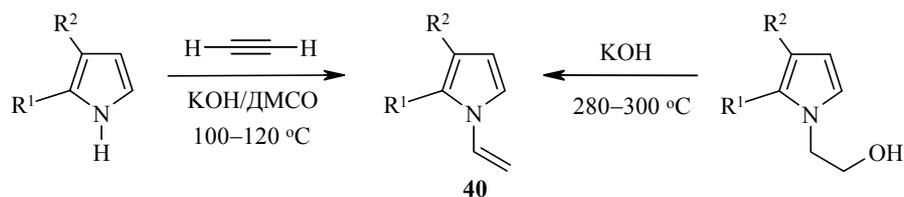
KDA =  $t\text{-BuOK} + i\text{-Pr}_2\text{NLi}$  (LDA)  
 $\text{R} = \text{Alk, All, HC}\equiv\text{CCH}_2$ ;  $\text{R}^1 = \text{Alk}$ ;  $\text{X} = \text{Cl, Br, I}$

Еще один подход к синтезу пирролов на основе неацетиленовых предшественников разработан (Б. Ф. Кухарев, А. С. Атавин, В. К. Станкевич) в результате систематического изучения каталитических превращений 1,3-оксазолидинов **39** [174–177].

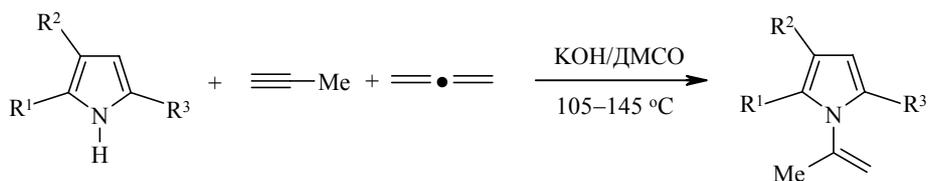


$R^1 = \text{Alk, } cyclo\text{-Alk, } (CH_2)_2OH, \text{ Bn, Ph};$   
 $R^2, R^3 = \text{H, Alk, Ph}; R^2\text{-}R^3 = (CH_2)_n, n = 3\text{-}5; (CH_2)_3CHMe$

Большое внимание уделяется поиску удобных методов функционализации пиррольного ядра [98, 178–196]. Так, уже с первых лет активно изучаются (Г. Г. Скворцова, Е. С. Домнина и сотр.) процессы винилирования индола и других азолов ацетиленом (под давлением, при 180–220 °С, в присутствии KOH, щелочных металлов и их солей с азолами), а также свойства синтезируемых N-винилазолов и их производных [178–181]. Современные методы получения N-винилпирролов **40** (Б. А. Трофимов и сотр.) базируются на использовании сверхоснований в качестве катализаторов прямого винилирования пирролов ацетиленом, что позволяет вести процесс в более мягких условиях – при атмосферном давлении и относительно низкой температуре [87, 95]. Потенциально полезным способом получения N-винилпирролов также является дегидратация N-(2-гидроксиэтил)пирролов, синтезируемых из оксазолидинов **39** [177].

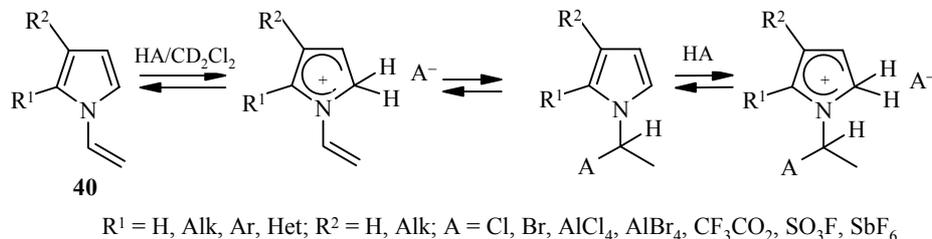


Система пропин–аллен/KOH/DMCO успешно использована для прямого N-изопропенилирования разнообразных азолов (пирролов, пиразолов, имидазолов, 1,2,4-триазолов) при атмосферном давлении и в автоклаве [182, 183].

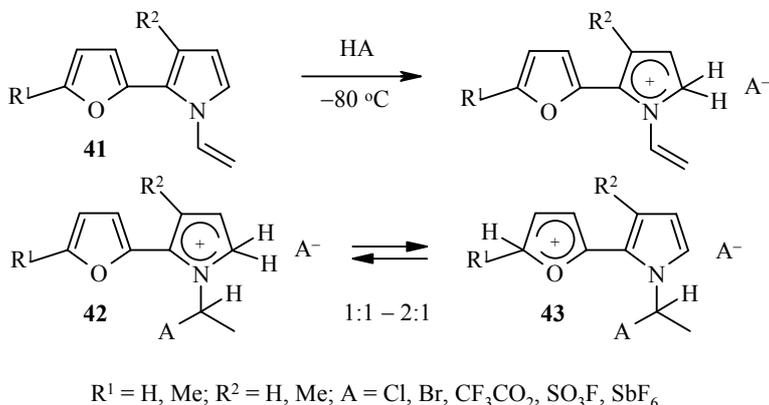


Ставшие доступными N-винилпирролы изучаются как исходные вещества и мономеры для получения новых или малоизвестных классов пиррольных соединений [184–196], а также как высокоинформативные модели для теоретических исследований электронных и конформационных эффектов взаимодействующих  $\pi$ -систем различной природы, разделенных атомом азота [196–201].

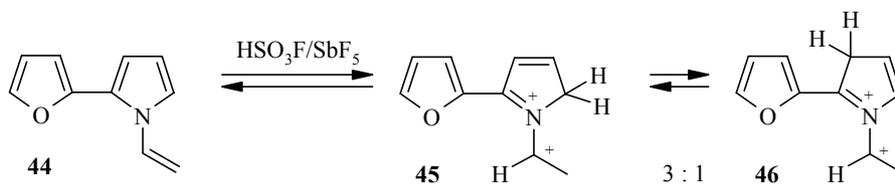
Учитывая исключительную роль пирролиевых и индолиевых ионов как ключевых интермедиатов многих важных реакций, всесторонне и систематически изучено (Б. А. Трофимов и сотр.) [98, 196–205] протонирование N-винилпирролов. Показано, что в зависимости от условий, N-винилпирролы **40** протонируются либо по  $\alpha$ -положению пиррольного кольца, либо по  $\beta$ -положению винильной группы, либо одновременно по обоим центрам [205].



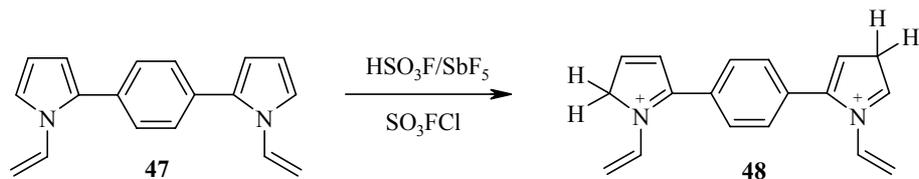
1-Винил-2-(2-фурил)пирролы **41** при  $-80 \dots 0$  °С протонируются кислотами по атому С-5 пиррольного цикла, не затрагивая винильной группы, тогда как с галогеноводородами при  $-30$  °С наряду с пирролиевыми катионами **42** неожиданно образуются и фураниевые катионы **43** [198, 205]. Одновременно происходит присоединение галогеноводорода к винильной группе. Когда  $\alpha$ -положение фуранового ядра занято метильной группой, галогеноводороды присоединяются только к винильной группе [205].



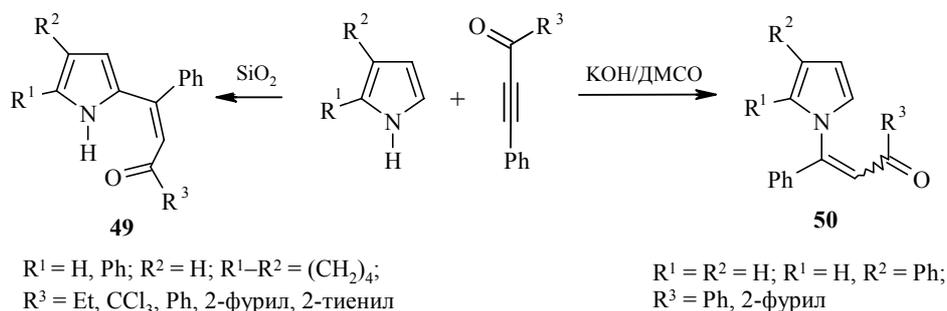
Взаимодействие 1-винил-2-(2-фурил)пиррола **44** с суперкислотой приводит к образованию равновесной смеси дикатионов **45** и **46** [204].



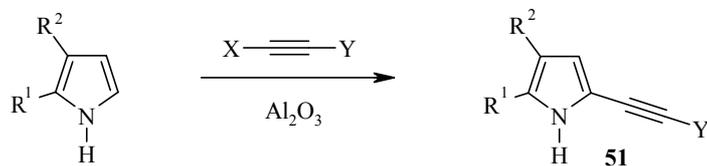
Бис(1-винил)-2,2'-(1,4-фениленпиррол) **47** протонируется сверхкислотой до дикатиона **48** несимметричной структуры – с  $\alpha$ - и  $\beta$ -протонированными пиррольными кольцами [205].



Систематически исследованы (Б. А. Трофимов, Л. Н. Собенина, А. И. Михалева и сотр.) реакции пирролов с дизамещенными ацетиленами [206–215]. На поверхности  $\text{SiO}_2$  реакция пиррола и 2-фенилпиррола с 2-ацил-1-фенилацетиленами протекает стерео- и региоселективно с образованием (*Z*)-2-этинилпирролов **49** [206], тогда как в системе  $\text{KOH/DMCO}$  образуются N-аддукты **50** [207].

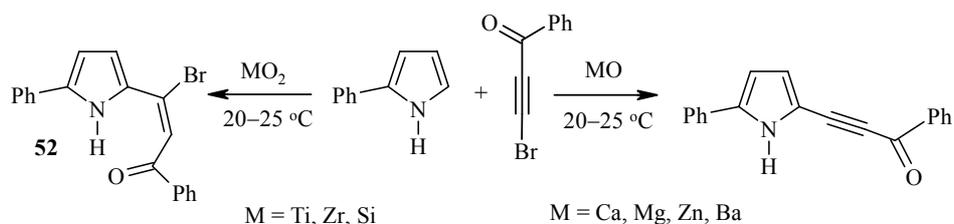


Кросс-сочетание NH-пирролов с галогенацетиленами на  $\text{Al}_2\text{O}_3$  приводит к 2-этинилпирролам **51** [208–210]. В эту реакцию успешно вовлечены N-винилпирролы, тетрагидроиндолы и индолы [211–213].



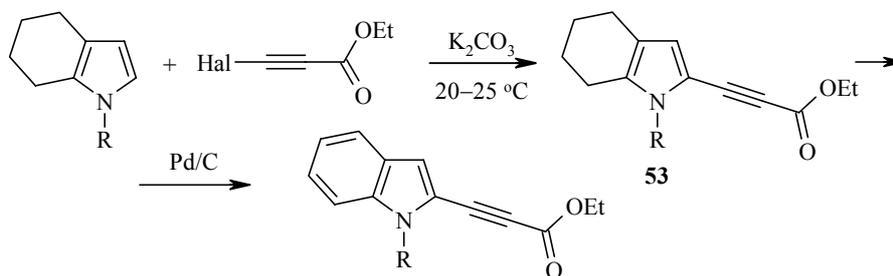
$R^1, R^2 = \text{Alk, Ar, Het}; \text{X} = \text{Br, I}; \text{Y} = \text{R}^3\text{C}(\text{O}), \text{R}^3\text{OC}(\text{O}); \text{R}^3 = \text{Alk, Ar, Het}$

Впервые установлено, что оксиды  $\text{Ca}$ ,  $\text{Mg}$ ,  $\text{Zn}$  и  $\text{Ba}$  способствуют этилированию 2-фенилпиррола бромбензоилацетиленом, причем активность  $\text{ZnO}$  и  $\text{BaO}$  превышает активность  $\text{Al}_2\text{O}_3$  [214]. Неактивные в кросс-сочетании оксиды  $\text{Ti}$ ,  $\text{Zr}$  и  $\text{Si}$  оказались специфическими катализаторами регио- и стереоселективного присоединения пирролов к тройной связи бромбензоилацетилена с образованием 2-этинилпиррола **52** [214].



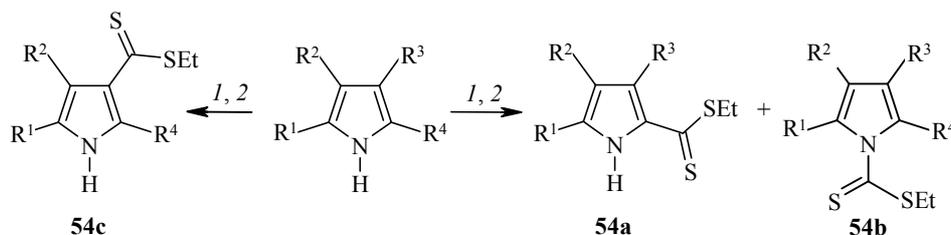
Общая концепция C-2-функционализации индольного остова основана на

этилировании производных 4,5,6,7-тетрагидроиндола галогенпропионатами на  $K_2CO_3$  с последующей ароматизацией тетрагидроиндола **53** [215].



R = H, Me, Bn, Vin, EtS(CH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>, PrS(CH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>, *i*-PrOCH(Me), BuOCH(Me)

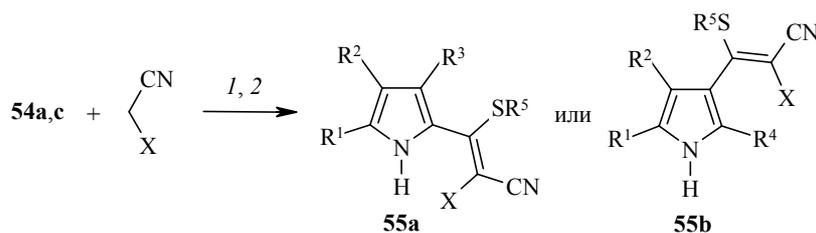
Реакцией пирролов с CS<sub>2</sub> и алкилгалогенидами в системе KOH/DMCO получены (Б. А. Трофимов, Л. Н. Собенина, А. И. Михалева и сотр.) эфиры пиррол-2-дитиокарбоновых кислот **54a** [184, 185, 216–221]. Незамещенный пиррол дает только N-изомер **54b**. Когда R<sup>1</sup>, R<sup>4</sup> ≠ H, образуются исключительно пиррол-3-карбодитиоаты **54c** [219–221].



1: CS<sub>2</sub>/KOH/DMCO; 2: EtI

R<sup>1</sup> = H, Alk, Ar; R<sup>2</sup> = H, Alk; R<sup>3</sup>, R<sup>4</sup> = H, Me

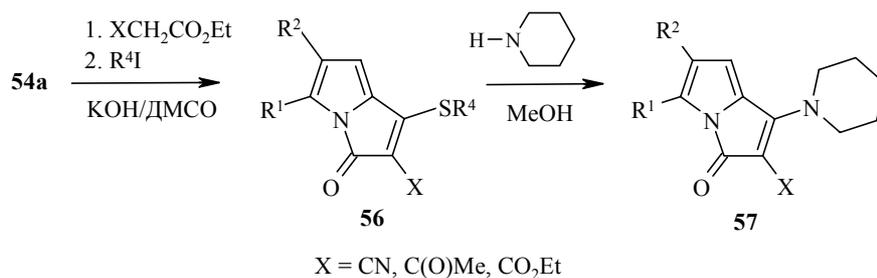
На основе реакции пирролкарбодитиоатов **54a,c** с метиленоактивными нитрилами в системе KOH/DMCO разработан эффективный способ получения 2- и 3-этилпирролов **55** [222, 223].



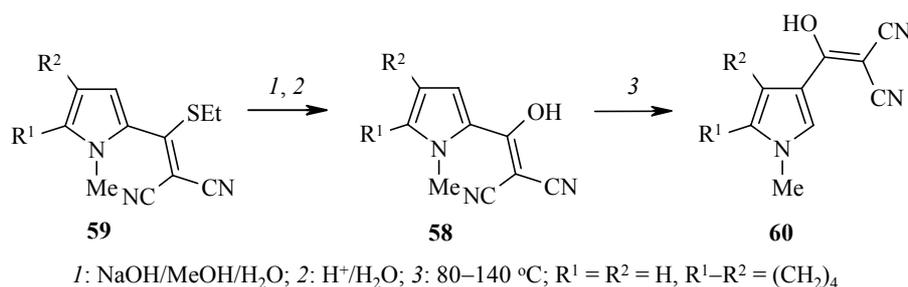
1: KOH/DMCO; 2: R<sup>5</sup>I

X = CN, C(O)NH<sub>2</sub>; R<sup>5</sup> = Alk, All

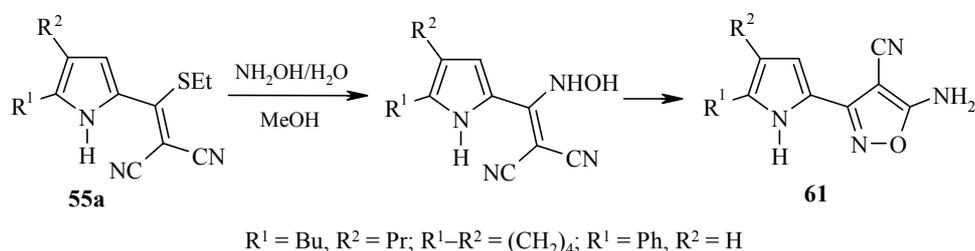
Конденсацией пиррол-2-карбодитиоатов **54a** с СН-кислотами, содержащими сложноефирные группировки, в системе KOH/DMCO получены 3Н-пирролизин-3-оны **56** [224–226], которые при обработке вторичными аминами превращаются в 1-амино-3Н-пирролизин-3-оны **57** [226].



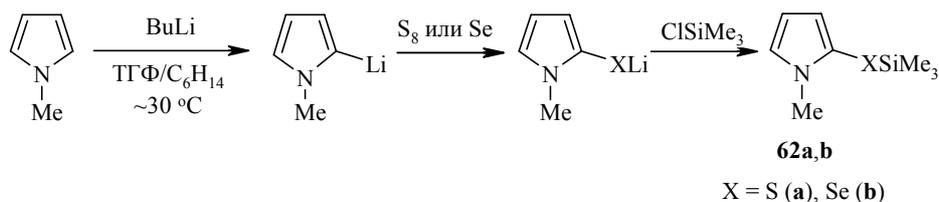
Обнаружено, что 2-(1-гидрокси-2,2-дицианоэтилен)пирролы **58**, образующиеся при сольволизе пирролов **59**, при нагревании превращаются в 3-изомеры **60** [227].



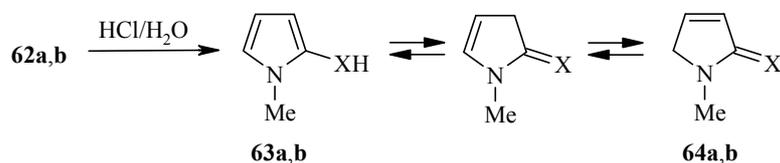
3-(Пиррол-2-ил)изоксазолы **61** синтезированы реакцией пирролов **55a** ( $\text{R}^3 = \text{H}$ ,  $\text{R}^5 = \text{Et}$ ,  $\text{X} = \text{CN}$ ) с гидросиламином [187, 228].



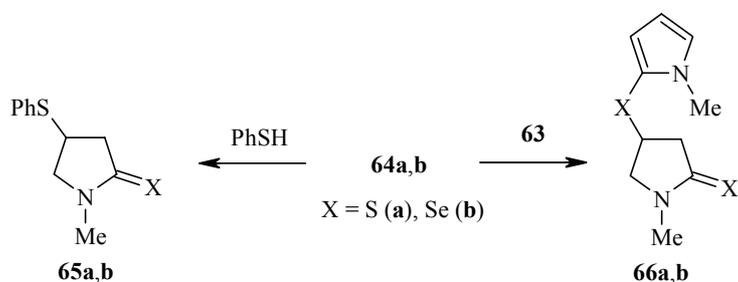
Совместно с проф. L. Brandsma получена фундаментальная информация о металлировании N-метил- [229], N-изопропенил- [230], N-алленил- [231–233], N-пропаргил- [233] и N-этинилпирролов [234] BuLi или BuLi/*t*-BuOK и о реакциях образующихся карбанионов с различными электрофилами. Так, α-литоированный N-метилпиррол успешно использован для синтеза силилированных пирролов **62** (последовательными реакциями с халькогеном и триметилхлорсиланом) [229].



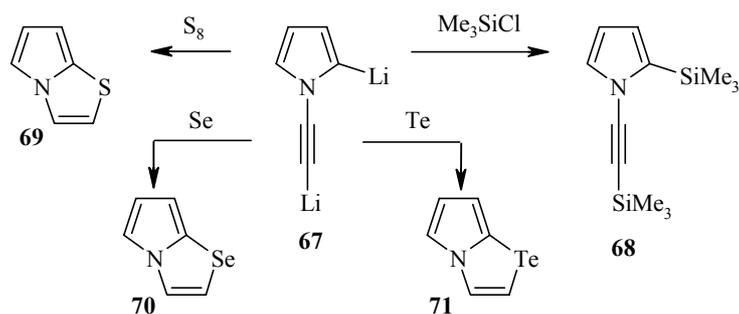
Мягкий гидролиз пирролов **62** приводит к 1-метилпиррол-2-тиолу **63a** и -селенолу **63b**, которые в разбавленных растворах существуют преимущественно в форме 1,5-дигидро-2H-пиррол-2-тиона **64a** и -2-селенона **64b** (ЯМР).



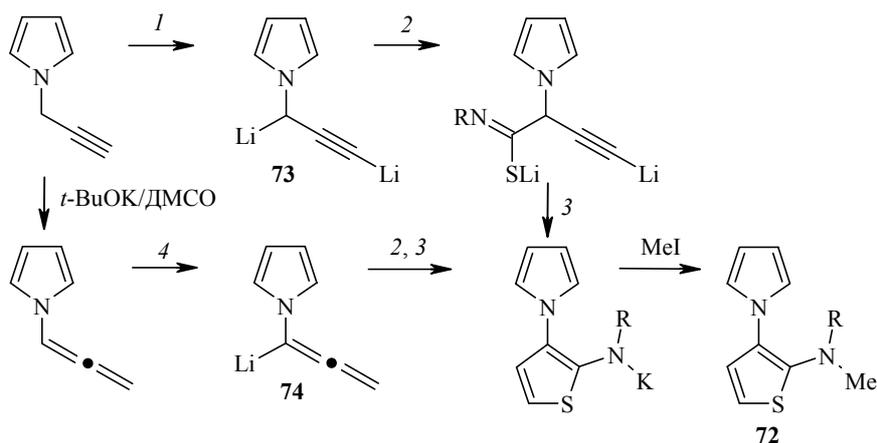
Обнаружена реакция присоединения тиолов и селенолов к 1,5-дигидро-2H-пирролам **64**, открывающая доступ к 4-замещенным 2-пирролидин-тионам **65a**, **66a** и -селенонам **65b**, **66b** [229].



Функционализация 2-лито-1-(литоэтинил)пиррола **67**, полученного *in situ* из N-(1,2-дихлорвинил)- [234] или N-этинилпиррола [235] и BuLi, триметилхлорсиланом или халькогенами приводит к силилированному пирролу **68**, пирроло[2,1-*b*][1,3]тиазолу **69**, -селеназолу **70** и -теллуразолу **71**.

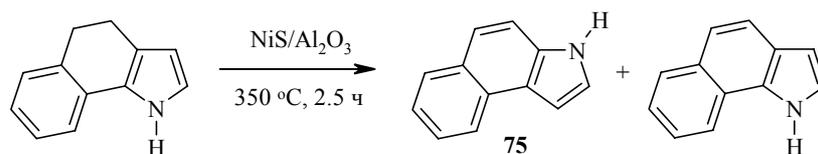


1-(3-Тиенил)пирролы **72** стали доступными благодаря реакциям генерируемых *in situ* N-(1,3-дилитопропаргил)- (**73**) или N-(1-литоалленил)пирролов **74** с изотиоцианатами [233].



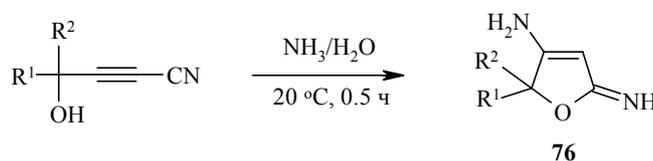
1: 2 BuLi/ТГФ/C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>; 2: RN=C=S; 3: *t*-BuOH/*t*-BuOK/ДМСО;  
 4: BuLi/ТГФ  
 R = Alk, Ar: Ph, XC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>, X = 4-F, 4-Cl, 4-Me, 3-Cl, 3-MeO, 3-CF<sub>3</sub>

Обнаружена (Б. А. Трофимов и сотр.) глубокая скелетная перегруппировка с образованием на первых стадиях процесса преимущественно 3Н-бензо[*e*]индола **75**, протекающая при каталитическом дегидрировании 4,5-дигидробензо[*g*]индола, полученного из оксима тетралона и ацетилена [236].



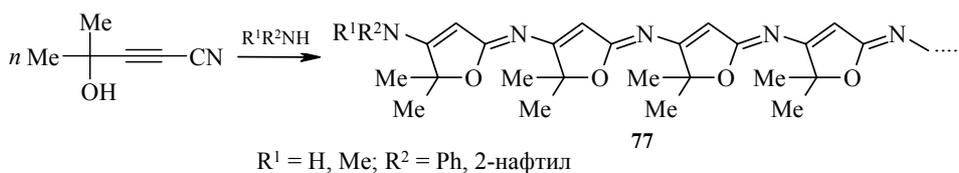
## 2.2. Фураны

Систематические исследования в области химии  $\alpha,\beta$ -ацетиленовых  $\gamma$ -гидроксикислот и их производных (Б. А. Трофимов, Ю. М. Скворцов, А. Г. Малькина, А. Н. Волков) сделали доступными как сами объекты исследования, так и разнообразные гетероциклические структуры на их основе [237–241]. Из нитрилов  $\alpha,\beta$ -ацетиленовых  $\gamma$ -гидроксикислот в водном аммиаке синтезированы 4-амино-2(5Н)-фуранимины **76**. В эту реакцию успешно вовлечены и другие первичные амины [237, 238].

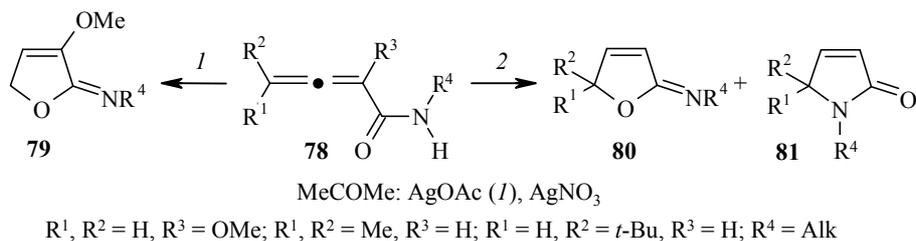


R<sup>1</sup> = R<sup>2</sup> = Me; R<sup>1</sup> = Me, R<sup>2</sup> = Et; R<sup>1</sup>-R<sup>2</sup> = (CH<sub>2</sub>)<sub>5</sub>

Варьируя соотношение реагентов и условия реакции, можно осуществлять одnoreакторную сборку полисопряженных гетероциклических систем **77** с необычными электрофизическими свойствами [242–247].

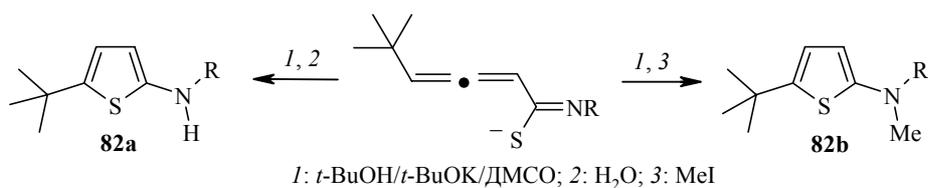


Впервые проведена (Н. А. Недоля, Н. И. Шляхтина, L. Brandsma) гетероциклизация аллениламидов **78**, полученных из алленовых карбанионов и изоцианатов, в 3-моно- (**79**) и 5,5-дизамещенные (**80**) 2(5H)-фуранимины и их структурные изомеры – 2H-пиррол-2-оны **81** [149, 248–250].

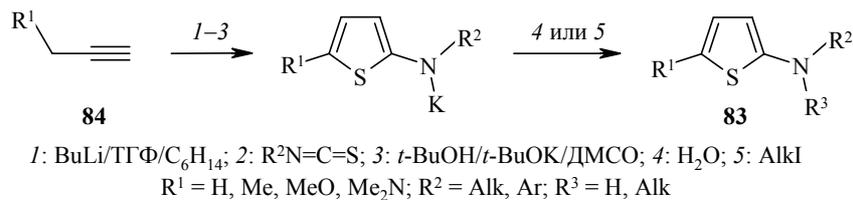


### 2.3. Тиофены, селенофены, теллурыфены

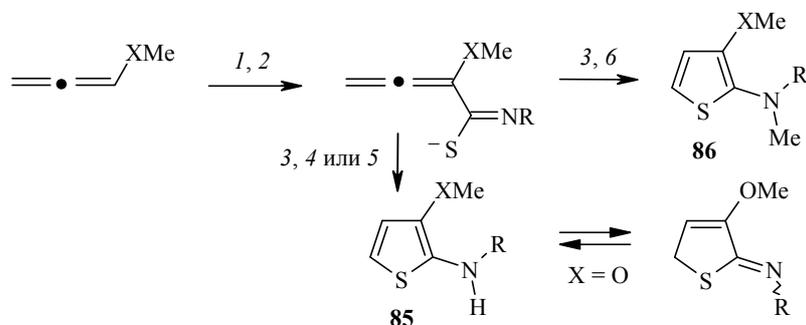
Открыта и систематически разработана (Н. А. Недоля, О. А. Тарасова и колл.) реакция металлированных алленов или алкинов с изотиоцианатами как новый общий подход к синтезу 2-тиофенаминов [79, 99, 101, 233, 251–256]. Внутримолекулярной циклизацией аддуктов литиированного *трет*-бутилаллена и изотиоцианатов впервые синтезированы 5-*трет*-бутил-2-тиофенамины **82** [99, 251].



Незамещенные и 5-замещенные 2-тиофенамины **83** получены также из изотиоцианатов и 1-литиированных 1-пропинов **84** [99, 251].

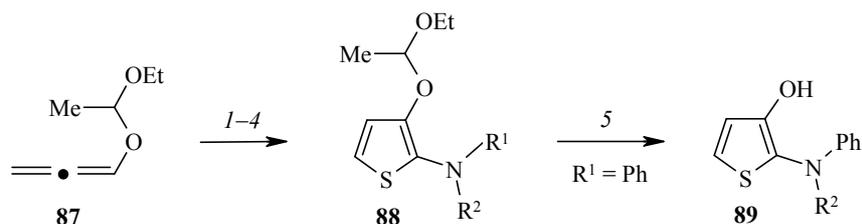


Реакции  $\alpha$ -литомированных метокси- и (метилсульфанил)алленов с изотиоцианатами ведут к N-алкил- (**85**) и N,N-диалкил-3-метокси-(метилсульфанил)-2-тиофенаминам **86** [99, 252]. На примере 3-метокси-2-тиофенаминов **85** впервые получены экспериментальные доказательства реализации amino–imino-таутомерии в ряду 2-тиофенаминов [99, 252, 253].



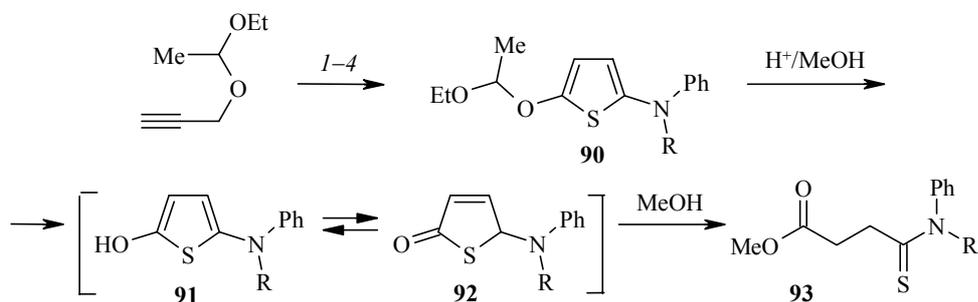
1: BuLi/ТГФ/C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>; 2: RNCS; 3: *t*-BuOH/*t*-BuOK/DMCO или *t*-BuOK/ГМФА;  
4: H<sub>2</sub>O; 5: H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>; 6: MeI; X = O, S; R = Alk, Ar

Стартуя от блокированного алленола **87**, можно легко выйти как к 3-ацеталю **88**, так и к 3-гидрокси-2-тиофенаминам **89**, существующим практически исключительно в гидроксиформе [254].



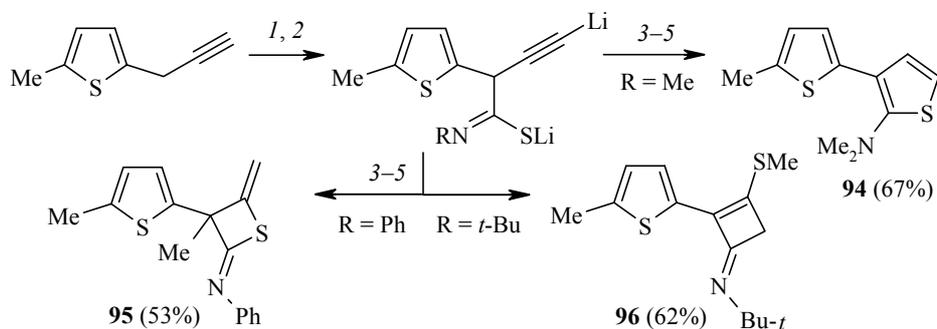
1: BuLi/ТГФ/C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>; 2: R<sup>1</sup>NCS; 3: *t*-BuOH/*t*-BuOK/DMCO; 4: R<sup>2</sup>I; 5: H<sup>+</sup>/MeOH;  
R<sup>1</sup> = Alk, Ar; R<sup>2</sup> = Alk

Алкоголиз ацетала **90** вместо 5-гидрокси-2-тиофенамина **91** или его кето-таутомера **92** неожиданно ведет к эфиру 4-амино-4-тиоксобутановой кислоты **93** [254].



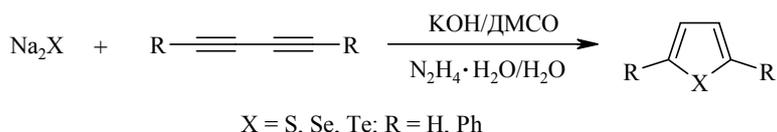
1: BuLi/ТГФ/C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>; 2: PhNCS; 3: *t*-BuOH/*t*-BuOK/DMCO; 4: RI; R = Alk

Использование 2-метил-5-пропаргилтиофена в качестве пропаргильной компоненты приводит к 2,3'-бифтиофенам **94**, 2-(3-тиетанил)тиофенам **95** и 2-(1-циклобутен-1-ил)тиофенам **96** [79].



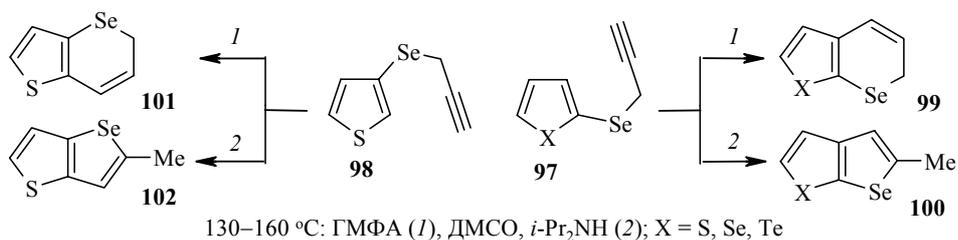
1: 2 BuLi/TGФ/C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>; 2: RN=C=S; 3: *t*-BuOH; 4: *t*-BuOK/DMCO; 5: MeI

Эффективные способы получения тиофенов, селенофенов и теллурифенов разработаны (В. А. Потапов, С. В. Амосова, Б. А. Трофимов и колл.) на основе реакции халькогенид-анионов с диацетиленами [257–259].

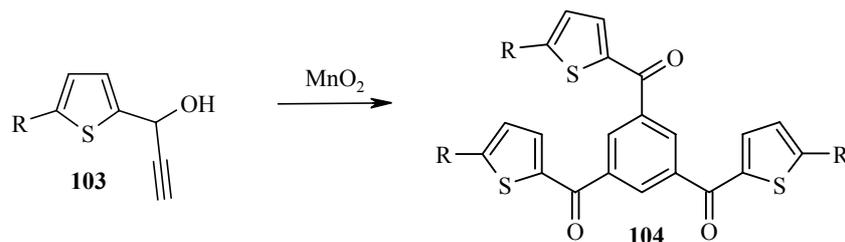


Термическая гетероциклизация дивинилхалькогенидов также приводит к халькогенофенам с хорошим выходом [260, 261].

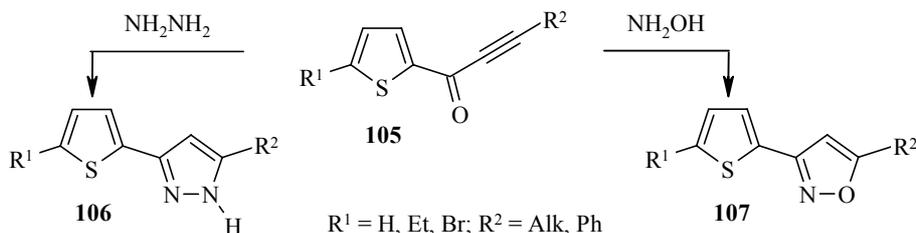
На основе [3,3]-сигматропной перегруппировки пропаргилселанилхалькогенофенов **97** и **98** совместно с зарубежными коллегами (L. Brandsma, E. H. Morkved, O. Bjarlo) разработан эффективный подход к построению конденсированных гетероциклических систем **99–102** с разным положением атома селена в цикле [262].



Необычная окислительная тримеризация 1-(2-тиенил)-2-пропин-1-ола **103** в 1,3,5-тритеноилбензол **104** была открыта (А. С. Нахманович, В. И. Кнутов) в ходе систематических исследований в области химии непредельных карбонильных соединений тиофенового ряда [263].



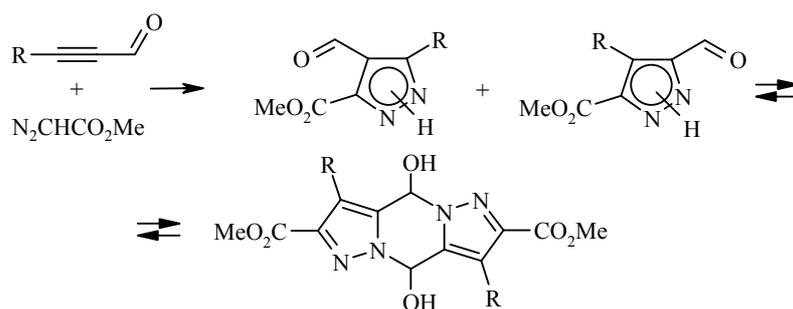
Реакциями 1-(2-тиенил)-2-алкин-1-онов **105** с гидразином и гидроксил-амином впервые получены 3-(2-тиенил)-1H-пиразолы **106** и -изоксазолы **107** [263].



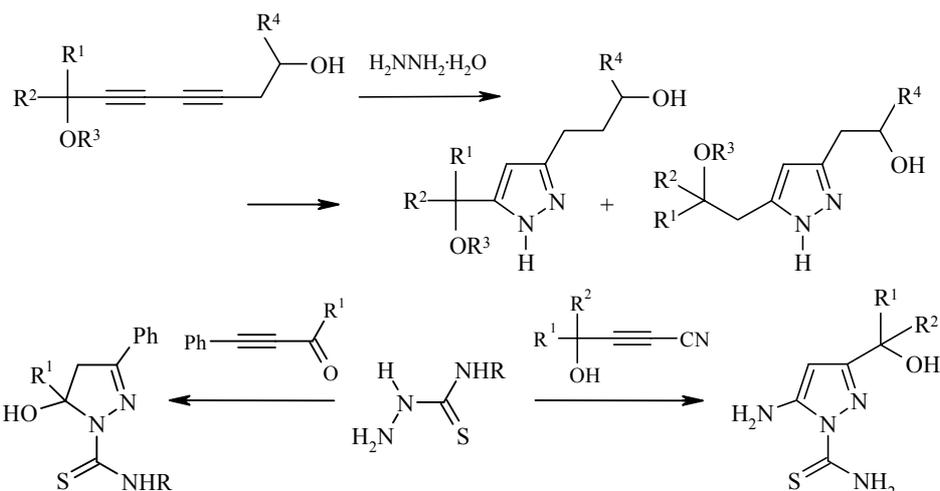
### 3. Пятичленные гетероциклы с двумя и более гетероатомами

#### 3.1. Пиразолы, имидазолы, тиазолы, оксазолы

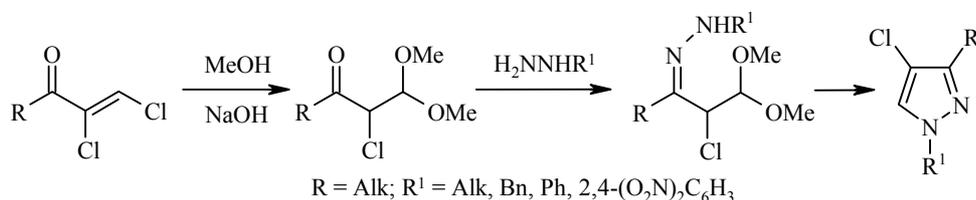
Разработаны методы синтеза полифункционализированных пиразолов реакциями разнообразных ацетиленовых соединений с диазосоединениями [264–267] или гидразингидратом [268] (А. С. Медведева и сотр.) и его производными (Б. А. Трофимов, Т. Е. Глотова, М. Ю. Дворко и колл.) [82, 269, 270], а также  $\alpha$ -хлор- $\beta$ -кетодиметоксиацеталей с гидразинами (А. Н. Мирскова, Г. Г. Левковская и сотр.) [271, 272].



R = Bu, *t*-Bu, Ph, 4-O<sub>2</sub>NC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>, Et(Me)C(OH), Pr(Me)C(OH), Am(Et)C(OH), Me<sub>3</sub>Si, Et<sub>3</sub>Si, Et<sub>3</sub>Ge, Ph<sub>3</sub>Ge

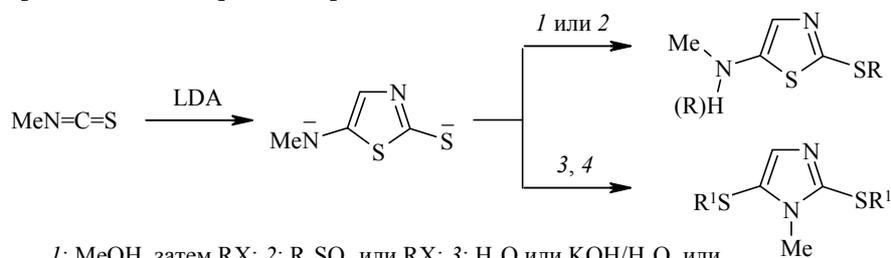


$\text{R} = \text{NH}_2$ ,  $\text{N} = \text{CHPh}$ ;  $\text{R}^1 = \text{Ph}$ , 2-тиенил;  $\text{R} = \text{H}$ ;  $\text{R}^1 = \text{R}^2 = \text{Me}$ ;  $\text{R}^1 = \text{Me}$ ,  $\text{R}^2 = \text{Et}$ ;  $\text{R}^1 - \text{R}^2 = (\text{CH}_2)_5$



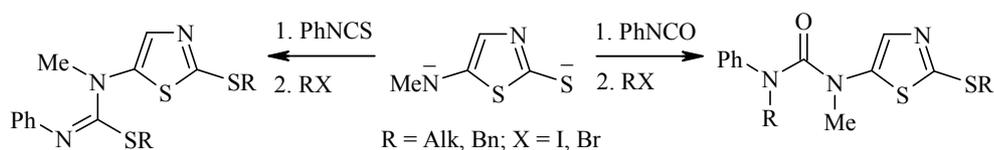
$\text{R} = \text{Alk}$ ;  $\text{R}^1 = \text{Alk}$ ,  $\text{Bn}$ ,  $\text{Ph}$ , 2,4-( $\text{O}_2\text{N}$ ) $_2\text{C}_6\text{H}_3$

Открыты и систематически изучены (Н. А. Недоля и колл.) низкотемпературные реакции изотиоцианатов с амидами лития и калия и на их основе разработана принципиально новая общая стратегия однореакторной сборки пирролов [99, 102, 171–173], тиазолов [99, 273–278] и имидазолов [277–281].



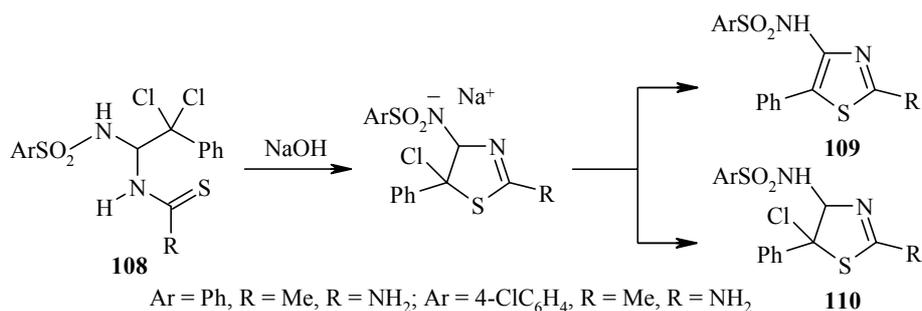
1:  $\text{MeOH}$ , затем  $\text{RX}$ ; 2:  $\text{R}_2\text{SO}_4$  или  $\text{RX}$ ; 3:  $\text{H}_2\text{O}$  или  $\text{KOH}/\text{H}_2\text{O}$ , или  $t\text{-BuOK}/\text{THF}$ , 15–40 °C; 4:  $\text{R}^1\text{X}$ ,  $\text{R}^1_2\text{SO}_4$ ;  $\text{R}$ ,  $\text{R}^1 = \text{Alk}$ ,  $\text{Bn}$ ;  $\text{X} = \text{I}$ ,  $\text{Br}$

Используя смеси гетерокумуленов, можно осуществлять управляемую каскадную сборку полифункционализированных тиазолов [99, 277].

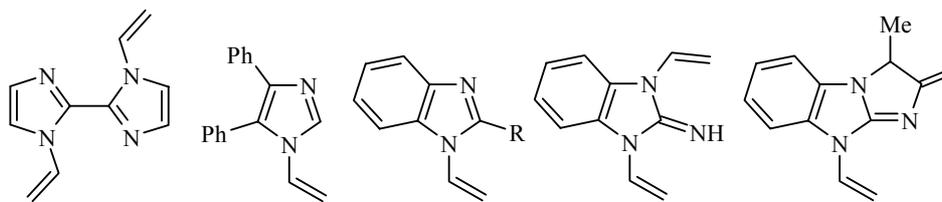


$\text{R} = \text{Alk}$ ,  $\text{Bn}$ ;  $\text{X} = \text{I}$ ,  $\text{Br}$

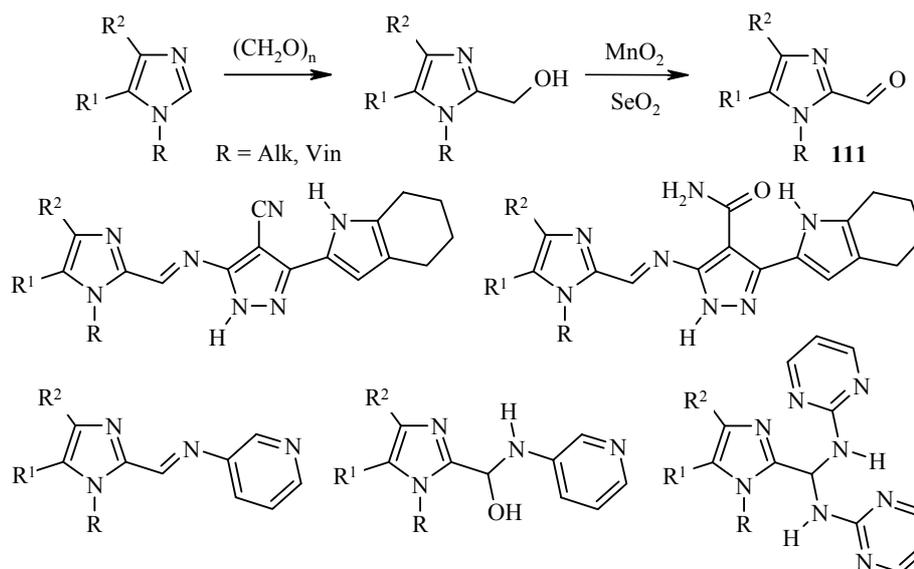
Обработка амидов аренсульфокислот **108** водной щелочью ведет к 1,3-тиазолам **109** или 4,5-дигидро-1,3-тиазолам **110** [282].



В результате систематических исследований в области химии моно-, ди- и триазольных систем (Г. Г. Скворцова, Е. С. Домнина, Л. В. Байкалова и колл.) разработаны методы синтеза разнообразных N-винylimидазолов и их производных, а также получена важная информация об их электронном и пространственном строении [178–181, 283–290]. Синтезированы и изучены широкие ряды комплексов 1-винил-, 1-изопропенил- и 1-алленилазолов с солями металлов I, II, IV, VII, VIII групп и HCl [178, 179, 286, 290], среди которых обнаружены физиологически активные вещества, нашедшие применение в медицине.

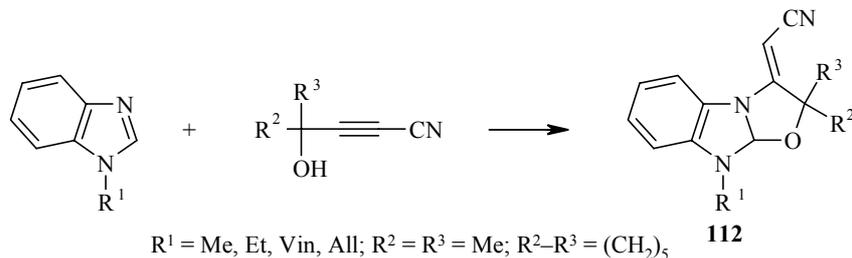


Найдены подходы к синтезу имидазол-2-карбальдегидов **111** [284–286], на основе которых получены разнообразные гетарилазометины и -аминали [286–290], в том числе показанные ниже.

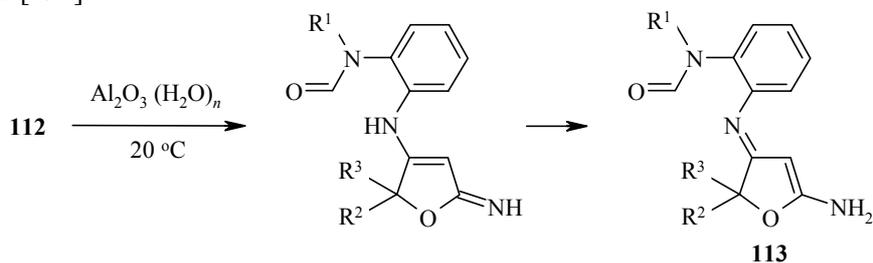


Аннелирование N-замещенных бензимидазолов с нитрилами  $\alpha,\beta$ -ацети-

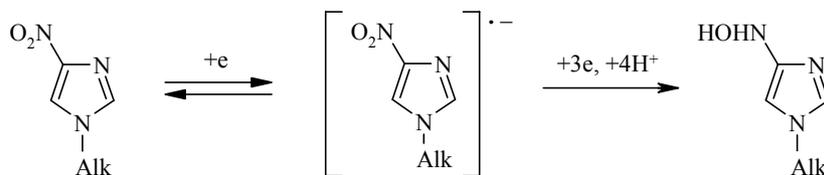
леновых  $\gamma$ -гидроксикислот ведет к оксазоло[3,2-*a*]бензимидазолам **112** (Б. А. Трофимов, Л. В. Андриянкова, А. Г. Малькина и колл.) [291].



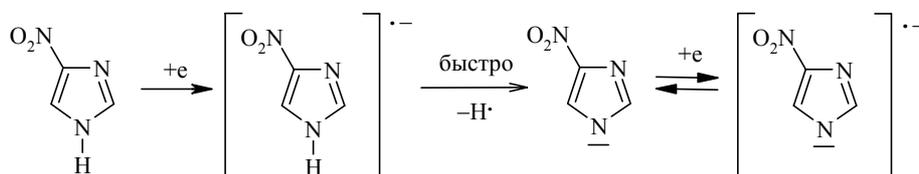
На нейтральном  $\text{Al}_2\text{O}_3$  продукты аннелирования подвергаются гидролитической перегруппировке с образованием 4,5-дигидро-2-фуранаминов **113** [291].



Методами ЭПР и полярографии впервые систематически исследованы (Т. И. Вакульская, В. А. Лопырев и колл.) широкие ряды нитроазолов, изучены механизмы их электрохимического восстановления, а также строение и свойства промежуточных ион-радикалов [292–298]. В отличие от NH-нитроазолов, процесс переноса первого электрона для N-алкилнитроазолов является обратимым, причем последние на первой стадии восстановления образуют устойчивые первичные анион-радикалы, претерпевающие дальнейшее восстановление до гидроксиаминопроизводных.

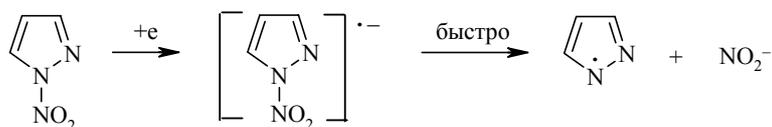


NH-Нитроазолы образуют устойчивые дианион-радикалы на второй стадии восстановления, что соответствует потере водорода, связанного с атомом азота гетероцикла.

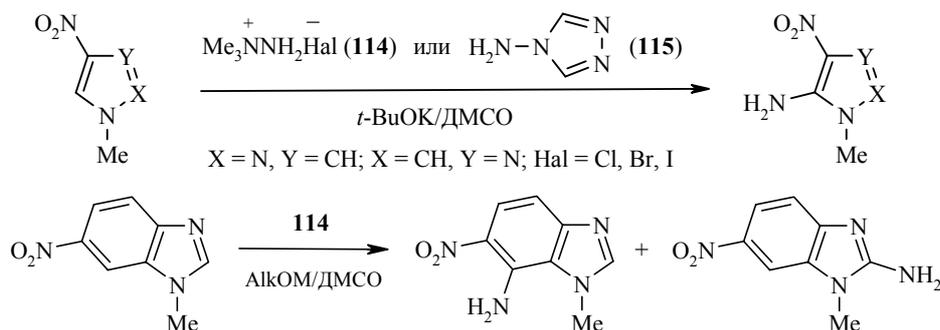


Наличие в азолах связи  $\text{N}-\text{NO}_2$  сильно облегчает процесс их электрохимического восстановления. Показано, что первая волна на полярограмме N-нитропиразола соответствует одноэлектронному необра-

тимому переносу, а вторая, имеющая глубокий спад перед разрядом фона, соответствует восстановлению аниона  $\text{NO}_2^-$ .



В. А. Лопырев, Г. В. Долгушин и сотр. впервые применили реакцию викариозного нуклеофильного замещения водорода для С-аминирования N-метилнитроазолов 1,1,1-триметилгидразиний галогенидами **114** или 4Н-1,2,4-триазол-4-амином **115** в сверхосновных средах [299–306].

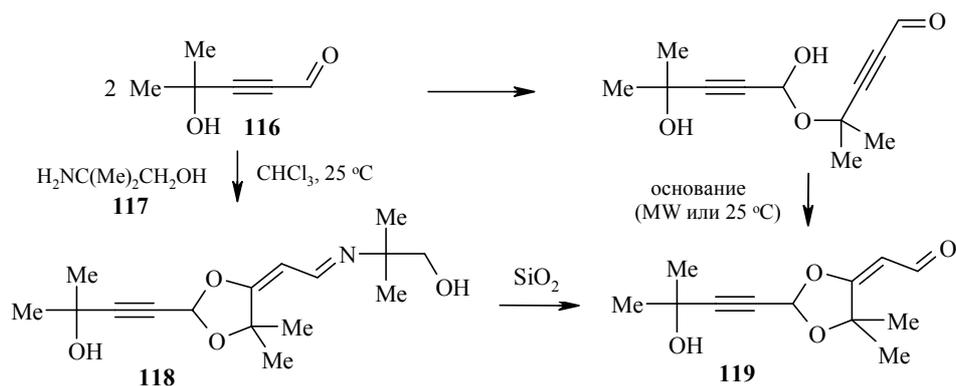


Для доказательства строения продуктов реакции успешно применялся метод спектроскопии ЯМР  $^{15}\text{N}$  [299–303, 307, 308]. Методами мультядерной и динамической спектроскопии ЯМР ( $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$ ,  $^{15}\text{N}$ ,  $^{29}\text{Si}$ ) и квантовой химии установлены (Л. И. Ларина, В. А. Лопырев, В. А. Шагун и колл.) как особенности строения и таутомерных превращений широкого круга замещенных азолов, так и структура продуктов на их основе [307–311].

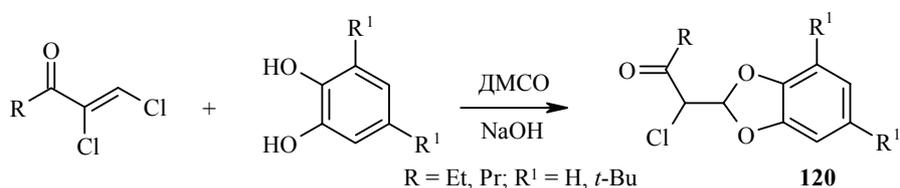
### 3.2. Диоксоланы, дитиоланы

Различным аспектам химии циклических ацеталей и кеталей гликолей и глицерина посвящен большой цикл работ, выполненных под руководством А. С. Атавина и Б. А. Трофимова [4–7, 10, 312–324]. Были разработаны удобные методы синтеза циклических ацеталей [4–6, 312, 313], а также их разнообразных функциональных производных, включая виниловые [312–315], пропаргиловые, аллениловые и глицидиловые эфиры, которые использованы в дальнейших синтезах в качестве якорных 1,3-диоксоланов [316–322].

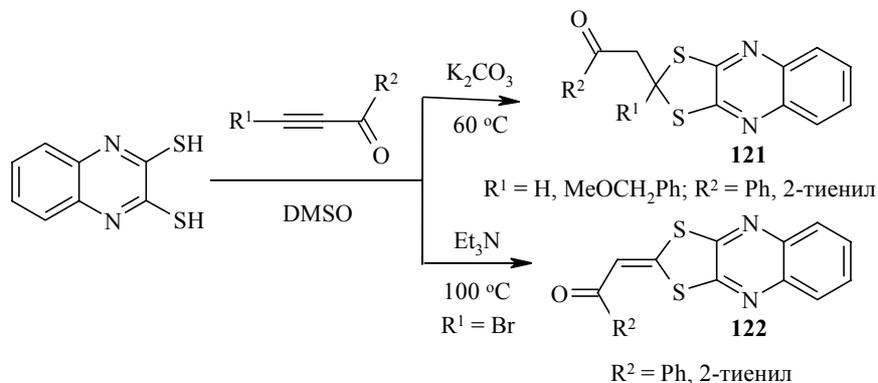
Реакция пропиналя **116** с 2-амино-1-пропанолом **117** приводит к 1,3-диоксолану **118**, который при хроматографировании на  $\text{SiO}_2$  трансформируется в (1,3-диоксолан-4-илиден)ацетальдегид **119** [325]. Этот же продукт получен (И. А. Новокшопова, А. С. Медведева) димеризацией пропиналя **116**.



Кроме получения пиразолов, алкил-1,2-дихлорвинилкетоны использованы также (А. Н. Мирскова, Г. Г. Левковская и сотр.) в синтезе хлорзамещенных кетонов диоксоланового ряда **120** [271].

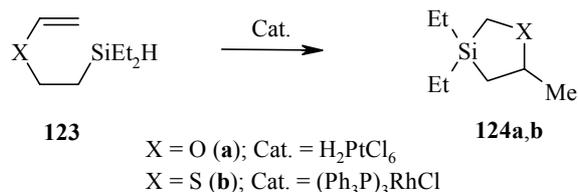


Из  $\alpha$ -ацетиленовых кетонов и 2,3-хиноксалиндитиола синтезированы (А. С. Нахманович, Г. Г. Скворцова и сотр.) производные [1,3]-дитиоло[4,5-*b*]хиноксалина **121** и **122** [326].

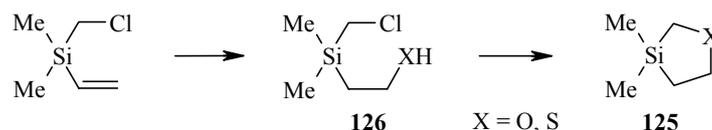


### 3.3. Окса- и тиасилоланы, селенасила- и теллурасилафульвены

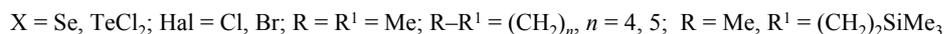
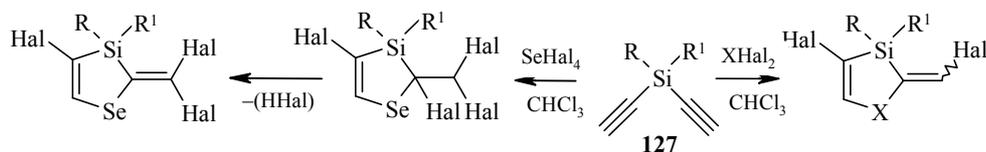
М. Г. Воронковым и С. В. Кирпиченко показано, что  $\beta$ -моноаддукты **123**, полученные гидросилилированием дивинилового эфира или дивинилсульфида, подвергаются каталитической внутримолекулярной циклизации, превращаясь в пятичленные 1,3-Si,O- (**124a**) или 1,3-Si,S-гетероциклы **124b** соответственно [327, 328].



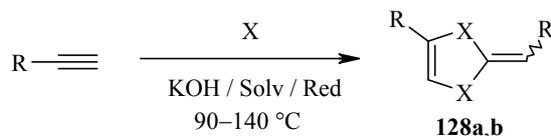
Эффективным способом получения аналогичных незамещенных гетероциклов **125** является внутримолекулярная нуклеофильная циклизация дикарбофункциональных силианов **126** [329, 330].



Исходя из диэтинилсилианов **127** и галогенидов селена и теллура, В. А. Потаповым, С. В. Амосовой, О. Г. Ярошем и колл. разработаны синтетические подходы к 2,3-дигидро-1,3-селенасилолам, 1,4-селенасилам и 1,4-теллурасилафульвенам [331–335].

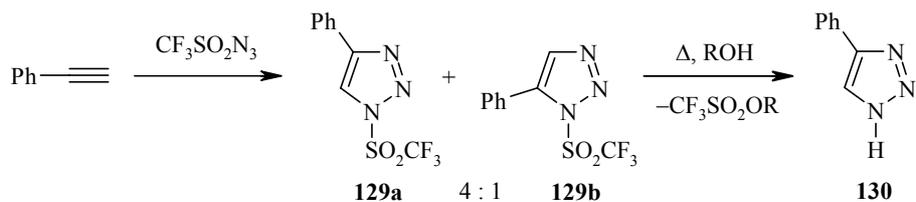


Генерируемые из ацетиленид-анионов и элементарного селена этинселенолат-анионы [336–343] в присутствии воды подвергаются димеризации с образованием 1,4-диселенафульвенов **128a** [336]. Реакция элементарного теллура с фенилацетиленом в системе KOH/ГМФА/SnCl<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O приводит к 1,4-дителлурафульвену **128b** (R = Ph), тогда как с ацетиленом образуются либо 1,4-дителлурафульвены (SnCl<sub>2</sub>), либо 1,4-дителлурины (N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O) [337].

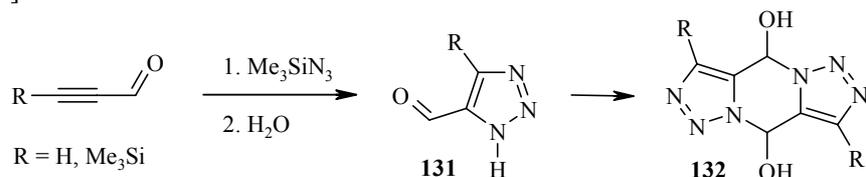


### 3.4. Триазолы, тиadiaзолы

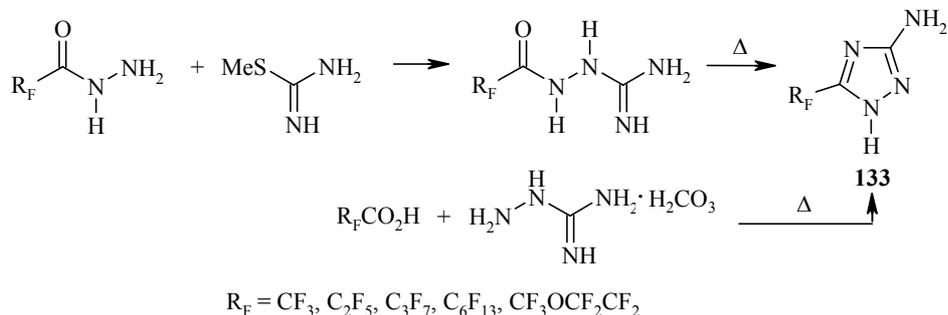
1,3-Циклоприсоединение трифторметансульфонилзида к фенилацетилену, приводящее к изомерным 1-трифторметансульфонил-4(5)-фенил-1H-1,2,3-триазолам **129** (Б. А. Шаинян, В. И. Мещеряков), может служить удобным способом получения N-замещенного 1H-1,2,3-триазола **130**, благодаря легкому отщеплению высоконуклеофугной группы CF<sub>3</sub>SO<sub>2</sub> [344].



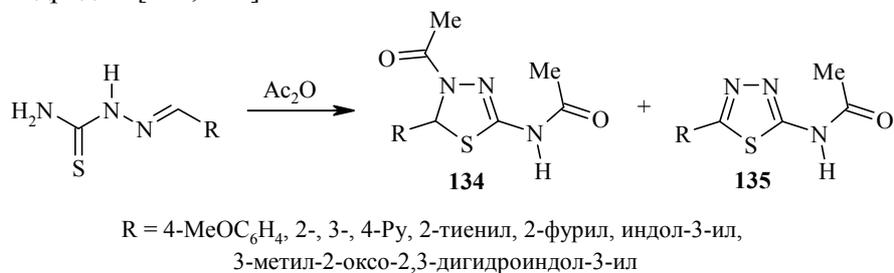
1,3-Диполярным циклоприсоединением триметилсилилазида к пропинам получены (А. С. Медведева и сотр.) N-незамещенные 1H-1,2,3-триазол-5-карбальдегиды **131**, которые при повышении полярности среды и температуры димеризуются в трициклические бис(гемиаминали) **132** [345].



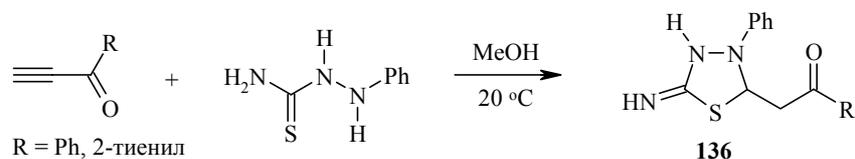
В. А. Лопыревым и колл. осуществлен направленный синтез функционально замещенных 1,2,4-триазолов, изучены их кислотно-основные свойства и синтетический потенциал [346–356]. Разработаны методы синтеза различных производных амино- и диамино-1,2,4-триазолов, в том числе фторзамещенных 1H-1,2,4-триазол-3-аминов **133** [346, 354].



Синтезированы и исследованы полифторалкил-1,3,4-оксадиазолы, представляющие большой практический интерес [346, 355–358]. N-(4,5-Дигидро-1,3,4-тиадиазол-2-ил)- и N-(1,3,4-тиадиазол-2-ил)ацетамиды **134** и **135** получены при ацетилировании тиосемикарбазонов уксусным ангидридом [308, 359].

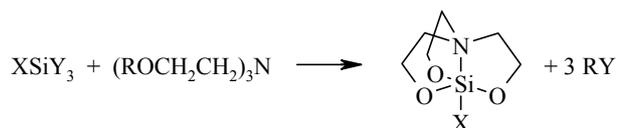


А. С. Нахманович и Т. Е. Глотова синтезировали 1,3,4-тиадиазолидины **136** реакцией  $\alpha$ -ацетиленовых кетонов с 1-фенилтиосемикарбазидом [360].



### 3.5. Силатраны

Благодаря многолетним фундаментальным исследованиям школы М. Г. Воронкова в области химии, физикохимии, биологии и фармакологии силатранов – внутрикмплексных трициклических кремниевых эфиров триэтанолamina, а также других соединений гипервалентного кремния, кремний стал основой новой отрасли науки – биокремний-органической химии [361–369]. За этот период были синтезированы и изучены сотни силатранов, получены новые теоретические данные, инициировавшие бурное развитие химии гипервалентного кремния [64, 308, 365, 369–372]. Широкое разнообразие способов получения силатранов [64, 361–364] в общем виде отображено на схеме.



X = органил, OR'; Y = OR<sup>1</sup>, F, Cl, H, NR<sub>2</sub>, OC(O)R<sup>2</sup>; R = H, SiMe<sub>3</sub>, SnMe<sub>3</sub>

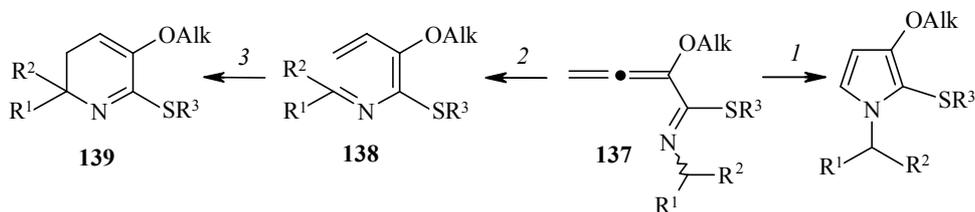
Синтезированы многочисленные производные и аналоги силатранов [364, 373]. Школе М. Г. Воронкова принадлежит также открытие внутрикмплексных органических соединений пентакоординированного германия – 1-органилгерматранов и изучение их физико-химических свойств и биологической активности [374].

## 4. Шести- и семичленные гетероциклы

### 4.1. Пиридины, хинолины

Низкотемпературные реакции металлоалкинов и -диенов с изотиоцианатами сделали доступными не только рассмотренные выше пирролы, тиофены и тиетаны, но и такие ценные азотсодержащие гетероциклы, как 2,3- и 1,2-дигидропиридины, пиридины, дигидропиридины и пиридин-тионы [99, 101, 130, 142, 375–392]. 1-Аза-1,3,4-триены **137**, образующиеся при взаимодействии литиированных алкоксиалленов с алифатическими изотиоцианатами, при нагревании в отсутствие катализатора (солей одновалентной меди) подвергаются двум конкурентным процессам – внутримолекулярной циклизации в пиррол и изомеризации (через сигматропный [1,5]-H сдвиг) в 2-аза-1,3,5-триены **138**, электроциклизация

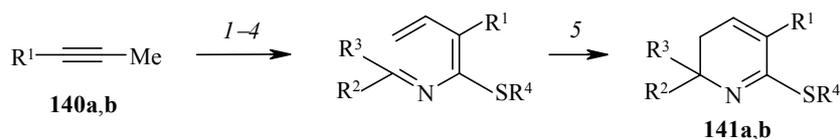
которых приводит к новому классу 5,6-дизамещенных 2,3-дигидропиридинов **139** [99, 130, 375–378]. Все стадии процесса – от литирования аллена до формирования гетероциклических структур ведут в одном реакторе, без выделения интермедиатов.



*1:*  $\Delta$ , 1,5-циклизация; *2:*  $\Delta$ , [1,5]-H сдвиг; *3:*  $\Delta$ , 6 $\pi$ -электроциклизация

$\text{R}^1, \text{R}^2 = \text{H, Alk}$ ;  $\text{R}^1 = \text{H, R}^2 = \text{Alk, VinOCH}_2, \text{MeO}$ ;  $\text{R}^1\text{-R}^2 = (\text{CH}_2)_n, n = 4, 5$ ;  $\text{R}^3 = \text{Alk}$

Единственными продуктами реакции карбанионов, генерируемых из 1-(алкилсульфанил)-1-пропинов **140a** и 2-алкинов **140b**, с алифатическими изотиоцианатами являются 5,6-ди(алкилсульфанил)- [379] и 5-алкил-6-(алкилсульфанил)-2,3-дигидропиридины [99, 377, 380] **141a** и **141b** соответственно.

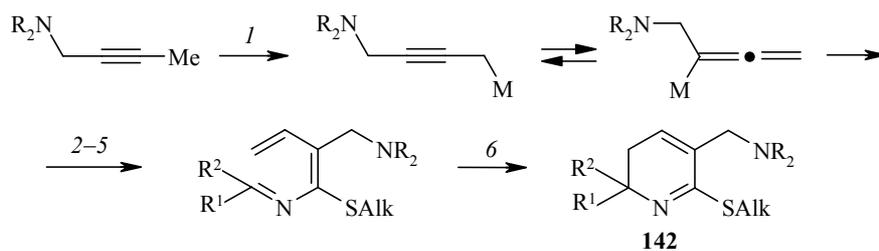


*1:* BuLi/ТГФ/ $\text{C}_6\text{H}_{14}$ ; *2:*  $\text{R}^2\text{R}^3\text{CHN}=\text{C}=\text{S}$ ; *3:*  $\text{R}^4\text{X}$ ; *4:* [1,5]-H сдвиг;

*5:*  $\Delta$ , 6 $\pi$ -электроциклизация;

$\text{R}^1 = \text{SAlk}$  (**a**),  $\text{Alk}$  (**b**);  $\text{R}^4 = \text{Alk}$ ;  $\text{R}^2, \text{R}^3 = \text{H, Alk}$ ;  $\text{R}^2\text{-R}^3 = (\text{CH}_2)_n, n = 4, 5$ ;  $\text{X} = \text{Br, I}$

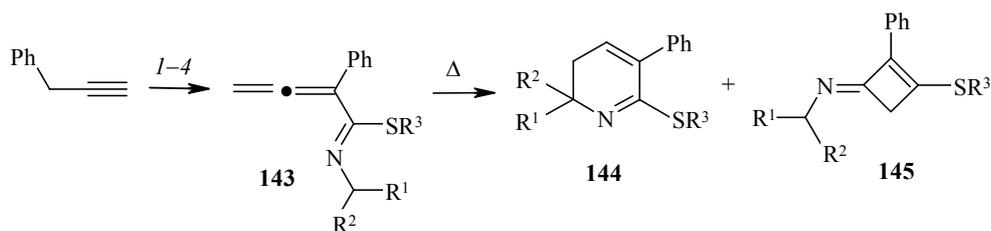
Новый класс 5-(N,N-диалкиламино)метил-2,3-дигидропиридинов **142** получен из изотиоцианатов и диэтил- и дипропиламино-2-бутинов [99, 14 2].



*1:* BuLi/*t*-BuOK/ТГФ/ $\text{C}_6\text{H}_{14}$ ; *2:* LiBr/ТГФ; *3:*  $\text{R}^1\text{R}^2\text{CHN}=\text{C}=\text{S}$ ; *4:* AlkI; *5:*  $\Delta$ , [1,5]-H сдвиг;

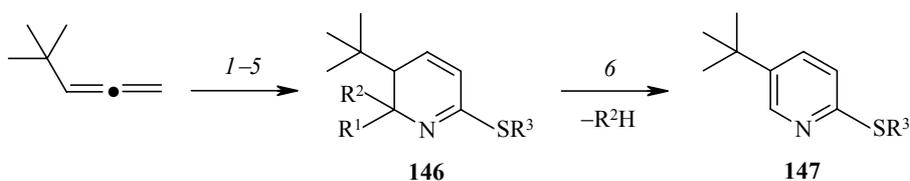
*6:* электроциклизация;  $\text{R} = \text{Et, Pr}$ ;  $\text{R}^1, \text{R}^2 = \text{H, Alk}$ ,  $\text{R}^1\text{-R}^2 = (\text{CH}_2)_5$ ;  $\text{M} = \text{K}/t\text{-BuOLi}$

Трансформация 1-аза-1,2,4-триенов **143**, генерируемых из 1,3-дилитио-пропаргилбензола и алкилизотиоцианатов, в 5-фенил-2,3-дигидропиридины **144** сопровождается необычной термической перегруппировкой в структурно изомерные иминоциклобутены **145** [381].



1: 2 BuLi/ТГФ/С<sub>6</sub>Н<sub>14</sub>; 2: R<sup>1</sup>R<sup>2</sup>CHN=C=S; 3: *t*-BuOH; 4: R<sup>3</sup>I

$\gamma$ -Литиированный *трет*-бутилаллен и изотиоцианаты оказались подходящими стартовыми соединениями для одnoreакторного синтеза *трет*-бутилзамещенных 2,3-дигидропиридинов **146** и пиридинов **147** [99, 382, 383].

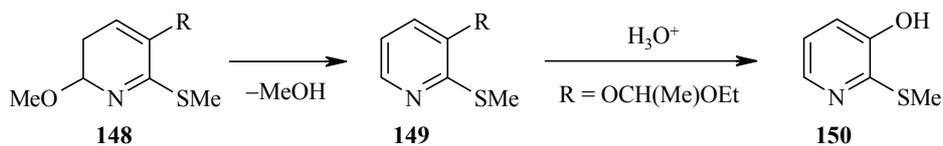


1: BuLi/ТГФ/С<sub>6</sub>Н<sub>14</sub>; 2: R<sup>1</sup>R<sup>2</sup>CHN=C=S; 3: R<sup>3</sup>X; 4: [1,5]-Н сдвиг;

5:  $\Delta$ , 6 $\pi$ -электроциклизация; 6: 200–220 °С, 10–15 мин

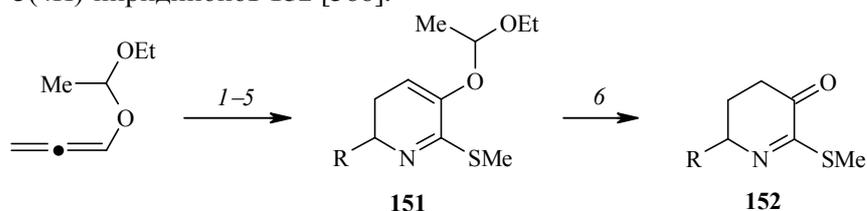
R<sup>1</sup> = H; R<sup>2</sup> = H, Alk, VinOCH<sub>2</sub>; R<sup>3</sup> = Me; R<sup>1</sup>-R<sup>2</sup> = (CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub>, n = 4, 5; X = Br, I

2,3-Дигидропиридины **148**, полученные из алленовых карбанионов и метоксиметилизотиоцианата, могут быть легко превращены в пиридины **149** путем термического или кислотного элиминирования метанола [384, 385]. Снятие ацетальной защиты с последних [когда R = OCH(Me)OEt] приводит к первому синтетическому аналогу природного 2-(метилсульфанил)-3-пиридинола **150** [386, 387].



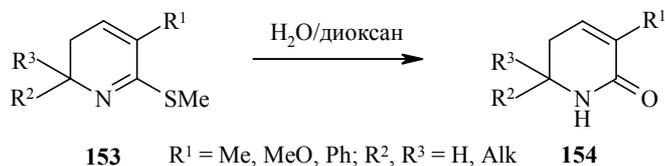
R = Me, OMe, SMe, OCH(Me)OEt

На основе карбо- и гетерокумуленовых предшественников найден простой путь синтеза ацеталей дигидропиридинового ряда **151** и 5,6-дигидро-3(4Н)-пиридинонов **152** [388].

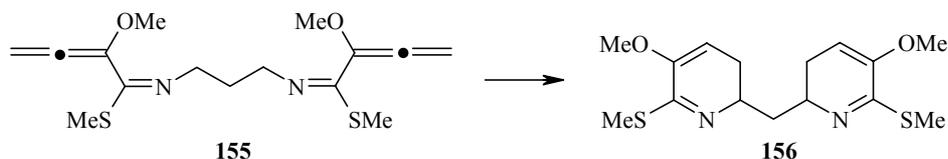


1: BuLi/ТГФ/С<sub>6</sub>Н<sub>14</sub>; 2: RCH<sub>2</sub>N=C=S; 3: MeI; 4:  $\Delta$ , [1,5]-Н сдвиг; 5:  $\Delta$ , циклизация; 6: H<sup>+</sup>/H<sub>2</sub>O

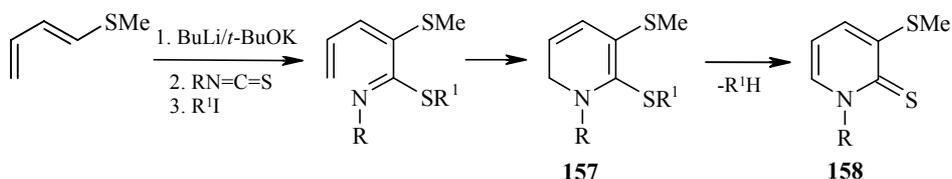
Открыта (Н. А. Недоля) необычная 1,2-гидратация эндоциклических 1-азиадиенов дигидропиридинового ряда **153**, обеспечивающая простой выход к 5,6-дигидро-2(1H)-пиридионам **154** [389].



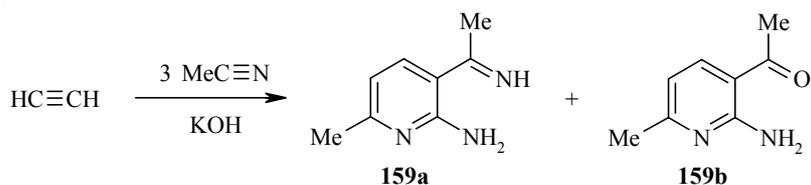
Нагревание бис(1-аза-1,3,4-триена) **155** (S-алкилированного диаддукта литирированного метоксиаллена и 1,3-диизотиоцианатопропана) приводит к бис(2,3-дигидропиридину) **156** [147].



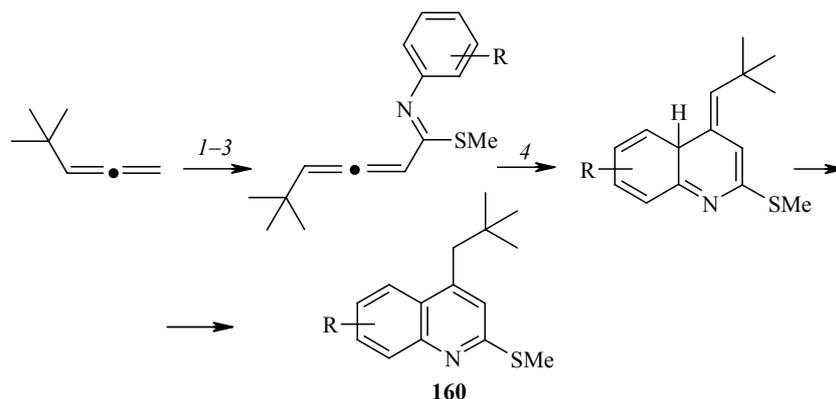
Реакция  $\alpha$ -металлированных (1E)-1-(алкилсульфанил)-1,3-бутадиенов с изотиоцианатами ведет к однореакторной сборке 1,2-дигидропиридинов **157** [99, 391], нагревание которых (180–200 °С, 10–15 мин) сопровождается необычным расщеплением связи S–R<sup>1</sup> с элиминированием алкана и приводит к 1,2-дигидро-2-пиридинтионам **158** [392].



Открыта (Б. А. Трофимов и колл.) реакция циклизации ацетилена с тремя молекулами ацетонитрила, приводящая к 2-аминопиридинам **159a,b** [393].

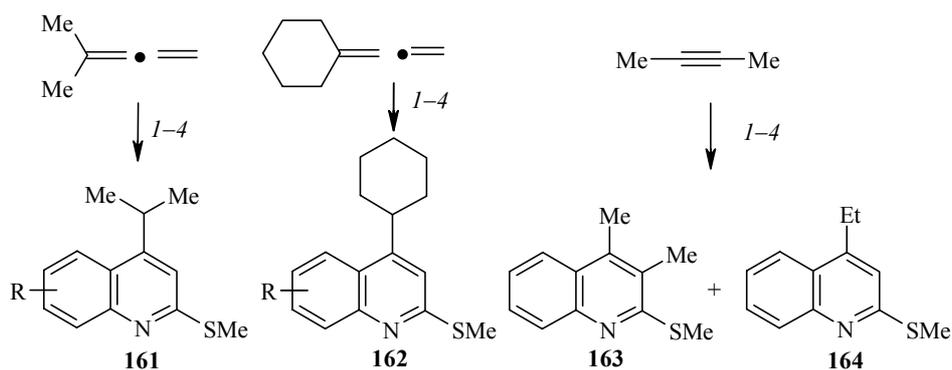


Найден и систематически развит (Н. А. Недоля и колл.) концептуально новый путь синтеза ди- и полизамещенных хинолиновых структур – реакцией литирированных алленов или алкинов с ароматическими изотиоцианатами или изоцианатами в одну препаративную стадию [99, 101, 381, 394–399]. Из  $\gamma$ -литоированного *трет*-бутилаллена и арилизоцианатов таким образом получены 2-(алкилсульфанил)-4-неопентил-хинолины **160** [99, 395].



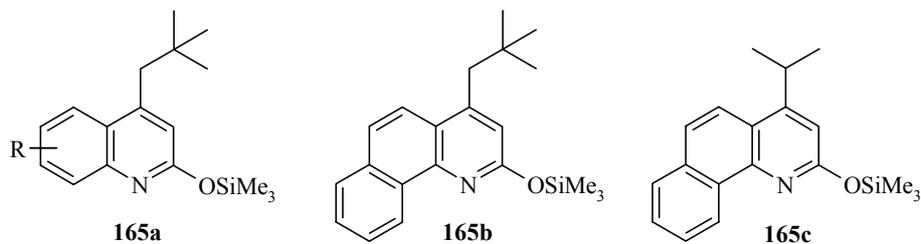
1: BuLi/TGΦ/C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>; 2: RC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>N=C=S; 3: MeI; 4: Δ, электроциклизация  
 R = H, 2-F, 3-F, 4-F, 4-Cl, 4-Br, 2-CF<sub>3</sub>, 3-CF<sub>3</sub>, 4-CF<sub>3</sub>, 2-MeO, 4-MeO, 4-Me<sub>2</sub>N, 4-Me

Аналогично синтезированы 4-изопропил- [396] и 4-циклогексил-хинолины [397] **161** и **162** (из 1,1-диметилаллена и этенилденциклогексана соответственно), тогда как из 2-бутина образуется смесь 3,4-диметил- (80%) и 4-этил- (20%) хинолинов **163** и **164**, что связано с участием в реакции с арилизоцианатом не только алленовых, но и ацетиленовых карбанионов [99, 398].

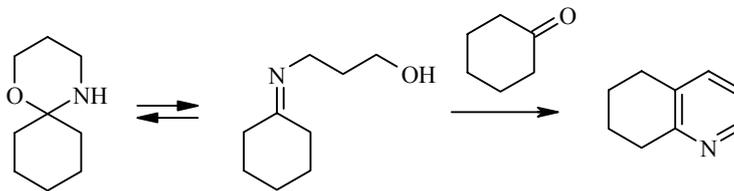


1: BuLi/TGΦ/C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>; 2: RC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>N=C=S; 3: MeI; 4: Δ, электроциклизация

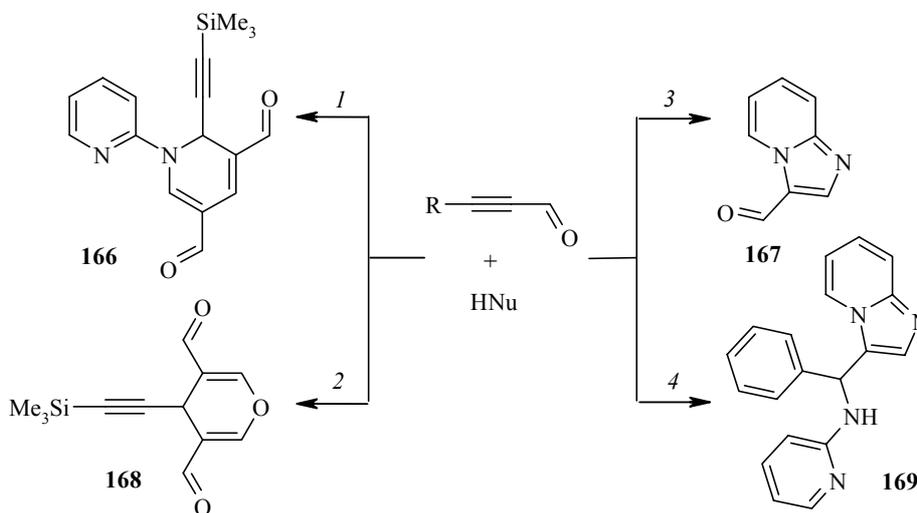
Введение в реакцию с литируемыми алленами ароматических изоцианатов сделало доступными 2-(триметилсилокси)хинолины **165a** и -бензо[*h*]хинолины **165b,c** [99, 399].



На примере 1-окса-5-азаспиро[5.5]ундекана показано (Б. Ф. Кухарев, В. К. Станкевич), что окисление незамещенных по атому азота 1,3-оксазианов карбонильными соединениями приводит к тетрагидрохинолинам [400].

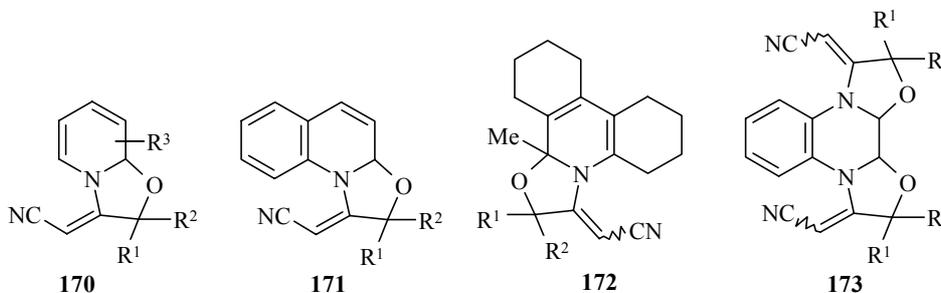


Открыты (А. С. Медведева и сотр.) [401–403] необычные процессы каскадной сборки полифункциональных азот- и кислородсодержащих гетероциклов – 2Н-1,2'-бипиридина **166**, имидазо[1,2-*a*]пиридина **167** и 4Н-пирана **168** [403] – из элементосодержащих пропиналей и 2-пиридинамина или воды. При кислотнo-катализируемом взаимодействии 2-пиридинамина с фенилпропиналем образуется имидазо[1,2-*a*]пиридин **169**.

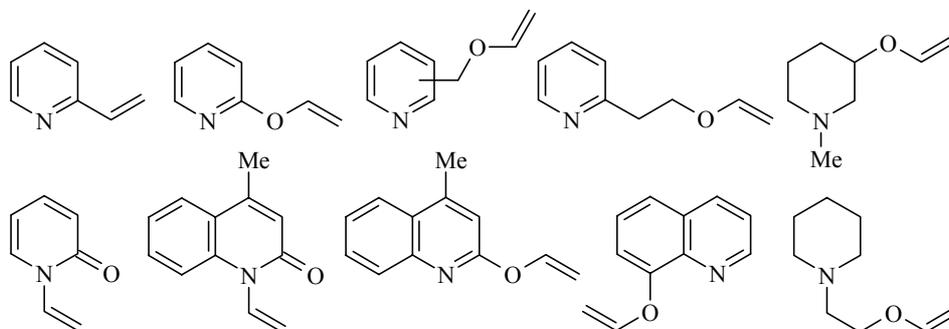


1: R = Me<sub>3</sub>Si, Nu = 2-H<sub>2</sub>NPy; 2: R = Me<sub>3</sub>Si, Nu = H<sub>2</sub>O; 3: R = Me<sub>3</sub>Si, Et<sub>3</sub>Ge, из RC≡CCH<sub>2</sub>OH, MnO<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub>; 4: R = Ph, Nu = 2-H<sub>2</sub>NPy

Гетероциклизацией нитрилов α,β-ацетиленовых γ-гидроксикислот с пиридином, хинолином, 6-метил-1,2,3,4,7,8,9,10-октагидрофенантридином и хиноксалином получены соответственно [1,3]оксазоло[3,2-*a*]пиридины **170** [404], [1,3]оксазоло[3,2-*a*]хинолины **171**, [1,3]оксазоло[3,2-*f*]фенантридины **172** и бис[1,3]оксазоло[2,3-*c*:3',2'-*a*]хиноксалины **173** [405–410].



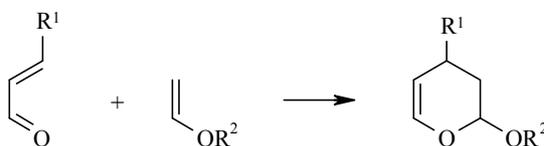
Пионерские исследования в области химии винильных производных шестичленных азагетероциклов – пиридинилалканолов, 8-хинолинола, 1-метил-3-пиперидинола, 2-(1-пиперидинил)этанол, 2(1H)-пиридинона и 4-метил-2(1H)-хинолинона выполнены Г. Г. Скворцовой и сотр. [178]. Прямым винилированием ацетиленом были синтезированы первые представители новых семейств С-, N- и O-винильных производных исследованных азагетероциклов и изучены их свойства.



Разнообразные гетероциклические соединения получены (Б. А. Трофимов, С. В. Амосова и сотр.) на основе дивинилсульфида – многопланового полупродукта современного органического синтеза [411–413]. На примере галогенсодержащих пиридинов и дивинилсульфида синтезирован ряд новых винилсульфанил(галогено)пиридинов [414–418], окислением которых избытком пероксида водорода получены соответствующие сульфонилпиридины [417, 418].

#### 4.2. Пираны, тиопираны

Конденсация  $\alpha,\beta$ -непредельных карбонильных соединений с виниловыми эфирами фенолов,  $\alpha,\beta$ -нафтолов [178, 419–421], спиртов пиперидинового, пиридинового и хинолинового рядов (Г. Г. Скворцова и сотр.) [178, 422], полифторалканолов (Н. А. Недоля, Л. Л. Дмитриева) [16, 423, 424], а также с моно- и дивиниловыми эфирами диолов (А. С. Атавин, В. И. Лавров, В. К. Станкевич) [36, 425–428] ведет к 3,4-дигидро-2H-пиранам, вовлечение которых в разнообразные реакции с участием заместителей или дигидропиранового цикла обеспечило выход к новым семействам функционализированных дигидро- [36, 427, 429–431] и тетрагидропиранов [178].

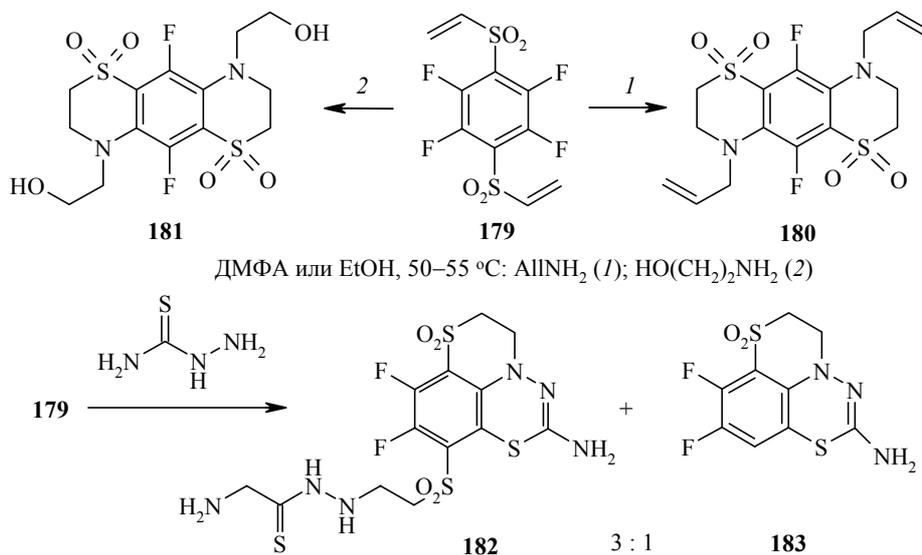


$R^1 = \text{H, Me, Ph}$ ;  $R^2 = \text{Ar, Het, (CH}_2)_n\text{OH, } n = 2-4, \text{CH}_2(\text{CF}_2\text{CF}_2)_n\text{H, } n = 1-3 \text{ и др.}$

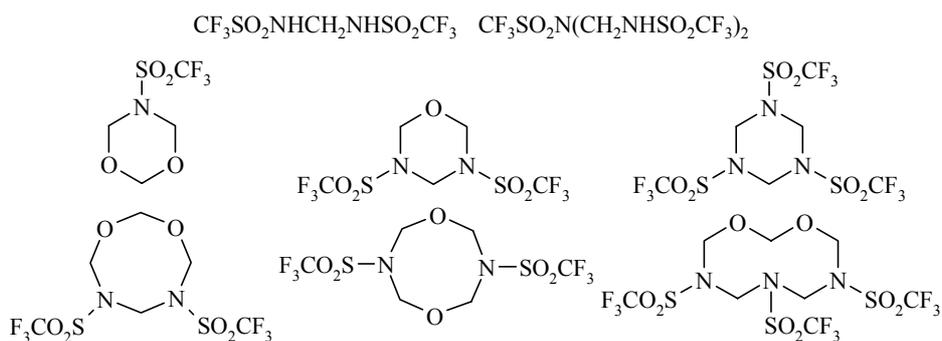
Открыта (Н. А. Недоля и колл.) реакция карбанионов, генерируемых *in situ* из 1,3-бутадиенов, с изотиоцианатами, ведущая к 2-имино-5,6-дигидро-2H-тиопиранам **174** [99, 101, 432, 433].



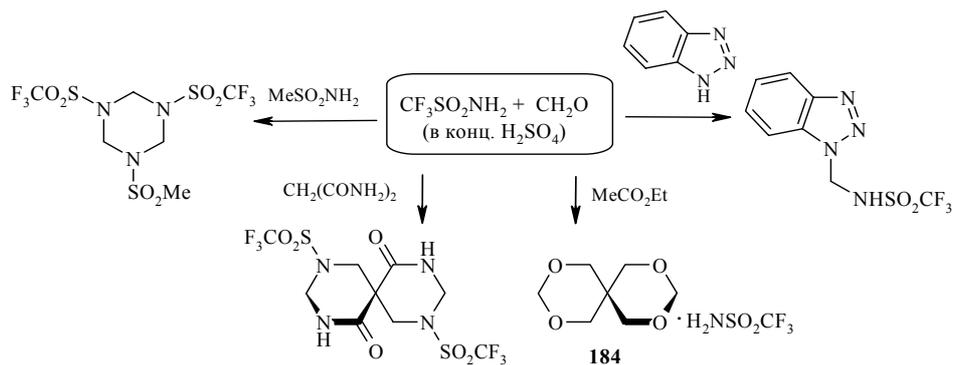
Реакция 3,6-бис(винилсульфонил)-1,2,4,5-тетрафторбензола **179** с аминами обеспечивает простой выход к [1,4]тиазино[2,3-*g*][1,4]-бензотиазин-1,1,6,6-тетраоксидам **180** [441] и **181** [442], а с тиосемикарбазидом – к [1,4]тиазино[2,3,4-*ij*][4,1,2]бензотиадиазин-7,7-диоксидам **182** и **183** (С. В. Амосова и сотр.) [443, 444].



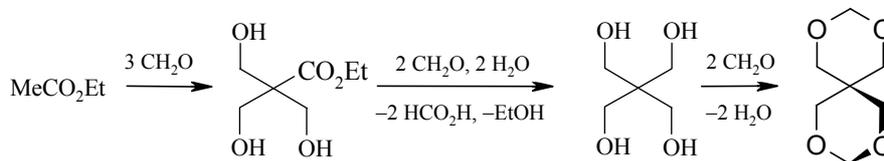
Взаимодействие трифламида с параформом в серной кислоте при разных температурах и соотношениях реагентов приводит к образованию целого ряда линейных и гетероциклических продуктов конденсации, представленных ниже (Б. А. Шаинян и сотр.) [445].



Трехкомпонентные реакции конденсации с участием параформа и трифламида также в ряде случаев приводят к продуктам гетероциклизации [446].



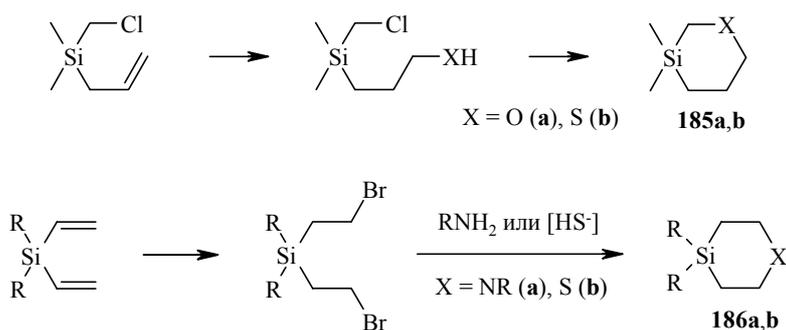
При проведении реакции в этилацетате неожиданно получен комплекс 2,4,8,10-тетраоксаспиро[5,5]ундекана с трифламидом **184** состава 1:1 [447]. Предложена схема реакции, подтвержденная образованием этого спироцикла при нагревании параформа с этилацетатом в  $H_2SO_4$ .



Обнаруженная реакция представляет собой первый пример восстановления группы  $CO_2R$  до  $CH_2OH$  под действием формальдегида.

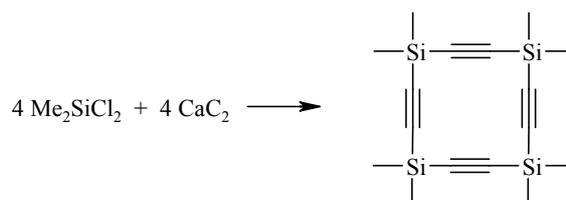
Для всех полученных гетероциклов изучено стереодинамическое поведение с помощью низкотемпературного мультядерного ЯМР, и показано наличие ротамеров с *экзо*- и *эндо*-ориентированной группой  $CF_3SO_2$  [448–450].

В этой же лаборатории аллилсиланы легко превращены в 1,3-окса- и 1,3-тиасилинаны **185a** и **185b** [451], а 1,4-аза- и 1,4-тиасилинаны **186a** и **187b** получены дигидробромированием дивинил(диорганил)силанов и последующей циклизацией при действии N- или S-нуклеофилов [452].

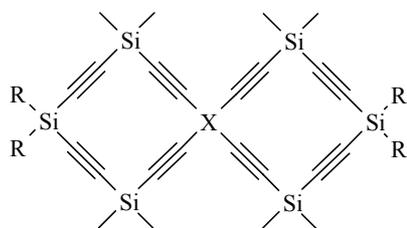
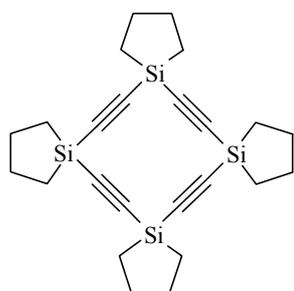


Электрофильная циклизация аминоалкилвинилсиланов ведет к 5-, 6- и 7-членным Si,N-содержащим гетероциклам **187** [453].

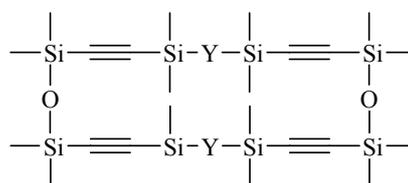




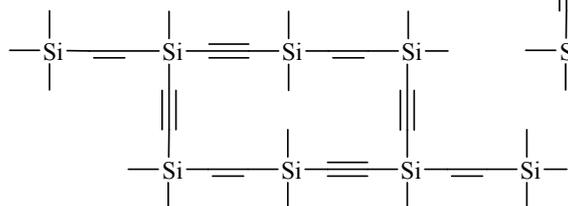
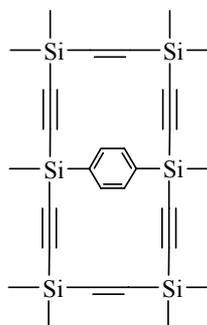
Позднее были получены гомологические ряды перметил-, метил-(алкил)-, метил(винил)-, метил(арил)циклосилэтинов  $(\text{R}_2\text{SiC}\equiv\text{C})_n$  ( $\text{R} = \text{Me}$ ,  $\text{Alk}$ , *cyclo*- $\text{Alk}$ ,  $\text{Vin}$ ,  $\text{Ar}$ ,  $n = 4-10$ ) [461, 462], а также макрогетероциклы, одновременно содержащие двойные и тройные связи, эндоциклические фрагменты  $(\text{CH}_2)_n$  ( $n = 1-4$ ) [463-466] и эндоциклические атомы кислорода [467, 468], конденсированные и спирановые би- и трициклические системы [458, 461, 466, 469, 470], отдельные представители которых показаны ниже.



$\text{X} = \text{Si}, \text{Ge}; \text{R} = \text{Me}, \text{Et}$



$\text{Y} = \text{C}\equiv\text{C}, (\text{E})\text{-CH=CH}$



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Иркутскому институту химии им. А. Е. Фаворского СО РАН 50 лет (Академическая химия Восточной Сибири)*, под ред. Б. А. Трофимова, М. Г. Воронкова, Изд-во СО РАН, Новосибирск, 2007.
2. *Иркутский институт химии. Организационная структура и научная деятельность*, под ред. Б. А. Трофимова, ИрИХ, Иркутск, 1997.
3. *Irkutsk Institute of Chemistry. Organizational Structure and Scientific Activities*, В. А. Trofimov (Ed.), IrICH, Irkutsk, 1998.
4. А. С. Атавин, *Исследование в области химии виниловых эфиров многоатомных спиртов и их ацеталей*, Дис. докт. хим. наук, Казань, 1966.
5. Б. А. Трофимов, *Исследование в области виниловых эфиров гликолей и циклических ацеталей*, Дис. канд. хим. наук, Иркутск, 1965.
6. Б. А. Трофимов, *Исследование в области ненасыщенных эфиров*, Дис. докт. хим. наук, Ленинград, 1970.
7. Б. А. Трофимов, *Гетероатомные производные ацетилена. Новые полифункциональные мономеры, реагенты и полупродукты*, Наука, Москва, 1981.
8. А. С. Атавин, Е. П. Вялых, Б. А. Трофимов, А. с. СССР 196771; *Б. И.*, № 12, 23 (1967).
9. М. Ф. Шостаковский, А. С. Атавин, Е. П. Вялых, Б. А. Трофимов, А. Ф. Татарина, *ЖОрХ*, **3**, 1972 (1967).
10. Е. П. Вялых, *Новые пути синтеза непредельных и циклических эфиров полиолов*, Дис. канд. хим. наук, Иркутск, 1968.
11. Б. А. Трофимов, Е. П. Вялых, В. В. Круглов, С. Н. Истомина, С. М. Максимов, Р. Д. Якубов, В. И. Григоренко, Н. А. Недоля, Л. Я. Раппопорт, Г. Н. Петров, М. Г. Воронков, А. с. СССР 602501; *Б. И.*, № 14, 84 (1978).
12. Б. А. Трофимов, В. К. Станкевич, Л. Е. Белозеров, Б. Ф. Кухарев, Г. Р. Клименко, Н. А. Недоля, В. И. Харитонов, А. Д. Попов, О. В. Тюньков, Ю. А. Мощенко, А. с. СССР 1129208; *Б. И.*, № 46, 75 (1984).
13. Л. Е. Белозеров, *Винилоксиэтиловый эфир глицидола и новые продукты на его основе*, Дис. канд. хим. наук, Иркутск, 1992.
14. Н. А. Недоля, *Исследование электрофильного присоединения спиртов и карбоновых кислот к виниловым эфирам*, Дис. канд. хим. наук, Иркутск, 1982.
15. Н. А. Недоля, *Глицидиловые эфирацетали полиолов: новый класс эпоксидных смол*, Дис. докт. хим. наук, Иркутск, 1998.
16. М. Я. Хилько, *Новые функционально замещенные виниловые эфиры*, Дис. канд. хим. наук, Иркутск, 1986.
17. Н. А. Недоля, М. Я. Хилько, Б. А. Трофимов, *ЖОрХ*, **32**, 486 (1986).
18. Н. А. Недоля, Т. Н. Рахматулина, *Журн. прикл. химии*, 2596 (1986).
19. Н. А. Недоля, Т. Н. Рахматулина, А. В. Афонин, О. П. Гаврилова, Л. Я. Раппопорт, *ЖОрХ*, **21**, 2616 (1985).
20. Н. А. Недоля, Т. Н. Рахматулина, В. И. Дымченко, Л. Я. Раппопорт, О. П. Гаврилова, *ЖОрХ*, **24**, 1382 (1988).
21. О. Н. Вылегжанин, *Исследование кинетики и механизма электрофильного присоединения спиртов к простым виниловым эфирам*, Дис. канд. хим. наук, Иркутск, 1971.
22. Н. А. Недоля, Б. А. Трофимов, *ЖФХ*, **51**, 345 (1977).
23. Н. А. Недоля, Б. А. Трофимов, *Сб. Реакцион. способн. орг. соедин. (Тарту)*, **15**, 505 (1978).
24. Н. А. Недоля, В. А. Баранский, Б. А. Трофимов, *ЖОрХ*, **31**, 321 (1995).
25. Н. А. Недоля, В. А. Баранский, Б. А. Трофимов, *ЖОрХ*, **31**, 325 (1995).
26. В. А. Trofimov, N. A. Nedolya, *Rev. Heteroatom Chem.* **9**, 205 (1993).

27. Б. А. Трофимов, Н. А. Недоля, М. Я. Хилько, Е. П. Вялых, Г. С. Миронов, Ю. А. Москвичев, А. с. СССР 751811; *Б. И.*, № 28, 101 (1980).
28. Б. А. Трофимов, Н. А. Недоля, Е. П. Вялых, О. Л. Фиговский, А. с. СССР 761490; *Б. И.*, № 33, 125 (1980).
29. О. П. Гаврилова, Л. И. Маркелова, Н. А. Недоля, Н. А. Никитина, Х. Х. Нурксе, Г. Н. Петров, Э. Э. Райдмаа, Л. Я. Раппопорт, И. И. Тростянская, Б. А. Трофимов, О. Л. Фиговский, В. А. Цитохцев, А. с. СССР 767104; *Б. И.*, № 36, 119 (1980).
30. Б. А. Трофимов, Н. А. Недоля, М. Я. Хилько, В. К. Станкевич, Л. Е. Белозеров, Е. П. Вялых, А. с. СССР 1074881; *Б. И.*, № 7, 89 (1984).
31. Н. А. Недоля, Б. А. Трофимов, *ЖОрХ*, **21**, 271 (1985).
32. Н. А. Недоля, Б. А. Трофимов, *ЖОрХ*, **21**, 750 (1985).
33. С.-W. Chiu, W.-T. Cheng, Y.-P. Wang, J.-J. Lin, *Ind. Eng. Chem. Res.*, **46**, 7384 (2007).
34. E. Bekyarova, E. T. Thostenson, A. Yu, M. E. Itkis, D. Fakhrutdinov, T.-W. Chou, R. C. Haddon, *J. Phys. Chem. C*, **111**, 17865 (2007).
35. Y. Shimazaki, Y. Miyazaki, Y. Takezawa, M. Nogi, K. Abe, S. Ifuku, H. Yano, *Biomacromolecules*, **8**, 2976 (2007).
36. В. К. Станкевич, *Новые дигидропираны и другие ацетальные производные на основе виниловых эфиров диолов*, Дис. канд. хим. наук, Иркутск, 1977.
37. Б. А. Трофимов, Н. А. Недоля, М. Я. Хилько, Е. П. Вялых, Л. Я. Раппопорт, Г. Н. Петров, Е. М. Бляхман, А. с. СССР 659569; *Б. И.*, № 16, 116 (1979).
38. Б. А. Трофимов, Н. А. Недоля, М. Я. Хилько, Е. П. Вялых, В. А. Лопырев, А. с. СССР 729173; *Б. И.*, № 15, 90 (1980).
39. Б. А. Трофимов, М. Я. Хилько, Н. А. Недоля, Е. П. Вялых, А. с. СССР 767116; *Б. И.*, № 36, 122 (1980).
40. Б. А. Трофимов, М. Я. Хилько, Н. А. Недоля, Е. П. Вялых, *ЖОрХ*, **17**, 1174 (1981).
41. М. Я. Хилько, Н. А. Недоля, Е. П. Вялых, В. К. Воронов, Б. А. Трофимов, *ЖОрХ*, **18**, 2494 (1982).
42. Б. А. Трофимов, М. Я. Хилько, Н. А. Недоля, М. В. Сигалов, *ЖОрХ*, **21**, 2011 (1985).
43. Н. А. Недоля, В. И. Комелькова, М. Л. Альперт, Б. А. Трофимов, *ЖОрХ*, **22**, 479 (1986).
44. В. А. Trofimov, N. A. Nedolya, V. I. Komel'kova, *J. Sulfur Chem. (Sulfur Lett.)*, **4**, 139 (1986).
45. Н. А. Недоля, Р. Н. Кудякова, Б. А. Трофимов, *ЖОрХ*, **22**, 1153 (1986).
46. Н. А. Недоля, В. П. Зиновьева, Б. А. Трофимов, *ЖОрХ*, **25**, 275 (1989).
47. Г. Н. Легов, П. В. Арбузов, В. И. Рахлин, Н. А. Недоля, В. И. Комелькова, *ЖОрХ*, **30**, 784 (1994).
48. N. A. Nedolya, B. A. Trofimov, *J. Sulfur Chem. (Sulfur Reports)*, **15**, 339 (1994).
49. Н. А. Недоля, В. П. Зиновьева, *ЖОрХ*, **30**, 1163 (1994).
50. Н. А. Недоля, В. П. Зиновьева, В. И. Комелькова, Б. А. Трофимов, *ЖОрХ*, **30**, 1173 (1994).
51. П. М. Горбовой, Г. Я. Загричук, В. С. Барановский, Н. А. Недоля, Б. Д. Гришук, *ЖОрХ*, **70**, 1872 (2000).
52. Б. А. Трофимов, Н. А. Недоля, М. Я. Хилько, Е. П. Вялых, А. В. Калабина, В. М. Бжезовский, Д. Б. Богуславский, Х. Н. Бородушкина, Е. П. Чуханина, В. И. Григоренко, М. К. Жумабеков, Л. Я. Раппопорт, А. с. СССР 988807; *Б. И.*, № 2, 102 (1983).
53. Н. А. Недоля, В. И. Комелькова, Б. А. Трофимов, *ЖОрХ*, **21**, 1173 (1985).
54. Б. А. Трофимов, Н. А. Недоля, В. И. Комелькова, М. Я. Хилько, *Журн. прикл. химии*, **59**, 2382 (1986).
55. Н. А. Недоля, М. Я. Хилько, Б. А. Трофимов, *Журн. прикл. химии*, **60**, 585

- (1987).
56. Н. А. Недоля, М. Я. Хилько, А. И. Михалева, Б. А. Трофимов, *ЖОрХ*, **23**, 1426 (1987).
57. В. А. Trofimov, N. A. Nedolya, V. I. Komel'kova, *Z. Chem.*, **27**, 24 (1987).
58. Н. А. Недоля, В. И. Комелькова, Б. А. Трофимов, *ЖОрХ*, **24**, 286 (1988).
59. Н. А. Недоля, В. П. Зиновьева, Н. И. Шляхтина, А. И. Албанов, Л. Брандсма, *ХГС*, 1605 (2002). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **38**, 1419 (2002)].
60. Л. П. Никитина, Л. Л. Дмитриева, А. И. Албанов, Н. А. Недоля, Л. Брандсма, *ЖОрХ*, **39**, 1459 (2003).
61. Л. Л. Дмитриева, Л. П. Никитина, А. И. Албанов, Н. А. Недоля, *ЖОрХ*, **41**, 1462 (2005).
62. Л. Л. Дмитриева, Л. П. Никитина, А. И. Албанов, Н. А. Недоля, *ЖОрХ*, **41**, 1617 (2005).
63. Н. А. Недоля, М. Г. Воронков, В. П. Зиновьева, В. И. Дымченко, Э. И. Косицына, Б. А. Трофимов, *ЖОрХ*, **25**, 2083 (1989).
64. М. Г. Воронков, Н. Ф. Лазарева, В. П. Барышок, В. И. Дымченко, Н. А. Недоля, *Изв. АН СССР, Сер. хим.*, 740 (1989).
65. Н. А. Недоля, В. И. Комелькова, Б. А. Трофимов, *ЖОрХ*, **25**, 280 (1989).
66. Н. А. Недоля, В. И. Комелькова, *ЖОрХ*, **25**, 2273 (1989).
67. Н. А. Недоля, В. И. Комелькова, Т. И. Кочнева, *ЖОрХ*, **29**, 1965 (1993).
68. Н. А. Недоля, В. И. Комелькова, Т. И. Кочнева, *ЖОрХ*, **30**, 554 (1994).
69. Н. А. Недоля, Т. Ф. Татарова, Е. П. Вялых, Б. А. Трофимов, *ЖОрХ*, **24**, 1623 (1988).
70. Н. А. Недоля, Т. Ф. Татарова, Б. А. Трофимов, *ЖОрХ*, **31**, 1698 (1995).
71. Н. А. Недоля, Т. Ф. Татарова, Б. А. Трофимов, *ЖОрХ*, **25**, 721 (1989).
72. Н. А. Недоля, В. П. Зиновьева, Т. Ф. Татарова, Б. А. Трофимов, *ЖОрХ*, **25**, 2271 (1989).
73. Н. А. Недоля, В. П. Зиновьева, *ЖОрХ*, **30**, 562 (1994).
74. Ф. Э. Калинина, Л. Д. Раднаева, Д. М. Могнонов, В. А. Васнев, Н. А. Недоля, Б. А. Трофимов, *ВМС, Серия Б*, **46**, 1116 (2004).
75. Д. М. Могнонов, Л. Д. Раднаева, Б. А. Трофимов, Н. А. Недоля, Г. Д. Конюкова, В. В. Юнников, В. Ж. Цыреннимаев, Б. В. Ерж, Г. И. Головач, А. А. Изынеев, Пат. РФ 1778116; *Б. И.*, № 44, 62 (1992).
76. L. Brandsma, A. L. Spek, В. А. Trofimov, O. A. Tarasova, N. A. Nedolya, A. V. Afonin, S. V. Zinchenko, *Tetrahedron Lett.*, **42**, 4687 (2001).
77. О. А. Тарасова, Л. Брандсма, Н. А. Недоля, А. В. Афонин, И. А. Ушаков, Л. В. Клыба, *ЖОрХ*, **39**, 1521 (2003).
78. О. А. Тарасова, Л. Брандсма, Н. А. Недоля, А. И. Албанов, Л. В. Клыба, Б. А. Трофимов, *ЖОрХ*, **40**, 787 (2004).
79. О. А. Тарасова, Л. Брандсма, Н. А. Недоля, Г. В. Дмитриева, в кн.: *Тез. Межд. конфер. химии гетероцикл. соедин., посвященной 90-летию со дня рождения проф. А. Н. Коста*, Москва, 2005, с. 316.
80. Н. И. Процук, *Исследование реакций  $\alpha$ -ацетиленовых кетонов с 2,4-дитио-биуретами и 3-гуанил-2-тиомочевинной в условиях электрофильного содействия*, Дис. канд. хим. наук, Иркутск, 2004.
81. Т. Е. Glotova, G. V. Dolgushin, A. I. Albanov, M. Yu. Dvorko, N. I. Protsuk, *J. Sulfur Chem.*, **26**, 359 (2005).
82. М. Ю. Дворко, *Ацилацетилены: реакции с N,S-полидентными и P-центрированными нуклеофилами*, Дис. канд. хим. наук, Иркутск, 2008.
83. S. V. Amosova, V. N. Elokhina, A. S. Nakhmanovich, L. I. Larina, A. V. Martynov, В. R. Steele, V. A. Potapov, *Tetrahedron Lett.*, **49**, 974 (2008).
84. М. Г. Воронков, Е. Н. Сулова, С. В. Кирпиченко, В. В. Кейко, А. И. Албанов, В. А. Пестунович, *ЖОХ*, **50**, 2387 (1980).

85. M. G. Voronkov, S. V. Kirpichenko, E. N. Suslova, V. V. Keiko, *J. Organomet. Chem.*, **204**, 13 (1981).
86. Б. А. Трофимов, А. И. Михалева, *ЖОрХ*, **16**, 672 (1980).
87. Б. А. Трофимов, А. И. Михалева, *N-Винилпирролы*, Наука, Новосибирск, 1984.
88. B. A. Trofimov, *Adv. Heterocycl. Chem.*, **51**, 177 (1990).
89. B. A. Trofimov, in: *The Chemistry of Heterocyclic Compounds. Pyrroles. Part 2*, R. A. Jones (Ed.), Wiley, New York, 1992, vol. 48, p. 131.
90. B. A. Trofimov, A. I. Mikhaleva, *Heterocycles*, **37**, 1193 (1994).
91. Б. А. Трофимов, *ЖОрХ*, **31**, 1368 (1995).
92. Б. А. Трофимов, А. И. Михалева, *ЖОрХ*, **32**, 1127 (1996).
93. С. Е. Коростова, А. И. Михалева, Б. А. Трофимов, *Успехи химии*, **68**, 506 (1999).
94. B. A. Trofimov, *Curr. Org. Chem.*, **6**, 1121 (2002).
95. А. И. Михалева, Е. Ю. Шмидт, в кн.: *Избранные методы синтеза и модификации гетероциклов*, под ред. В. Г. Карцева, IBS PRESS, Москва, 2003, т. 1, с. 349.
96. А. И. Михалева, А. Б. Зайцев, Б. А. Трофимов, *Успехи химии*, **75**, 884 (2006).
97. Б. А. Трофимов, Н. К. Гусарова, *Успехи химии*, **76**, 550 (2007).
98. B. A. Trofimov, N. A. Nedolya, in: *Comprehensive Heterocyclic Chemistry III. A Review of the Literature 1995–2007*, A. R. Katritzky, C. A. Ramsden, E. F. V. Scriven, R. J. K. Taylor (Eds.), Elsevier, Amsterdam et al., 2008, vol. 3, p. 45.
99. N. A. Nedolya, *Novel Chemistry Based on Isothiocyanates and Polar Organometallics*, Thesis Utrecht University, Utrecht, The Netherlands, 1999.
100. Н. А. Недоля, L. Brandsma, в кн.: *Тез. докл. 1<sup>ой</sup> Всерос. конф. химии гетероциклов памяти А. Н. Коста*, Суздаль, 2000, с. 31.
101. L. Brandsma, N. A. Nedolya, *Synthesis*, 735 (2004).
102. N. A. Nedolya, L. Brandsma, H. D. Verkrujisse, B. A. Trofimov, *Tetrahedron Lett.*, **38**, 7247 (1997).
103. Б. А. Трофимов, А. С. Атавин, А. И. Михалева, Г. А. Калабин, Е. Г. Чеботарева, *ЖОрХ*, **9**, 2205 (1973).
104. O. V. Petrova, A. I. Mikhaleva, L. N. Sobenina, E. Yu. Schmidt, E. I. Kositsyna, *Mendeleev Commun.*, **7**, 162 (1997).
105. О. В. Петрова, А. И. Михалева, Л. Н. Собенина, Е. Ю. Шмидт, Э. И. Косицына, *ЖОрХ*, **33**, 1078 (1997).
106. А. М. Васильцов, Е. Ю. Шмидт, А. И. Михалева, А. В. Афонин, А. Б. Зайцев, *XTC*, 1641 (2001). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **37**, 1488 (2001)].
107. А. М. Vasil'tsov, A. B. Zaitsev, E. Yu. Schmidt, A. I. Mikhaleva, A. V. Afonin, *Mendeleev Commun.*, **11**, 74 (2001).
108. А. М. Васильцов, А. Б. Зайцев, А. И. Михалева, Е. Ю. Шмидт, А. В. Афонин, *XTC*, 66 (2002). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **38**, 60 (2002)].
109. А. Б. Зайцев, *Новые аспекты и возможности реакции оксимов с ацетиленом в сверхосновных средах*, Дис. канд. хим. наук, Иркутск, 2003.
110. B. A. Trofimov, A. B. Zaitsev, E. Yu. Schmidt, A. M. Vasil'tsov, A. I. Mikhaleva, I. A. Ushakov, A. V. Vashchenko, N. V. Zorina, *Tetrahedron Lett.*, **45**, 3789 (2004).
111. E. Yu. Schmidt, N. V. Zorina, A. B. Zaitsev, A. I. Mikhaleva, A. M. Vasil'tsov, P. Audebert, G. Clavier, R. Méallet-Renault, R. B. Pansu, *Tetrahedron Lett.*, **45**, 5489 (2004).
112. A. B. Zaitsev, R. Méallet-Renault, E. Yu. Schmidt, A. I. Mikhaleva, S. Badré, C. Dumas, A. M. Vasil'tsov, N. V. Zorina, R. B. Pansu, *Tetrahedron*, **61**, 2683 (2005).
113. А. М. Vasil'tsov, E. Yu. Schmidt, A. I. Mikhaleva, N. V. Zorina, A. B. Zaitsev, O. V. Petrova, L. B. Krivdin, K. B. Petrushenko, I. A. Ushakov, C. Pozo-Gonzalo,

- J. A. Pomposo, H.-J. Grande, *Tetrahedron*, **61**, 7756 (2005).
114. В. А. Трофимов, А. М. Васильцов, Е. Ю. Шмидт, Н. В. Зорина, А. В. Афонин, А. И. Михалева, К. В. Petrushenko, I. A. Ushakov, L. B. Krivdin, V. K. Belsky, L. I. Bryukvina, *Eur. J. Org. Chem.*, 4338 (2005).
115. А. Б. Зайцев, Е. Ю. Шмидт, А. М. Васильцов, А. И. Михалева, А. В. Афонин, И. А. Ушаков, *ХГС*, 839 (2005). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **41**, 722 (2005)].
116. Е. Ю. Шмидт, А. И. Михалева, А. М. Васильцов, А. В. Зайцев, Н. В. Зорина, *Arkivoc*, **vii**, 11 (2005).
117. А. И. Михалева, Е. Ю. Шмидт, А. В. Иванов, А. М. Васильцов, Е. Ю. Сено-трусова, Н. И. Процук, *ЖОрХ*, **43**, 236 (2007).
118. А. Б. Зайцев, Е. Ю. Шмидт, А. М. Васильцов, А. И. Михалева, О. В. Петрова, А. В. Афонин, Н. В. Зорина, *ХГС*, 39 (2006). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **42**, 34 (2006)].
119. В. А. Трофимов, А. М. Васильцов, Е. Ю. Шмидт, А. В. Зайцев, А. И. Михалева, А. В. Афонин, *Synthesis*, 1521 (2000).
120. А. Б. Зайцев, А. М. Васильцов, Е. Ю. Шмидт, А. И. Михалева, А. В. Афонин, Л. Н. Ильичева, *ЖОрХ*, **39**, 1479 (2003).
121. Б. А. Трофимов, А. И. Михалева, А. Н. Васильев, А. с. СССР 840038; *Б. И.*, № 23, 93 (1981).
122. А. И. Михалева, И. А. Алиев, Р. Н. Нестеренко, Г. А. Калабин, *ЖОрХ*, **18**, 2229 (1982).
123. Б. А. Трофимов, А. И. Михалева, *Изв. АН СССР, Сер. хим.*, 2840 (1979).
124. А. И. Михалева, Б. А. Трофимов, А. Н. Васильев, Г. А. Комарова, В. И. Скоро-богатова, *ХГС*, 1202 (1982). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **18**, 920 (1982)].
125. А. И. Михалева, Б. А. Трофимов, А. Н. Васильев, Г. А. Комарова, А. с. СССР 979337; *Б. И.*, № 45, 99 (1982).
126. О. А. Тарасова, А. И. Михалева, М. А. Шеметова (Максимова), в кн.: *Тез. докл. I<sup>ой</sup> Всерос. конф. химии гетероциклов памяти А. Н. Коста*, Суздаль, 2000, с. 373.
127. Н. В. Зорина, *Дипирролы из диоксимов и ацетилена*, Дис. канд. хим. наук, Иркутск, 2006.
128. С. Е. Коростова, А. И. Михалева, *ЖОрХ*, **18**, 2620 (1982).
129. Э. Абеле, Э. Лукевиц, *ХГС*, 156 (2001). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **37**, 141 (2001)].
130. N. A. Nedolya, R.-J. de Lang, L. Brandsma, В. А. Трофимов, in: *Abstracts of 11th International Conference on Organic Synthesis*, Amsterdam, The Netherlands, 1996, p. 251.
131. N. A. Nedolya, L. Brandsma, О. А. Тарасова, Н. D. Verkruijsse, В. А. Трофимов, *Tetrahedron Lett.*, **39**, 2409 (1998).
132. Л. Брандсма, Н. А. Недоля, Б. А. Трофимов, *Изв. АН, Сер. хим.*, 1645 (2000).
133. Н. А. Недоля, Л. Брандсма, *ЖОрХ*, **39**, 645 (2003).
134. О. А. Тарасова, Н. И. Шляхтина, Н. А. Недоля, Л. Брандсма, в кн.: *Тез. докл. VIII Молодежной науч. школы-конфер. орг. химии*, Казань, 2005, с. 265.
135. О. А. Тарасова, N. A. Nedolya, V. Yu. Vvedensky, L. Brandsma, В. А. Трофимов, *Tetrahedron Lett.*, **38**, 7241 (1997).
136. Н. А. Недоля, Л. Брандсма, *ЖОрХ*, **42**, 624 (2006).
137. Л. Брандсма, Н. А. Недоля, С. В. Толмачев, А. И. Албанов, *ХГС*, 394 (2001). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **37**, 364 (2001)].
138. Н. А. Недоля, Л. Брандсма, С. В. Толмачев, *ЖОрХ*, **38**, 948 (2002).
139. Н. А. Недоля, Л. Брандсма, Н. И. Шляхтина, С. В. Толмачев, *ХГС*, 396 (2001). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **37**, 366 (2001)].
140. Н. А. Недоля, Л. Брандсма, Н. И. Шляхтина, *ЖОрХ*, **38**, 1113 (2002).
141. Л. Брандсма, Н. А. Недоля, С. В. Толмачев, *ХГС*, 60 (2002). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **38**, 54 (2002)].

142. Н. А. Недоля, Л. Брандсма, Б. А. Трофимов, в кн.: *Тез. докл. XX Всерос. конф. химии и технол. орг. соедин. серы*, Казань, 1999, с. 69.
143. Л. Брандсма, Н. А. Недоля, Х. Д. Веркрийссе, Б. А. Трофимов, *XTC*, 990 (2000). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **36**, 876 (2000)].
144. L. Brandsma, N. A. Nedolya, B. A. Trofimov, *Eur. J. Org. Chem.*, 2663 (1999).
145. Л. Брандсма, Н. А. Недоля, Б. А. Трофимов, в кн.: *Тез. докл. XX Всерос. конф. химии и технол. орг. соедин. серы*, Казань, 1999, с. 64.
146. Н. А. Недоля, Л. Брандсма, С. В. Толмачев, *XTC*, 843 (2002). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **38**, 745 (2002)].
147. Н. А. Недоля, Л. Брандсма, Б. А. Трофимов, в кн.: *Тез. докл. XX Всерос. конф. химии и технол. орг. соедин. серы*, Казань, 1999, с. 70.
148. С. В. Толмачев, *Новые аспекты химии функциональных изотиоцианатов*, Дис. канд. хим. наук, Иркутск, 2001.
149. Н. И. Шляхтина, *Реакции металлизированных гетероалкенов, -алкинов и -1,2-диенов с гетерокумуленами: новый подход к синтезу функциональных N-, O-, S-гетероциклов*, Дис. канд. хим. наук, Иркутск, 2002.
150. L. Brandsma, N. A. Nedolya, O. A. Tarasova, B. A. Trofimov, *XTC*, 1443 (2000). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **36**, 1241 (2000)].
151. L. Brandsma, *Eur. J. Org. Chem.*, 4569 (2001).
152. L. Brandsma, *Best Synthetic Methods. Synthesis of Acetylenes, Allenes and Cumulenes: Methods and Technique*, Elsevier, Academic Press, Amsterdam et al., 2004, p. 135.
153. S. Gronowitz, A.-B. Hörnfeldt, *Best Synthetic Methods. Thiophenes*, Elsevier, Academic Press, Amsterdam et al., 2004, p. 463.
154. *Comprehensive Heterocyclic Chemistry III. A Review of the Literature 1995–2007*, A. R. Katritzky, C. A. Ramsden, E. F. V. Scriven, R. J. K. Taylor (Eds.), Elsevier, Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York, Oxford, Paris, San Diego, San Francisco, Singapore, Sydney, Tokyo, 2008, vol. 3, p. 1.
155. D. S. Coffey, S. P. Kolis, S. A. May, in: *Progress in Heterocyclic Chemistry*, 2003, vol. 15, p. 284.
156. E. T. Pelkey, in: *Progress in Heterocyclic Chemistry*, 2002, vol. 14, p. 90.
157. E. T. Pelkey, in: *Progress in Heterocyclic Chemistry*, 1999, vol. 11, p. 102.
158. J. D. Hepworth, B. M. Heron, in: *Progress in Heterocyclic Chemistry*, 1999, vol. 11, p. 299.
159. W. Friedrichsen, T. Traulsen, J. Elguero, A. R. Katritzky, *Adv. Heterocycl. Chem.*, **76**, 85 (2000).
160. H. M. F. Madkour, A. S. H. Elgazwy, *Curr. Org. Chem.*, **11**, 853 (2007).
161. F. Foubelo, M. Yus, *Curr. Org. Chem.*, **9**, 459 (2005).
162. M. A. Metwally, E. Abdel-Latif, S. Bondock, *J. Sulfur Chem.*, **28**, 431 (2007).
163. T. L. Gilchrist, *J. Chem. Soc. Perkin Trans. 1*, 2849 (1999).
164. B. A. Trofimov, *J. Heterocycl. Chem.*, **36**, 1469 (1999).
165. V. F. Ferreira, M. C. B. V. de Souza, A. C. Cunha, *Org. Prep. Proced. Int.*, **33**, 411 (2001).
166. Л. Брандсма, Н. А. Недоля, А. С. Х. Т. М. ван дер Керк, В. Хеерма, Е. Т. Х. Г. Лутз, Р.-Ж. дэ Ланг, А. В. Афонин, Б. А. Трофимов, *Изв. АН, Сер. хим.*, 865 (1997).
167. Л. Брандсма, Н. А. Недоля, В. Хеерма, А. С. Х. Т. М. ван дер Керк, Е. Т. Х. Г. Лутз, Р.-Ж. дэ Ланг, А. В. Афонин, Б. А. Трофимов, *XTC*, 572 (1997). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **33**, 493 (1997)].
168. Н. А. Недоля, Л. Брандсма, А. С. Х. Т. М. ван дер Керк, В. Хеерма, Е. Т. Х. Г. Лутз, А. В. Афонин, Р.-Ж. дэ Ланг, Б. А. Трофимов, *ЖОрХ*, **33**, 1435 (1997).
169. L. Brandsma, N. A. Nedolya, H. D. Verkruijse, N. L. Owen, Du Li, B. A. Trofimov, *Tetrahedron Lett.*, **38**, 6905 (1997).

170. В. А. Трофимов, Н. А. Недоля, Л. Brandsma, Yu. L. Frolov, E. Yu. Larionova, D.-S. D. Torgashinova, V. B. Kobychhev, N. M. Vitkovskaya, *J. Sulfur Chem. (Sulfur Lett.)*, **22**, 249 (1999).
171. Л. Брандсма, Н. А. Недоля, Б. А. Трофимов, *ДАН*, **358**, 196 (1998).
172. Н. А. Недоля, Л. Брандсма, Б. А. Трофимов, *ЖОрХ*, **34**, 950 (1998).
173. Л. В. Клыба, В. Н. Бочкарев, Л. Брандсма, Н. А. Недоля, Б. А. Трофимов, *ЖОХ*, **69**, 1885 (1999).
174. Б. Ф. Кухарев, А. С. Атавин, *ХГС*, 1580 (1973). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **9**, 1432 (1973)].
175. Б. Ф. Кухарев, В. К. Станкевич, В. А. Кухарева, *ХГС*, 533 (1986). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **22**, 437 (1986)].
176. Б. Ф. Кухарев, В. К. Станкевич, В. А. Кухарева, *ХГС*, 700 (1984). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **20**, 567 (1984)].
177. Б. Ф. Кухарев, *Новые аспекты химии оксазалидинов*, Дис. докт. хим. наук, Иркутск, 1997.
178. Г. Г. Скворцова, *Исследование в области химии циклических азотсодержащих сопряженных  $\alpha,\beta$ -ненасыщенных соединений*, Дис. докт. хим. наук, Иркутск, 1970.
179. Е. С. Домнина, *Исследования в области синтеза и превращений N-винлиндола*, Дис. канд. хим. наук, Иркутск, 1967.
180. М. Ф. Шостаковский, Г. Г. Скворцова, Е. С. Домнина, *Успехи химии*, **38**, 892 (1969).
181. Е. С. Домнина, *N-Винилазолы и их комплексные соединения*, Дис. докт. хим. наук, Иркутск, 1981.
182. В. А. Трофимов, О. А. Tarasova, A. I. Mikhaleva, N. A. Kalinina, L. M. Sinegovskaya, J. Henkelmann, *Synthesis*, 1585 (2000).
183. Б. А. Трофимов, О. А. Тарасова, М. А. Шеметова, А. В. Афонин, Л. В. Клыба, Л. В. Байкалова, А. И. Михалева, *ЖОрХ*, **39**, 437 (2003).
184. А. П. Деменев, *Синтез и реакционная способность функциональнозамещенных C-винилпирролов*, Дис. канд. хим. наук, Иркутск, 2001.
185. Л. Н. Собенина, *Синтез и реакционная способность функциональнозамещенных C-винилпирролов*, Дис. докт. хим. наук, Иркутск, 2003.
186. А. В. Иванов, *1-Винилпиррол-2-карбальдегиды*, Дис. канд. хим. наук, Иркутск, 2007.
187. В. Н. Дричков, *Функциональные C-этенилпирролы: реакции с нуклеофилами*, Дис. канд. хим. наук, Иркутск, 2007.
188. Е. Ю. Сенотрусова, *2-Арилазо-1-винилпирролы: синтез, строение, свойства*, Дис. канд. хим. наук, Иркутск, 2007.
189. Л. Н. Собенина, А. П. Деменев, А. И. Михалева, Б. А. Трофимов, *Успехи химии*, **71**, 641 (2002).
190. В. А. Трофимов, L. N. Sobenina, A. P. Demenev, A. I. Mikhaleva, *Chem. Rev.*, **104**, 2481 (2004).
191. А. Н. Васильев, *Реакция кетоксимов с ацетиленом – новый путь синтеза пирролов и их N-винильных производных*, Дис. канд. хим. наук, Иркутск, 1981.
192. А. И. Михалева, *Новые пути синтеза соединений пиррольного ряда на основе ацетилена*, Дис. докт. хим. наук, Иркутск, 1984.
193. Р. Н. Нестеренко, *Гетарилпирролы и их N-винильные производные*, Дис. канд. хим. наук, Иркутск, 1985.
194. С. Е. Коростова, *Арил- и гетероарилпирролы и их N-винильные производные. Синтез и свойства*, Дис. докт. хим. наук, Иркутск, 1993.
195. М. В. Маркова, *Новые аспекты полимеризации N-винилпирролов*, Дис. канд. хим. наук, Иркутск, 1999.

196. Е. Ю. Шмидт, *Реакция кетоксимов с ацетиленом: новые аспекты химии О-винилоксимов, пирролов и N-винилпирролов*, Дис. докт. хим. наук, Иркутск, 2005.
197. М. В. Сигалов, *1-Винилпирролы и их протонированные формы: электронное и пространственное строение, реакционная способность*, Дис. докт. хим. наук, Иркутск, 1994.
198. М. В. Сигалов, Е. Ю. Шмидт, А. Б. Трофимов, Б. А. Трофимов, *ХТС*, 1343 (1989). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **25**, 1122 (1989)].
199. М. V. Sigalov, E. Yu. Schmidt, A. B. Trofimov, B. A. Trofimov, *J. Org. Chem.*, **57**, 3934 (1992).
200. М. В. Сигалов, А. Б. Трофимов, Е. Ю. Шмидт, Б. А. Трофимов, *ХТС*, 825 (1993). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **29**, 711 (1993)].
201. М. V. Sigalov, A. B. Trofimov, E. Yu. Schmidt, B. A. Trofimov, *J. Phys. Org. Chem.*, **6**, 471 (1993).
202. М. V. Sigalov, S. Toyota, M. Oki, B. A. Trofimov, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **67**, 1872 (1994).
203. М. V. Sigalov, S. Toyota, M. Oki, B. A. Trofimov, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **67**, 1161 (1994).
204. М. В. Сигалов, Б. А. Трофимов, *ЖОрХ*, **31**, 801 (1995).
205. В. А. Трофимов, М. V. Sigalov, *Main Group Chem. News*, **6**, 30 (1998).
206. З. В. Степанова, Л. Н. Собенина, А. И. Михалева, И. А. Ушаков, В. Н. Елохина, И. И. Воронцов, М. Ю. Антипин, Б. А. Трофимов, *ЖОрХ*, **39**, 1705 (2003).
207. В. А. Трофимов, L. N. Sobenina, A. I. Mikhaleva, I. A. Ushakov, T. I. Vakul'skaya, Z. V. Stepanova, D.-S. D. Toryashinova, A. G. Mal'kina, V. N. Elokhina, *Synthesis*, 1272 (2003).
208. В. А. Трофимов, Z. V. Stepanova, L. N. Sobenina, A. I. Mikhaleva, I. A. Ushakov, *Tetrahedron Lett.*, **45**, 6513 (2004).
209. Б. А. Трофимов, Л. Н. Собенина, З. В. Степанова, А. П. Деменев, А. И. Михалева, И. А. Ушаков, Т. И. Вакульская, О. В. Петрова, *ЖОрХ*, **42**, 1366 (2006).
210. В. А. Трофимов, Z. V. Stepanova, L. N. Sobenina, A. I. Mikhaleva, L. M. Sinegovskaya, K. A. Potekhin, I. V. Fedyanin, *Mendeleev Commun.*, **15**, 229 (2005).
211. В. А. Трофимов, L. N. Sobenina, Z. V. Stepanova, I. A. Ushakov, O. V. Petrova, O. A. Tarasova, K. A. Volkova, A. I. Mikhaleva, *Synthesis*, 447 (2007).
212. В. А. Трофимов, L. N. Sobenina, A. P. Demenev, Z. V. Stepanova, O. V. Petrova, I. A. Ushakov, A. I. Mikhaleva, *Tetrahedron Lett.*, **48**, 4661 (2007).
213. L. N. Sobenina, A. P. Demenev, A. I. Mikhaleva, I. A. Ushakov, A. M. Vasil'tsov, A. V. Ivanov, B. A. Trofimov, *Tetrahedron Lett.*, **47**, 7139 (2006).
214. В. А. Трофимов, L. N. Sobenina, Z. V. Stepanova, T. I. Vakul'skaya, O. N. Kazheva, G. G. Aleksandrov, O. A. Dyachenko, A. I. Mikhaleva, *Tetrahedron*, **64**, 5541 (2008).
215. В. А. Трофимов, L. N. Sobenina, Z. V. Stepanova, O. V. Petrova, I. A. Ushakov, A. I. Mikhaleva, *Tetrahedron Lett.*, **49**, 3946 (2008).
216. Б. А. Трофимов, Л. Н. Собенина, А. И. Михалева, М. П. Сергеева, Н. И. Голованова, Р. И. Половникова, А. Н. Вавилова, *ХТС*, 1176 (1992). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **28**, 990 (1992)].
217. В. А. Трофимов, L. N. Sobenina, A. I. Mikhaleva, M. P. Sergeeva, R. I. Polovnikova, *J. Sulfur Chem. (Sulfur Lett.)*, **15**, 219 (1992).
218. Л. Н. Собенина, Л. Е. Протасова, М. П. Сергеева, О. В. Петрова, Т. Н. Аксаментова, О. Б. Козырева, Р. И. Половникова, А. И. Михалева, Б. А. Трофимов, *ХТС*, 47 (1995). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **31**, 40 (1995)].
219. В. А. Трофимов, L. N. Sobenina, A. I. Mikhaleva, A. P. Demenev, O. A. Tarasova,

- I. A. Ushakov, S. V. Zinchenko, *Tetrahedron*, **56**, 7325 (2000).
220. В. А. Трофимов, in: *Oxygen- and Sulfur-Containing Heterocycles*, V. G. Kartsev (Ed.), IBS PRESS, Moscow, 2003, vol. 1, p. 127.
221. Л. Н. Собенина, А. И. Михалева, Б. А. Трофимов, *Росс. хим. журн.*, **49**, 97 (2005).
222. Б. А. Трофимов, Л. Н. Собенина, А. И. Михалева, М. П. Сергеева, Н. И. Голованова, *ЖОрХ*, **28**, 1766 (1992).
223. L. N. Sobenina, A. I. Mikhaleva, M. P. Sergeeva, O. V. Petrova, T. N. Aksamentova, O. B. Kozyreva, D.-S. D. Torgashinova, B. A. Trofimov, *Tetrahedron*, **51**, 4223 (1995).
224. Б. А. Трофимов, Л. Н. Собенина, А. И. Михалева, М. П. Сергеева, М. В. Сигалов, Н. И. Голованова, *ХГС*, 998 (1992). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **28**, 837 (1992)].
225. Л. Н. Собенина, А. И. Михалева, Б. А. Трофимов, *ХГС*, 418 (1995). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **31**, 367 (1995)].
226. Л. Н. Собенина, А. И. Михалева, М. П. Сергеева, Д.-С. Д. Торяшинова, О. Б. Козырева, Б. А. Трофимов, *ХГС*, 919 (1996). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **32**, 783 (1996)].
227. В. А. Трофимов, О. В. Петрова, Л. Н. Собенина, I. A. Ushakov, A. I. Mikhaleva, Yu. Yu. Rusakov, L. B. Krivdin, *Tetrahedron Lett.*, **47**, 3645 (2006).
228. L. N. Sobenina, V. N. Drichkov, A. I. Mikhaleva, O. V. Petrova, I. A. Ushakov, B. A. Trofimov, *Tetrahedron*, **61**, 4841 (2005).
229. V. Yu. Vvedensky, L. Brandsma, E. D. Shtephan, B. A. Trofimov, *Tetrahedron*, **53**, 13079 (1997).
230. О. А. Тарасова, М. А. Максимова, Н. А. Недоля, Л. Брандсма, Б. А. Трофимов, в кн.: *Тез. IX науч. школы-конф. орг. химии*, Москва, 2006, с. 240.
231. О. А. Тарасова, Л. Брандсма, Х. Д. Веркрайссе, А. Г. Малькина, Б. А. Трофимов, *ЖОрХ*, **32**, 1208 (1996).
232. О. А. Tarasova, F. Taherirastgar, H. D. Verkruijsse, A. G. Mal'kina, L. Brandsma, B. A. Trofimov, *Recl. Trav. Chim. Pays-Bas*, **115**, 145 (1996).
233. О. А. Тарасова, Л. Брандсма, Н. А. Недоля, в кн.: *Тез. докл. 1<sup>ой</sup> Всерос. конф. химии гетероциклов памяти А. Н. Коста*, Суздаль, 2000, с. 372.
234. G. Mal'kina, R. den Besten, A. C. H. T. M. van der Kerk, L. Brandsma, B. A. Trofimov, *J. Organomet. Chem.*, **493**, 271 (1995).
235. L. Brandsma, A. G. Mal'kina, B. A. Trofimov, *Synth. Commun.*, **24**, 2729 (1994).
236. В. А. Трофимов, А. М. Васильцов, I. A. Ushakov, A. V. Ivanov, E. Yu. Schmidt, A. I. Mikhaleva, N. I. Protsuk, V. B. Kobychyev, *Mendeleev Commun.*, **17**, 296 (2007).
237. Б. А. Трофимов, А. Г. Малькина, Ю. М. Скворцов, *ЖОрХ*, **29**, 1268 (1993).
238. А. Г. Малькина, *Химия производных  $\alpha,\beta$ -ацетиленовых  $\gamma$ -гидроксикислот*, Дис. докт. хим. наук, Иркутск, 1998.
239. Ю. М. Скворцов, А. Г. Малькина, Г. А. Калабин, А. Н. Волков, Б. А. Трофимов, *ХГС*, 1426 (1979). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **15**, 1154 (1979)].
240. Ю. М. Скворцов, А. Г. Малькина, Б. А. Трофимов, Г. А. Калабин, А. Н. Волков, В. Б. Модонов, *Изв. АН СССР, Сер. хим.*, 1349 (1980).
241. Ю. М. Скворцов, А. Г. Малькина, А. Н. Волков, Б. А. Трофимов, Г. А. Калабин, А. с. СССР 852870; *Б. И.*, № 29, 115 (1981).
242. Ю. М. Скворцов, О. М. Фартышева, А. Г. Малькина, Б. А. Трофимов, *ХГС*, 1689 (1985). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **21**, 1393 (1985)].
243. Ю. М. Скворцов, О. М. Фартышева, А. Г. Малькина, Э. И. Косицына, Т. В. Кашик, С. М. Пономарева, М. В. Сигалов, Б. А. Трофимов, *ЖОрХ*, **22**, 255 (1986).
244. Ю. М. Скворцов, А. Г. Малькина, О. М. Фартышева, М. В. Сигалов, Б. А. Трофимов, *ЖОрХ*, **22**, 260 (1986).

245. Б. А. Трофимов, А. Г. Малькина, Ю. М. Скворцов, Л. В. Соколянская, В. И. Смирнов, Э. И. Косицына, *ДАН СССР*, **318**, 1395 (1991).
246. Б. А. Трофимов, А. Г. Малькина, Ю. М. Скворцов, Л. В. Соколянская, В. И. Смирнов, Э. И. Косицына, *ЖОрХ*, **28**, 881 (1992).
247. А. Г. Малькина, Л. В. Соколянская, Р. Н. Кудякова, Л. М. Синеговская, А. И. Албанов, О. А. Шемякина, Б. А. Трофимов, *ЖОрХ*, **41**, 64 (2005).
248. Н. А. Недоля, Л. Брандсма, Б. А. Трофимов, *ЖОрХ*, **33**, 615 (1997).
249. Н. А. Недоля, Л. Брандсма, Н. И. Шляхтина, А. И. Албанов, *ХГС*, 1279 (2001). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **37**, 1173 (2001)].
250. N. A. Nedolya, N. I. Schlyakhtina, V. P. Zinov'eva, A. I. Albanov, L. Brandsma, *Tetrahedron Lett.*, **43**, 1569 (2002).
251. О. А. Тарасова, Л. В. Клыба, В. Ю. Введенский, Н. А. Недоля, В. А. Трофимов, L. Brandsma, H. D. Verkruijsse, *Eur. J. Org. Chem.*, 253 (1998).
252. L. Brandsma, V. Yu. Vvedensky, N. A. Nedolya, O. A. Tarasova, V. A. Trofimov, *Tetrahedron Lett.*, **39**, 2433 (1998).
253. Л. Брандсма, О. А. Тарасова, В. Ю. Введенский, Р. Л. П. де Янг, Г. Д. Веркрийссе, Л. В. Клыба, Н. А. Недоля, Б. А. Трофимов, *ЖОрХ*, **35**, 1255 (1999).
254. Л. Брандсма, О. А. Тарасова, Н. А. Недоля, Б. А. Трофимов, в кн.: *Тез. докл. XX Всерос. конф. химии и технол. орг. соедин. серы*, Казань, 1999, с. 105.
255. Л. Брандсма, Н. А. Недоля, О. А. Тарасова, Л. В. Клыба, Л. М. Синеговская, Б. А. Трофимов, *ДАН*, **357**, 350 (1997).
256. N. A. Nedolya, L. Brandsma, N. I. Schlyakhtina, I. M. Lazarev, A. I. Albanov, S. V. Zinchenko, L. V. Klyba, *Arkivoc*, **ix**, 12 (2001).
257. М. Г. Воронков, Б. А. Трофимов, В. В. Крючков, С. В. Амосова, Ю. М. Скворцов, А. Н. Волков, А. Г. Малькина, Р. Я. Муший, *ХГС*, 1694 (1981). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **17**, 1249 (1981)].
258. В. А. Потапов, С. В. Амосова, *Металлоорг. химия*, **3**, 1210 (1990).
259. V. A. Potapov, S. V. Amosova, I. V. Doron'kina, *J. Sulfur Chem. (Sulfur Lett.)*, **24**, 275 (2001).
260. М. Г. Воронков, Э. Н. Дерягина, С. В. Амосова, М. А. Кузнецова, В. В. Крючков, Б. А. Трофимов, *ХГС*, 1579 (1975). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **11**, 1345 (1975)].
261. М. Г. Воронков, Б. А. Трофимов, Э. Н. Дерягина, Э. Н. Сухомазова, Н. К. Гусарова, В. А. Потапов, С. В. Амосова, *ЖОрХ*, **18**, 223 (1982).
262. L. Brandsma, E. N. Morkved, O. Bjorlo, V. A. Potapov, S. V. Amosova, *J. Sulfur Chem. (Sulfur Lett.)*, **23**, 215 (2000).
263. В. И. Кнутов, *Синтез, химические свойства и строение непредельных карбонильных соединений тиофенового ряда*, Дис. канд. хим. наук, Иркутск, 1974.
264. А. С. Медведева, *ЖОрХ*, **32**, 289 (1996).
265. S. Medvedeva, M. M. Demina, A. I. Borisova, O. I. Margorskaya, I. D. Kalikhman, E. I. Brodskaya, N. S. Vyazankin, *J. Organomet. Chem.*, **231**, 109 (1982).
266. А. С. Медведева, О. И. Маргорская, Н. И. Голованова, И. Д. Калихман, М. М. Демина, Н. С. Вязанкин, *ЖОХ*, **56**, 2106 (1986).
267. O. I. Margorskaya, A. S. Medvedeva, M. M. Demina, I. D. Kalikhman, M. G. Voronkov, *J. Organomet. Chem.*, **376**, 31 (1989).
268. А. С. Медведева, М. М. Демина, И. Д. Калихман, М. Г. Воронков, *ХГС*, 1538 (1973). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **9**, 1393 (1973)].
269. В. А. Трофимов, А. Г. Мал'кина, А. Р. Борисова, В. В. Носырева, О. А. Шемякина, О. Н. Kazheva, G. V. Shilov, O. A. Dyachenko, *Tetrahedron Lett.*, **49**, 3104 (2008).
270. М. Ю. Дворко, А. И. Албанов, Н. Н. Чипанина, В. Шерстянникова, В. Г. Самойлов, Т. Н. Комарова, Т. Е. Глотова, *ХГС*, 1655 (2006). [*Chem.*

- Heterocycl. Comp.*, **42**, 1421 (2006)].
271. Г. В. Боженков, В. А. Савосик, А. Н. Мирскова, Г. Г. Левковская, *ЖОрХ*, **44**, 195 (2008).
  272. Г. В. Боженков, Г. Г. Левковская, Л. И. Ларина, П. Е. Ушаков, Г. В. Долгушин, А. Н. Мирскова, *ЖОрХ*, **40**, 1632 (2004).
  273. Н. А. Недоля, Л. Брандсма, А. С. Х. Т. М. ван дер Керк, А. В. Афонин, Р.-Ж. де Ланг, Б. А. Трофимов, *ЖОХ*, **67**, 701 (1997).
  274. Л. Брандсма, Н. А. Недоля, Б. А. Трофимов, *Изв. АН, Сер. хим.*, 541 (1998).
  275. Н. А. Недоля, Л. Брандсма, А. С. Х. Т. М. ван дер Керк, А. В. Афонин, Р.-Ж. де Ланг, Б. А. Трофимов, *ЖОрХ*, **34**, 722 (1998).
  276. Н. А. Недоля, Л. Брандсма, Б. А. Трофимов, в кн.: *Тез. докл. XX Всерос. конф. химии и технол. орг. соедин. серы*, Казань, 1999, с. 71.
  277. N. A. Nedolya, L. Brandsma, B. A. Trofimov, *Tetrahedron Lett.*, **38**, 6279 (1997).
  278. Н. А. Недоля, Л. Брандсма, А. С. Х. Т. М. ван дер Керк, Х. Д. Веркрийссе, Г. И. Сарапулова, А. В. Афонин, Б. А. Трофимов, *ЖОрХ*, **35**, 946 (1999).
  279. Л. Брандсма, Н. А. Недоля, Х. Д. Веркрийссе, Б. А. Трофимов, *ХГС*, 1275 (1997). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **33**, 1118 (1997)].
  280. Л. Брандсма, Н. А. Недоля, Б. А. Трофимов, *Изв. АН, Сер. хим.*, 186 (1998).
  281. Н. А. Недоля, Л. Брандсма, Б. А. Трофимов, *ДАН*, **358**, 72 (1998).
  282. Г. Н. Розенцвейг, И. Б. Розенцвейг, Г. Г. Левковская, А. Н. Мирскова, *ЖОрХ*, **39**, 1875 (2003).
  283. Г. Г. Скворцова, Л. В. Байкалова, Е. С. Домнина, Д. Д. Таряшинова, Н. Н. Чипанина, Н. Л. Николенко, В. К. Воронов, *Изв. АН СССР, Сер. хим.*, 2339 (1980).
  284. Л. В. Байкалова, Е. С. Домнина, Г. Г. Скворцова, *Изв. АН СССР, Сер. хим.*, 1158 (1977).
  285. Е. С. Домнина, Л. В. Байкалова, Д. Д. Таряшинова, Н. Н. Чипанина, В. К. Воронов, Г. Г. Скворцова, *Изв. АН СССР, Сер. хим.*, 2096 (1979).
  286. Л. В. Байкалова, *Функциональные производные винилимидазолов – новые амбидентатные лигандные системы*, Дис. докт. хим. наук, Иркутск, 2001.
  287. Л. В. Байкалова, А. В. Афонин, Е. С. Домнина, *Изв. АН, Сер. хим.*, 1857 (1997).
  288. Л. В. Байкалова, Л. Н. Собенина, А. И. Михалева, И. А. Зырянова, Н. Н. Чипанина, А. В. Афонин, Б. А. Трофимов, *ЖОрХ*, **37**, 1817 (2001).
  289. Л. В. Байкалова, И. А. Зырянова, А. В. Афонин, Б. А. Трофимов, *ЖОрХ*, **38**, 1731 (2002).
  290. И. А. Зырянова, *Новые лиганды и металлокомплексы на базе функционально замещенных азолов*, Дис. канд. хим. наук, Иркутск, 2003.
  291. В. А. Trofimov, L. V. Andriyankova, A. G. Mal'kina, K. V. Belyaeva, L. P. Nikitina, O. A. Dyachenko, O. N. Kazheva, A. N. Chekhlov, G. V. Shilov, A. V. Afonin, I. A. Ushakov, L. V. Baikalova, *Eur. J. Org. Chem.*, 1018 (2007).
  292. В. А. Лопырев, Л. И. Ларина, Т. Н. Рахматулина, Е. Ф. Шибанова, Т. И. Вакульская, М. Г. Воронков, *ДАН*, **242**, 142 (1978).
  293. Т. И. Вакульская, Л. И. Ларина, О. Б. Нефедова, Л. П. Петухов, М. Г. Воронков, В. А. Лопырев, *ХГС*, 1398 (1979). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **15**, 1127 (1979)].
  294. Т. И. Вакульская, Л. И. Ларина, О. Б. Нефедова, В. А. Лопырев, *ХГС*, 523 (1982). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **18**, 400 (1982)].
  295. В. А. Лопырев, Л. И. Ларина, Л. Х. Баумане, Е. Ф. Шибанова, Р. А. Гавар, С. М. Пономарева, Т. И. Вакульская, Я. П. Страдынь, *ХГС*, 1246 (1984). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **20**, 1021 (1984)].
  296. В. А. Лопырев, Л. И. Ларина, И. М. Сосонкин, Т. И. Вакульская, Г. Л. Калб, Е. Ф. Шибанова, *ХГС*, 827 (1985). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **21**, 688 (1985)].
  297. Т. И. Вакульская, Т. Н. Рахматулина, М. С. Певзнер, Т. П. Кофман, В. А. Лопырев, *ХГС*, 343 (1987). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **23**, 287 (1987)].

298. Т. И. Вакульская, В. А. Шагун, Л. И. Ларина, В. А. Лопырев, *ХГС*, 193 (2000). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **36**, 157 (2000)].
299. В. А. Лопырев, В. Н. Елохина, О. В. Крылова, А. С. Нахманович, Л. И. Ларина, М. С. Сорокин, А. И. Вокин, *ХГС*, 1254 (1999). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **35**, 1109 (1999)].
300. В. Н. Елохина, О. В. Крылова, Л. И. Ларина, А. С. Нахманович, М. С. Сорокин, К. А. Волкова, В. А. Лопырев, *ХГС*, 551 (2000). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **36**, 476 (2000)].
301. O. V. Donskaya, V. N. Elokhina, A. S. Nakhmanovich, T. I. Vakul'skaya, L. I. Larina, A. V. Vokin, A. I. Albanov, V. A. Lopyrev, *Tetrahedron Lett.*, **43**, 6613 (2002).
302. О. В. Крылова, В. Н. Елохина, А. С. Нахманович, Л. И. Ларина, В. А. Лопырев, *ЖОрХ*, **37**, 933 (2001).
303. И. А. Титова, Т. И. Вакульская, Л. И. Ларина, М. И. Мизандронцев, В. А. Волков, Г. В. Долгушин, В. А. Лопырев, *ЖОрХ*, **41**, 1331 (2005).
304. О. В. Донская, Г. В. Долгушин, В. А. Лопырев, *ХГС*, 435 (2002). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **38**, 371 (2002)].
305. T. I. Vakul'skaya, I. A. Titova, G. V. Dolgushin, V. A. Lopyrev, *Magn. Reson. Chem.*, **43**, 1023 (2005).
306. Т. И. Вакульская, И. А. Титова, Л. И. Ларина, О. Н. Верхозина, Г. В. Долгушин, В. А. Лопырев, *ХГС*, 1662 (2006). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **42**, 1427 (2006)].
307. L. I. Larina, V. A. Lopyrev, in: *Topics in Heterocyclic Systems – Synthesis, Reactions and Properties*, O. Attanasi, D. Spinelli (Eds.), Research Signpost, Trivandrum, 1996, vol. 1, p. 187.
308. Л. И. Ларина, *Спектроскопия ЯМР и строение замещенных азолов*, Дис. докт. хим. наук, Иркутск, 2003.
309. L. I. Larina, R. V. Karnaukhova, A. S. Nakhmanovich, V. A. Shagun, P. E. Ushakov, V. A. Lopyrev, *J. Mol. Struct.*, **604**, 165 (2002).
310. L. I. Larina, V. N. Elokhina, T. I. Yaroshenko, A. S. Nakhmanovich, G. V. Dolgushin, *Magn. Reson. Chem.*, **45**, 667 (2007).
311. L. Stefaniak, B. Kamienski, G. Webb, L. Larina, V. Lopyrev, M. Voronkov, *Bull. Pol. Acad. Sci. Chem.*, **39**, 317 (1991).
312. Н. П. Васильев, *Исследование в области синтеза и превращений виниловых эфиров 3- и 4-атомных спиртов*, Дис. канд. хим. наук, Томск, 1965.
313. Р. И. Дубова, *Синтез и некоторые превращения функциональнорамещенных эфиров глицерина*, Дис. канд. хим. наук, Иркутск, 1968.
314. М. Ф. Шостаковский, А. С. Атавин, Н. П. Васильев, Р. И. Дубова, Л. П. Дмитриева, А. И. Михалева, *Изв. АН СССР, Сер. хим.*, 1232 (1966).
315. А. С. Атавин, Н. П. Васильев, Р. И. Дубова, *Изв. АН СССР, Сер. хим.*, 1258 (1966).
316. М. Ф. Шостаковский, А. С. Атавин, Р. И. Дубова, Н. А. Недоля, А. с. СССР 221681; *Б. И.*, № 22, 28 (1968).
317. А. С. Атавин, Р. И. Дубова, Н. А. Недоля, А. с. СССР 225215; *Б. И.*, № 27, 22 (1968).
318. А. С. Атавин, Р. И. Дубова, Н. А. Недоля, А. с. СССР 287027; *Б. И.*, № 35, 42 (1970).
319. А. С. Атавин, Р. И. Дубова, Н. А. Недоля, А. с. СССР 293802; *Б. И.*, № 6, 60 (1971).
320. А. С. Атавин, Р. И. Дубова, Н. П. Васильев, *ЖОХ*, **36**, 1506 (1966).
321. М. Ф. Шостаковский, А. С. Атавин, Л. П. Дмитриева, Н. П. Васильев, Г. А. Гладкова, *ЖОрХ*, **2**, 209 (1965).
322. А. С. Атавин, Р. И. Дубова, Н. А. Недоля, *ЖОрХ*, **8**, 520 (1972).

323. С. Е. Коростова, *Расщепление некоторых 1,3-диоксоцикланов магнийорганическими соединениями*, Дис. канд. хим. наук, Иркутск, 1969.
324. Б. А. Трофимов, С. Е. Коростова, *Успехи химии*, **44**, 75 (1975).
325. И. А. Новокшонова, А. С. Медведева, А. В. Афонин, Л. П. Сафронова, *ЖОрХ*, **40**, 1261 (2004).
326. А. С. Нахманович, В. Н. Елохина, Р. В. Карнаухова, Г. Г. Скворцова, И. Д. Калихман, *ХГС*, 1489 (1982). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **18**, 1154 (1982)].
327. M. G. Voronkov, S. V. Kirpichenko, V. V. Keiko, A. I. Albanov, *J. Organomet. Chem.*, **427**, 289 (1992).
328. М. Г. Воронков, С. В. Кирпиченко, В. В. Кейко, Е. О. Цетлина, *Изв. АН СССР, Сер. хим.*, 152 (1981).
329. А. Ю. Громов, И. Ф. Шишков, А. Сканке, Л. В. Вилков, А. В. Есипенко, С. В. Кирпиченко, М. Г. Воронков, *Журн. структ. химии*, **37**, 689 (1996).
330. M. G. Voronkov, S. V. Kirpichenko, E. N. Suslova, V. V. Keiko, A. I. Albanov, *J. Organomet. Chem.*, **243**, 271 (1983).
331. В. А. Потапов, С. В. Амосова, О. В. Белозерова, А. И. Албанов, О. Г. Ярош, М. Г. Воронков, *ХГС*, 633 (2003). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **39**, 549 (2003)].
332. В. А. Потапов, С. В. Амосова, О. В. Белозерова, А. И. Албанов, О. Г. Ярош, М. Г. Воронков, *ХГС*, 634 (2003). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **39**, 551 (2003)].
333. S. V. Amosova, A. V. Martynov, N. A. Makhaeva, O. V. Belozeroва, M. V. Penzik, A. I. Albanov, O. G. Yarosh, M. G. Voronkov, *J. Organomet. Chem.*, **692**, 946 (2007).
334. О. В. Белозерова, *Новые способы получения халькогенорганических соединений на основе реакции присоединения халькогенсодержащих реагентов к ацетилену и его производным*, Дис. канд. хим. наук, Иркутск, 2006.
335. Н. А. Махаева, *Синтез функциональных органических халькогенидов, содержащих азот, фосфор, кремний, германий*, Дис. канд. хим. наук, Иркутск, 2007.
336. V. A. Potapov, N. K. Gusarova, S. V. Amosova, A. S. Kashik, B. A. Trofimov, *J. Sulfur Chem. (Sulfur Lett.)*, **4**, 13 (1985).
337. S. V. Amosova, V. A. Potapov, Z. A. Bulakhova, L. S. Romanenko, *J. Sulfur Chem. (Sulfur Lett.)*, **13**, 143 (1991).
338. V. A. Potapov, S. V. Amosova, A. S. Kashik, *Tetrahedron Lett.*, **30**, 613 (1989).
339. В. А. Потапов, А. С. Кашик, С. В. Амосова, *ХГС*, 1287 (1987). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **23**, 1035 (1987)].
340. С. В. Амосова, В. А. Потапов, А. С. Кашик, Е. Н. Антонова, *Металлоорг. химия*, **2**, 1256 (1989).
341. С. В. Амосова, В. А. Потапов, В. В. Кейко, Л. С. Романенко, *Металлоорг. химия*, **4**, 950 (1991).
342. В. А. Потапов, С. В. Амосова, А. С. Кашик, *ЖОХ*, **58**, 2623 (1988).
343. В. А. Потапов, А. С. Кашик, С. В. Амосова, *Изв. АН СССР, Сер. хим.*, 2394 (1987).
344. Б. А. Шаинян, В. И. Мещеряков, *ЖОрХ*, **37**, 1877 (2001).
345. М. М. Демина, П. С. Новопашин, Г. И. Сарапулова, Л. И. Ларина, А. С. Смолин, В. С. Фундаменский, А. А. Кашаев, А. С. Медведева, *ЖОрХ*, **40**, 1852 (2004).
346. В. А. Лопырев, *Синтез и исследование C- и N-функционально замещенных азолов*, Дис. докт. хим. наук, Иркутск, 1996.
347. Р. Г. Султангареев, В. А. Лопырев, Л. Г. Розина, М. Г. Воронков, *ХГС*, 848 (1978). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **14**, 699 (1978)].
348. Н. Н. Чипанина, Г. И. Сарапулова, Ж. Н. Фидлер, Е. Ф. Шибанова, А. М. Шулунова, Ф. С. Лурье, В. А. Лопырев, *ЖПС*, **31**, 548 (1979).
349. И. Д. Калихман, П. В. Макеров, Е. Ф. Шибанова, Ж. Н. Фидлер, В. А. Песту-

- нович, В. А. Лопырев, М. Г. Воронков, *Изв. АН СССР, Сер. хим.*, 1673 (1978).
350. И. Д. Калихман, Е. Ф. Шибанова, В. В. Макаровский, В. А. Пестунович, В. А. Лопырев, М. Г. Воронков, *ДАН СССР*, **234**, 1380 (1977).
351. М. Г. Воронков, Т. В. Кашик, В. В. Макаровский, В. А. Лопырев, С. М. Пономарева, Е. Ф. Шибанова, *ДАН СССР*, **227**, 1116 (1976).
352. В. П. Фешин, М. Г. Воронков, В. А. Лопырев, Н. И. Берестенников, Т. И. Юшманова, Е. Н. Медведева, *ХГС*, 837 (1982). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **18**, 637 (1982)].
353. И. Д. Калихман, В. А. Лопырев, Е. Ф. Шибанова, М. Г. Воронков, *Изв. АН СССР, Сер. хим.*, 2390 (1977).
354. В. А. Лопырев, Т. Н. Рахматулина, *ЖОХ*, **53**, 1684 (1983).
355. В. А. Лопырев, А. В. Ржепка, Г. П. Татауров, Л. И. Попова, А. с. СССР 467075; *Б. И.*, № 14, 44 (1975).
356. М. Г. Воронков, Ю. Н. Сазанов, Р. Г. Султангареев, Л. А. Шibaев, Л. Г. Розина, Т. А. Антонова, Н. П. Кузнецова, В. А. Лопырев, *ДАН СССР*, **251**, 115 (1980).
357. З. И. Мазалова, В. А. Лопырев, С. В. Соколов, Р. М. Рязанова, *ЖОрХ*, **11**, 62 (1975).
358. Л. В. Антонова, Т. Н. Рахматулина, В. А. Лопырев, М. Г. Воронков, *ЖОХ*, **49**, 172 (1979).
359. В. Н. Елохина, Р. В. Карнаухова, А. С. Нахманович, Л. И. Ларина, В. А. Лопырев, *ЖОрХ*, **38**, 318 (2002).
360. А. С. Нахманович, Т. Е. Глотова, М. В. Сигалов, В. Ю. Витковский, *ХГС*, 703 (1984). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **20**, 572 (1984)].
361. М. Г. Воронков, В. М. Дьяков, *Силатраны*, Наука, Новосибирск, 1978.
362. M. G. Voronkov, V. M. Dyakov, S. V. Kirpichenko, *J. Organomet. Chem.*, **233**, 1 (1982).
363. M. G. Voronkov, V. P. Baryshok, L. P. Petukhov, V. I. Rakhlin, R. G. Mirskov, V. A. Pestunovich, *J. Organomet. Chem.*, **358**, 39 (1988).
364. V. Pestunovich, S. Kirpichenko, M. Voronkov, in: *Chemistry of Organosilicon Compounds*, Z. Rappoport, Y. Apeloig (Eds.), Willey & Sons, Chichester, 1998, vol. 2, p. 1447.
365. М. Г. Воронков, Г. И. Зелчан, Э. Я. Лукевиц, *Кремний и жизнь*, Зинатне, Рига, 1971.
366. M. G. Voronkov, in: *Biochemistry of Silicon and Related Problems*, J. Bendz, I. Lindqvist (Eds.), Plenum Press, New York, 1978, p. 395.
367. M. G. Voronkov, *Top. Curr. Chem.*, **84**, 77 (1979).
368. М. Г. Воронков, И. Г. Кузнецов, *Кремний в живой природе*, Наука, Новосибирск, 1984.
369. М. Г. Воронков, В. П. Барышок, *Силатраны в медицине и сельском хозяйстве*, Изд-во СО РАН, Новосибирск, 2005.
370. Н. Ф. Лазарева, В. А. Пестунович, *Изв. АН, Сер. хим.*, 725 (2006).
371. В. Ф. Сидоркин, В. А. Пестунович, М. Г. Воронков, *Успехи химии*, **49**, 789 (1980).
372. В. А. Пестунович, *ЯМР и строение органических соединений пентакоординированного кремния*, Дис. докт. хим. наук, Иркутск, 1985.
373. Н. Ф. Лазарева, В. А. Пестунович, А. И. Албанов, Л. В. Клыба, В. Н. Дричков, М. Г. Воронков, в кн.: *Химия органических соединений кремния и серы. Тез. докл. Всерос. симпоз.*, Иркутск, 2001, с. 58.
374. M. G. Voronkov, V. P. Baryshok, *J. Organomet. Chem.*, **239**, 199 (1982).
375. Н. А. Недоля, Л. Брандсма, Б. А. Трофимов, *ХГС*, 917 (1996). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **32**, 781 (1996)].

376. Н. А. Недоля, Л. Брандсма, Б. А. Трофимов, *ЖОХ*, **66**, 2042 (1996).
377. Н. А. Недоля, Р.-Ж. де Ланг, Л. Брандсма, Б. А. Трофимов, *ЖОрХ*, **33**, 87 (1997).
378. Н. А. Недоля, Л. Брандсма, В. П. Зиновьева, Б. А. Трофимов, *ЖОрХ*, **33**, 91 (1997).
379. Н. А. Недоля, Л. Брандсма, Б. А. Трофимов, *Изв. АН, Сер. хим.*, 2813 (1996).
380. Н. А. Недоля, Л. Брандсма, Б. А. Трофимов, *ДАН*, **350**, 68 (1996).
381. O. A. Tarasova, N. A. Nedolya, L. Brandsma, A. I. Albanov, *Tetrahedron Lett.*, **45**, 5881 (2004).
382. Н. А. Недоля, Л. Брандсма, Р.-Ж. де Ланг, Б. А. Трофимов, *ЖОрХ*, **33**, 637 (1997).
383. Н. А. Недоля, Л. Брандсма, В. П. Зиновьева, Б. А. Трофимов, *ЖОрХ*, **34**, 1559 (1998).
384. Н. А. Недоля, Л. Брандсма, Н. И. Шляхтина, С. В. Федоров, Л. В. Клыба, *ЖОрХ*, **38**, 957 (2002).
385. N. A. Nedolya, N. I. Schlyakhtina, L. V. Klyba, I. A. Ushakov, S. V. Fedorov, L. Brandsma, *Tetrahedron Lett.*, **43**, 9679 (2002).
386. Н. А. Недоля, Л. Брандсма, Н. И. Шляхтина, С. В. Федоров, *ХГС*, 707 (2002). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **38**, 622 (2002)].
387. K. Potthast, G. Eigner, *Fleischwirtschaft*, **68**, 651 (1988); *РЖХим.*, 19 P 276 (1988).
388. Н. А. Недоля, С. В. Толмачев, Л. Брандсма, *ЖОрХ*, **43**, 477 (2007).
389. Н. А. Недоля, А. И. Албанов, Л. В. Клыба, Е. Р. Жанчипова, *ЖОрХ*, **42**, 467 (2006).
390. Н. А. Недоля, Л. Брандсма, Б. А. Трофимов, *ХГС*, 1396 (2002). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **38**, 1230 (2002)].
391. N. A. Nedolya, L. Brandsma, A. H. T. M. van der Kerk, V. Yu. Vvedensky, B. A. Trofimov, *Tetrahedron Lett.*, **39**, 1995 (1998).
392. Н. А. Недоля, Л. Брандсма, Г. Д. Веркруйссе, А. С. Х. Т. М. ван дер Керк, Б. А. Трофимов, *ДАН*, **360**, 356 (1998).
393. Б. А. Трофимов, А. Г. Малькина, А. В. Афонин, И. А. Ушаков, В. В. Носырева, В. К. Бельский, *ЖОрХ*, **39**, 1430 (2003).
394. Л. Брандсма, Н. А. Недоля, О. А. Тарасова, Л. В. Клыба, Л. М. Синеговская, Б. А. Трофимов, *ЖОрХ*, **35**, 953 (1999).
395. Н. А. Недоля, Л. Брандсма, Р.-Ж. де Ланг, Б. А. Трофимов, *ЖОрХ*, **33**, 1437 (1997).
396. Л. Брандсма, Н. А. Недоля, Р.-Ж. де Ланг, Б. А. Трофимов, *Изв. АН, Сер. хим.*, 3024 (1996).
397. Л. Брандсма, Н. А. Недоля, Р.-Ж. де Ланг, Б. А. Трофимов, *ХГС*, 571 (1997). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **33**, 491 (1997)].
398. Ф. Тахерирастгар, Н. А. Недоля, Л. Брандсма, Р.-Ж. де Ланг, Б. А. Трофимов, *ДАН*, **353**, 64 (1997).
399. N. A. Nedolya, L. Brandsma, B. A. Trofimov, *Mendeleev Commun.*, **7**, 92 (1997).
400. Б. Ф. Кухарев, В. К. Станкевич, Г. Р. Клименко, В. В. Баяндин, В. А. Кухарева, *ЖОрХ*, **44**, 477 (2008).
401. А. В. Мареев, А. В. Тихонов, А. В. Афонин, И. А. Ушаков, А. С. Медведева, *ЖОрХ*, **41**, 1425 (2005).
402. А. С. Медведева, А. В. Мареев, А. В. Афонин, И. А. Ушаков, *ЖОрХ*, **41**, 478 (2005).
403. А. С. Медведева, А. В. Хаташкеев, А. В. Мареев, А. В. Афонин, И. А. Ушаков, *ЖОрХ*, **41**, 1740 (2005).
404. B. A. Trofimov, L. V. Andriyankova, S. A. Zhivet'ev, A. G. Mal'kina, V. K. Voronov, *Tetrahedron Lett.*, **43**, 1093 (2002).
405. B. A. Trofimov, L. V. Andriyankova, S. I. Shaikhudinova, T. I. Kazantseva,

- A. G. Mal'kina, S. A. Zhivet'ev, A. V. Afonin, *Synthesis*, 853 (2002).
406. L. V. Andriyankova, A. G. Mal'kina, A. V. Afonin, B. A. Trofimov, *Mendeleev Commun.*, **13**, 186 (2003).
407. L. V. Andriyankova, A. G. Mal'kina, L. P. Nikitina, K. V. Belyaeva, I. A. Ushakov, A. V. Afonin, M. V. Nikitin, B. A. Trofimov, *Tetrahedron*, **61**, 8031 (2005).
408. B. A. Trofimov, L. V. Andriyankova, R. T. Tlegenov, A. G. Mal'kina, A. V. Afonin, L. N. Il'icheva, L. P. Nikitina, *Mendeleev Commun.*, **15**, 33 (2005).
409. B. A. Trofimov, L. V. Andriyankova, A. G. Mal'kina, L. P. Nikitina, A. V. Afonin, I. A. Ushakov, L. M. Sinegovskaya, T. I. Vakul'skaya, *Eur. J. Org. Chem.*, 1581 (2006).
410. B. A. Trofimov, L. V. Andriyankova, A. G. Mal'kina, K. V. Belyaeva, L. P. Nikitina, O. A. Dyachenko, O. N. Kazheva, A. N. Chekhlov, G. V. Shilov, A. V. Afonin, I. A. Ushakov, L. V. Baikalova, *Eur. J. Org. Chem.*, 1018 (2007).
411. B. A. Trofimov, S. V. Amosova, N. K. Gusarova, G. K. Musorin, *Tetrahedron*, **38**, 713 (1982).
412. B. A. Trofimov, S. V. Amosova, *J. Sulfur Chem. (Sulfur Reports)*, **3**, 323 (1984).
413. Б. А. Трофимов, С. В. Амосова, *Дивинилсульфид и его производные*, Наука, Новосибирск, 1983.
414. G. M. Gavrilova, S. V. Amosova, *Heteroatom. Chem.*, **17**, 491 (2006).
415. С. В. Амосова, Г. М. Гаврилова, В. И. Гостевская, А. В. Афонин, *ЖОрХ*, **39**, 760 (2003).
416. С. В. Амосова, Г. М. Гаврилова, В. И. Гостевская, А. В. Афонин, *ЖОрХ*, **29**, 1501 (1993).
417. С. В. Амосова, Г. М. Гаврилова, *ЖОрХ*, **40**, 1705 (2004).
418. Г. М. Гаврилова, С. В. Амосова, *Росс. хим. журн.*, **49**, 69 (2005).
419. Г. Г. Скворцова, В. Г. Козырев, К. В. Запунная, Д. Г. Ким, *ХГС*, 437 (1970). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **6**, 403 (1970)].
420. В. Г. Козырев, Г. Г. Скворцова, В. И. Скоробогатова, *ХГС*, 726 (1970). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **6**, 670 (1970)].
421. В. Г. Козырев, Г. Г. Скворцова, М. Ф. Шостаковский, *ХГС*, 730 (1970). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **6**, 674 (1970)].
422. Г. Г. Скворцова, М. Я. Андриянков, З. В. Степанова, Т. В. Кашик, С. М. Пономарева, Д. Г. Ким, *ХГС*, 375 (1976). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **12**, 320 (1976)].
423. Б. А. Трофимов, М. Я. Хилько, Н. А. Недоля, Ю. К. Деманов, Е. П. Вялых, *ЖОрХ*, **18**, 744 (1982).
424. Л. Л. Дмитриева, В. П. Зиновьева, Г. И. Сарапулова, О. Б. Банникова, Н. А. Недоля, *ЖОрХ*, **32**, 1348 (1996).
425. А. С. Атавин, В. И. Лавров, В. К. Станкевич, А. с. СССР 407898; *Б. И.*, № 47, 82 (1973).
426. А. С. Атавин, В. И. Лавров, В. К. Станкевич, А. с. СССР 397002; *Б. И.*, № 31, 179 (1974).
427. М. Г. Воронков, А. С. Атавин, В. И. Лавров, В. К. Станкевич, И. Д. Калихман, *ХГС*, 330 (1974). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **10**, 285 (1974)].
428. В. И. Лавров, А. С. Атавин, В. К. Станкевич, *ХГС*, 333 (1974). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **10**, 288 (1974)].
429. А. С. Атавин, В. И. Лавров, В. К. Станкевич, А. с. СССР 473714; *Б. И.*, № 22, 49 (1975).
430. В. И. Лавров, А. С. Атавин, В. К. Станкевич, В. И. Скоробогатова, Л. Н. Паршина, *ЖОрХ*, **11**, 1958 (1975).
431. А. С. Атавин, В. И. Лавров, В. К. Станкевич, А. с. СССР 458549; *Б. И.*, № 4, 51 (1975).
432. N. A. Nedolya, L. Brandsma, H. D. Verkruijsse, A. H. T. M. van der Kerk, B. A. Trofimov, *Tetrahedron Lett.*, **39**, 2631 (1998).

433. Н. А. Недоля, Л. Брандсма, Х. Д. Веркруссе, Б. А. Трофимов, *ХГС*, 626 (1998). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **34**, 550 (1998)].
434. В. В. Новокшенов, И. А. Новокшенова, И. А. Ушаков, А. С. Медведева, *ХГС*, 1734 (2006). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **42**, 1492 (2006)].
435. Т. Е. Глотова, М. Ю. Дворко, А. И. Албанов, О. В. Губайдулина, *ЖОрХ*, **41**, 1432 (2005).
436. Б. А. Трофимов, Г. М. Гаврилова, Г. А. Калабин, В. В. Баиров, С. В. Амосова, *ХГС*, 1466 (1979). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **15**, 1177 (1979)].
437. Б. А. Трофимов, Г. М. Гаврилова, В. К. Воронов, С. В. Амосова, *ХГС*, 1136 (1980).
438. Г. М. Гаврилова, Э. И. Косицына, Б. А. Трофимов, В. И. Гостевская, С. В. Амосова, *ХГС*, 622 (1982). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **18**, 465 (1982)].
439. Г. М. Гаврилова, Б. А. Трофимов, В. И. Гостевская, С. В. Амосова, *ХГС*, 652 (1982). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **18**, 491 (1982)].
440. Г. М. Гаврилова, С. В. Амосова, Б. А. Трофимов, Э. И. Косицына, Б. З. Перциков, В. И. Гостевская, Г. К. Мусорин, М. Л. Альперт, Н. М. Бородина, *ХГС*, 697 (1986). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **22**, 572 (1986)].
441. С. В. Амосова, В. И. Гостевская, Г. М. Гаврилова, В. Н. Нестеров, Ю. Т. Стручков, *Изв. АН, Сер. хим.*, 430 (1996).
442. С. В. Амосова, В. И. Гостевская, Г. М. Гаврилова, В. Н. Нестеров, Ю. Т. Стручков, Л. Н. Ильичева, *ХГС*, 1195 (1996). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **32**, 1023 (1996)].
443. S. V. Amosova, G. M. Gavrilova, A. I. Albanov, *J. Sulfur Chem.*, **25**, 269 (2004).
444. С. В. Амосова, Г. М. Гаврилова, В. Г. Черкашина, А. И. Албанов, *ХГС*, 1410 (2004). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **40**, 1228 (2004)].
445. В. И. Мещеряков, А. И. Албанов, Б. А. Шаинян, *ЖОрХ*, **41**, 1409 (2005).
446. В. И. Мещеряков, Ю. С. Данилевич, М. Ю. Москалик, Н. Ю. Стецюра, В. Е. Заводник, В. К. Бельский, Б. А. Шаинян, *ЖОрХ*, **43**, 793 (2007).
447. В. И. Мещеряков, М. Ю. Москалик, A. Kelling, U. Schilde, И. А. Ушаков, Б. А. Шаинян, *ЖОрХ*, **44**, 313 (2008).
448. V. A. Shainyan, V. I. Meshcheryakov, A. I. Albanov, M. V. Sigalov, *Tetrahedron Lett.*, **46**, 6199 (2005).
449. V. A. Shainyan, I. A. Ushakov, A. Koch, E. Kleinpeter, *J. Org. Chem.*, **71**, 7638 (2006).
450. V. A. Shainyan, I. A. Ushakov, V. I. Meshcheryakov, U. Schilde, A. Koch, E. Kleinpeter, *Tetrahedron*, **63**, 11828 (2007).
451. С. В. Кирпиченко, Е. Н. Сулова, Л. Л. Толстикова, А. И. Албанов, Б. А. Шаинян, *ЖОХ*, **67**, 1542 (1997).
452. Е. Н. Сулова, А. И. Албанов, Б. А. Шаинян, *ЖОХ*, **75**, 1303 (2005).
453. С. В. Кирпиченко, А. Т. Абросимова, А. И. Албанов, М. Г. Воронков, *ЖОХ*, **71**, 1979 (2001).
454. Н. А. Недоля, О. А. Тарасова, А. И. Албанов, Л. В. Клыба, в кн.: *Органическая химия от Бутлерова и Бейльштейна до современности. Матер. Межд. конф. орг. химии, посвященной 145-летию теории строения орг. соедин. А. М. Бутлерова и 100-летию памяти о Ф. Ф. Бейльштейне*, Санкт-Петербург, 2006, с. 316.
455. Н. А. Недоля, Л. Л. Дмитриева, А. И. Албанов, Л. В. Клыба, О. А. Тарасова, И. А. Ушаков, *ЖОрХ*, **42**, 477 (2006).
456. N. A. Nedolya, O. A. Tarasova, A. I. Albanov, O. G. Volostnykh, L. Brandsma, V. A. Trofimov, *Mendeleev Commun.*, **18**, 164 (2008).
457. А. С. Медведева, И. А. Новокшенова, А. В. Афонин, Л. П. Сафронова, *ЖОрХ*, **41**, 1742 (2005).

458. О. Г. Ярош, М. Г. Воронков, Э. И. Бродская, *Успехи химии*, **64**, 896 (1995).
459. Л. В. Жилицкая, *Высоконенасыщенные макроциклические и макролинейные кремнеуглеводороды*, Дис. канд. хим. наук, Иркутск, 2001.
460. М. Г. Воронков, С. Ф. Павлов, *ЖОХ*, **43**, 1408 (1973).
461. М. Г. Воронков, О. Г. Ярош, Л. В. Жилицкая, Н. К. Ярош, в кн.: *Химия органических соединений кремния и серы. Тез. докл. Всерос. симпози.*, Иркутск, 2001, с. 41.
462. М. Г. Воронков, О. Г. Ярош, Л. В. Жилицкая, Н. К. Ярош, в кн.: *Химия органических соединений кремния и серы. Тез. докл. Всерос. симпози.*, Иркутск, 2001, с. 42.
463. M. Voronkov, O. Yarosh, V. Vitkovskii, A. Albanov, *J. Organomet. Chem.*, **389**, 1 (1990).
464. М. Г. Воронков, О. Г. Ярош, Г. Ю. Туркина, В. Ю. Витковский, *ЖОХ*, **57**, 2150 (1987).
465. М. Г. Воронков, Ю. Э. Овчинников, В. Е. Шкловер, Ю. Т. Стручков, И. А. Замаев, О. Г. Ярош, Г. Ю. Туркина, В. Ю. Витковский, *ДАН СССР*, **296**, 130 (1987).
466. О. Г. Ярош, Г. Ю. Туркина, А. И. Албанов, В. Ю. Витковский, М. Г. Воронков, *Металлоорг. химия*, **2**, 377 (1989).
467. И. А. Замаев, Ю. Э. Овчинников, В. Е. Шкловер, Ю. Т. Стручков, О. Г. Ярош, М. Г. Воронков, Г. Ю. Туркина, Т. М. Орлова, *Металлоорг. химия*, **1**, 1265 (1988).
468. Ю. Э. Овчинников, Ю. Т. Стручков, М. Г. Воронков, О. Г. Ярош, Г. Ю. Туркина, Т. М. Орлова, *Металлоорг. химия*, **5**, 1280 (1992).
469. М. Г. Воронков, О. Г. Ярош, Л. В. Жилицкая, А. И. Албанов, В. Ю. Витковский, *Металлоорг. химия*, **4**, 462 (1991).
470. M. Voronkov, O. Yarosh, L. Zhilitskaya, *Phosphorus, Sulfur, Silicon, Relat. Elem.*, **65**, 33 (1992).

*Иркутский институт химии им. А. Е. Фаворского*  
*Сибирского отделения РАН*  
*Иркутск 664033, Россия*  
*e-mail: nina@irioc.irk.ru*

*Поступило 30.05.2008*