

УДК 547.22 + 547.228 + 547.539

РЕАКЦИИ СОЕДИНЕНИЙ С ГАЛОГЕНИМИДОИЛЬНЫМИ
ГРУППИРОВКАМИ

Петрова Т. Д., Платонов В. Е.

Обобщены новые данные по реакциям соединений различных классов, содержащих галогениимидоильную группировку $\text{N}=\text{C}-\text{Hal}$, включающие как превращения атома галогена, так и связи $\text{N}=\text{C}$.
Библиография — 310 ссылок.

ОГЛАВЛЕНИЕ

I. Введение	405
II. Нуклеофильное замещение при связи $\text{N}=\text{C}$	406
III. Реакции элиминирования	418
IV. Реакции присоединения	425

I. ВВЕДЕНИЕ

Превращения соединений с галогениимидоильными группировками $\text{N}=\text{C}-\text{Hal}$ чрезвычайно разнообразны. Высокая подвижность их атома галогена и способность связи $\text{N}=\text{C}$ вступать в различные реакции определяют возможность использования этих соединений в качестве предшественников почти любого типа производных, включая гетероциклические соединения. Способность служить источниками реакционноспособных промежуточных ионов еще более расширяет их синтетические возможности. Не удивительно поэтому, что исследованию реакций этих соединений посвящены обзоры и монографии [1—3]. Однако после 1970 г. достаточно полно систематизированы данные лишь для отдельных типов соединений, в частности, имидоилфторидов, -дифторидов и фторированных имидоилгалогенидов [4—6], гидразоногалогенидов и галогеназинов [7—9]. Некоторые сведения о других соединениях с галогениимидоильными группировками можно найти в ряде сравнительно недавно вышедших монографий [10—14] и обзора 1971—1973 гг. [15—17], но они не являются полными.

Представлялось целесообразным систематизировать большой материал по реакциям соединений с группировкой $\text{N}=\text{C}-\text{Hal}$, появившийся после 1970 г. и не вошедший в цитируемые издания. Эта попытка предпринята в данной работе. С учетом уже имеющихся обзорных работ, по реакциям имидоилдифторидов и -фторидов приведены только новые данные последних лет. В случае гидразоногалогенидов и галогеназинов основное внимание уделено соответственно работам после 1974 и 1977 гг. О реакциях соединений, у которых галогениимидоильная группировка входит в состав гетероцикла или присоединена к гетероциклу приведено лишь несколько примеров. Все сведения о реакционной способности соединений с галогениимидоильными группировками разделены на три группы, соответствующие трем основным типам превращений: реакции нуклеофильного замещения при связи $\text{N}=\text{C}$, реакции элиминирования и реакции присоединения. Общим для этих превращений является то, что они часто не останавливаются на образовании первичных продуктов, а идут более глубоко и приводят к разнообразным конечным соединениям, в том числе, гетероциклическим производным.

В данном обзоре рассматриваются лишь химические превращения соединений с галогениимидоильными группировками. Новые сведения о некоторых других их свойствах можно найти в следующих публикациях: спектры ЯМР ^{13}C и ^{15}N [18—20], ИК- и Раман-спектры [10], данные по дипольным моментам, конфигурации и конформации [10, 21—24], квантовохимические расчеты [10, 25—28].

II. НУКЛЕОФИЛЬНОЕ ЗАМЕЩЕНИЕ ПРИ СВЯЗИ N=C

Связь $N=C$ по своим свойствам (длина и энергия связи, дипольный момент) занимает промежуточное положение между связями $C=O$ и $C=C$. Для активированных винилгалогенидов и ацилгалогенидов реакции с нуклеофильными реагентами исследованы достаточно хорошо, в то время как для простых азометиновых систем гораздо меньше. Однако по аналогии с нуклеофильными реакциями связей $C=O$ и $C=C$ можно полагать, что нуклеофильная атака на связь $N=C$ должна приводить к образованию аниона или цвиттер-иона, которые далее могут давать продукты замещения, присоединения и расщепления. В галогенимидильных соединениях, кроме того, имеется возможность разрыва связи $C-Hal$ и образования катионидных интермедиатов, которые также способны к различным превращениям.

1. Реакции с О-нуклеофильными реагентами

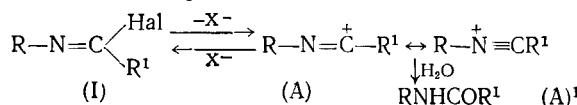
а) Гидролиз

Гидролиз имидоилгалогенидов с образованием амидов характерен для соединений этого класса [29—39]. Многие имидоилгалогениды весьма чувствительны даже к влаге воздуха, вследствие чего выделение их в чистом виде затруднительно и об их образовании в ходе превращений судят по выделенным амидам. С другой стороны на этом основан удобный препаративный метод синтеза амидов [40]. Однако такое направление реакции не является единственным. Так, продуктами гидролиза хлорформамидинов являются соответствующие мочевины [34, 41—44]. Гидролиз N-(арил)хлорформимидаев или -хлортиоформимидаев может приводить к карбаматам или продуктам их разложения — анилинам, оксипроизводным и CO_2 [34]. С образованием аминопроизводных или карбаматов происходит гидролиз N-(арил)карбонимилоилдихлоридов [45]. 4-Аминотетрахлорпиридин является единственным продуктом кислого гидролиза N-(2,3,5,6-тетрахлорпириди-4)карбонимилоилдихлорида [46]. N-(Трихлорметил)карбонимилоилдихлорид в растворителе или при нагревании бурно реагирует с водой до полного разложения [15].

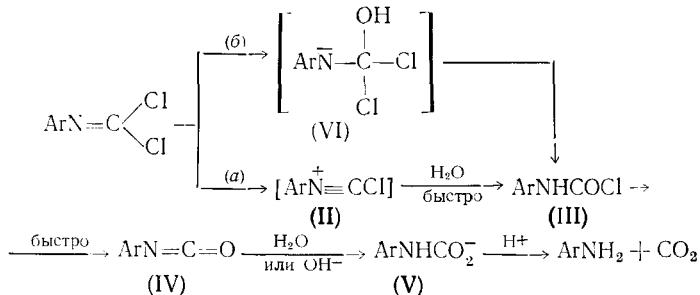
Вместе с тем, реакции имидоилгалогенидов с водой не всегда осуществляются легко. Так, достаточно устойчивыми к гидролизу оказались некоторые N-(пентафтортио)хлорформимииды и -хлорформамииды [47]. Практически не взаимодействуют с водой даже при кипячении N-(пентафторфенил)галоацетимида и хлорамида [37]. Не подвергаются гидролизу в мягких условиях и перфторалкилимиодиодиды [48]. Для превращения их в соответствующие амиды необходимо кипячение с 20%-ной соляной кислотой.

При гидролизе галогеназинов в зависимости от их строения и условий гидролиза могут быть получены различные продукты, в том числе илиденгидразиды и гетероциклические производные [8, 49—52]. Гидразонгалогениды при действии воды переходят в соответствующие гидразиды или циклические продукты [7, 53—60].

К настоящему времени механизм гидролиза соединений с галогенимidoильными группировками изучен достаточно полно. Кинетические исследования в ряду имидоилхлоридов и дихлоридов [34, 45, 61], галогеназинов [8, 51, 62] и гидразоногалогенидов [8, 55–58] показали, что для гидролиза этих соединений наиболее характерен мономолекулярный S_N1 -механизм с определяющей скоростью стадией диссоциации связи C–Hal. При этом промежуточно образуется нитрилиевый ион(A), для которого преобладает вклад октетной резонансной структуры (A)¹.

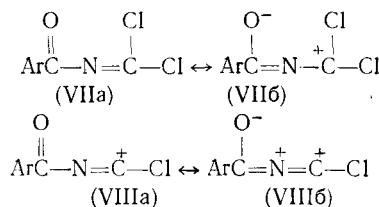


Однако такой механизм не является единственным и, в зависимости от строения субстрата, реагента и среды, он может меняться. Так, гидролиз N-(арил)карбонимидоилдихлоридов (I), $R=Ar$, $R'=Cl$ в растворе диоксан — вода (1 : 4) при 25° и pH среды до ~ 12 характеризуется гамметовским значением $\rho = -2,30$, что указывает на реализацию S_N1 -механизма через промежуточный нитрилиевый ион (II) (путь a).



При этом образуется карбамоилхлорид (III), который быстро переходит в изоцианат (IV). Присоединение воды к последнему и разложение образующегося карбамата (V) дает наблюдаемые продукты реакции [45]. При увеличении концентрации ионов OH^- происходит прямая атака гидроксила на субстрат (путь б) с образованием тетраэдрического интермедиата типа (VI) (S_N2 -механизм, $\rho = +1,26$). Наблюдаемое влияние заместителей в арильном кольце на скорость гидролиза подтверждает сказанное выше.

Гидролиз *N*-(ароил)карбонимидоилдихлоридов (I), $R = COAr$, $R^1 = Cl$ в сходных условиях осуществляется в 10^3 раз быстрее, хотя скорость по S_N1 -механизму уменьшается в 10^6 раз. Реализуется только бимолекулярный механизм. Наблюдаемые факты объясняются большей чувствительностью *N*-(ароил)карбонимидоилдихлоридов к нуклеофильной атаке (см. структуру (VIIб)), а также стабилизацией соседней карбонильной группой отрицательного заряда в интермедиате типа (VI) и дестабилизацией нитрилиевого иона, предполагаемого для S_N1 -механизма (см. структуру (VIIIб)) [45].

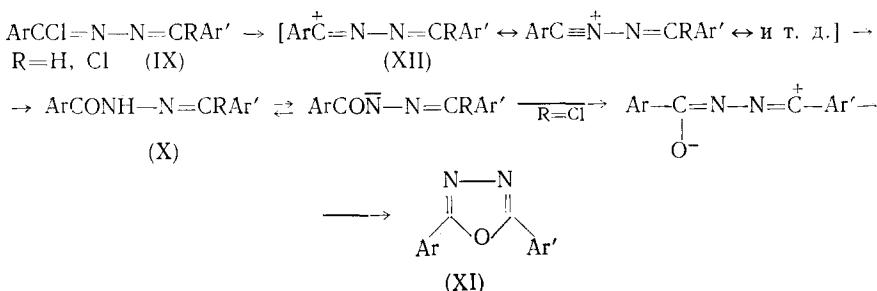


В водном диоксане гидролиз N-(арил)- и N-(ароил) бензимидоилхлоридов, -хлортиоимидатов, -хлорформамидинов (I), $R=Ar$ или $COAr$, $R'=Ar'$, SAr' , $NMeAr'$, $Hal=Cl$, осуществляется по S_N1 - механизму. При этом N-(арил)имидоилхлориды в 10^6 раз более активны. В то же время для соответствующих хлорформимидинатов (I), $R=Ar$ или $COAr$, $R'=OAr'$, $Hal=Cl$ в сходных условиях более характерен бимолекулярный механизм гидролиза [34, 45]. Склонность N-(арил)хлорформимидинатов к гидролизу по S_N2 -механизму, в отличие от других N-(арил)имидоилхлоридов, связывают с влиянием заместителей у имидоильного атома углерода на образование и стабилизацию развивающегося карбониевого центра, которое изменяется в ряду $Ar>NMeAr>SAr>OAr$. Атом кислорода, по сравнению с атомом серы, в меньшей мере стабилизирует карбониевый центр за счет мезомерного эффекта и сильнее дестабилизирует его в связи с более высоким отрицательным индуктивным эффектом. Во всех случаях степень содействия образованию карбониевого центра за счет делокализации положительного заряда больше для ароматического кольца, связанного с атомом азота, чем с атомом углерода, поскольку вклад октетной резонансной структуры для нитрилиевого иона преобладает.

Механизм $S_{N}1$ установлен для гидролиза в водном диоксане изомерных *Z*- и *E*-О-метилбензогидроксимиолгалогенидов [33], при этом *Z*-изомеры гидролизуются почти в 470 раз быстрее, чем *E*-изомеры. Это говорит о том, что при образовании промежуточного нитрилиевого иона свободная электронная пара азота должна находиться предпочтительнее в *транс*-положении к уходящей группе. Причем природа этой группы влияет на скорость гидролиза. В случае брома она значительно больше, чем в случае хлора, что также подтверждает $S_{N}1$ -механизм.

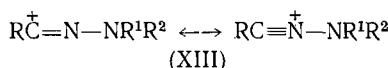
По сравнению с N-(арил)имидоилгалогенидами, О-метилбензогидроксимиолгалогениды гидролизуются труднее (120° по сравнению с комнатной для имидоилгалогенидов), что можно объяснить дестабилизацией промежуточного нитрилисного иона электроотрицательной метоксигруппой у атома азота.

Из кинетических данных по гидролизу в водно-органической среде галогенимидоильных группировок в составе галогеназинов [8, 50, 51] следует, что для соединений этого типа, как и для имидоилгалогенидов, в зависимости от строения субстрата и среды, механизм может меняться от диссоциативного S_N1 до ассоциативного S_N2 . Например, 1-хлор- и 1,4-дихлор-1,4-диарил-2,3-диазабута-1,3-диены (IX), $R=H$ или Cl , в водном диоксане превращаются соответственно в гидразиды (X) и оксадиазолы (XI); причем для соединений обеих серий наблюдается сходная медленная стадия мономолекулярного расщепления связи $C-Cl$ и образования стабилизированного нитрилиевого иона (XII).



В основных средах соединения обеих серий подвергаются прямой S_N2 -атаке гидроксилом, но только, если в арильных кольцах присутствуют электроноакцепторные заместители. В других случаях при повышении концентрации OH^- ионов скорость реакции падает [50].

В ряду гидразоногалогенидов изучена кинетика гидролиза в водно-органической среде N-(арил)гидразонобромидов [55–57] и N-(амидино)гидразонобромидов [58], в том числе с амидиновой группировкой в составе гетероцикла [59, 60]. При этом показано, что, как правило, гидролиз осуществляется по S_N1 -механизму через нитрилиевый ион (XIII).



Электронодонорные заместители у имидильного атома углерода (R) и гидразинового атома азота (R¹ и R²) способствуют образованию нитрилиевого иона. Существенны и стерические факторы. Так, для N-(арил)-гидразонобромидов с алкильной группой у имидильного атома углерода скорость гидролиза падает по мере возрастания объема этой группы [55]. Затруднен гидролиз гидразонобромидной группировки, входящей в состав гетероцикла [56].

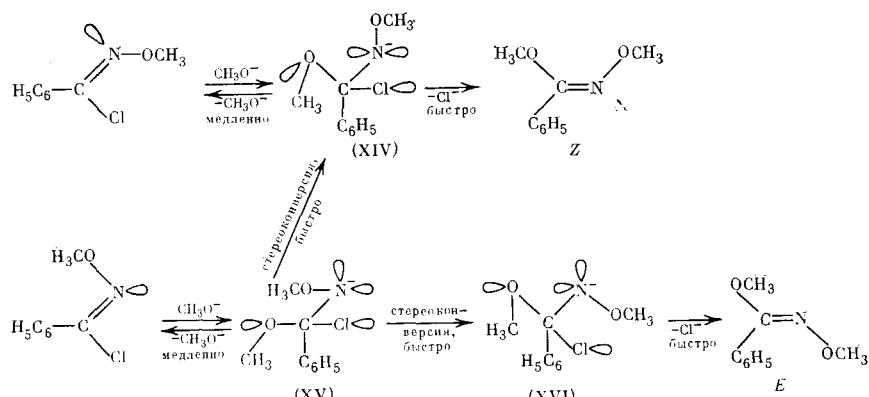
б) Реакции со спиртами и фенолами

Известная реакция нуклеофильного замещения атомов галогена в имидоилгалогенидах и -дигалогенидах при действии спиртов или алкоголятов, приводящая к образованию соответствующих имидатов, распро-

странена на новые объекты [24, 33, 47, 48, 63—72]. Взаимодействие N-(перфторизопропил)ацетимида и хлорида с полифторированными спиртами проведено в присутствии триметиламина [66, 72], а в реакциях N-(пентафторфенил)карбонимидонилхлорида со спиртами и фенолами в качестве основания использован поташ [64]. На примере взаимодействия N-(арил)бензимидоилхлоридов и фенолятов натрия показано, что арилимида с хорошим выходом можно получать в условиях двухфазного катализа [73, 74]. О превращениях N-(трихлорметил)карбонимидонилхлорида со спиртами и фенолами см. [15].

Замещение галогенов на аллокси- и арилоксигруппы описано также для галогеназинов [51] и гидразоногалогенидов [62, 75—77]. Реакция N-(арил)гидразоногалогенидов с *o*-аминофенолами приводит к производным 1,4-бензоксазина [78].

Для бензогидроксимонилхлоридов [71] и бензгидразоногалогенидов [75] проведено не только кинетическое, но и стереохимическое исследование реакций аллоксидного замещения при связи N=C, хотя во многих случаях конфигурационная нестабильность азометиновых систем затрудняет такое исследование. Реакции *Z*- и *E*-изомерных O-метилбензогидроксимонилхлоридов с метилатом натрия в растворе 10% CH₃OH — 90% DMSO характеризуются гамметовским значением $\rho = 1.90$ и идут с сохранением конфигурации на $\geq 95\%$ для *Z*-изомера и на $\geq 95—77\%$ (в зависимости от заместителей в арильном кольце) для *E*-изомера. При этом изомеризация *E* \rightarrow *Z* исходных хлоридов не происходит. Полученные данные согласуются с бимолекулярным механизмом присоединения — элиминирования, в котором скорость определяющей стадии является нуклеофильная атака исходного хлорида алкоголят-ионом с образованием тетраэдрического интермедиата.



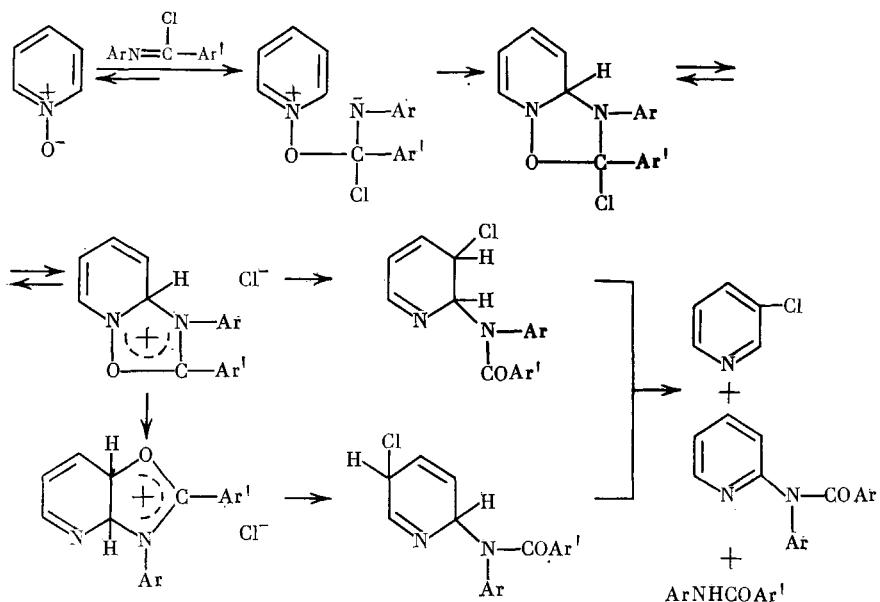
Стереохимия и относительные скорости реакций интерпретируются в терминах теории стереоэлектронного контроля стадий присоединения и элиминирования [79]. В соответствии с этим, потеря хлорид-иона из тетраэдрического интермедиата (XIV) идет быстрее, чем отщепление метокси-иона с превращением в исходное соединение, или стереоконверсия. В тетраэдрическом интермедиате (XV) быстрее идут стереоконверсии до интермедиатов (XIV) и (XVI).

Сходные механизмы и стереохимия установлены и для реакций N-(арил)бензгидразоногалогенидов с метокси-ионом в метаноле [75].

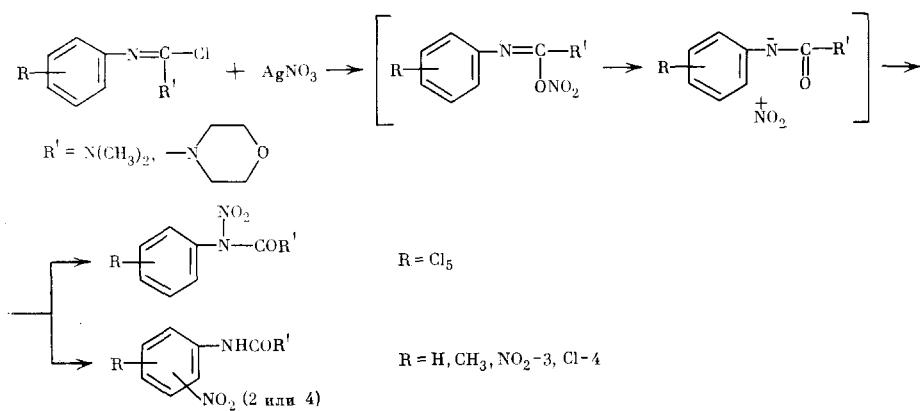
в) Реакции с N-окисями, нитратом серебра

N-Окиси азотистых гетероциклов взаимодействуют с бензимидоилхлоридами, образуя гетероциклические производные, содержащие 2-ациламиногруппу, которые без выделения легко гидролизуются в 2-аминопроизводные [80—83]. Кроме реакции ациламинирования, наблюдается хлорирование гетероциклического кольца, а в некоторых случаях — образование оксипроизводных. В присутствии оснований возрас-

тает выход продуктов ациламинирования. Наиболее полно исследованы реакции с пиридин-N-оксидами [80, 81]. Одна из схем превращений представлена ниже:



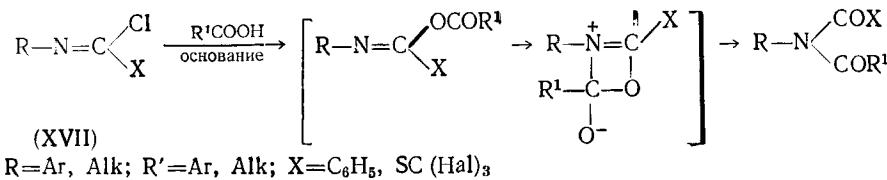
Нуклеофильная атака N-оксидного кислорода по электрофильному углероду имидоилхлорида и последующее внутримолекулярное присоединение азота в положение 2 пиридинового кольца приводит к промежуточному 1,2-дигидропиридину, который ароматизуется или претерпевает последовательный 1,5-сигматропный сдвиг и ароматизацию. В реакции N-(арил)хлорформамидинов с нитратом серебра первичные продукты замещения хлора на —ONO₂-группу перегруппированы в нитромочевины [41].



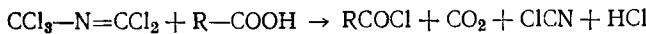
г) Реакции с органическими кислотами

Реакции солей ароматических и алифатических карбоновых кислот или самих кислот в присутствии оснований с бензимидоилхлоридами или арилиминохлорметилсульфидами общей формулы (XVII) осуществляются путем нуклеофильного замещения атома хлора и последующей 1,3-миграции ацильной группы от кислорода к азоту [73, 84]. Хорошие ре-

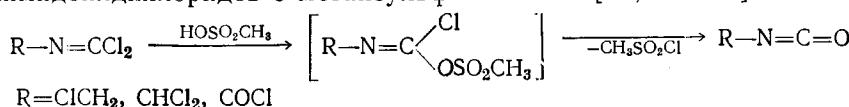
результаты получены и в условиях двухфазного катализа.



N-(Трихлорметил)карбонимидоилдихлорид реагирует с ароматическими, алифатическими, циклоалифатическими и гетероциклическими карбоновыми кислотами через промежуточный N-(хлороформил)карбонимидоилдихлорид по схеме [15].

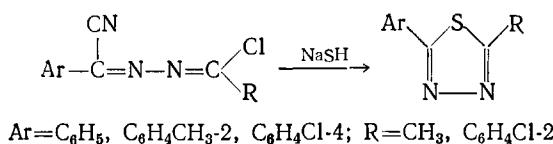


В случае алифатических сульфокислот конечным продуктом является N-(хлороформил)изоцианат. Изоцианаты получаются и в реакциях карбонимидоилдихлоридов с метансульфокислотой [17, 85—87].



2. Реакции с S-нуклеофильными реагентами

Легко осуществляются реакции соединений, содержащих галогенимидоильные группировки, с ароматическими и алифатическими тиолами или их солями, приводя к продуктам замещения имидоильного атома галогена на тиогруппу [66, 68, 73, 75, 88—91]. В ряде случаев реакция не останавливается на стадии образования тиоимидата, а идет дальше, давая продукты циклизации. Таким путем, например, из 1-циан-4-хлор-2,3-диазабута-1,3-диенов получены 2,5-дизамещенные 1,3,4-тиадиазолы [92].



N-(Трифторметилтио)трифторацетимидоилхлорид, имеющий два центра для нуклеофильной атаки — имидоильный атом углерода и атом серы — реагирует с тиолами, как с мягкими нуклеофилами, исключительно по сульфенильной сере (атом углерода чувствителен к атаке жесткими нуклеофилами) [72].

Из других серусодержащих реагентов в реакции вовлекали пятисернистый фосфор, который превращает N-(дихлорметилтио)карбонимидоилдихлорид в соответствующий изотиоцианат с небольшим выходом [93]. О реакциях гидразоногалогенидов с различными серусодержащими реагентами см. [9], [77].

3. Реакции с N-нуклеофильными реагентами

a) Реакции с аминами

Первичные и вторичные амины. Реакции соединений, содержащих галогенимидоильные группировки, с первичными и вторичными аминами приводят к продуктам последовательного замещения атомов галогена при имидоильном атоме углерода на аминогруппы. Образующиеся при этом соединения либо вполне устойчивы и могут быть выделены и охарактеризованы, либо нестабильны и претерпевают различные превращения.

щения, в частности, до карбодиимидов или их таутомеров — амидонитрилов — и гетероциклических производных.

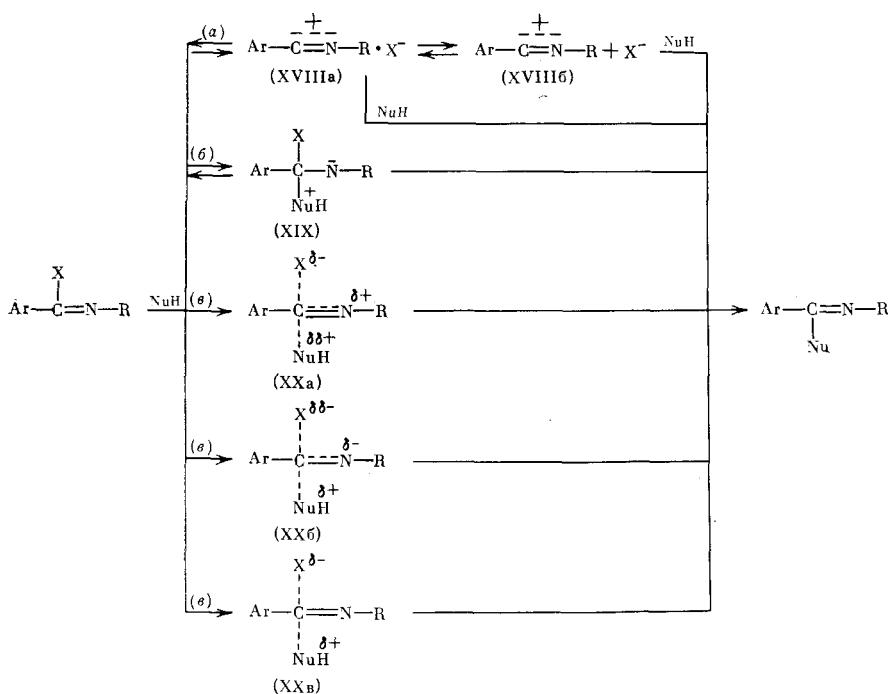
Устойчивые продукты замещения выделены в ряду карбонимидоил-дигалогенидов [41, 45–97, 94], имидоилгалогенидов [37, 48, 65, 72, 95–109], гидразоногалогенидов [59, 77, 91, 110, 111] и галогеназинов [8]. В некоторых случаях для реакций использованы триметилсилильные производные амина [49, 107].

Следует отметить, что при взаимодействии карбонимидоилдихлоридов с ароматическими аминами часто не удается получить продукты замещения одного атома хлора и образуются гуанидины [17, 46]. Они присутствуют в реакционной смеси даже тогда, когда степень превращения исходного дихлорида мала.

В реакциях N-(*n*-хлорфенил)- и N-(пентахлорфенил)карбонимидоилдихлоридов с аммиаком образуются амидонитрилы [3]. Превращение до карбодиимида отмечали в реакции 1,1,1-трифтор-2-фенил-2,4,6,6-тетрахлор-3,5-диазагексадисна-3,5 с *трет*-бутиламином. В аналогичной реакции с изо-пропиламином или первичными ароматическими аминами получали производные 1,2-дигидро-1,3,5-триазина [112]. Гетероциклические соединения получены также из карбонимидоилдихлоридов и -хлоридов с этилендиамином [113], анилинами [15, 108, 114], *o*-фенилендиамины [30, 94, 115–117] и в реакциях галогеназинов с аминами [8, 35].

Кинетические данные амидинообразования получены для реакций диарилимидоилгалогенидов с алифатическими [100, 105, 106] и ароматическими [98, 99] аминами в неводных растворителях различной полярности, а также для изомерных O-метилбензогидроксимоилгалогенидов с алифатическими аминами [109]. Анализ влияния природы заместителей в диарилимидоилгалогениде, строения и основности амина, природы растворителя, солевых эффектов, эффекта уходящей группы и активационных параметров свидетельствует в пользу бимолекулярного нуклеофильного замещения у имидоильного атома углерода с участием связи C=N. Замещение осуществляется различными путями: а) механизм нуклеофильного отщепления — присоединения, характеризующийся отрицательными значениями гамметовской константы ρ с определяющей скорость атакой нуклеофила на первоначально образующийся нитрилий-катионный интермедиат (XVIII), который может находиться либо в виде ионной пары (XVIIIa) (механизм S_N2 (IP)), либо в виде иона (XVIIIb) механизм S_N2 (C^+)¹; б) механизм нуклеофильного присоединения — отщепления ((Ad_N — E) или (S_AN)), включающий образование тетраэдрического интермедиата (XIX) и характеризующийся положительным значением ρ ; в) согласованный S_N2 -механизм, который по степени затратности связи C=N (соотношению степени разрыва связи C—Hal и образования связи C—Nu) различается на диссоциативный бимолекулярный S_N2 -механизм с переходным состоянием типа (XXa), когда степень разрыва связи C—Hal преобладает над степенью образования связи C—Nu (значение ρ отрицательное), ассоциативный, где соотношение обратное (XXb), и механизм с симметричным переходным состоянием с одинаковыми степенями образования и разрыва связи (XXc).

¹ Обозначения S_N2 (IP) и S_N2 (C^+) соответственно для ионно-парного механизма бимолекулярного нуклеофильного замещения и механизма бимолекулярного нуклеофильного замещения с участием свободного иона взяты из работы [105].



Реализуются и пути, в которых проявляется основной, электрофильный или бифункциональный катализ амином, но вклад их в общий процесс невелик.

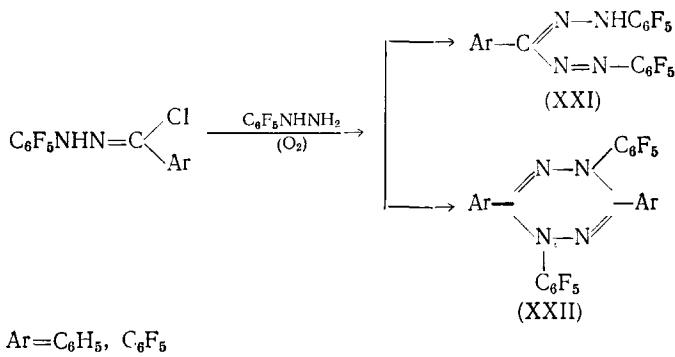
Механизм S_N2 (IP) предпочтительнее для реакций имидоногалогенидов с электронодонорными заместителями у атома азота, с умеренными нуклеофилами и в растворителях с высокой сольватирующей способностью, причем для стерически напряженных нуклеофилов реализуется вариант S_N2 (C^+) (путь *a*). Путь *b* более характерен для реакций субстратов с электроноакцепторными заместителями и сильных нуклеофилов. В промежуточных случаях по мере уменьшения оттягивания электронной плотности от азометиновой связи параллельно могут реализоваться пути *a* и *b*. Путь *c* менее вероятен, однако совсем отбрасывать его нельзя, тем более, что кинетические данные не всегда позволяют четко определить механизм. Например, трудно различить путь *a* и путь *c* с переходным состоянием типа (XXa) [98].

Z-Изомеры О-метилгидроксимоилгалогенидов реагируют с аминами по механизму присоединения — отщепления, в то время как *E*-изомеры не вступают в реакцию [109].

Третичные амины часто используют в реакциях галогенимидильных соединений с нуклеофильными реагентами для связывания выделяющегося HHal или для генерации ионов (см. с. 418). Однако известны примеры присоединения третичных аминов к галогенимидильным производным с образованием имидоиламмониевых солей. Подробно об этих реакциях, их кинетике и механизме см. [118—122].

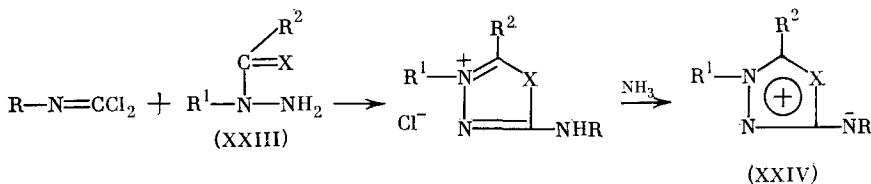
б) Реакции с гидразинами и их производными

Гидразины и их производные реагируют с соединениями, содержащими галогенимидильные группировки, образуя стабильные первичные продукты замещения атома галогена на остаток гидразина [123—126] или продукты их дальнейших превращений. Так, в реакции *N*-(пентафторфенил)бензгидразонохлоридов с пентафторфенилгидразином в зависимости от используемого растворителя получают преимущественно формазаны (XXI) или тетразини (XXII) [127].



Ar=C₆H₅, C₆F₅

Тетразины являются продуктами реакции N-(арилсульфонил)карбонимида и дихлорида с метилгидразином в присутствии метилового эфира ортобензойной кислоты [128]. Замещенные 1,2,4-триазолы или 2,5-диарилтетразолы получены при взаимодействии с арилгидразинами N-(полихлорвинил)имидоилхлоридов [108, 114] и 1,3-дихлор-1-диметиламино-4-фтор-2-азабутадиена [129] или N-(фенилсульфонил)бензгидразонхлоридов [130] соответственно. Первичные продукты реакций N-(арил)- или -(алкил)карбонимида и дихлорида с α -ацил- или α -тиоацилгидразинами (XXIII) при обработке аммиаком переходят в циклические мезионные соединения типа (XXIV) [131—134].



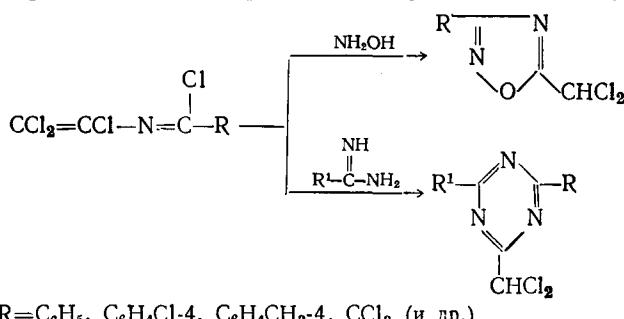
$X = O, S$

$R^1 = CH_3$; $R^2 = C_6H_5$; $R = C_6H_4CH_3-4$, C_6H_4Cl-4 , CH_3

Мезоионные структуры образуются также в аналогичных реакциях 1,1-дигром-2,3-диазадиенов и N-аминобензамидинов [125, 134, 135].

в) Реакции с гидроксиламино и амидинами

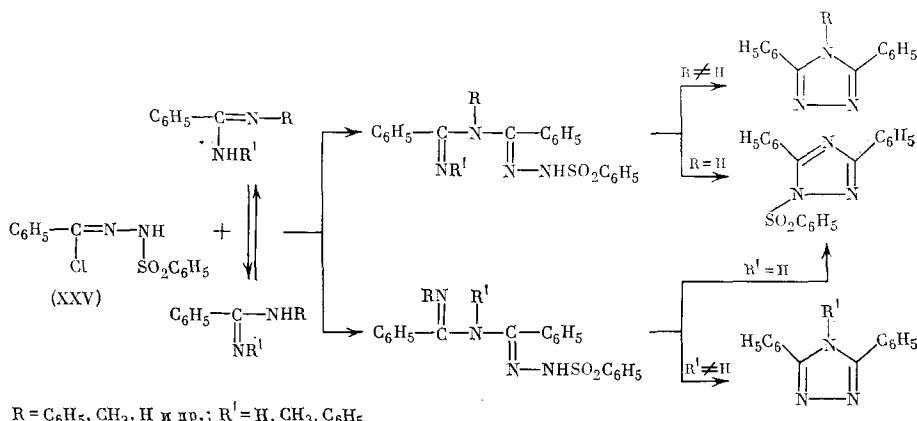
Карбонимидоилдихлориды и хлориды, содержащие N-хлоралкенильные группировки с α -атомами хлора, реагируют с бифункциональными нуклеофилами, в частности, гидроксиламином или амидинами с замещением α -атома хлора и атома хлора у имидоильного углерода, давая различные гетероциклические производные [15, 17, 108, 114]. Например:



$R = C_6H_5, C_6H_4Cl-4, C_6H_4CH_3-4, CCl_3$ (и др.)

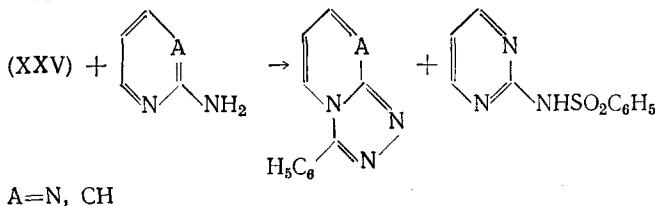
Реакция N-(фенилсульфонил)бензидразонохлорида (XXV) с N-замещенными амидинами осуществляется по двухступенчатому механизму, включающему нуклеофильную атаку соединения (XXV) двумя тautомерными формами амидина и последующую циклизацию за счет нуклеофильной атаки аминогруппой иминокарбонильного атома углерода исходного амидина в промежуточно образующемся соединении. Конечными

продуктами являются замещенные 1,2,4-триазолы [136].



$R = C_6H_5, CH_3, H$ и др.; $R^1 = H, CH_3, C_6H_5$

2-Аминопиридин или 2-аминопримидин, которые можно рассматривать как гетероциклические амидины, реагируют аналогично; причем первоначальная нуклеофильная атака на гидразонохлорид осуществляется атомом азота кольца. В результате образуются триазолопиридины или -примидины.



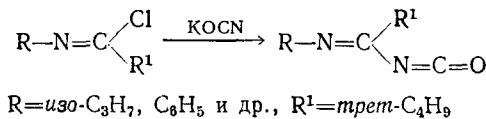
$A=N, CH$

Сходные реакции других гидразоногалогенидов см. [137]. В реакциях α -кетогидроксимоилхлоридов с гетероциклическими амидинами образуются как линейные, так и циклические продукты [138].

г) Реакции с азидами, цианатами

При действии азида натрия на соединения с галогенимидоильной группировкой идет замена галогена на азидогруппу [57, 139—143] и образуются тетразолы [51, 84, 139, 144, 145]. Исследование кинетики реакции изомерных ацилбензогидроксимоилхлоридов с азидом натрия в воде показало, что реакция бимолекулярна и с *Z*-изомером протекает с сохранением конфигурации, в то время как для *E*-изомера она идет в 10 раз медленнее и наблюдается инверсия конфигурации [143].

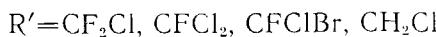
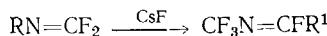
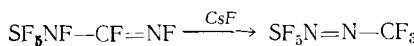
Мало изученные имидоилизоцианаты с открытой цепью могут быть получены из имидоилхлоридов с цианатом калия в присутствии краун-эфира [146].



4. Реакции с галоген-анионами

Наиболее широко исследовано взаимодействие галогенимидоильных соединений с фторид-анионом, источником которого, как правило, служат фториды цезия, калия или натрия. Одно из направлений реакции — замещение на фтор имидоильного атома галогена [16, 37, 38, 72, 147—149]. При этом замещаться на фтор могут и другие атомы галогена, присутствующие в молекуле [150, 151], или только они, если их подвижность выше, чем у галогена при углероде связи $N=C$ [152]. Другое направле-

ние реакций с фторидами щелочных металлов — изомеризация [153, 154]:



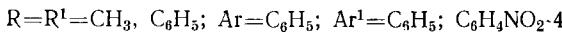
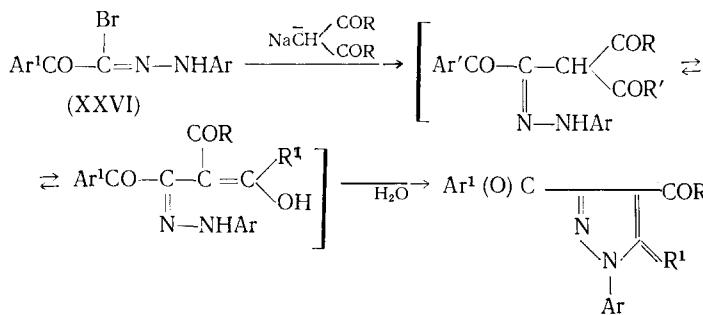
И, наконец, присоединение фторид-аниона к связи $\text{N}=\text{C}$, приводящее к соответствующим N -анионам, об образовании которых можно судить либо на основании непосредственных спектральных наблюдений [155, 156] и выделении стабильных солей [157], либо по продуктам превращений. Анионы могут претерпевать внутримолекулярные перегруппировки и циклизации [150, 158, 159] или участвовать в межмолекулярных превращениях, выступая в качестве активных нуклеофилов [137, 160]. К межмолекулярным превращениям относятся и процессы димеризации [159, 161, 162].

В работе [159] при изучении взаимодействия фторид-аниона с перфтор-2,5-диазагекса-2,4-диеном установлено, что на образование того или иного продукта оказывает влияние источник фторид-аниона и условия проведения реакции, которые определяют образование продуктов кинетического или термодинамического контроля.

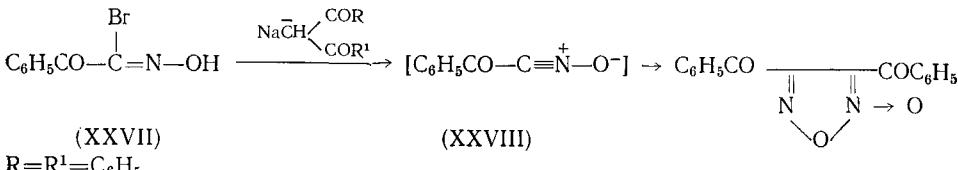
N -Анион CF_3NF^- , образующийся из $\text{FN}=\text{CF}_2$ и фторидов цезия, калия или ртути, выступает как активный нуклеофил в реакциях с исходным соединением или его N -хлораналогом, а также перфторкарбонилфторидами, давая различные продукты [163, 164]. Менее стабильный и нуклеофильный N -анион CF_3NCl^- , образующийся из $\text{ClN}=\text{CF}_2$ и фторидов калия или цезия, окисляется хлором до CF_3NCl_2 [164]. О реакциях N -анионов из перфторазациклогексена и -циклогексадиенов см. [155, 156].

5. Реакции с С-нуклеофильными реагентами

Взаимодействие имидоилхлоридов или гидразоногалогенидов с KCN приводит к продуктам замещения галогена на CN -группу [91, 165, 166]. В качестве С-нуклеофилов могут выступать также карбанионы, генерируемые из соединений с активными метиленовыми группами [167].



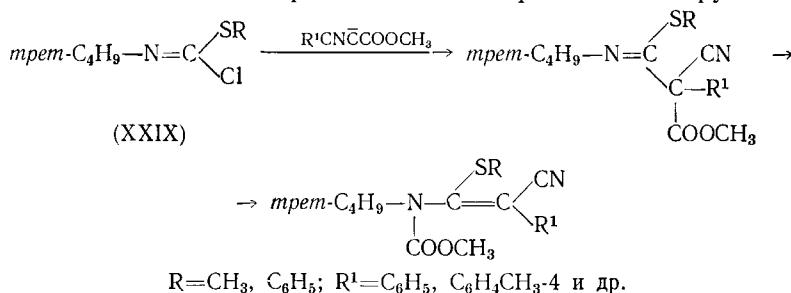
В отличие от этого, в реакции гидроксимонилбромида (XXVII) с карбанионом последний действует только как основание, которое способствует образованию промежуточного нитрилоксида (XXVIII) [88].



Различие в поведении двух типов соединений (XXVII) и (XXVI) может быть связано с различной кислотностью связей $\text{O}-\text{H}$ и $\text{N}-\text{H}$ и легкостью образования нитрилоксида из соединения (XXVII) и нитрилимина из соединения (XXVI).

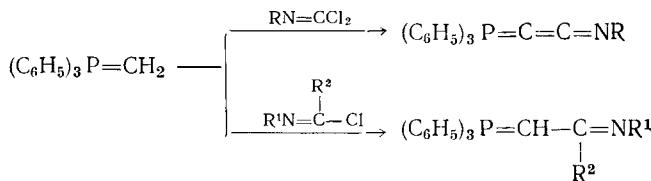
Взаимодействие хлорформтиоимидатов (XXIX) с карбанионами из

цианмалоновых эфиров приводят к тиоимидатам, которые уже при комнатной температуре перегруппировываются в *E*- и *Z*-изомеры *N*-винилкарбаматов за счет 1,3-миграции аллоксикарбонильной группы [168].



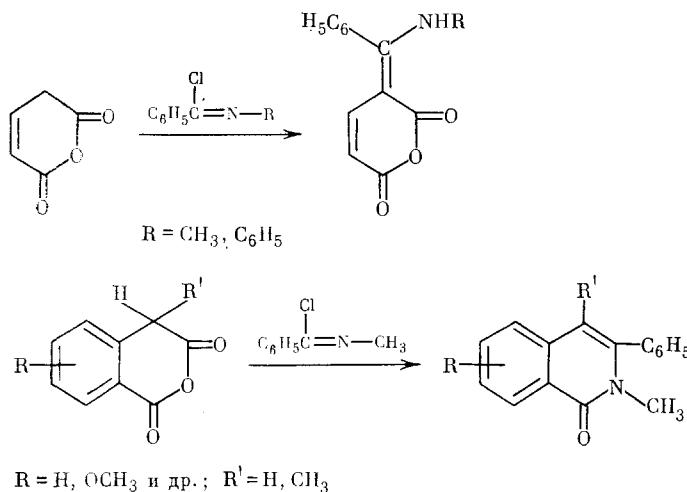
В реакции фениллития с N-(пентафтортио)хлорформамидином атом хлора замещается на фенил [47]. О реакциях с винил- и этинилмагний-бромидами, а также с ароматическими и алифатическими магнийбромидами см. [42, 89, 171].

Карбонимидоильдихлориды и хлориды вступают в реакцию с метилен-трифенилфосфораном [169, 170].



$R = C_6H_5, CH_3, C_6H_{11}$ и др.; $R^1 = C_6H_5, C_6H_4CH_3 \cdot 4$;
 $R^2 = C_6H_5, OCH_3, SCH_3$

В реакциях глутаконового или гомофталевых ангидридов с имидоилхлоридами первоначальная нуклеофильная атака имидоильного атома углерода осуществляется атомом С(4) ангидрида. Промежуточно образующиеся соединения альдольного типа превращаются в конечные продукты с включением или без включения ангидридной части молекулы [172—174].



6. Реакции с другими нуклеофильными реагентами

Описаны реакции имидоилхлоридов и гидразоногалогенидов с соединениями селена, приводящие к селеновым гетероциклам [175, 176]. Направление реакций имидоилхлоридов с ди- и триалкилфосфитами [177, 178], а также эфироамидами фосфористой кислоты [179] неоднозначно и зависит от строения исходных соединений и условий проведения

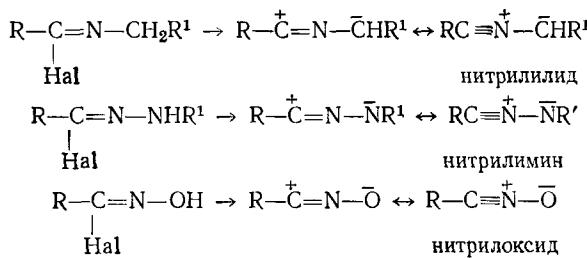
реакции. Имидоилхлориды с высоким выходом превращаются в имины и амины под действием аниона $\text{HFe}(\text{CO})_4^-$ [180], а с анионом $\text{C}_6\text{H}_5\text{COFe}(\text{CO})_4^-$ дают мезоионные 1,3-оксазол-5-оны [181].

III. РЕАКЦИИ ЭЛИМИНИРОВАНИЯ

Реакции элиминирования соединений с галогениимиоильными группировками достаточно хорошо изучены, особенно те, которые приводят к высоко реакционноспособным промежуточным биполярным ионам, способным взаимодействовать с различными реагентами, образуя новые соединения многих типов. Именно с этой особенностью свойств связано широкое использование галогениимиоильных производных в органическом синтезе, в частности, для получения гетероциклических соединений.

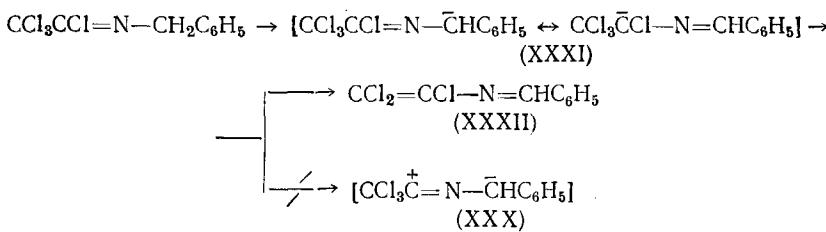
1. Образование ионов и их превращений

При действии сильных оснований на соединения с галогениимиоильной группировкой отщепляется галогенводород и образуются биполярные ионы следующих основных типов:



Как правило, эти ионы образуются лишь *in situ* и в зависимости от строения и условий реакции быстро претерпевают внутримолекулярные превращения или вступают в межмолекулярные взаимодействия с образованием димеров или продуктов реакций с другими реагентами, имеющимися в системе.

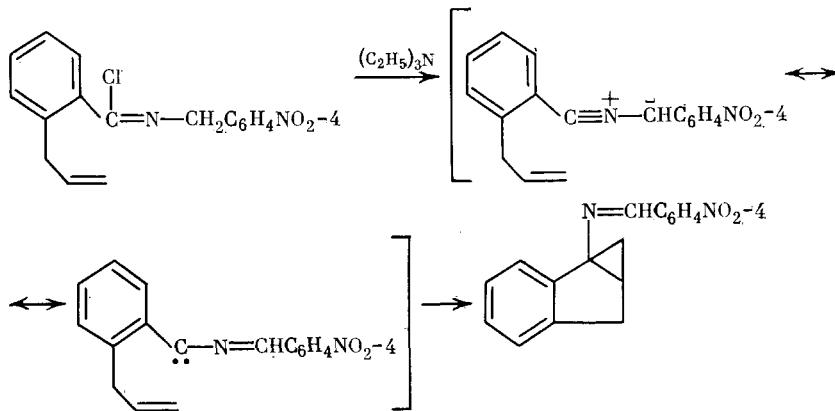
В развитие ранних работ по нитрилилидам более детально исследован и подтвержден экспериментально механизм таутомерных превращений *N*-(4-нитробензил)-бензимидоилхлорида и *N*-(бензил)-4-нитробензимидоилхлорида и нитрилилидов, образующихся из них, под действием триэтиламина [182]. Действие этого основания на *N*-(бензил)трихлоракетимиоилхлорид не приводит к ожидаемому нитрилилиду (XXX), так как первоначально образующийся мезомерный карбанион (XXXI) превращается в *N*-(бензилиден)перхлорвиниламин (XXXII) [183].



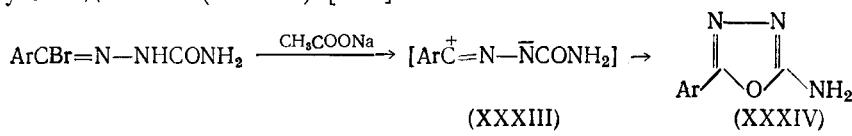
При действии триэтиламина на соответствующие гидроксимоилхлориды были получены ацетонитрилоксид [184] и дифенилацетонитрилоксиды [185], причем последние оказались настолько стабильными, что их удалось выделить и охарактеризовать. Весьма устойчив и пентахлорбензонитрилоксид [96], в то время как пентафторбензонитрилоксид нестабилен и легко димеризуется. Для получения нитрилоксида из дихлорформальдоксима с успехом использован нитрат серебра [186]. Попытка получить нитрилимин из *N*-(фенилсульфонил)бензидразонохлорида оказалась безуспешной, что может быть связано со стабильностью первоначально образующегося *N*-аниона за счет делокализации отрицательного заряда электроноакцепторной фенилсульфонильной группой [136].

а) Внутримолекулярные превращения ионов

Примером внутримолекулярного превращения может служить переход полученного из *N*-(*n*-нитробензил)-*o*-аллилбензимидоилхлорида нитрилида в трициклическое соединение за счет 1,1-циклоприсоединения карбенной формы нитрилида к двойной связи [187].



Внутримолекулярная атака кислородом в нитрилимине (XXXIII), протекающая как 1,5-диполярное присоединение, приводит к производному оксадиазола (XXXIV) [188].



$\text{Ar}=\text{C}_6\text{H}_5, \text{C}_6\text{H}_4\text{Cl}-4, \text{C}_6\text{H}_4\text{OCH}_3-4$ и др.

Нитронитрилимины, промежуточно образующиеся при действии ацетата натрия в уксусной кислоте на арилгидразоны бромнитроформальдегида, изомеризуются в *N*-нитрозоаминоизоцианат, который устойчив в таутомерной циклической мезоионной форме 3-арил-1,2,3,4-оксатриазолата [189, 190].

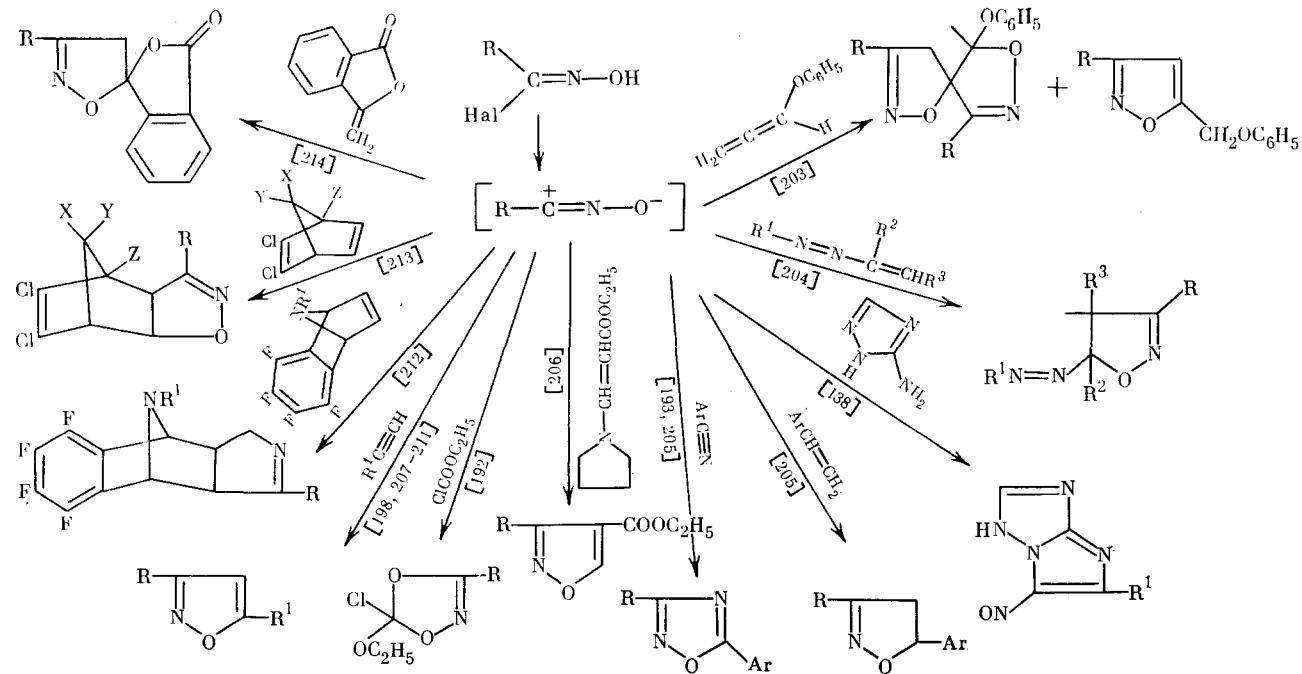
Нитрилоксиды, образующиеся из бензогидроксимоилхлоридов под действием пентакарбонила железа, далее дезоксигенируются до нитрилов [191].

б) Межмолекулярные превращения ионов

Димеризация. Нестабильные нитрилоксиды, полученные из бензоилгидроксимоилгалогенидов [88, 192], а также ацетонитрилоксид [184] и пентафторбензонитрилоксид [96], превращаются в фуроксановые производные за счет 1,3-диполярного циклоприсоединения одной молекулы нитрилоксида по связи $\text{C}\equiv\text{N}$ другой. Димерами трифторацетонитрилоксида в зависимости от условий его генерации, являются соответствующий диоксадиазин или фуроксан [193]. Нитрилимины типа $\text{Ar}\overset{+}{\text{N}}=\text{C}-\text{R}$, где $\text{R}=\text{COCH}_3, \text{COOC}_2\text{H}_5, \text{COAr}^1$, полученные из *N*-(арил)гидразоногалогенидов, димеризуются до производных 1,4-дигидро-1,2,4,5-тетразина [165, 194].

Взаимодействие с диполярофилами и другие реакции. Важными и широко исследуемыми превращениями промежуточно образующихся нитрилилидов, нитрилиминов и нитрилоксидов являются их реакции диполярного [3+2]-циклоприсоединения с различными диполярофилами, протекающие с замыканием пятичлененного гетероциклического кольца и приводящие к образованию широкого набора разнообразных гетероциклических систем. В настоящее время круг используемых диполярофилов весьма широк. Реакции циклоприсоединения протекают с участием связей $\text{C}=\text{C}, \text{C}\equiv\text{C}, \text{C}=\text{N}, \text{C}\equiv\text{N}, \text{C}=\text{O}, \text{C}=\text{S}$ и $\text{N}=\text{O}$. Некоторые

Схема 1



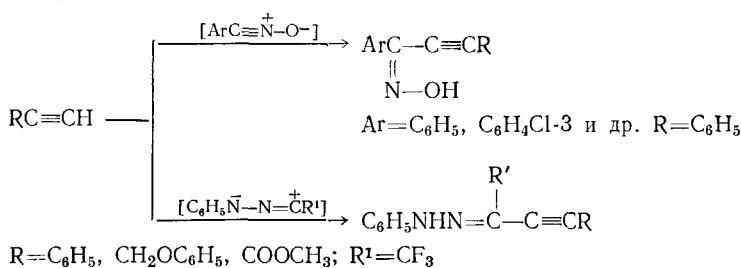
примеры реакций 1,3-диполярного циклоприсоединения нитрилоксидов приведены на схеме 1.

Реакции нитрилоксидов с другими диполярофилами см. [96, 186, 192, 201, 206, 215–220]. Реакции 1,3-диполярного циклоприсоединения бензонитрил-[4-нитробензилида] представлены на схеме 2.

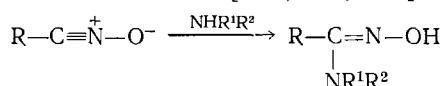
О реакциях нитрилида (XXXV) с другими диполярофилами см. [32, 222]; реакции других нитрилидов с диполярофилами [187]. На схеме 3 приведены реакции 1,3-диполярного циклоприсоединения нитрилиминов. О реакциях нитрилиминов с другими деполярофилами см. [194, 199, 202, 212, 228, 230—232].

Механизм этих реакций обсуждается в ряде работ [195—201]. Наиболее общепринята точка зрения, что они идут по согласованному механизму 1,3-диполярного циклоприсоединения. Диполярофильная активность и направление присоединения рассматриваются в рамках теории молекулярных орбиталей. Региоселективность реакций связывается с амбидентным нуклеофильным характером 1,3-диполей.

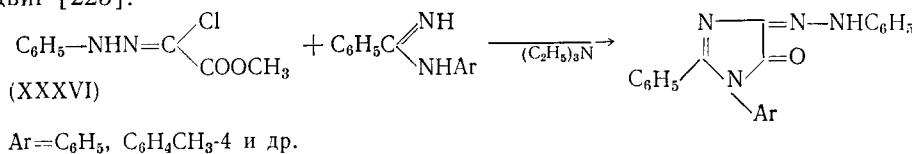
Нитрилимины и нитрилоксиды с диенофилами способны вступать не только в реакции 1,3-диполярного циклоприсоединения, но и в реакции двухступенчатого 1,3-присоединения, приводящие к ациклическим продуктам. Например, при взаимодействии с ацетиленами осуществляются оба процесса и второй приводит соответственно к ацетиленовым оксимам или гидразонам [195, 198, 202].



Изучены также реакции нитрилиминов и нитрилоксидов с нуклеофильными реагентами различных типов (N-, O-, S-, C- и галогеннуклеофилами). Наибольшее число публикаций относится к реакциям с N-нуклеофильными реагентами. Первичные и вторичные амины реагируют с нитрилоксидами, давая амидоксими [193, 233, 234].



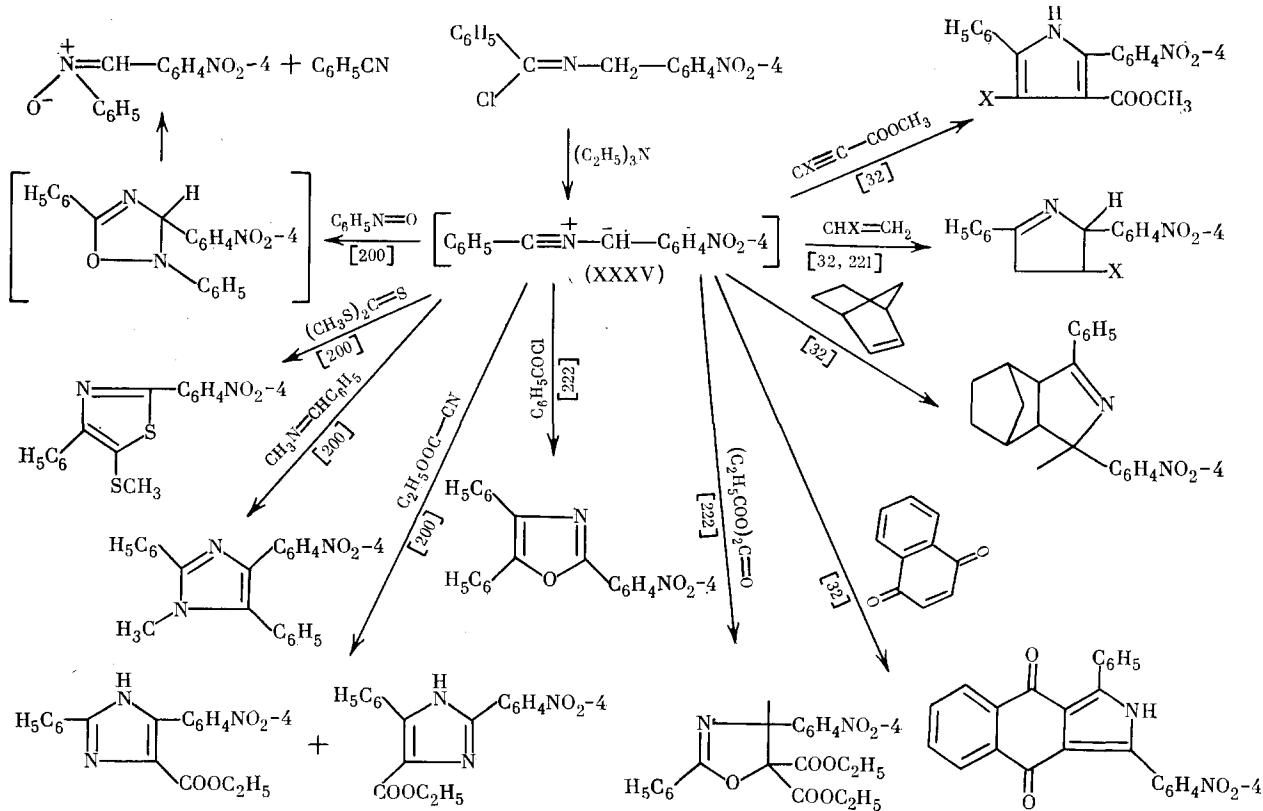
Азотсодержащие гетероциклические аминопроизводные алкилируются нитрилиминами по наиболее основной NH-группе цикла, а если та-ковая отсутствует — по NH₂-группе [226—228]. В реакциях гидразон-хлорида (XXXVI) с N-арилбензамидинами помимо основных продуктов циклоприсоединения по связи C=N выделены также и имидазолин-5-оны, образование которых обусловлено нуклеофильной атакой более основным амидиновым атомом азота (NHA⁺) электрофильного центра 1,3-диполя с последующим замыканием, включающим прототропный сдвиг [225].

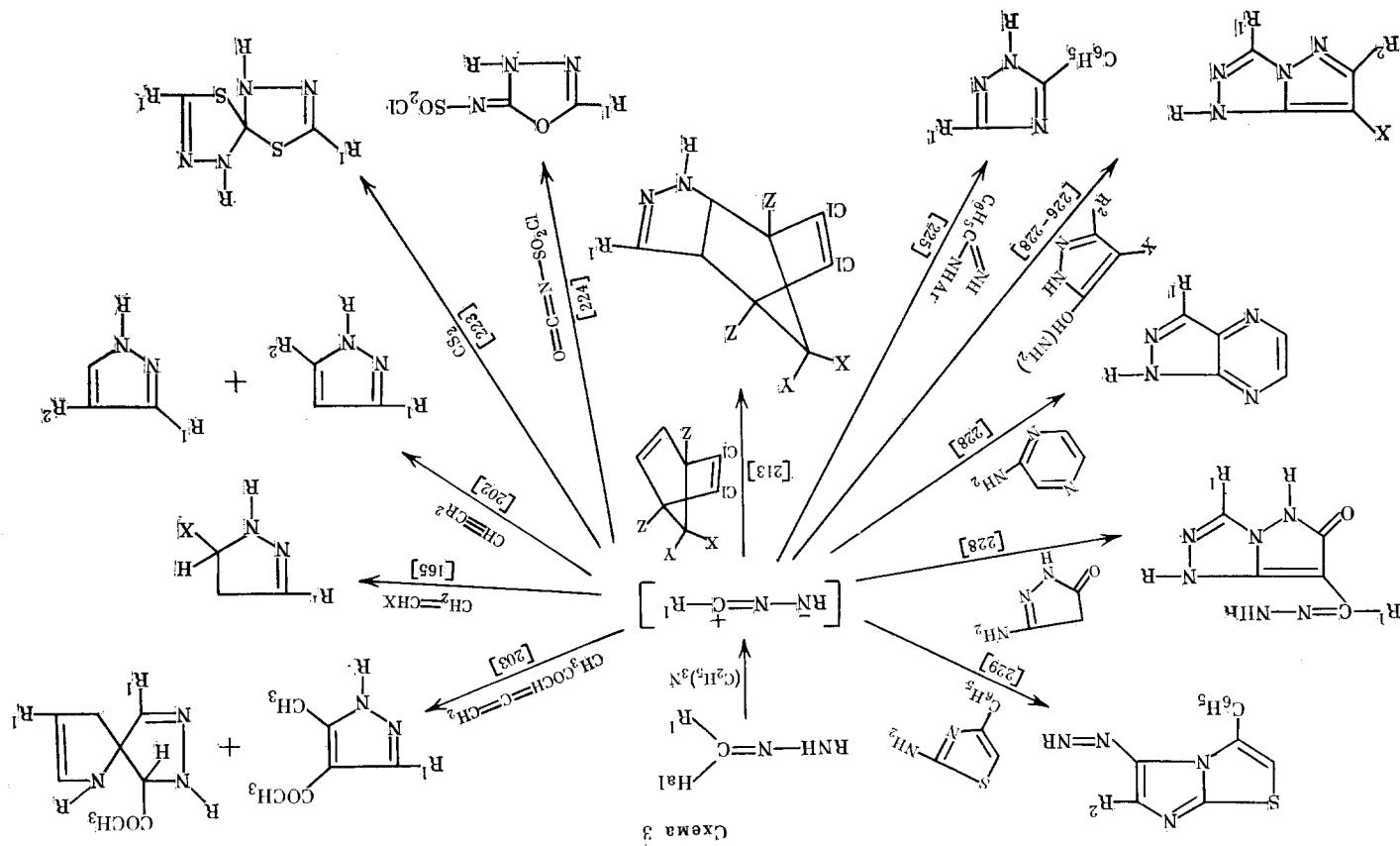


Реакции нитрилиминов с 1,1-дифенилгидразином, карбигидразидами типа $RCONHNH_2$ и гидразонами ароматических альдегидов и кетонов идут по аминогруппе или как 1,3-диполярное присоединение и приводят к соединениям различных типов [235].

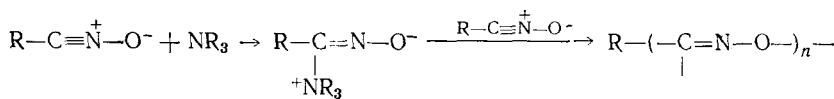
Третичные амины катализируют полимеризацию нитрилоксидов. Они присоединяются к нитрилоксиду, давая цвиттер-ион, который действует

Схема 2



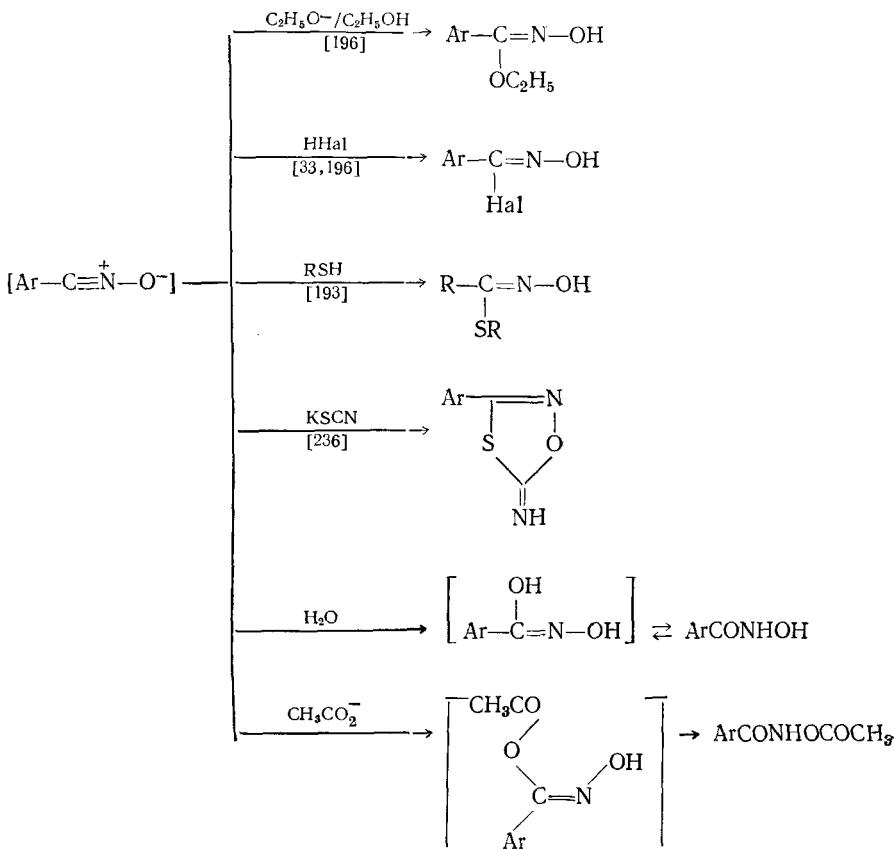


как нуклеофил на другую молекулу нитрилоксида и т. д. [184, 196].



Гидроксимоилазиды образуются в результате реакции нитрилоксидов с азид-ионом [196].

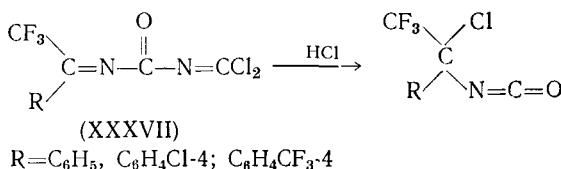
Взаимодействие нитрилоксидов с O-, S-, C- и галогенид-нуклеофилами обсуждается в работах [33, 193, 196, 197, 233, 236]. В этих реакциях образуются «открытые» оксимы или продукты их дальнейших превращений. Некоторые реакции представлены ниже:



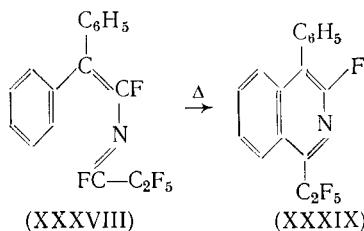
2. Другие реакции элиминирования

Известная реакция частичного восстановления имидоилхлоридов до иминов действием двуххлористого олова использована для превращения ряда N-(арил)бензимидоилхлоридов в анилы альдегидов, из которых альдегиды легко получаются в кислой среде [237]. В случаях, когда применение такого восстановителя неприемлемо, можно проводить частичное восстановление в существенно более мягких условиях литий-алюминий-трист-(трет-бутилкиси)гидридом при низкой температуре [238]. Восстановление имидоилиодидов натрийборгидридом приводит к аминам [48]. Под действием Mg в ТГФ N-(полифторалкил)- или -арилкарбонимидоилхлориды претерпевают восстановительное элиминирование хлора и образуются соответствующие изоцианиды [239].

N,N'-бис-Алкилиденмочевины типа (XXXVII) при нагревании с HCl легко отщепляют хлорциан с образованием α -хлоралкилизоцианатов [240].



При термолизе имидоилгалогениды превращаются в нитрилы [38, 152, 241]. Отмечена высокая термическая стабильность N-(пентафторфенил)карбонимидоилдихлорида [161] и N-(пентафторфенил)хлорацетимидоилхлоридов [37]. Термолиз бензогидроксимиодихлоридов в зависимости от природы заместителя в кольце приводит к нитрилам, арилизацианатам или О-бензоилгидроксимиодихлоридам [242]. N-(ω -Бромпентил)бензимидоилхлорид при нагревании подвергается фрагментации до α, ω -дигалогеналканов и бензонитрила [243]. Азабутадиен (XXXVIII) отщепляет HF при температуре 180—200° и переходит в изохинолиновое производное (XXXIX) [244].



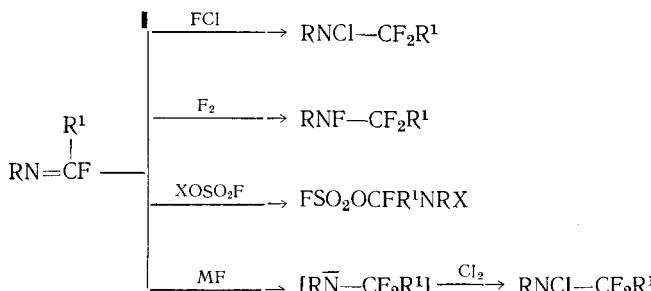
Новый путь к малодоступным 2-галоген-1,3,4-оксациазолин-5-онам дает термолиз соединений типа $(\text{RO}_2\text{C})_2\text{N}=\text{N}=\text{CBrX}$ ($\text{R}=\text{CH}_3, \text{C}_2\text{H}_5, \text{X}=\text{Br}$ или Cl) [245].

Различные хлорированные S,N-гетероциклические системы образуются в термических реакциях дегалоидирования полихлорированных имидоилдихлоридов и хлоридов под действием серы [246].

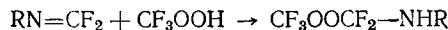
IV. РЕАКЦИИ ПРИСОЕДИНЕНИЯ

1. Действие электрофильных и радикальных реагентов

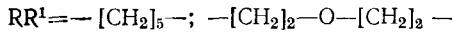
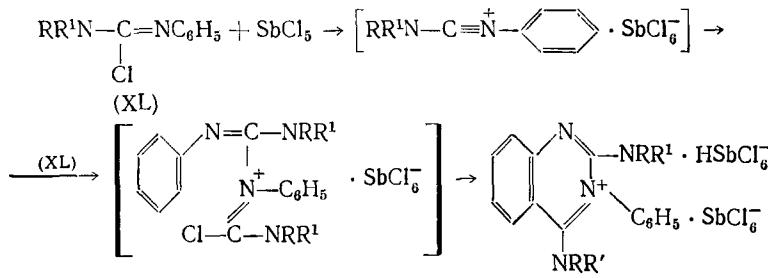
Реакции с электрофильными реагентами для соединений, содержащих галогенимидоильную группировку, менее характерны, чем реакции с нуклеофильными реагентами вследствие акцепторных свойств этой группировки ($\sigma_a=0,21, \sigma_n=0,13, \sigma_t=0,29, \sigma_R=-0,08$ [247]). Однако они также известны, и в последние годы круг их заметно расширился. Изучено взаимодействие галогенимидоильных производных с галогенами [248], в том числе и с элементарным фтором [249, 250], монофторидом хлора [250—253], высокоэлектрофильными галогенпроизводными фторсульфоновой кислоты типа XOSO_2F ($\text{X}=\text{Cl, Br, OSO}_2\text{F}$), псевдогалогеном $\text{S}_2\text{O}_6\text{F}_6$, а также умеренно электрофильными галогенпроизводными, такими как CF_3OCl , CF_3OF [164, 248]. В этих превращениях происходит электрофильное или свободнорадикальное присоединение реагентов по связи $\text{C}=\text{N}$. В ряде случаев реакции осуществляются в присутствии фторидов щелочных металлов, которые способствуют образованию соответствующих, легко окисляющихся N-анионов.



Продукты присоединения по связи $C=N$ образуются и при окислении N-(галоген)-, N-(галогеналкил)- или N-(пентафтортио)имидоилдихлоридов трифторметилгидропероксидом [154, 254, 255].

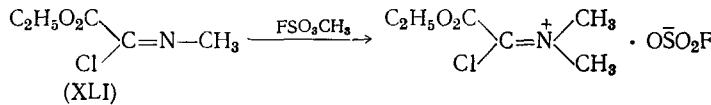


В реакции присоединения вступают также кислоты Льюиса. В результате образуются нитрилиевые соли [243, 256–259], которые либо выделены в чистом виде, либо идентифицированы по продуктам превращений.



Взаимодействие SbF_3 с N-(хлордифторметилтиосульфенил)карбонимидоилдихлоридом сопровождается разложением последнего до хлорциана и дисульфида [260, 261].

Имидоилхлорид (XL) алкилируется метилфторсульфонатом в реакционноспособную соль, образование которой зафиксировано по ПМР спектрум и многочисленным превращениям [97].

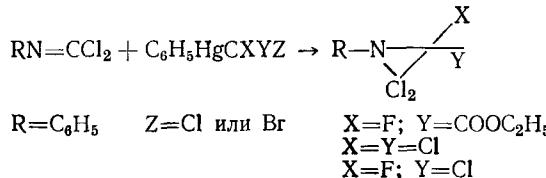


При действии на имидоилдихлориды HF происходит замещение атомов хлора на фтор и присоединение по связи $C=N$ с образованием N-(трифторметил)аминопроизводных [157, 262–264].

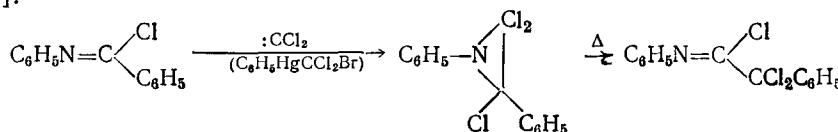
В реакции N-(тет-бутилкарбонимидоилдихлорида с бис(бис-трифторметиламиноокси)ртутью конечными являются продукты замещения одного или двух атомов хлора на бис-трифторметиламинооксильный радикал; причем продукт монозамещения можно превратить в дизамещенный при дополнительной обработке первого ртутным производным [265].

2. Циклоприсоединение

Ароматические и алифатические карбонимидоилдихлориды вступают в реакцию циклоприсоединения с галокарбенами из ртутных источников с образованием 3-замещенных 1-фенил-2,2-дихлоразиридинов [266–269].



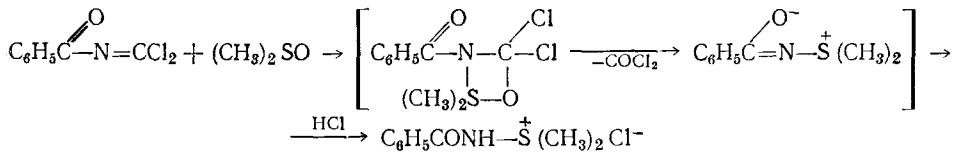
Азиридиновое производное из N-(фенил)бензимидоилхлорида уже в процессе выделения изомеризуется в соответствующий имидоилхлорид [266].



N-(Фенил)трихлоракетимидоилхлорид не вступает в реакцию с дихлоркарбеном [266]. Не удалось вовлечь в реакцию с высокотемператур-

ными источниками дихлор- и дифторкарбена и N-(пентафторфенил)-карбонимидоилдихлорид [161].

Циклоприсоединение по связи N=C происходит при взаимодействии N-(бензоил)карбонимидоилдихлорида с диметилсульфоксидом; однако циклоаддукт неустойчив и в условиях реакции разлагается с отщеплением фосгена [270].



За время подготовки рукописи к печати получены кинетические данные для реакций ариламинолиза N-метил- и N-фенилсульфонилбензимидоилхлоридов в ацетонитриле, согласующиеся соответственно с ионнопарным и механизмом присоединения — отщепления [271, 272]. Изучен механизм реакций солеобразования N-алкилбензимидоилхлоридов с пиридиновыми основаниями [273]. Показано, что реакции солеобразования N-фенилкарбонимидоилдихлорида и циклических третичных аминов сопровождаются дезалкилированием с раскрытием кольца в случае малых циклов [274]. О взаимодействии N-арилкарбонимидоилхлоридов с циклическими вторичными аминами см. [275]. Гидролиз хлорформамидинов, реакции имидоилхлоридов и тиоимидатов с тиоцианатами, замещение в гидроксимоилхлоридах атома хлора при действии различных нуклеофильных реагентов описаны в работах [275—279]. С целью изучения стереохимической изомеризации у связи N=C получены продукты реакций перфторизопропилацетимидоилхлорида с S-, P- и N-нуклеофильными реагентами [280]. 1,3-Прототропные миграции отмечены при фосфорилировании имидоилхлоридов, содержащих водород у α -углеродного атома. Основания способствуют также миграции атома хлора [281]. В случае реакций N-фенилхлорформимидатов, -тиоимидатов и -амидинов с солями тиокислот P(IV) в первоначально образующихся имидоилтиофосфатах наблюдается 1,3-миграция группировки $\text{X}=\overset{\text{P}}{\text{P}}(\text{OR})_2$ от атома серы к атому азота. При этом в качестве продуктов получены тио-, дитиокарбаматы или тиомочевины [282]. В отличие от других P-нуклеофилов, диалкилфосфиты реагируют с имидоилхлоридами по кислороду, давая имидоилфосфиты [283]. Малоизученные 2,2-дихлормалонамиды общей формулы $(\text{R}_2\text{N}-\text{CCl}=\text{N}-\text{CO})_2\text{CCl}_2$ с монофункциональными нуклеофильными реагентами дают продукты замещения двух атомов хлора у аминовых атомов углерода. В реакциях с бифункциональными реагентами идут циклизации до гетероциклических спиросоединений [284]. Использование галогенимидоильных производных как перспективных исходных продуктов для синтеза разнообразных гетероциклических соединений, образующихся непосредственно в ходе реакции с нуклеофильными реагентами или путем дальнейших превращений полученных продуктов, показано в работах [285—287] (реакции с азидами), [288—290] (реакции с аминами, гидразинами), [291] (реакции с карбанионами), [292] (реакции с ацетиленидами меди и серебра). Синтез гетероциклических соединений описан также с помощью реакций [2+4]-циклоприсоединения дицикlopентадиена к перфторимидоилфторидам [293] и превращений промежуточных биполярных ионов — либо путем их внутримолекулярных циклизаций [294—296], либо путем 1,3-диполярного циклоприсоединения к полярофилам [297—304]. Новые данные о закономерностях образования биполярных ионов, их строения и реакционной способности см. также [297, 305—307]. Вопросы образования, структуры и стереоспецифичности реакций нитрилиевых ионов рассмотрены в работах [307, 308]. В работах [309, 310] приведены данные об удобном методе восстановления имидоилхлоридов до альдиминов действием водорода в присутствии палладиевых комплексов и о реакции этих соединений с оловоорганическими производными.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ulrich T.* The Chemistry of Imidoyl Halides. N. Y.: Plenum Press, 1968.
2. *Bonnet R.* In: The Chemistry of the Carbon-Nitrogen Double Bond/Ed. Patai S. L. New York — Sydney — Toronto: Intersci. Publ., 1970, p. 597.
3. *Kühle E., Anders B., Klauke E., Tarnow H., Zumach G.* Angew. Chem. Int. Ed., 1969, v. 8, p. 20.
4. *Knunyants I. L., Gontar A. F.* In: Soviet Scientific Reviews, Chem. Revs. L.— New York: Harwood Acad. Publ., 1984, v. 5, p. 219.
5. *Фокин А. В., Студнев Ю. Н., Кузнецова Л. Д.* В сб.: Реакции и методы исследования органических соединений/Под ред. Кнунянц И. Л., Мельников Н. Н., Симонова В. Д. М.: Химия, 1976, т. 24, с. 3.
6. *Фокин А. В., Коломиец А. Ф., Васильев Н. В.* Успехи химии, 1984, т. 53, с. 398.
7. *Китаев Ю. П., Бузыкин Б. И.* Гидразоны. М.: Наука, 1974.
8. *Бузыкин Б. И., Лежсина Г. Д.* В сб.: Химия гидразонов/Под ред. Китаев Ю. П. М.: Наука, 1977, с. 120.
9. *Shawali A. S.* Heterocycles, 1983, v. 20, p. 2239.
10. *Fodor G., Phillips B. A.* In: The Chemistry of Amidines and Imides/Ed. Patai S. L.— New York — Sydney — Toronto: J. Wiley, 1975, p. 94.
11. The Chemistry of Functional Groups. Suppl. A. The Chemistry of Double-Bonded Functional Groups. Pt. 1/Ed. Patai S. L.— New York — Sydney — Toronto: J. Wiley, 1977.
12. *Gmelin Handbuch der anorganischen Chemie.* Berlin — Heidelberg — New York: Springer Verlag, 1979, B. 24, Tl. 7.
13. *Gmelin Handbuch der anorganischen Chemie.* Berlin — Heidelberg — New York: Springer Verlag, 1981, B. 24, Tl. 9.
14. *Barton D., Ollis W. D.* In: Comprehensive Organic Chemistry. New York — Toronto — Sydney — Paris: Pergamon Press, 1979, v. 2, p. 470.
15. *Findeisen K., Wagner K., Holtschmidt H.* Synthesis, 1972, p. 599.
16. *Kähle E.* Ibid., 1971, p. 563.
17. *Kähle E.* Angew. Chem. Int. Ed., 1973, v. 12, p. 630.
18. *Walker N., Fox W. B. J.* Magn. Reson., 1979, v. 34, p. 295.
19. *Khin T.* Org. Magn. Reson., 1980, v. 13, p. 240.
20. *Barlos K., Hübler G. J.* Magn. Reson., 1978, v. 31, p. 363.
21. *Dondoni A., Exner O. J.* Chem. Soc., Perkin Trans. II, 1972, p. 1908.
22. *Battaglia A., Dondoni A.* Ibid., 1972, p. 1911.
23. *McCarthy D. G., Hegarty A. F.* Ibid., 1977, p. 1080.
24. *Johnson J. E., Nalley E. A., Weidig C. J.* Amer. Chem. Soc., 1973, v. 95, p. 2051.
25. *Dewar M. J. S., Rzepa H. S.* Ibid., 1978, v. 100, p. 58.
26. *DeKock R. L., Caswell D. S.* J. Phys. Chem., 1981, v. 85, p. 2639.
27. *Christen D., Oberhammer H., Hammaker R. M., Chang Shi-Cheng, DesMarteau D. D.* J. Amer. Chem. Soc., 1982, v. 104, p. 6186.
28. *Howell J. M.* Ibid., 1976, v. 98, p. 886.
29. *Appel R., Warning K.* Chem. Ber., 1975, B. 108, S. 1437.
30. *Harada H., Mizutaki S., Hayashi S., Ishikawa N.* J. Fluor. Chem., 1978, v. 12, p. 211.
31. *Костиков Р. Р., Хлебников А. Ф., Оглоблин К. А.* Химия гетероциклических соединений, 1978, с. 48.
32. *Huisgen R., Stangl H., Sturm H. J., Raab R., Bunge K.* Chem. Ber., 1972, B. 105, S. 1258.
33. *Johnson J. E., Cornell S. C.* J. Org. Chem., 1980, v. 45, p. 4144.
34. *Hegarty A. F., Cronin J. D., Scott F. L.* J. Chem. Soc., Perkin Trans. II, 1975, p. 429.
35. *Hegarty A. F., O'Driscoll J., O'Halloran J. K., Scott F. L.* Ibid., 1972, p. 1887.
36. *De Pasquale R. J.* J. Org. Chem., 1978, v. 43, p. 1727.
37. *Петрова Т. Д., Савченко Т. И., Платонов В. Е., Якобсон Г. Г.* Изв. СО АН СССР. Сер. хим. наук. 1981, вып. 5, с. 109.
38. *Böhme H., Dreckster H. J.* Tetrahedron Letters, 1978, p. 1429.
39. *Appel R., Janssen H., Siray M., Knoch F.* Chem. Ber., 1985, B. 118, S. 1632.
40. *Singh H., Aggarwal S. K., Mahotra N.* Synthesis, 1983, p. 791.
41. *Ried W., Merkel W.* Chem. Ber., 1972, B. 105, S. 1532.
42. *Ried W., Weidemann P.* Ibid., 1971, B. 104, S. 3329.
43. *Banks R. E., Barlow M. G.* Fluorocarbon and Related Chemistry. L.: The Chemical Society Berlington House, 1971, v. 1.
44. *Janousek Z., Viehe H. G.* Angew. Chem., 1973, B. 85, S. 90.
45. *Hegarty A. F., Dignam K. J.* J. Chem. Soc., Perkin Trans. II, 1975, p. 1046.
46. *Солоуб Л. С., Кисиленко А. А., Кухарь В. П., Вдовенко С. И.* Химия гетероциклических соединений, 1983, с. 798.
47. *Thrasher J. S., Clifford A. F.* J. Fluor. Chem., 1982, v. 19, p. 411.
48. *Tordreux M., Wakselman C.* Tetrahedron, 1981, v. 37, p. 315.
49. *Якупольский Ю. Л., Герус И. И., Черкасов В. М.* Журн. орган. химии, 1981, т. 17, с. 1720.
50. *Cronin J., Hegarty A. F., Cashell P. A., Scott F. L.* J. Chem. Soc., Perkin Trans. II, 1973, p. 1708.
51. *Donovan J., Cronin J., Scott F. L., Hegarty A. F.* Ibid., 1972, p. 1050.
52. *Verkoyen C., Rademacher P.* Chem. Ber., 1984, B. 117, S. 3048.
53. *Scott F. L., Groeger F. A., Hegarty A. F.* J. Chem. Soc. B, 1971, p. 1411.
54. *Китаев Ю. П., Бузыкин Б. И.* Успехи химии, 1972, т. 41, с. 995.

55. Hegarty A. F., Cashman M. P., Scott F. L. J. Chem. Soc., Perkin Trans. II, 1972, p. 1381.
56. Scott F. L., Cashman M. P., Hegarty A. F. J. Chem. Soc., B, 1971, p. 1607.
57. Hegarty A. F., Cashman M. P., Scott F. L. J. Chem. Soc., Perkin Trans. II, 1972, p. 44.
58. Hegarty A. F., O'Mahony T. A. F., Quain P., Scott F. L. Ibid., 1973, p. 2047.
59. Hegarty A. F., Quain P., O'Mahony T. A. F., Scott F. L. Ibid., 1974, p. 997.
60. Scott F. L., Cronin D. A., O'Halloran J. K. J. Chem. Soc., C, 1971, p. 2769.
61. Vrijland M. S. A., Hackmann J. T. Tetrahedron Letters, 1970, p. 3763.
62. McCormack M. T., Hegarty A. F. Ibid., 1976, p. 395.
63. Barton D. H. R., Harris R. L., Hesse R. H., Pechet M. M., Urban F. J. J. Chem. Soc., Perkin Trans. I, 1974, p. 2344.
64. Петрова Т. Д., Колесникова И. В., Савченко Т. И., Платонов В. Е. Журн. орган. химии, 1984, т. 20, с. 1197.
65. Марков В. И., Грошевой И. И., Педан В. П., Карнищенко Л. С., Синельникова Л. Г. Укр. хим. журн., 1982, т. 48, с. 663.
66. Peterman K. E., Shreeve J. M. Inorg. Chem., 1975, v. 14, p. 1106.
67. Burger K., Burgis E., Holl P. Synthesis, 1974, p. 816.
68. Драч Б. С., Ковалев В. А., Лавренюк Т. Я. Журн. орган. химии, 1975, т. 11, с. 1913.
69. Geever J., Hackmann J. T., Trompen W. P. J. Chem. Soc., C, 1970, p. 875.
70. Johnson J. E., Springfield J. R., Hwang I. S., Hayes L. J., Cunningham W. C., McLaugherty D. L. J. Org. Chem., 1971, v. 36, p. 284.
71. Johnson J. E., Nalley E. A., Weidig C., Arfan M. Ibid., 1981, v. 46, p. 3623.
72. Burton C. A., Shreeve J. M. Inorg. Chem., 1977, v. 16, p. 1408.
73. Rowe J. E. Synthesis, 1980, p. 114.
74. Rowe J. E. Austral. J. Chem., 1983, v. 36, p. 1259.
75. Rowe J. E., Hegarty A. E. J. Org. Chem., 1984, v. 49, p. 3083.
76. Hegarty A. F., Kearney J. A., Cashman M. P., Scott F. L. Chem. Commun., 1971, p. 689.
77. Hassaneen H. M., Abdelhamid A. O., Fahmi A. A., Shawali A. S. J. Heterocycl. Chem., 1985, v. 22, p. 395.
78. Parkanyi C., Abdelhamid A. O., Shawali A. S. Ibid., 1984, v. 21, p. 521.
79. Deslongchamps P. Tetrahedron, 1975, p. 2463.
80. Abramovitch R. A., Piški J., Konitz A., Tomaszik P. J. Org. Chem., 1983, v. 48, p. 4391.
81. Abramovitch R. A., Rogers R. B. Ibid., 1974, v. 39, p. 1802.
82. Abramovitch R. A., Rogers R. B. Tetrahedron Letters, 1971, p. 1951.
83. Parham W. E., Sloan K. B. Ibid., 1971, p. 1947.
84. Galli R., Palla O., Gozzo F. J. Chem. Soc., Perkin Trans. I, 1982, p. 2813.
85. Arlt D. Synthesis, 1970, p. 20.
86. Hagemann H. Angew. Chem., Int. Ed., 1977, v. 16, p. 743.
87. Hagemann H. Ibid., 1973, v. 12, p. 999.
88. Mukaiyama T., Saigo K., Takei H. Bull. Chem. Soc. Japan, 1971, p. 190.
89. Ishida Y., Sasatani S., Maruoka K., Yamamoto H. Tetrahedron Letters, 1983 p. 3255.
90. Dahms G., Haas A., Klug W. Chem. Ber., 1971, B. 104, S. 2732.
91. Abdelhamid A. O., Abbas I. M., Abdallah M. A., Fahmi A. A., Shawali A. S. J. Heterocycl. Chem., 1985, v. 22, P. 813.
92. Pochat F. Synthesis, 1984, p. 146.
93. Kühle E., Hagemann H., Oehlmann L. Angew. Chem., Int. Ed., 1975, v. 14, p. 698.
94. Савченко Т. И., Колесникова И. В., Петрова Т. Д., Платонов В. Е. Тез. IV Всесоюз. конф. по химии фторорганических соединений, Ташкент, 1982, с. 63.
95. Андрианов В. Г., Еремеев А. В. Журн. орган. химии, 1984, т. 20, с. 150.
96. Wakefield B. J., Wright D. J. J. Chem. Soc. C, 1970, p. 1165.
97. Bartholomew D., Kay I. T. Tetrahedron Letters, 1979, p. 2827.
98. Литвиненко Л. М., Михайлов В. А., Дрижэд Л. П., Савелова В. А., Крючкова Е. Н. Журн. орган. химии, 1984, т. 20, с. 1253.
99. Михайлов В. А., Дрижэд Л. П., Литвиненко Л. М., Бондаренко Л. И., Савёлова В. А. Там же, 1983, т. 19, с. 1456.
100. Ta-Shma R., Rappoport Z. J. Amer. Chem. Soc., 1976, v. 98, p. 8460.
101. Драч Б. С., Ковалев В. А., Кирсанов А. В. Журн. орган. химии. 1975, т. 11, с. 122.
102. Banks R. E., Oppenheim C. J. Fluor. Chem., 1978, v. 12, p. 27.
103. Eckstein Z. Synth. Commun., 1982, p. 201.
104. Haas A., Plass V. Chem. Ber., 1972, B. 105, S. 2047.
105. Ta-Shma R., Rapport Z. J. Amer. Chem. Soc., 1977, v. 99, p. 1845.
106. Rappoport Z., Ta-Shma R. Tetrahedron Letters, 1971, p. 3813.
107. Matsuda I., Yamamoto S., Ishii Y. J. Chem. Soc., Perkin Trans. I, 1976, p. 1528.
108. Драч Б. С., Ковалев В. А. Журн. орган. химии, 1976, т. 12, с. 2319.
109. Johnson J. E., Ghajouripour A., Arfan M., Todd S. L., Sitz D. A. J. Org. Chem., 1985, v. 50, p. 3348.
110. Heubach G. D. Lieb. Ann. Chem., 1980, S. 1376.
111. Heubach G. D., Ludwig E., Waltersdorf A. Пат. ФРГ, 2725148 (1978); С. А., 1979, в. 90, 186956.
112. Фетюхин В. Н., Вовк М. В. Химия гетероциклических соединений. 1983, с. 1249.
113. Rouot B., Leclerc G., Vermuth C. G. J. Med. Chem., 1976, v. 19, p. 1049.

114. Драч Б. С., Ковалев В. А., Кирсанов А. В. Журн. орган. химии, 1976, т. 12, с. 673.
115. *Descours D., Festal D.* Synthesis, 1983, p. 1033.
116. Kocak A., Bekaroglu O' Helv. Chim. Acta, 1984, v. 67, p. 1503.
117. Nakai T., Hassan N. M., Ishikawa N. Bull. Chem. Soc. Japan, 1977, v. 50, p. 3014.
118. Дрижд Л. П., Литвиненко Л. М., Крючкова Е. Н., Прудченко А. П., Савелова В. А. Докл. АН СССР, 1984, т. 274, с. 1388.
119. Дрижд Л. П., Крючкова Е. Н., Литвиненко Л. М., Савелова В. А., Чотий К. Ю. Укр. хим. журн., 1984, т. 50, с. 1194.
120. Литвиненко Л. М., Дрижд Л. П., Прудченко А. П., Савелова В. А. Там же, 1985, т. 51, с. 517.
121. Литвиненко Л. М., Дрижд Л. П., Крючкова Е. Н., Савелова В. А. Там же, 1985, т. 51, с. 965.
122. Литвиненко Л. М., Дрижд Л. П., Крючкова Е. Н., Савелова В. А., Яковец А. А. Там же, 1985, т. 51, с. 1057.
123. Smith R. F., Johnson D. S., Hyde C. L., Rosenthal T. C., Bates A. C. J. Org. Chem. 1971, v. 36, p. 1155.
124. Smith R. F., Johnson D. S., Abgott R. A., Maddeu M. F. Ibid., 1973, v. 38, p. 1344.
125. Ollis W. D., Ramsden C. A. Chem. Commun., 1971, p. 1224.
126. Ehrhardt H., Heubach G., Mildnerberger H. Lieb. Ann. Chem., 1982, S. 994.
127. Полумбрек О. М., Рабоконь И. Г., Марковский Л. Н. Химия гетероциклических соединений, 1980, с. 1130.
128. Марковский Л. Н., Качковская Л. С., Бобков В. Н., Корнуга П. П. Журн. орган. химии, 1984, т. 20, с. 1346.
129. Gorissen J., Vieve H. G. Bull. soc. chim. Belg., 1978, v. 87, p. 391.
130. Ito S., Tanaka Y., Kakehi A. Bull. Chem. Soc. Japan, 1976, v. 49, p. 762.
131. Ollis W. D., Ramsden C. A. Chem. Commun., 1971, p. 1223.
132. Ollis W. D., Ramsden C. A. Ibid., 1971, p. 1222.
133. Ollis W. D., Ramsden C. A. J. Chem. Soc., Perkin Trans. I, 1974, p. 633.
134. Ollis W. D., Ramsden C. A. In: Advances in Heterocyclic Chemistry/Ed. Katritzky A. R. New York: Acad. Press, 1976, v. 19, p. 1.
135. Ollis W. D., Ramsden C. A. J. Chem. Soc., Perkin Trans. I, 1974, p. 638.
136. Ito S., Tanaka Y., Kakehi A., Miyazawa H. Bull. Chem. Soc. Japan, 1977, v. 50, p. 2969.
137. Shawali A. S., Sami M., Sherif S. M. J. Heterocycl. Chem., 1980, p. 877.
138. Parkanyi C., Abdelhamid A. O., Cheng J. C. S., Shawali A. S. Ibid., 1984, v. 21, p. 1029.
139. Боднар В. Н., Лозинский М. О., Пелькис П. С. Укр. хим. журн., 1982, т. 48, с. 1308.
140. Kristinsson H. Synthesis, 1979, p. 102.
141. Гонтарь А. Ф., Быховская Э. Г., Куняц И. Л. Журн. Всесоюз. хим. о-ва им. Д. И. Менделеева, 1983, т. 28, № 2, с. 118.
142. Bruche L., Garanti L., Zecchi G. J. Chem. Soc., Perkin Trans. I, 1984, p. 1427.
143. Hegarty A. F., Mullane M. Chem. Commun., 1984, p. 913.
144. Houghton P. G., Pipe D. F., Rees C. W. J. Chem. Soc., Perkin Trans. I, 1985, p. 1471.
145. Kadaba P. K. J. Org. Chem., 1976, v. 41, p. 1073.
146. Goerdeler J., Richter R. Synthesis, 1978, p. 760.
147. Якупольский Ю. Л., Кондратенко Н. В., Якупольский Л. М. Журн. орган. химии, 1972, т. 8, с. 1253.
148. Савченко Т. И., Петрова Т. Д., Платонов В. Е., Якобсон Г. Г. Там же, 1979, т. 15, с. 1025.
149. Gilligan W. H., Sitzmann M. E. J. Chem. Eng. Data, 1982, v. 27, p. 97.
150. Klauke E., Holtschmidt H. Пат. ФРГ 2137267 (1917); С. А., 1973, v. 78, 110627.
151. Klauke E., Holtschmidt H., Findeisen K. Пат. ФРГ 2101107 (1972); С. А., 1972, v. 77, 125952.
152. Appel R., Siray M. Angew. Chem. Int. Ed., 1983, v. 22, p. 785.
153. O'Brien B. A., DesMarteau D. D. J. Fluor. Chem., 1982, v. 21, p. 34.
154. Zheng Y. Y., DesMarteau D. D. Ibid., 1982, v. 21, p. 57.
155. Bailey A. R., Banks R. E. Ibid., 1983, v. 23, p. 87.
156. Barnes R. N., Chambers R. D., Matthews R. S. Ibid., 1982, v. 20, p. 307.
157. Thrasher J. S., Seppelt K. Angew. Chem. Int. Ed., 1983, v. 22, p. 785.
158. Scholl H. J., Klauke E., Lauerer D. J. Fluor. Chem., 1972/1973, v. 2, p. 203.
159. Barnes R. N., Chambers R. D., Silvester M. J., Hewitt C. D. Ibid., 1984, v. 24, p. 211.
160. Barnes R. N., Chambers R. D., Hewitt C. D., Silvester M. J., Klauke E. J. Chem. Soc., Perkin Trans. I, 1985, p. 53.
161. Савченко Т. И., Петрова Т. Д., Платонов В. Е., Якобсон Г. Г. Журн. орган. химии, 1979, т. 15, с. 1018.
162. Scholl H. J., Klauke E., Lauerer D. J. Fluor. Chem., 1972/1973, v. 2, p. 205.
163. Chang Shi Ching, DesMarteau D. D. J. Org. Chem., 1983, v. 48, p. 771.
164. Zheng Y. Y., Bauknight C. W., DesMarteau D. D. Ibid., 1984, v. 49, p. 3590.
165. Shawali A. S., Abdelhamid A. O. Bull. Chem. Soc. Japan, 1976, p. 321.
166. Smith J. G., Irwin D. C. Synthesis, 1978, p. 894.
167. Shawali A. S., Abdelhamid A. O. J. Heterocycl. Chem., 1976, v. 13, p. 985.
168. Morel G., Marchand E., Nguyen Thi K. H., Foucaud A. Tetrahedron, 1984, v. 40, p. 1075.

169. Bestmann H. *J. Angew. Chem. Int. Ed.*, 1974, v. 13, p. 273.
170. Yoshida H., Ogata T., Inokawa S. *Synthesis*, 1977, p. 626.
171. Hg K. S. Alper H. *J. Org. Chem.*, 1981, v. 46, p. 1039.
172. Stanceva E., Haimova M., Ognyanov V. *Lieb. Ann. Chem.*, 1984, S. 389.
173. Станоева Е. Р., Хаймова М. А. Химия гетероциклических соединений. 1984, с. 1587.
174. Haimova M. A., Ognyanov V. I., Mollov N. M. *Synthesis*, 1980, p. 845.
175. Liebscher J., Hartmann H. *Tetrahedron*, 1977, v. 33, p. 731.
176. Hassaneen H. M., Shetia A., Shawali A. S. *J. Heterocycl. Chem.*, 1980, v. 17, p. 1185.
177. Онысько П. П., Киселева Е. И., Ким Т. В., Синица А. Д. *Журн. общ. химии*, 1985, т. 55, с. 454.
178. Синица А. Д., Кришталь В. С., Кальченко В. И. Там же, 1980, т. 50, с. 1288.
179. Тупчиенко С. К., Дудченко Т. Н., Синица А. Д. Там же, 1985, т. 55, с. 776.
180. Alper H., Tanaka M. *Synthesis*, 1978, p. 781.
181. Alper H., Tanaka M. *J. Amer. Chem. Soc.*, 1979, v. 101, p. 4245.
182. Bunge K., Huisgen R., Raab R. *Chem. Ber.*, 1972, B. 105, S. 1296.
183. Драч Б. С., Попович Т. П., Калинин В. Н., Ковалев В. А., Соффер Г. Б. и др. *Журн. орган. химии*, 1980, т. 16, с. 2071.
184. Brandi A., de Sarlo F., Guarna A. *J. Chem. Soc., Perkin Trans. I*, 1976, p. 1827.
185. Kaminski J., Rusek D., Eckstein Z. *Pol. J. Chem.*, 1979, v. 53, p. 1159.
186. Wade P. A., Pillay M. K., Singh S. M. *Tetrahedron Letters*, 1982, p. 4563.
187. Padwa A., Ku A., Mazzu A., Wetmore S. I. *J. Amer. Chem. Soc.*, 1976, v. 98, p. 1048.
188. Scott F. L., Lambe T. M., Butler R. N. *Tetrahedron Letters*, 1971, p. 2669.
189. Мартынова М. Н., Певзнер М. С., Сморыго Н. А., Серебрякова Н. М. Химия гетероциклических соединений. 1981, т. 12, с. 1682.
190. Boyer J. H., Moran T., Pillai T. P. *Chem. Commun.*, 1983, p. 1388.
191. Genco N. A., Partis R. A., Alper H. *J. Org. Chem.*, 1973, v. 38, p. 4365.
192. Otsuji Y., Tsuji Y., Yoshida A., Imoto E. *Bull. Chem. Soc. Japan*, 1971, p. 223.
193. Middleton W. *J. Org. Chem.*, 1984, v. 49, p. 919.
194. Tewari R. S., Parihar P. *Tetrahedron*, 1983, v. 39, p. 129.
195. Huisgen R. *J. Org. Chem.*, 1976, v. 41, p. 403.
196. Dignam K. J., Hegarty A. F., Quain P. L. *Ibid.*, 1978, v. 43, p. 388.
197. Leroy G., Nguyen M. T., Sana M., Dignam K. J., Hegarty A. F. *J. Amer. Chem. Soc.*, 1979, v. 101, p. 1988.
198. Dondoni A., Barbaro G. *J. Chem. Soc., Perkin Trans. II*, 1974, p. 1591.
199. Hassaneen H. M., Hilal R. H., Elwan N. M., Harhash A., Shawali A. S. *J. Heterocycl. Chem.*, 1984, v. 21, p. 1013.
200. Bunge K., Huisgen R., Raab R., Sturm H. *J. Chem. Ber.*, 1972, B. 105, S. 1307.
201. Hayakawa T., Araki K., Shiraishi S. *Bull. Chem. Soc. Japan*, 1984, v. 57, p. 2216.
202. Tanaka K., Maeno S., Mitsuhashi K. *Chem. Letters*, 1982, p. 543.
203. Battioni P., Vo Quang L., Vo Quang Y. *Bull. Soc. chim. France*, 1978, p. 415.
204. Чистоклетов В. Н. А. с. СССР 973533 (1981); Б. И. 1982, № 42, с. 84.
205. Howe R. K., Schleppnik F. M. *J. Heterocycl. Chem.*, 1982, v. 19, p. 721.
206. Franz J. E., Howe R. K. Пат. США 4187099 (1980); С. А. 1980, v. 92, 175777.
207. Carr J. B., Durham H. G., Hass D. K. *J. Med. Chem.*, 1977, v. 20, p. 934.
208. Howe R. K., Lee L. F. Пат. США 4247322 (1981); С. А. 1981, v. 94, 175108.
209. Bast K., Christi M., Huisgen R., Mack W., Sustmann R. *Chem. Ber.*, 1973, B. 106, S. 3258.
210. Balthazor T. M., Flores R. A. *J. Org. Chem.*, 1980, v. 45, p. 529.
211. Дельцов Д. П., АナンЯН Э. С., Гамбарян Н. П. *Изв. АН СССР. Сер. хим.*, 1971, с. 362.
212. Anderson P. S., Christy M. E., Engelhardt E. L., Lundell G. F., Ponticello G. S. *J. Heterocycl. Chem.*, 1977, v. 14, p. 213.
213. De Micheli C., Gandolfi R., Oberti R. *J. Org. Chem.*, 1980, v. 45, p. 1209.
214. Howe R. K., Liu Kou Chang. Европ. пат. 13111 (1980); С. А. 1981, v. 94, 47311.
215. Kaminski J., Jean Z., Glianska E., Rusek D., Eckstein Z. *Pol. J. Chem.*, 1978, v. 52, p. 1583.
216. Bianchi G., De Micheli C., Gamba A., Gandolfi R. *J. Chem. Soc., Perkin Trans. I*, 1974, p. 137.
217. Howe R. K. Пат. США 4229204 (1980) С. А. 1981, v. 94, 84101.
218. Pocar D., Rossi L. M., Trimarco P., Vago L. *J. Heterocycl. Chem.*, 1980, v. 17, p. 881.
219. Davenport J. D. Пат. США 4283403 (1981); С. А. 1981, v. 95, 203926.
220. Curran D. P. *Tetrahedron Letters*, 1983, p. 3443.
221. Huisgen R., Sustmann R., Bunge K. *Chem. Ber.*, 1972, B. 105, S. 1324.
222. Bunge K., Huisgen R., Raab R., Stangl H. *Ibid.*, 1972, B. 105, S. 1279.
223. Alemagna A., Delbuitro P., Licandro E., Maiorana S., Trave A. *Tetrahedron*, 1984, v. 40, p. 971.
224. Dhar D. N., Ragunathan R. *Synthesis*, 1982, p. 1095.
225. Anzani F., Croce P. D., Stradi R. *J. Heterocycl. Chem.*, 1980, v. 17, p. 311.
226. Elfahham H. A., Sadek K. U., Egemeie G. E. H., Elnagdi M. H. *Chem. Letters*, 1982, p. 119.
227. Elfahham H. A., Sadek K. U., Egemeie G. E. H., Elnagdi M. H. *J. Chem. Soc., Perkin Trans. I*, 1982, p. 2663.
228. Elfahham H. A., Sadek K. U., Egemeie G. E. H., Elnagdi M. H. *Bull. Chem. Soc. Japan*, 1984, v. 57, p. 1650.
229. Abdelhamid A. O., Hassaneen H. M., Shawali A. S., Parkanyi C. J. *Heterocycl. Chem.*, 1983, v. 20, p. 639.

230. Biere H., Boettcher I., Kapp J. F. Arch. Pharm., 1983, B. 316, S. 608; C. A. 1983, v. 99, 88106.
231. Brucke L., Zecchi G. J. Heterocycl. Chem., 1983, v. 20, p. 1705.
232. Shawvali A. S., Elanadouli B. E., Abar H. A. Tetrahedron, 1985, v. 41, p. 1877.
233. Digrim K. J., Hegarty A. F., Quain P. L. J. Chem. Soc., Parkin Trans. II, 1977, p. 1457.
234. Gozian H., Michelot R., Riche C., Rips R. Tetrahedron, 1977, v. 33, p. 2535.
235. Бызкин Б. И. Автореф. дис. на соискание уч. ст. докт. хим. наук. Казань, Ин-т орг. и физ. химии им. А.Б.Борзова, 1984.
236. Huisstein A. Q., El-Abadat M. M., Sabri W. S. J. Heterocycl. Chem., 1983, v. 20, p. 301.
237. Кондратенко Н. В., Юрченко Л. Г., Матюшечева Г. И. Укр. хим. журн., 1981, т. 47, с. 871.
238. Kuradly S., Amato J. S., Weinstock L. M., Stelzinger M. Tetrahedron Letters, 1978, p. 403.
239. Lentz D. J. Fluor. Chem., 1984, v. 24, p. 523.
240. Фетюхин Б. Н., Горбаченко В. И., Самарай Л. И. Журн. орган. химии, т. 11, с. 2440.
241. Appel R., Warning K., Ziehn K. D. Chem. Ber., 1973, B. 106, S. 3450.
242. Chiang Y. H. J. Org. Chem., 1971, v. 36, p. 2155.
243. Phillips B. A., Fodor G., Gal J., LeTourneau F., Ryan J. J. Tetrahedron, 1973, v. 29, p. 3309.
244. Делюкова Д. П., Галбарацк Н. Н., Кунячи И. И. Докл. АН СССР, 1973, т. 212, с. 628.
245. Seifert D., Hough-min Shih, J. Amer. Chem. Soc., 1972, v. 94, p. 2508.
246. Beck G., Heitzer H., Holschmidt H. Synthesis, 1985, p. 586.
247. Hansch C. H., Leo A. Substituent Constants for Correlation Analysis in Chemistry and Biology, N. Y.: J. Wiley, 1979, p. 76.
248. Chang S. C., DesMarteau D. D. Inorg. Chem., 1983, v. 22, p. 805.
249. Sekiya A., DesMarteau D. D. J. Fluor. Chem., 1981, v. 17, p. 463.
250. Sekiya A., DesMarteau D. D. J. Amer. Chem. Soc., 1979, v. 101, p. 7640.
251. Sprenger G. H., Shreeve J. M. Ibid., 1974, v. 96, p. 1770.
252. Swindell R. F., Zaborowski L. M., Shreeve J. M. Inorg. Chem., 1971, v. 10, p. 1635.
253. Peterman K. E., Shreeve J. M. Ibid., 1975, v. 14, p. 1223.
254. Zhang Y. Y., DesMarteau D. D. J. Org. Chem., 1983, v. 48, p. 4844.
255. Sekiya A., DesMarteau D. D. Inorg. Chem., 1980, v. 19, p. 1330.
256. Bürger H., Köplin R., Pawelke G., Krüger C. J. Fluor. Chem., 1983, v. 22, p. 175.
257. Fodor G., Gal J., Phillips B. A. Angew. Chem., 1972, B. 84, S. 947.
258. Nagubandi S., Fodor G. J. Heterocycl. Chem., 1980, v. 17, p. 1457.
259. Jochims J. C., Abu-El-Halwa R., Zsobnai L., Huitner G. Chem. Ber., 1984, B. 117, S. 1167.
260. Gielow P., Haas A. Chem. Z., 1971, B. 95, S. 1010; C. A. 1982, v. 76, 58901.
261. Gielow P., Haas A. Z. Anorg. Allg. Chem., 1972, B. 394, S. 53.
262. Scholl H. J., Klauke E. Пат. ФРГ 2013433 (1971); C. A. 1972, v. 76, 13800.
263. Klauke E., Hölschmidt H. Пат. ФРГ 2013435 (1971); C. A. 1972, v. 76, 13799.
264. Bausner B., Klauke E. J. Fluor. Chem., 1982, v. 19, p. 553.
265. Banks R. E., D. R. J. Chem. Soc., Perkin Trans. I, 1981, p. 1443.
266. Seifert D., Tronich W., Hough-min Shih, J. Org. Chem., 1974, v. 39, p. 158.
267. Seifert D., Murphy G. J. J. Organomet. Chem., 1973, v. 49, p. 117.
268. Seifert D., Woodruff R. A. J. Org. Chem., 1973, v. 38, p. 4031.
269. Seifert D., Tronich W. J. Organomet. Chem., 1970, v. 21, P. 3.
270. Remlinger H., Bilius F., Merenyl R. Chem. Ber., 1978, B. 111, S. 1619.
271. Литвиненко Л. М., Михайлов В. А., Савелова В. А., Дрижко І. П. Журн. орган. химии, 1986, т. 22, с. 2343.
272. Михайлов В. А., Дрижко І. П., Савелова В. А. Там же, 1986, т. 22, с. 2319.
273. Кривчкова Е. Н., Дрижко І. П., Савелова В. А. Укр. хим. журн., 1987, т. 53, с. 79.
274. Leclerc G., Rouot B., Wernuth G. J. Tetrahedron Letters, 1974, p. 3765.
275. Mikolajczyk M., Kielbanski P. Tetrahedron, 1981, v. 37, p. 233.
276. Ried W., Nenniger J., Bats J. W. Chem. Ber., 1985, B. 118, S. 4707.
277. Morel G., Marchand E., Haquin C., Foucaud A. J. Org. Chem., 1986, v. 51, p. 4043.
278. Blakwell J. T. Пат. СПА 4327033 (1982); C. A., 1982, v. 97, 38509.
279. Жунаеву Г. И., Артеменко А. И. Гидроксальные кислоты (N-гидроксиамилы) их производные. Кипинев: Штина, 1986.
280. Haas A., Peterman K. J. Fluor. Chem., 1986, v. 30, p. 439.
281. Синица А. Д., Оникъко І. П., Ким Т. В., Киселева Е. И., Пироженко В. В. Журн. обн. химии, 1986, т. 56, с. 2681.
282. Зимин М. Г., Камалов Р. М., Афанасьев М. М., Пудошк А. Н. Там же, 1986, т. 56, с. 2666.
283. Марченко Д. М., Репнина Л. А., Синица А. Д. Там же, 1984, т. 54, с. 2154.
284. Ried W., Nenniger J. Chem. Ber., 1986, B. 119, S. 129.
285. Смолов О. Б., Броварец В. С., Драч Б. С. Журн. обн. химии, 1986, т. 56, с. 2802.
286. Шишанюк А. Ф., Даикосская Е. В., Лозинский М. О. Журн. орган. химии, 1986, т. 22, с. 200.
287. Brucke L., Gavanti L., Zecchi G. J. Chem. Soc., Perkin Trans. I, 1986, p. 2177.
288. Joshi K. C., Pathak V. N., Sharma S. J. Fluor. Chem., 1986, v. 32, p. 299.
289. Capruito L., Hell W., Wamprecht C. Lieb. Ann. Chem., 1986, S. 132.

290. 1,3-Dipolar Cycloaddition Chemistry/Ed. Padwa A. N. Y.— Chichester — Brisbane — Toronto — Singapore: J. Wiley, 1984, v. 2, p. 13.
291. Morel G., Marchand E., Foucaud A. J. Org. Chem., 1985, v. 50, p. 771.
292. Ухин Л. Ю., Орложа Ж. И., Белоусова Л. В. Химия гетероциклических соединений, 1986, с. 856.
293. Альбеков В. А., Бенда А. Ф., Гонтарь А. Ф., Сокольский Г. А., Кнуянец И. Л. Изв. АН СССР. Сер. хим., 1986, с. 1437.
294. Westing M., Smith R., Livinghouse T. J. Org. Chem., 1986, v. 51, p. 1159.
295. Fishwick C. W. G., Randles K. R., Storr R. C., Manley P. W. Tetrahedron Letters, 1985, p. 3053.
296. Bossio R., Marcaccini S., Pepino R. Heterocycles, 1986, v. 24, p. 2411.
297. См. [290], v. 1.
298. El-Rayyes N. R., Al-Awadi N. A. Synthesis, 1985, p. 1031.
299. Дрыгина О. В., Гарновский А. Д. Успехи химии, 1986, т. 55, с. 1495.
300. Papadopoulos S., Stephanidou-Stephanatou J. Lieb. Ann. Chem., 1985, S. 1697.
301. Tanaka K., Masuda H., Mitsuhashi K. Bull. Chem. Soc. Japan, 1985, v. 58, p. 2061.
302. Tanaka K., Kishida M., Maeno S., Mitsuhashi K. Ibid., 1986, v. 59, p. 2631.
303. Capuano L., Wamprecht C. Lieb. Ann. Chem., 1986, S. 938.
304. Christl M., Mattauch B. Chem. Ber., 1985, B. 118, S. 4203.
305. Shawali A. S., Albar H. A. Canad. J. Chem., 1986, v. 64, p. 871.
306. Hegarty A. F., Mullane M. J. Chem. Soc., Perkin Trans. II, 1986, p. 995.
307. Hegarty A. F. Accounts Chem. Res., 1980, v. 13, p. 448.
308. Cunningham J. D., Hegarty A. F. J. Chem. Soc., Perkin Trans. II, 1986, p. 537.
309. Tanaka M., Kobayashi T. Synthesis, 1985, p. 967.
310. Kobayashi T., Sakakuba T., Tanaka M. Tetrahedron Letters, 1985, p. 3463.

Новосибирский институт
органической химии СО АН СССР