

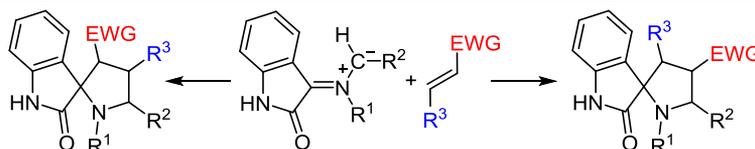
Региоселективность реакции (3+2)-циклоприсоединения азометинилидов к активированным олефинам в синтезе производных спиро[оксиндол-3,2'-пирролидинов]

Алексей Н. Измestьев^{1*}, Галина А. Газиева¹, Ангелина Н. Кравченко^{1,2}

¹ Институт органической химии им. Н. Д. Зелинского РАН,
Ленинский пр., 47, Москва 119991, Россия; e-mail: nebeli@mail.ru

² Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова,
Стремянный пер., 36, Москва 117997, Россия

Поступило 30.12.2019
Принято 24.01.2020



Обобщено и проанализировано влияние строения исходных соединений на региоселективность реакции (3+2)-циклоприсоединения азометинилидов к активированным электроноакцепторными группами олефинам при получении производных спиро[оксиндол-3,2'-пирролидинов].

Ключевые слова: азометинилид, изатин, нитростирол, спирооксиндол, региоселективность, (3+2)-циклоприсоединение.

Реакции (3+2)-циклоприсоединения азометинилидов к активированным ненасыщенным соединениям относятся к числу наиболее эффективных и простых методов формирования системы спирооксиндолпирролидина.¹ Этот фрагмент входит в состав таких природных алкалоидов, как хорсфилин,² козулесцин³ и спиротрипростатин А⁴ (рис. 1), а также в состав большого массива непептидных препаратов,⁵ активирующих функции белка-онкосупрессора p53 в клетках и оказывающих антипролиферативное действие.

Значительный прогресс в развитии селективных методов синтеза позволил получить ряд энантио- и диастереомерно чистых спирооксиндолов.⁶ Хорошо изучено влияние структурных особенностей олефинов на стереохимический результат их циклоприсоединения к азометинилидам.⁷ Целью настоящего обзора является рассмотрение закономерностей этих превра-

щений и обобщение данных об их региоселективности, опубликованных за последние 10–15 лет.

Трехкомпонентные реакции изатинов **1**, ациклических аминокислот **2** и диполярофилов – эфиров **3**⁸ и амидов **4**⁹ акриловой кислоты, а также халконов **5**¹⁰ и бензилиденацетона (**6**)¹¹ – протекают при кипячении исходных соединений в спиртах, водно-спиртовых смесях, реже в других растворителях и позволяют получать спирооксиндолпирролидины **7** с различными комбинациями заместителей как в оксиндолном, так и в пирролидиновом цикле (схема 1). Во всех случаях реакции проходят с высокой региоселективностью с образованием изомеров **7**, в которых поляризирующая группа находится в α-положении относительно спироузла.

Введение заместителей в α-положение аминокислот изменяет региоселективность реакции 1,3-диполярного циклоприсоединения азометинилидов к нитростиролам **8**. Единственными продуктами в случае, когда R⁵ ≠ H, становятся изомеры **9** с удаленным расположением нитрогруппы от места сочленения двух гетероциклических систем¹² (схема 2).

Использование циклических аминокислот в реакциях (3+2)-циклоприсоединения позволяет получать производные оксиндола, спироочлененные с гетероаннелированным по связи C–N пирролидиновым циклом. Формально такие аминокислоты могут рассматриваться как дизамещенные производные глицина,

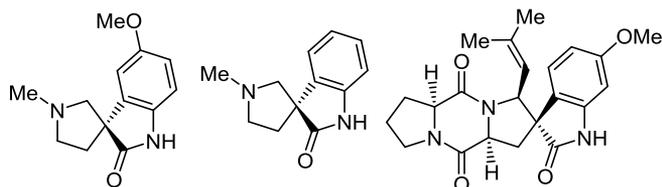
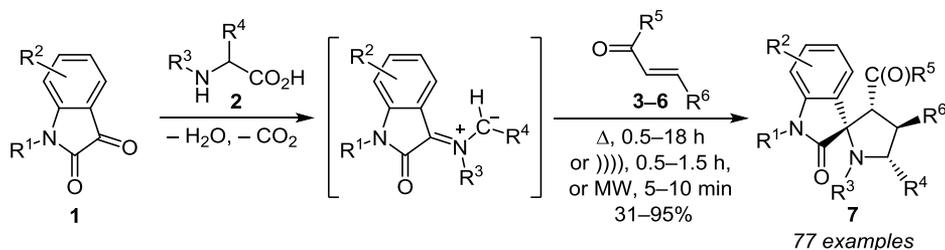


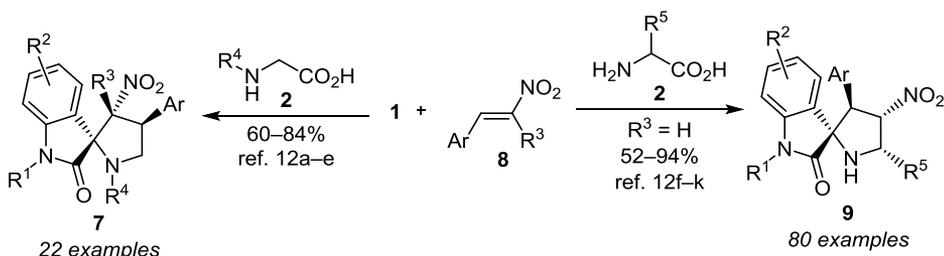
Рисунок 1. Природные алкалоиды, содержащие фрагмент спирооксиндолпирролидина.

Схема 1



1 R¹ = H, Me, Bn, CH₂CH=CH₂, CH₂CO₂Et; R² = H, 4-F, 5-F, 6-F, 7-F, 5-Cl, 5-Br, 5-Me, 5-MeO;
2 R³ = H, Me, *i*-Pr, Bn; R⁴ = H, Me, *i*-Pr, *i*-Bu, Bn, CH₂OH, (CH₂)₂SMe; **3** R⁵ = OMe, *o*-t-Bu, OCH₂C≡CH; R⁶ = H;
4 R⁵ = NH₂, NMe(2-Br-4-FC₆H₃), NMe(2-Br-5-FC₆H₃), NMe(2-Br-3-MeC₆H₃), NMe(2-Br-4-MeC₆H₃),
 NMe(2-Br-5-MeC₆H₃), NMe(2-Br-5-F₃CC₆H₃), NMe(2-Br-4-F₃COC₆H₃), NMe(2-Br-5-F₃COC₆H₃); R⁶ = H;
5 R⁵ = Ph, 4-FC₆H₄, pyren-1-yl, furan-2-yl, thiophen-2-yl; R⁶ = Ph, 4-FC₆H₄, 2-ClC₆H₄, 3-ClC₆H₄, 4-ClC₆H₄, 2,4-Cl₂C₆H₃, 3,4-Cl₂C₆H₃,
 3-BrC₆H₄, 4-BrC₆H₄, 4-MeC₆H₄, 4-MeOC₆H₄, 4-MeSC₆H₄, 4-BnOC₆H₄, 4-O₂NC₆H₄, 4-NCC₆H₄, thiophen-2-yl; **6** R⁵ = Me, R⁶ = Ph

Схема 2



7 R¹ = H, R² = H, 6-Cl; R³ = H, CH₂OH, Bn, CH₂(2,5-Me₂C₆H₃), CH₂(naphthalen-1-yl); R⁴ = H, Me; Ar = Ph, 4-FC₆H₄, 2-ClC₆H₄,
 3-ClC₆H₄, 4-ClC₆H₄, 2-MeC₆H₄, 4-MeC₆H₄, 4-EtC₆H₄, 4-(*i*-Pr)C₆H₄, 4-MeOC₆H₄, 3,4-(MeO)₂C₆H₃, 3-O₂NC₆H₄, 3,4-OCH₂OC₆H₃;
9 R¹ = H, Bn; R² = 5-F, 5-Cl, 6-Cl, 5-F₃CO; R³ = H, R⁵ = Me, *i*-Pr, *i*-Bu, Bn, CH₂OH, (CH₂)₂OH, CHMeOH, CH₂CO₂H, CH₂SMe,
 (CH₂)₂CONH₂, CH₂O(3-H₂NC(O)C₆H₄), Ph, CH₂(1*H*-imidazol-4-yl), CH₂(1*H*-1,2,4-triazol-1-yl); Ar = Ph, 2-FC₆H₄, 4-FC₆H₄, 2-ClC₆H₄,
 3-ClC₆H₄, 4-ClC₆H₄, 4-BrC₆H₄, 2-F-3-ClC₆H₃, 2-F-3-BrC₆H₃, 2-F-3,5-Cl₂C₆H₂, 2,4-F₂-3-ClC₆H₂, 4-MeC₆H₄, 4-HOC₆H₄,
 4-MeOC₆H₄, 2,5-(MeO)₂C₆H₃, 3-O₂NC₆H₄, 2-Cl-3-F-pyridin-4-yl, 2-Br-3-F-pyridin-4-yl, 2,6-Cl₂-pyridin-4-yl

содержащие алкильный заместитель, в том числе при атоме углерода в α -положении. Показано, что трехкомпонентные реакции нитростирола **8** с изатинами **1** и циклическими аминокислотами **2** приводят к образованию смеси региоизомеров **10** и **11**, мажорными среди которых являются соединения **10** с удаленным расположением нитрогруппы от спироузла^{12g,h,13} (схема 3).

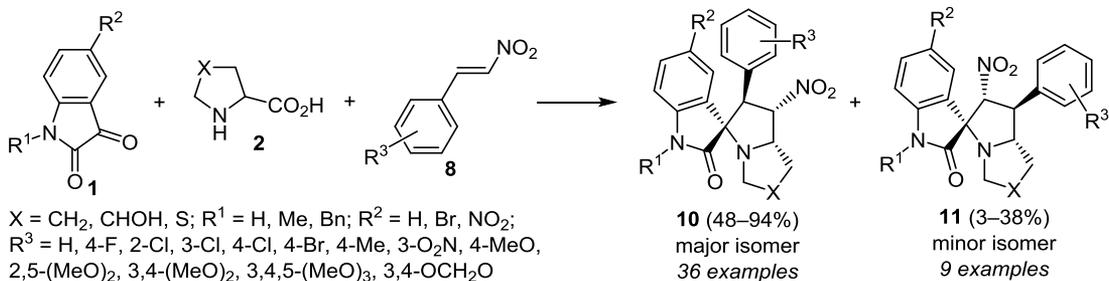
Аналогичные изомерам **10** продукты образуются и в результате трехкомпонентных реакций циклических или бициклических аминокислот с изатинами и гетеро-

аналогами нитростирола – 2-нитровинилзамещенными имидазолами и индолами (38 примеров, выходы продуктов 79–96%).¹⁴

Преимущественное образование региоизомеров **9** и **10** объясняется стерическим отталкиванием арильного фрагмента нитростирола от алкильной группы α -замещенной или циклической аминокислоты в переходном состоянии^{12g} (схема 4).

Установлено также, что в реакции нитростирола **8**, пролина (**2a**) (X = CH₂) и изатина **1** (схема 3)

Схема 3

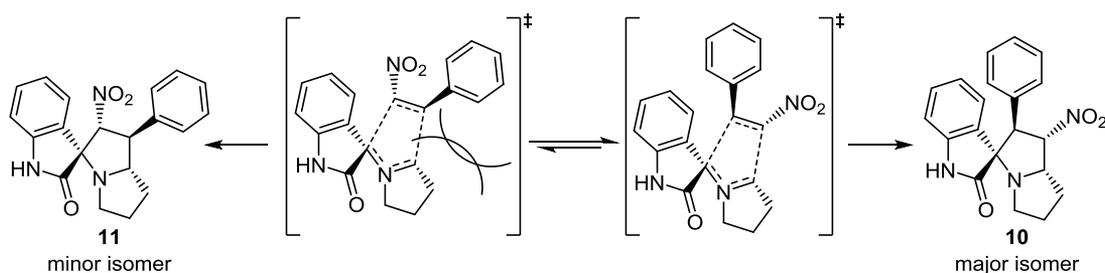


X = CH₂, CHOH, S; R¹ = H, Me, Bn; R² = H, Br, NO₂;
 R³ = H, 4-F, 2-Cl, 3-Cl, 4-Cl, 4-Br, 4-Me, 3-O₂N, 4-MeO,
 2,5-(MeO)₂, 3,4-(MeO)₂, 3,4,5-(MeO)₃, 3,4-OCH₂O

10 (48–94%)
 major isomer
 36 examples

11 (3–38%)
 minor isomer
 9 examples

Схема 4



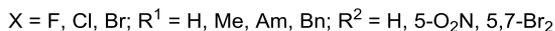
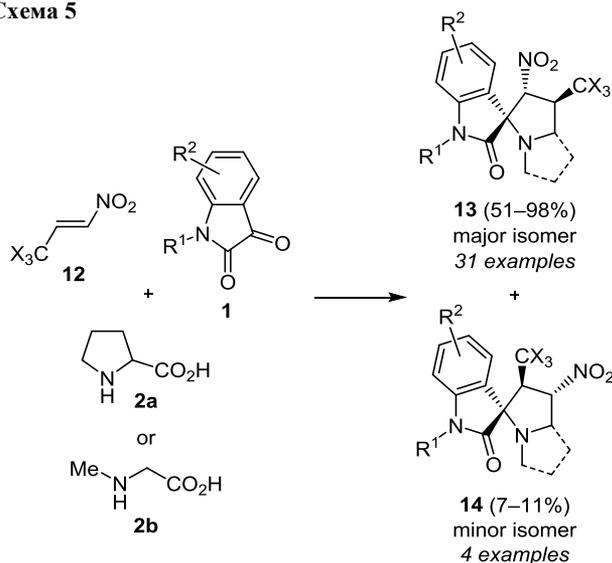
11
 minor isomer

10
 major isomer

увеличению доли мажорного региоизомера **10** в его смеси с изомером **11** способствуют введение заместителей в бензольный цикл нитростирола,^{13a,c} а также использование *N*-алкилизатинов.^{13a,d,15} Использование замещенных по бензольному циклу 5-нитроизатинов, напротив, повышает выходы минорных соединений **11** несмотря на близкое в этом случае расположение двух нитрогрупп. Природа органического растворителя и соотношение исходных реагентов способны изменить суммарный выход региоизомеров **10** и **11**, не оказав влияния на их соотношение,^{13b} в то время как понижение температуры реакции и увеличение содержания воды в реакционной смеси способствуют увеличению региоселективности процесса и повышению доли мажорных региоизомеров **10**.^{13a-c}

Лишенные объемных фенильных заместителей нитропропилены **12** в аналогичных превращениях образуют смеси продуктов **13** и **14**, основными среди которых являются изомеры **13** независимо от того, используется саркозин (**2b**) или пролин (**2a**)^{15,16} (схема 5).

Схема 5



Закономерности обсуждаемых реакций обусловлены прежде всего энергией граничных молекулярных орбиталей участвующих в реакции соединений. Так, взаимодействие азометинилидов с алкенами относится к типу реакций с нормальными электронными требованиями – процессам, целиком контролируемым взаимодействием ВЗМО диполя с НСМО диполярофила.¹⁷ Введение сильных электроноакцепторных групп понижает энергию НСМО диполярофила (рис. 2), уменьшая также энергетические барьеры и, как следствие, селективность образования целевых спироциклических аддуктов.^{14b,18}

В то же время наличие алкильных заместителей не оказывает существенного влияния на энергии и формы молекулярных орбиталей, обуславливающих высокую региоселективность перциклических процессов. Кроме того, синхронность и необратимость реакций 1,3-диполей

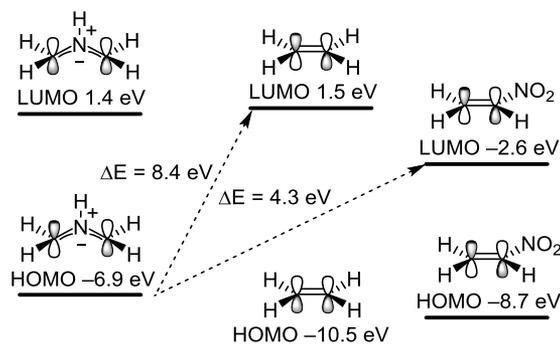
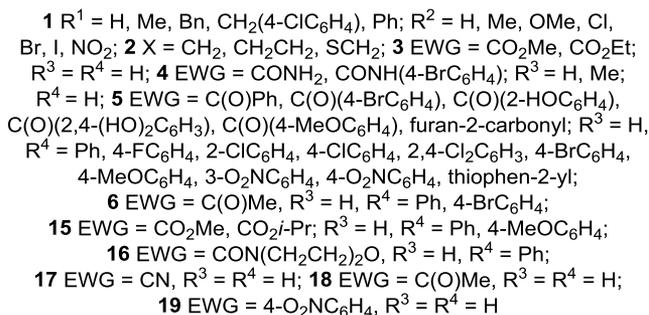
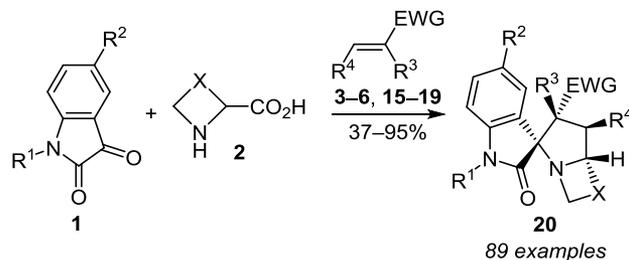


Рисунок 2. Граничные молекулярно-орбитальные взаимодействия простейшего азометинилида с этиленом и нитроэтиленом, рассчитанные на уровне CNDO/2.

с диполярофилами делают способы их взаимной ориентации в переходном состоянии кинетически контролируемыми и зависящими от стерических факторов, что и наблюдается в опытах с участием производных нитроэтилена.

Аналогичные взаимодействия изатинов **1** и циклических аминокислот **2** с другими диполярофилами, такими как эфиры **3**, **15**^{10j,19} и амиды **4**, **16**^{9a,b,10j,19c} акриловой и коричной кислот, акрилонитрил (**17**),^{19a,b} халконы **5**,^{10,20} бензилиденацетоны **6**,^{11,21} метилвинилкетон (**18**)²² и стиролы **19**,^{19c} приводят к спиробициклам **20** с вицинальным расположением поляризующего заместителя и спироузла (схема 6).

Схема 6



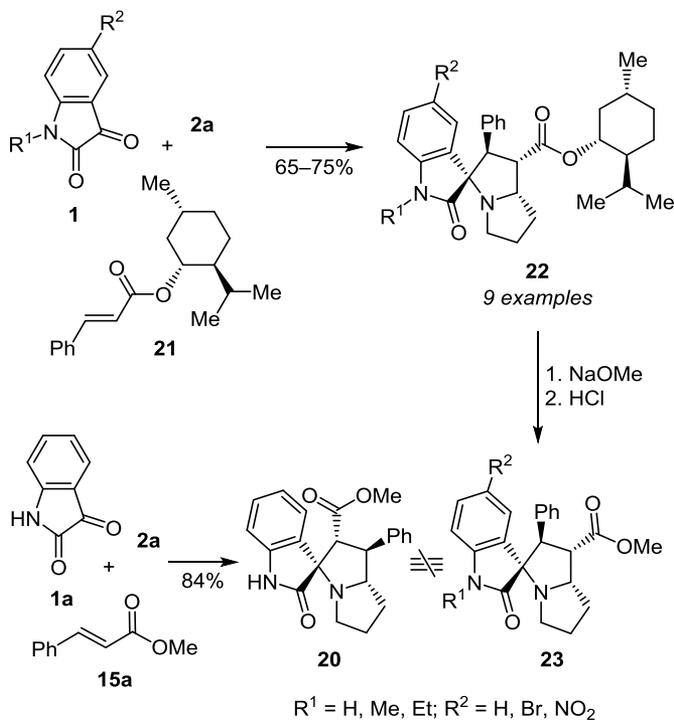
Синтез спирооксиндолпирролидинов с участием циклических аминокислот проводят в аналогичных описанным выше условиях – кипячением смеси исходных соединений в EtOH, водном MeOH, 1,4-диоксане, MeCN или PhMe от 1 до 36 ч. Применение микроволнового²³ или ультразвукового²⁴ облучения, а также проведение реакций в ионных жидкостях^{19b} позволяет сократить время реакций и повысить выходы циклоаддуктов. Продемонстрировано снижение времени конверсии

циклических аминокислот, по сравнению с ациклическими, с 18 до 2 ч. Авторы исследования связывают это с благоприятным влиянием цикла на геометрию азометинида, снижающим энергетические барьеры на пути его образования.^{8b} Предположение, однако, не находит подтверждения в других работах.

Равновероятный подход азометинида с обеих сторон диполярофилов приводит к образованию целевых продуктов в виде рацемических смесей. Транс-ориентация арильного и поляризующего заместителей обусловлена (*Z*)-конфигурацией исходной двойной связи, а также синхронностью конденсации. Электростатическое отталкивание поляризующего заместителя олефина и карбонильной группы оксидола также приводит к их взаимному *транс*-расположению. В случае использования циклических или α -замещенных хиральных аминокислот конфигурация соответствующего стереоцентра в целевом продукте определяется пространственным влиянием соседних групп и не зависит от оптической формы введенной аминокислоты, оставаясь неизменной для каждого конкретного энантиомера.

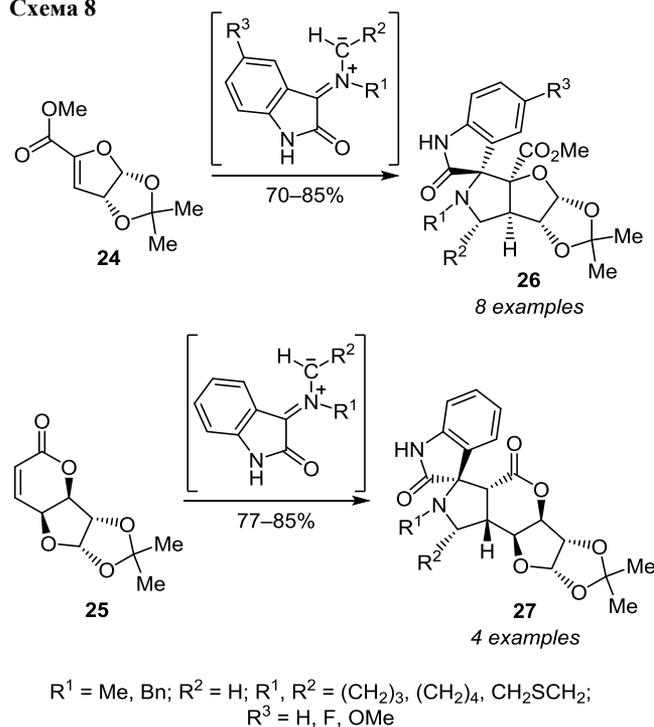
Присоединение азометинида к диполярофилу **21** – метиловому эфиру коричной кислоты – позволяет не только разделять смесь образующихся при циклоприсоединении диастереомеров на нерацемические компоненты, но и изменить региональность процесса в сторону образования эфиров **22**, трансформирующихся после переэтерификации в спироциклические соединения **23**.²⁵ Непосредственное введение в реакцию метилового эфира коричной кислоты **15a** приводит к образованию региоизомерного продукта **20** с выходом 84%^{10j} (схема 7).

Схема 7



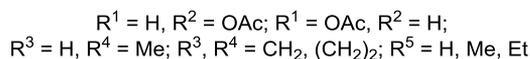
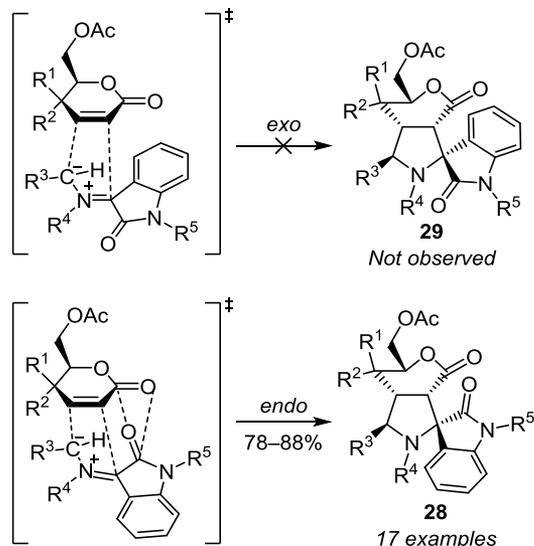
Гетероаннелированные по пирролидиновому циклу производные спирооксидолпирролидинов можно также получить, используя диполярофилы, в которых активированная двойная связь является частью карбоили гетероциклической системы.^{7b,8b,19c,26} Региоселективность присоединения азометинида к таким соединениям согласуется с общими закономерностями, наблюдаемыми для аналогичных превращений с участием ациклических π -систем. В то же время стереохимический результат реакции определяется внутри- или внешнециклическим расположением активирующих карбонильных групп. В качестве примера можно привести реакции азометинида с циклическим эфиром **24** и ненасыщенным лактоном **25**, в результате которых формируются полигетероциклические производные спирооксидола **26** и **27** с соответственно *транс*- и *цис*-ориентацией карбонильных групп относительно плоскости пирролидинового цикла^{26q,r} (схема 8).

Схема 8



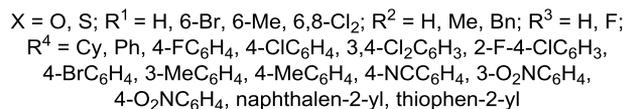
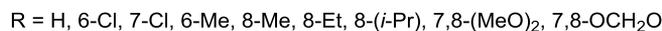
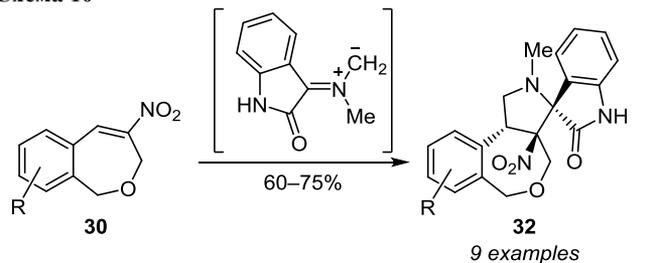
Предпочтительное образование диастереомеров **28** связано с возникновением вторичных орбитальных взаимодействий в результате эндосближения частиц 1,3-диполя и диполярофила. Вторичные орбитальные взаимодействия стабилизируют перциклическое переходное состояние и снижают энергетические барьеры на пути образования продуктов **28** (изомеры **29** не получены) (схема 9). Введение в реакцию аминокислот циклического строения совместно с использованием в качестве диполярофилов соединений с активированной эндоциклической двойной связью позволяет получать спирооксидолы, сочлененные как с трициклическими производными пирролидина, так и с более сложными поликонденсированными системами.^{7b}

Схема 9



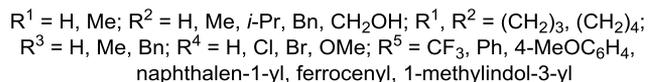
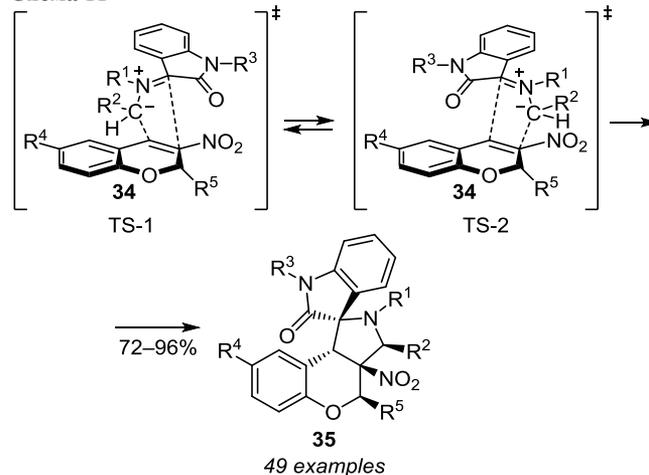
Региоселективность реакций азетинилов с циклическими дипольрофилами **30**^{26g} и **31**,^{26j} содержащими нитровинильный фрагмент, аналогична рассмотренным выше закономерностям, наблюдаемым в ряду превращений с участием нитростиролов. Положение спирооксиндольного фрагмента относительно нитрогруппы в продуктах **32** и **33** определяется наличием или отсутствием заместителя в α -положении введенной в реакцию аминокислоты (схема 10).

Схема 10



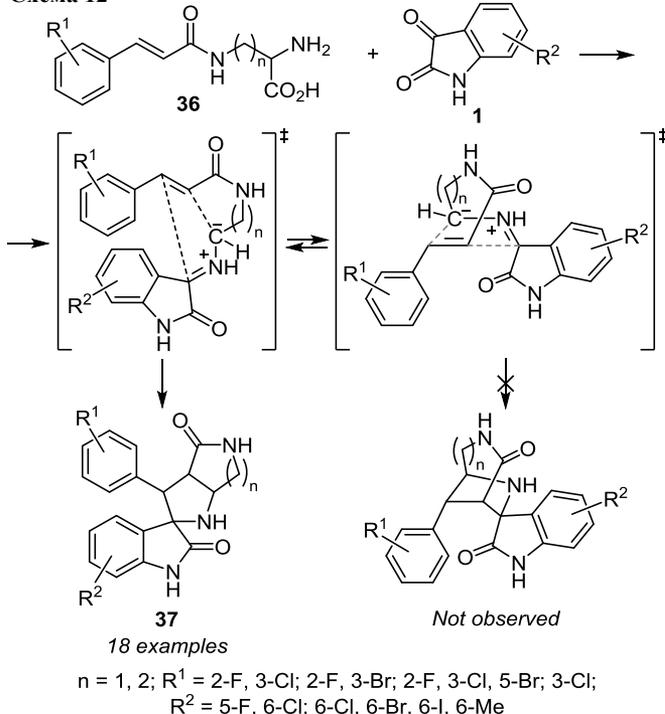
В то же время объемные заместители R^5 в положении 2 дипольрофилов **34** исключают образование продуктов циклоприсоединения через переходное состояние TS-1 вследствие их стерических взаимодействий с бензольным циклом оксиндола, в результате чего реализуется единственный путь протекания реакции через переходное состояние TS-2, приводящее к продуктам **35** независимо от строения введенных 1,3-диполей^{26i,26k,27} (схема 11).

Схема 11



Альтернативным подходом к синтезу спироочлененных с бициклическим фрагментом оксиндолов может служить использование в качестве исходных соединений амидов коричной кислоты **36** (схема 12),

Схема 12



содержащих, помимо кратных связей C=C, геминально расположенные карбоксильные группы и аминоксигма-группы. Взаимодействие изатинов **1** с такими гибридными молекулами запускает каскадные процессы образования 1,3-диполя и его внутримолекулярного циклоприсоединения, приводящие к продуктам **37**, строение которых обусловлено преимущественным образованием аннелированных, а не мостиковых гетероциклических систем²⁸ (схема 12).

Удобным методом синтеза диспиросочлененных производных оксиндола является (3+2)-циклоприсоединение азометинилидов к диполярофилам с экзоциклическими кратными связями C=C. В качестве таких субстратов наиболее часто применяются различные производные карбо- и гетероциклических соединений, получаемые конденсацией соответствующих метиленактивных и карбонильных соединений.²⁹ Высокая селективность присоединения илидов к арилметилденпроизводным циклических кетонов **38**³⁰ и азолидинов **39**³¹ с образованием диспиропроизводных оксиндола **40** и **41** с вицинальным расположением спироузлов обусловлена положением активирующих карбонильных групп в циклических фрагментах исходных диполярофилов **38** и **39** (схемы 13, 14).

Схема 13

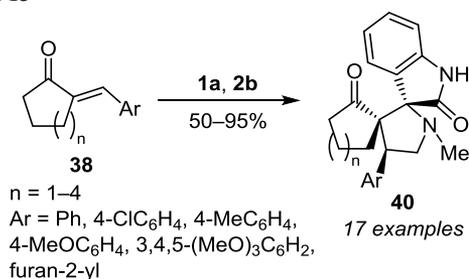
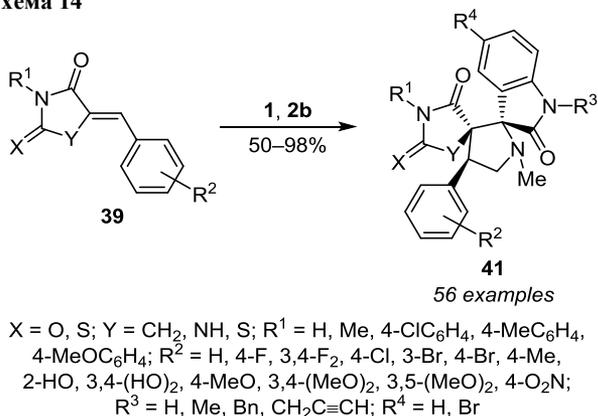


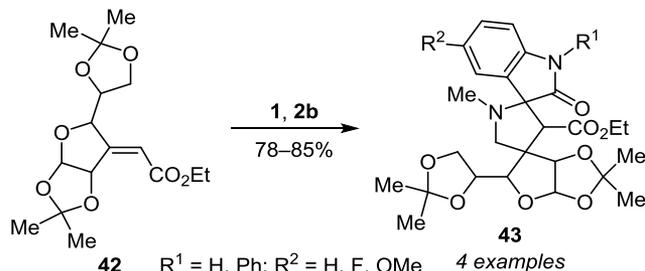
Схема 14



Отмечено некоторое снижение селективности процесса и образование побочных регио- и стереоизомеров при использовании циклических аминокислот,^{31f,32} однако в целом природа вводимых в реакцию аминокислот не меняет направления присоединения соответствующих 1,3-диполей к экзоциклическим двойным связям, что показано на большом количестве примеров.^{31f,32b,33}

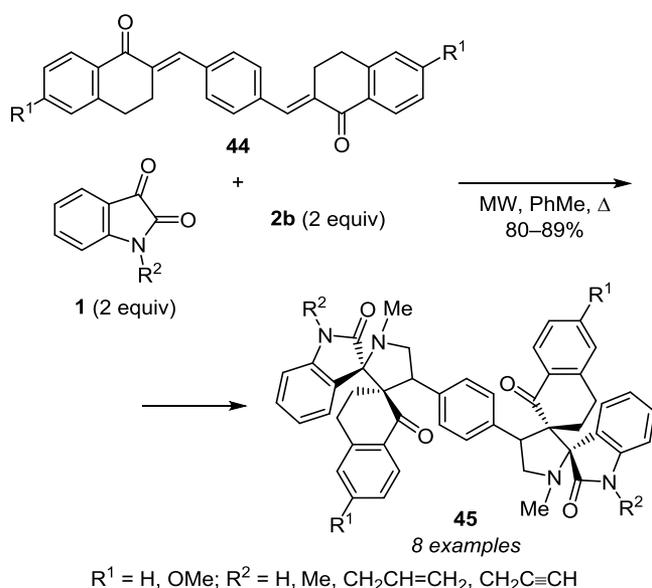
Терминально расположенная этоксикарбонильная группа в диполярофилах **42** ориентирует 1,3-диполь таким образом, что единственными продуктами его присоединения становятся изомеры **43** с удаленным расположением спиросочлененных с пирролидиновым циклом гетероциклических систем³⁴ (схема 15).

Схема 15



Наличие в молекуле диполярофила нескольких сопряженных с электроноакцепторными группами кратных связей C=C делает возможным протекание реакций диполярного циклоприсоединения по каждой из них с образованием полиспирогетероциклических соединений. Для изучения селективности реакций азометинилидов с 1,4-бис(1-оксо-3,4-дигидронафталин-2-илиден)бензолами **44** (схема 16) химические превращения проводили в различных условиях и при различном соотношении исходных реагентов. Кипячение эквимольных количеств диполярофила **44**, саркозина (**2b**) и замещенного изатина **1** в PhMe приводило к селективному протеканию реакции по одной ненасыщенной связи, в то время как двукратное увеличение количеств саркозина (**2b**) и изатина **1** сопровождалось появлением в реакционной смеси тетраспирополигетероциклических соединений **45** в небольших количествах. Полная конверсия исходных соединений **44** и продуктов их реакции с одной молекулой азометинида происходила лишь при экспозиции

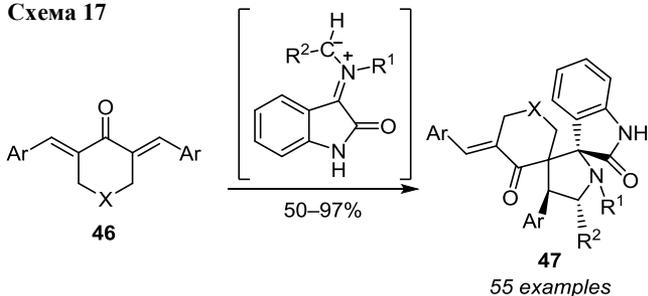
Схема 16



тонкоизмельченной смеси исходных компонентов в микроволновом реакторе.³⁵

Трехкомпонентные реакции изатинов с аминокислотами и кросс-сопряженными диенами **46** происходят по одной ненасыщенной связи вне зависимости от соотношения реагентов³⁶ (схема 17).

Схема 17



X = CH₂, NMe; Ar = Ph, 3-FC₆H₄, 4-FC₆H₄, 2-ClC₆H₄, 4-ClC₆H₄, 2,4-Cl₂C₆H₃, 3-BrC₆H₄, 4-BrC₆H₄, 2-MeC₆H₄, 4-MeC₆H₄, 2-MeOC₆H₄, 4-MeOC₆H₄, 4-F₃CC₆H₄, 4-Me₂NC₆H₄, 3-O₂NC₆H₄, 4-O₂NC₆H₄, naphthalen-1-yl, furan-2-yl, thiophen-2-yl;
R¹ = H, Me; R² = H, Ph; R¹, R² = (CH₂)₃, CH₂SCH₂

Присоединение азометинилидов к несимметрично замещенным диарилденпроизводным также протекает по одному реакционному центру, однако с меньшей селективностью. Атака 1,3-диполя в этом случае происходит по связи С=С ариленовой группы, содержащей замещенный бензольный цикл, независимо от электронных эффектов его функциональных групп.^{6c} Несмотря на невозможность присоединения второй молекулы азометинида, оставшаяся связь С=С способна к другим превращениям, свойственным α,β-ненасыщенным карбонильным соединениям,^{6c,36d,e,37} в том числе к циклоприсоединениям к менее объемным дипольным частицам.³⁸

Селективность присоединения азометинилидов по экзоциклическим связям С=С широко изучена на примере реакций аминокислот **2** и изатинов **1** с илденпроизводными 1,3-индандиона и димедона, а также малоновой и барбитуровой кислот **48** и **49**. Строение образующихся при этом диспирооконденсированных циклоаддуктов **50** и **51** определяется природой заместителя в метиленовом фрагменте дипольофила, содержащего ароматический³⁹ или объемный фуранозный фрагмент⁴⁰ (схема 18).

Конденсации производных циануксусной и малоновой кислот с азометинилидами селективно приводят к одному из двух региоизомерных спиро[оксиндол-3,2'-пирролидинов] в зависимости от числа и характера заместителей при связи С=С в исходном олефине. Так, реакции с участием арилметилензамещенных соединений **52** протекают через экзопереходные состояния, перекрывания граничных молекулярных орбиталей в которых соответствуют образованию связей между атомами с близкими орбитальными коэффициентами.^{23,24,41} Строение образующихся в данном случае спирооксиндолов **53** (схема 19) совпадает со строением соединений, получаемых реакцией азометинилидов с α,β-ненасыщенными карбонильными соединениями.

Схема 18

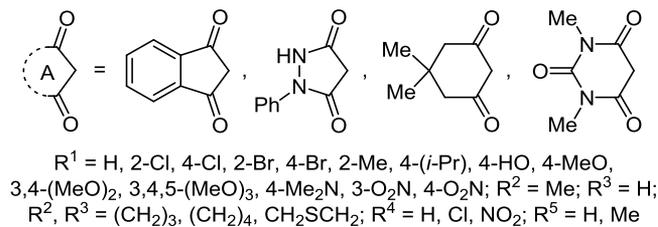
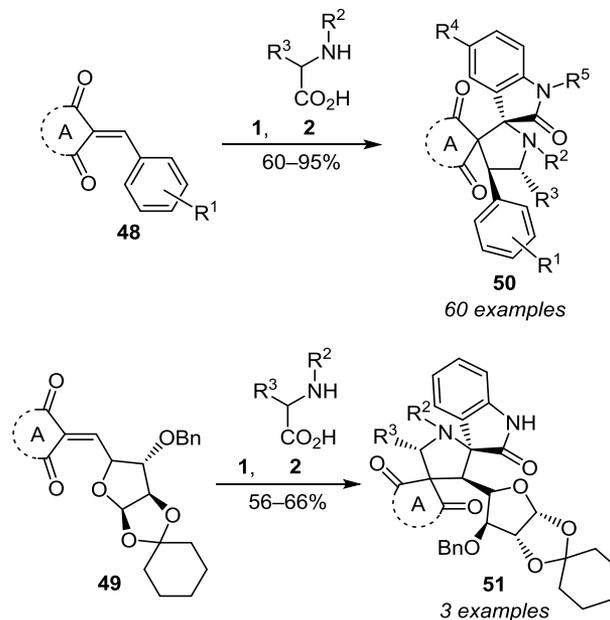
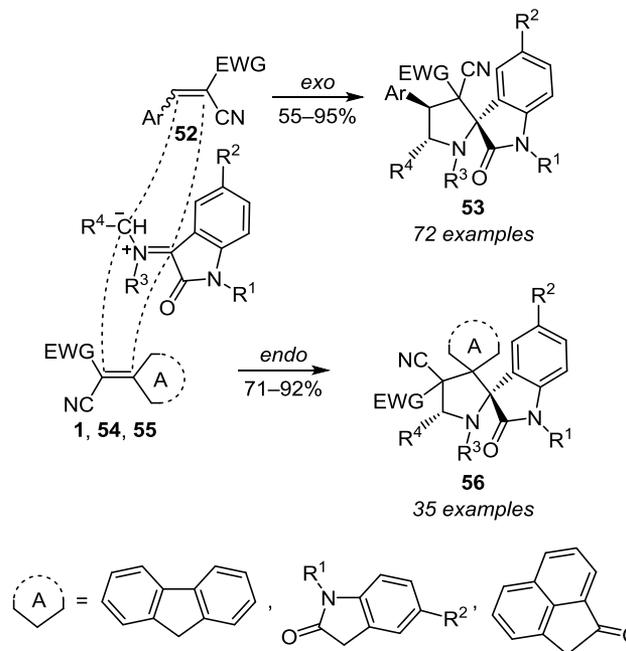


Схема 19



EWG = CN, CO₂Me, CO₂Et, C(O)Het; Ar = Ph, 4-FC₆H₄, 4-ClC₆H₄, 2-Cl-6-FC₆H₃, 3,4-Cl₂C₆H₃, 4-BrC₆H₄, 4-MeC₆H₄, 4-MeOC₆H₄, 3,4,5-(MeO)₃C₆H₂, 4-O₂NC₆H₄, furan-2-yl, thiophen-2-yl, thiophen-3-yl, 1H-imidazol-2-yl, 5-nitrothiophen-2-yl; R¹ = H, Me, Et, Bn, CH₂CH=CH₂; R² = H, F, Cl, Br, I, Me, NO₂; R³ = Me, Ph; R⁴ = H, Bn; R³, R⁴ = (CH₂)₃, CH₂SCH₂

Аналогичное переходное состояние для реакций конденсированных производных флуорена **54**, аценафтена **55**, и изатина **1** оказывается менее выгодным, поскольку эндосближение взаимодействующих частиц в этом случае стабилизируется стекинговыми силами ароматических фрагментов или вторичными орбитальными взаимодействиями двух карбонильных групп, что приводит к образованию соединений **56** в качестве единственных изомеров⁴² (схема 19). Высокая реакционная способность аддуктов Кнёвенагеля в реакциях циклоприсоединения делает возможным (а иногда и необходимым) проведение процесса при комнатной температуре. Несмотря на вероятное увеличение времени конверсии исходных соединений, осуществление циклоприсоединения в более мягких условиях подавляет побочные превращения диполярфилов, сопровождаемые осмолением реакционных смесей, и приводит к повышению выходов целевых продуктов.

Таким образом, накопленные за последние 10–15 лет экспериментальные и теоретические данные о селективности трехкомпонентных превращений изатинов, аминокислот и электрон-дефицитных олефинов позволяют выявить закономерности влияния структурных особенностей исходных соединений на строение целевых продуктов и могут быть полезными при планировании синтеза новых спироиндолинонов и создании на их основе библиотек потенциально фармакологически активных соединений.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 18-33-01035).

Список литературы

- (a) Liu, Y.; Wang, H.; Wan, J. *Asian J. Org. Chem.* **2013**, *2*, 374. (b) Moradi, R.; Ziarani, G. M.; Lashgari, N. *ARKIVOC* **2017**, (i), 148. (c) Lashgari, N.; Ziarani, G. M. *ARKIVOC* **2012**, (i), 277. (d) Borad, M. A.; Bhoi, M. N.; Prajapati, N. P.; Patel, H. D. *Synth. Commun.* **2014**, *44*, 1043.
- Jossang, A.; Jossang, P.; Hadi, H. A.; Sévenet, T.; Bodo, B. *J. Org. Chem.* **1991**, *56*, 6527.
- Anderton, N.; Cockrum, P. A.; Colegate, S. M.; Edgar, J. A.; Flower, K.; Vit, I.; Willing, R. I. *Phytochem.* **1998**, *48*, 437.
- Cui, C.-B.; Kakeya, H.; Osada, H. *Tetrahedron* **1996**, *52*, 12651.
- (a) Ding, K.; Lu, Y.; Nikolovska-Coleska, Z.; Qiu, S.; Ding, Y.; Gao, W.; Stuckey, J.; Krajewski, K.; Roller, P. P.; Tomita, Y.; Parrish, D. A.; Deschamps, J. R.; Wang, S. *J. Am. Chem. Soc.* **2005**, *127*, 10130. (b) Zhao, Y.; Bernard, D.; Wang, S. *BioDiscovery* **2013**, *8*, e8950.
- (a) Cheng, P.; Guo, W.; Chen, P.; Liu, Y.; Du, X.; Li, C. *Chem. Commun.* **2016**, *52*, 3418. (b) Snieckus, V.; Richardson, P. *Synfacts* **2019**, *15*, 0593. (c) Anis'kov, A.; Klochkova, I.; Tumskiy, R.; Yegorova, A. *Molecules* **2017**, *22*, 2134. (d) Akaev, A. A.; Bezzubov, S. I.; Desyatkin, V. G.; Vorobyeva, N. S.; Majouga, A. G.; Melnikov, M. Ya.; Budynina, E. M. *J. Org. Chem.* **2019**, *84*, 3340.
- (a) Izmet'ev, A. N.; Gazieva, G. A.; Sigay, N. V.; Serkov, S. A.; Karnoukhova, V. A.; Kachala, V. V.; Shashkov, A. S.; Zanin, I. E.; Kravchenko, A. N.; Makhova, N. N. *Beilstein J. Org. Chem.* **2016**, *12*, 2240. (b) Rao, J. N. S.; Raghunathan, R. *Tetrahedron Lett.* **2012**, *53*, 854. (c) Taghizadeh, M. J.; Arvinnezhad, H.; Samadi, S.; Jadidi, K.; Javidan, A.; Notash, B. *Tetrahedron Lett.* **2012**, *53*, 5148. (d) Gazieva, G. A.; Kolotyrykina, N. G.; Kravchenko, A. N.; Makhova, N. N. *Russ. Chem. Bull., Int. Ed.* **2014**, *63*, 431. [*Изв. АН, Сер. хим.* **2014**, 431.] (e) Ren, D.; Hu, X.; Li, X. *Chem. Heterocycl. Compd.* **2019**, *55*, 275. [*Химия гетероцикл. соединений* **2019**, *55*, 275.] (f) Taghizadeh, M. J.; Arvinnezhad, H.; Samadi, S.; Jadidi, K.; Javidan, A.; Notash, B. *Tetrahedron Lett.* **2012**, *53*, 5148. (g) Korotaev, V. Yu.; Zimnitskiy, N. S.; Barkov, A. Yu.; Kutuyashev, I. B.; Sosnovskikh, V. Ya. *Chem. Heterocycl. Compd.* **2018**, *54*, 905. [*Химия гетероцикл. соединений* **2018**, *54*, 905.]
- (a) Ito, M.; Iwatani, M.; Yamamoto, T.; Tanaka, T.; Kawamoto, T.; Morishita, D.; Nakanishi, A.; Maezaki, H. *Bioorg. Med. Chem.* **2017**, *25*, 4753. (b) Rehn, S.; Bergman, J.; Stensland, B. *Eur. J. Org. Chem.* **2004**, 413. (c) Malini, K.; Periyaraja, S.; Shanmugam, P. *Eur. J. Org. Chem.* **2017**, 3774.
- (a) Pavlovskaya, T. L.; Lipson, V. V.; Yaremenko, F. G.; Musatov, V. I. *Russ. J. Org. Chem.* **2013**, *49*, 1712. [*Журн. орган. химии* **2013**, *49*, 1728.] (b) Pavlovskaya, T. L.; Yaremenko, F. G.; Lipson, V. V.; Shishkina, S. J.; Shishkin, O. V.; Musatov, V. I.; Karpenko, A. S. *Beilstein J. Org. Chem.* **2014**, *10*, 117. (c) Shukla, D.; Babu, S. A. *Adv. Synth. Catal.* **2019**, *361*, 2075.
- (a) Fokas, D.; Ryan, W. J.; Casebier, D. S.; Coffen, D. L. *Tetrahedron Lett.* **1998**, *39*, 2235. (b) Song, Q.; An, X.; Che, F.; Shen, T. *J. Heterocycl. Chem.* **2015**, *52*, 1496. (c) Revathy, K.; Lalitha, A. *RSC Adv.* **2014**, *4*, 279. (d) Zhao, P.; Bai, L.; Ma, J.; Zeng, Y.; Li, L.; Zhang, Y.; Lu, C.; Dai, H.; Wu, Z.; Li, Y.; Wu, X.; Chen, G.; Hao, X.; Shen, Y.; Deng, Z.; Floss, H. G. *Chem. Biol.* **2008**, *15*, 863. (e) Sharma, R.; Sapnakumari, M.; Narayana, B.; Sarojini, B. K.; Gupta, V. K.; Kant, R. *Eur. Chem. Bull.* **2014**, *3*, 183. (f) Wu, G.; Ouyang, L.; Liu, J.; Zeng, S.; Huang, W.; Han, B.; Wu, F.; He, G.; Xiang, M. *Mol. Diversity* **2013**, *17*, 271. (g) Kanagaraja, G.; Thangamani, A. *Orient. J. Chem.* **2014**, *30*, 1619. (h) Sharma, P.; Sapnakumari, M.; Narayana, B.; Sarojini, B. K.; Kant, R. *Chem. Sci. Trans.* **2015**, *4*, 1037. (i) Hussein, E. M.; Moussa, Z.; El Guesmi, N.; Ahmed, S. A. *RSC Adv.* **2018**, *8*, 24116. (j) Chen, G.; He, H.-P.; Ding, J.; Hao, X.-J. *Heterocycl. Commun.* **2009**, *15*, 355.
- Klochkova, I. N.; Shchekina, M. P.; Anis'kov, A. A. *Chem. Heterocycl. Compd.* **2014**, *50*, 479. [*Химия гетероцикл. соединений* **2014**, 527.]
- (a) Bakthadoss, M.; Sivakumar, N. *Synlett* **2011**, 1296. (b) Poomachandran, M.; Muruganatham, R.; Raghunathan, R. *Synth. Commun.* **2006**, *36*, 141. (c) Bakthadoss, M.; Sivakumar, N.; Devaraj, A.; Sharada, D. S. *Synthesis* **2011**, 2136. (d) Bakthadoss, M.; Sivakumar, N. *Synlett* **2009**, 1014. (e) Gollner, A.; Rudolph, D.; Arnhof, H.; Bauer, M.; Blake, S. M.; Boehmelt, G.; Karolyi-Oezguer, J.; Cockroft, X.-L.; Dahmann, G.; Etmayer, P.; Gerstberger, T.; Karolyi-Oezguer, J.; Kessler, D.; Kofink, C.; Ramharter, J.; Rinnenthal, J.; Savchenko, A.; Schnitzer, R.; Weinstabl, H.; Weyer-Czernilofsky, U.; Wunberg, T.; McConnell, D. B. *J. Med. Chem.* **2016**, *59*, 10147. (f) Mali, P. R.; Rao, L. C.; Bangade, V. M.; Shirsat, P. K.; George, S. A.; Jagadeesh babu, N.; Meshram, H. M. *New J. Chem.* **2016**, *40*, 2225. (g) Rajesh, S. M.; Perumal, S.; Menéndez, J. C.; Yogeewari, P.; Sriram, D. *MedChemComm* **2011**, *2*, 626. (h) Chen, G.; Yang, J.; Gao, S.; He, H.; Li, S.; Di, Y.; Chang, Y.; Lu, Y.; Hao, X. *Mol. Diversity* **2012**, *16*, 151. (i) Sundar, J. K.; Rajesh, S. M.; Sivamani, J.; Perumal, S.; Natarajan, S. *Chem. Cent. J.* **2011**,

- 5, 45. (j) Ramharter, J.; Broecker, J.; Gille, A.; Gollner, A.; Henry, M.; Toelle, N.; Weinstabl, H. WO Patent 2016026937.
- (k) Arumugam, N.; Almansour, A. I.; Kumar, R. S.; Periasamy, V. S.; Athinarayanan, J.; Alshatwi, A. A.; Govindasami, P.; Altaf, M.; Menéndez, J. C. *Tetrahedron* **2018**, *74*, 5358.
13. (a) Galvis, C. E. P.; Kouznetsov, V. V. *Org. Biomol. Chem.* **2013**, *11*, 7372. (b) Chen, G.; Miao, Y.-Q.; Zhou, R.; Zhang, L.; Zhang, J.; Hao, X.-J. *Res. Chem. Intermed.* **2013**, *39*, 2445. (c) Gayen, B.; Banerji, A. *Monatsh. Chem.* **2014**, *145*, 1953. (d) Alimohammadi, K.; Sarrafi, Y.; Tajbakhsh, M.; Yeganegi, S.; Hamzehloueian, M. *Tetrahedron* **2011**, *67*, 1589.
14. (a) Wang, Y.-C.; Wang, J.-L.; Burgess, K. S.; Zhang, J.-W.; Zheng, Q.-M.; Pu, Y.-D.; Yan, L.-J.; Chen, X.-B. *RSC Adv.* **2018**, *8*, 5702. (b) Chornous, V. A.; Mel'nik, O. Ya.; Mel'nik, D. A.; Rusanov, E. B.; Vovk, M. V. *Russ. J. Org. Chem.* **2015**, *51*, 1423. [*Журн. орган. химии* **2015**, *51*, 1454.]
15. Barkov, A. Yu.; Zimnitskiy, N. S.; Korotaev, V. Yu.; Kutyashev, I. B.; Moshkin, V. S.; Sosnovskikh, V. Ya. *Tetrahedron* **2016**, *72*, 6825.
16. Barkov, A. Yu.; Zimnitskiy, N. S.; Kutyashev, I. B.; Korotaev, V. Yu.; Moshkin, V. S.; Sosnovskikh, V. Ya. *J. Fluorine Chem.* **2017**, *204*, 37.
17. (a) Sustmann, R. *Pure Appl. Chem.* **1974**, *40*, 569. (b) Raj, A. A.; Raghunathan, R.; Malar, E. J. P. *Heteroat. Chem.* **1999**, *10*, 500. (c) Fukui, K. *Acc. Chem. Res.* **1971**, *4*, 57. (d) Verma, S.; George, J.; Singh, S.; Pardasani, P.; Pardasani, R. *Org. Med. Chem. Lett.* **2011**, *1*, 6.
18. (a) Houk, K. N.; Sims, J.; Duke, R. E.; Strozier, R. W.; George, J. K. *J. Am. Chem. Soc.* **1973**, *95*, 7287. (b) Pérez, P.; Domingo, L. R.; Aurell, M. J.; Contreras, R. *Tetrahedron* **2003**, *59*, 3117. (c) Chen, G.; Yang, J.; Gao, S.; Zhang, Y.; Hao, X. *Res. Chem. Intermed.* **2015**, *41*, 4987.
19. (a) Tiwari, K. N.; Pandurang, T. P.; Pant, S.; Kumar, R. *Tetrahedron Lett.* **2016**, *57*, 2286. (b) Faraji, L.; Arvinnezhad, H.; Alikami, N.; Jadidi, K. *Lett. Org. Chem.* **2010**, *7*, 472. (c) Sudhakara, A.; Kumar, H. C. K.; Jayadevappa, H.; Mahadevan, K. M. *Org. Chem. Ind. J.* **2012**, *8*, 94. (d) Pardasani, P.; Pardasani, R. T.; Sherry, D.; Chaturvedi, V. *Synth. Commun.* **2002**, *32*, 435. (e) Coulter, T.; Grigg, R.; Malone, J. F.; Sridharan, V. *Tetrahedron Lett.* **1991**, *32*, 5417.
20. Prasad, T. A. A.; Vithiya, B. S. M.; Ignacimuthu, S. *Pharma Chem.* **2011**, *3*, 293.
21. Wang, H.-J.; Pan, B.-W.; Zhang, W.-H.; Yang, C.; Liu, X.-L.; Zhao, Z.; Feng, T.-T.; Zhou, Y.; Yuan, W.-C. *Tetrahedron* **2015**, *71*, 8131.
22. Tiwari, K. N.; Pandurang, T. P.; Pant, S.; Sreelekha, P. *Synth. Commun.* **2018**, *48*, 802.
23. Dandia, A.; Khan, S.; Soni, P.; Indora, A.; Mahawar, D. K.; Pandya, P.; Chauhan, C. S. *Bioorg. Med. Chem. Lett.* **2017**, *27*, 2873.
24. Rezaei, S. J. T.; Nabid, M. R.; Yari, A.; Ng, S. W. *Ultrason. Sonochem.* **2011**, *18*, 49.
25. Taghizadeh, M. J.; Jadidi, K. *Iran. Chem. Commun.* **2015**, *3*, 67.
26. (a) Pavlovskaya, T. L.; Red'kin, R. G.; Yaremenko, F. G.; Shishkina, S. V.; Shishkin, O. V.; Musatov, V. I.; Lipson, V. V. *Chem. Heterocycl. Compd.* **2013**, *49*, 882. [*Химия гетероцикл. соединений* **2013**, 945.] (b) Girgis, A. S.; Stawinski, J.; Ismail, N. S.; Farag, H. *Eur. J. Med. Chem.* **2012**, *47*, 312. (c) Bhaskar, G.; Arun, Y.; Balachandran, C.; Saikumar, C.; Perumal, P. T. *Eur. J. Med. Chem.* **2012**, *51*, 79. (d) Chen, H.; Wang, S.-Y.; Xu, X.-P.; Ji, S.-J. *Synth. Commun.* **2011**, *41*, 3280. (e) Dandia, A.; Jain, A. K.; Laxkar, A. K. *Tetrahedron Lett.* **2013**, *54*, 3929. (f) Dandia, A.; Jain, A. K.; Sharma, S.; Singh, R. *J. Heterocycl. Chem.* **2018**, *55*, 1419.
- (g) Bakthadoss, M.; Sivakumar, N.; Devaraj, A. *Tetrahedron Lett.* **2015**, *56*, 4980. (h) Nayak, S.; Mishra, S. K.; Bhakta, S.; Panda, P.; Baral, N.; Mohapatra, S.; Purohit, C. S.; Satha, P. *Lett. Org. Chem.* **2016**, *13*, 11. (i) Naga Siva Rao, J.; Raghunathan, R. *Tetrahedron Lett.* **2013**, *54*, 6568. (j) Wu, S.; Zhu, G.; Wei, S.; Chen, H.; Qu, J.; Wang, B. *Org. Biomol. Chem.* **2018**, *16*, 807. (k) Kutyashev, I. B.; Barkov, A. Yu.; Korotaev, V. Yu.; Sosnovskikh, V. Ya. *Chem. Heterocycl. Compd.* **2019**, *55*, 529. [*Химия гетероцикл. соединений* **2019**, 55, 529.] (l) Sun, Q.; Li, X.; Su, J.; Zhao, L.; Ma, M.; Zhu, Y.; Zhao, Y.; Zhu, R.; Yan, W.; Wang, K.; Wang, R. *Adv. Synth. Catal.* **2015**, *357*, 3187. (m) Yue, G.; Wu, Y.; Dou, Z.; Chen, H.; Yin, Z.; Song, X.; He, C.; Wang, X.; Feng, J.; Zhang, Z.; Zou, P.; Lu, C. *New J. Chem.* **2018**, *42*, 20024. (n) Xiao, J.-A.; Liu, Q.; Ren, J.-W.; Liu, J.; Carter, R. G.; Chen, X.-Q.; Yang, H. *Eur. J. Org. Chem.* **2014**, 5700. (o) Bharitkar, Y. P.; Kanhar, S.; Suneel, N.; Mondal, S. K.; Hazra, A.; Mondal, N. B. *Mol. Diversity* **2015**, *19*, 251. (p) Rajkumar, V.; Aslam, N. A.; Reddy, C.; Babu, S. A. *Synlett* **2012**, 549. (q) Barman, P. D.; Sanyal, I.; Mandal, S. B.; Banerjee, A. K. *Synthesis* **2011**, 3563. (r) Prasanna, R.; Purushothaman, S.; Raghunathan, R. *Tetrahedron Lett.* **2014**, *55*, 6631. (s) Ghandi, M.; Taheri, A.; Abbasi, A. *Tetrahedron* **2010**, *66*, 6744. (t) Lanka, S.; Thennarasu, S.; Perumal, P. T. *Tetrahedron Lett.* **2014**, *55*, 2585.
27. Naga Siva Rao, J.; Raghunathan, R. *Tetrahedron Lett.* **2015**, *56*, 2276.
28. Weinstabl, H.; Gollner, A.; Ramharter, J.; Wunberg, T. US Patent 20160000764.
29. (a) Izmet'ev, A. N.; Vasileva, D. A.; Melnikova, E. K.; Kolotyrykina, N. G.; Borisova, I. A.; Kravchenko, A. N.; Gazieva, G. A. *New J. Chem.* **2019**, *43*, 1038. (b) Izmet'ev, A. N.; Kim, N. A.; Karnoukhova, V. A.; Kolotyrykina, N. G.; Kravchenko, A. N.; Gazieva, G. A. *ChemistrySelect* **2019**, *4*, 10483. (c) Gazieva, G. A.; Izmet'ev, A. N.; Anikina, L. V.; Pukhov, S. A.; Meshchaneva, M. E.; Khakimov, D. V.; Kolotyrykina, N. G.; Kravchenko, A. N. *Mol. Diversity* **2018**, *22*, 585.
30. (a) Sridhar, G.; Gunasundari, T.; Raghunathan, R. *Tetrahedron Lett.* **2007**, *48*, 319. (b) Raj, A. A.; Raghunathan, R. *Synth. Commun.* **2003**, *33*, 421. (c) Raj, A. A.; Raghunathan, R.; SrideviKumari, M. R.; Raman, N. *Bioorg. Med. Chem.* **2003**, *11*, 407. (d) Poornachandran, M.; Jayagobi, M.; Raghunathan, R. *Synth. Commun.* **2010**, *40*, 551. (e) Poornachandran, M.; Jayagobi, M.; Raghunathan, R. *J. Chem. Res.* **2009**, 240.
31. (a) Karthikeyan, K.; Sivakumar, P. M.; Doble, M.; Perumal, P. T. *Eur. J. Med. Chem.* **2010**, *45*, 3446. (b) Liu, H.; Zou, Y.; Hu, Y.; Shi, D.-Q. *J. Heterocycl. Chem.* **2011**, *48*, 877. (c) Murugan, R.; Anbazhagan, S.; Sriman Narayanan, S. *Eur. J. Med. Chem.* **2009**, *44*, 3272. (d) Beloglazkina, A. A.; Karpov, N. A.; Mefedova, S. R.; Polyakov, V. S.; Skvortsov, D. A.; Kalinina, M. A.; Tafeenko, V. A.; Majouga, A. G.; Zyk, N. V.; Beloglazkina, E. K. *Russ. Chem. Bull., Int. Ed.* **2019**, *68*, 1006. [*Изв. АН, Сер. хим.* **2019**, 1006.] (e) Kaur, A.; Kaur, M.; Singh, B. *J. Heterocycl. Chem.* **2015**, *52*, 827. (f) Ponnala, S.; Kumar, R.; Maulik, P. R.; Sahu, D. P. *J. Heterocycl. Chem.* **2006**, *43*, 1635.
32. (a) Boudriga, S.; Haddad, S.; Askri, M.; Soldera, A.; Knorr, M.; Strohmman, C.; Golz, C. *RSC Adv.* **2019**, *9*, 11082. (b) Haddad, S.; Boudriga, S.; Porzio, F.; Soldera, A.; Askri, M.; Knorr, M.; Roussetin, Y.; Kubicki, M. M.; Golz, C.; Strohmman, C. *J. Org. Chem.* **2015**, *80*, 9064.
33. (a) Kurbatov, S. V.; Zarubaev, V. V.; Karpinskaya, L. A.; Shvets, A. A.; Kletsky, M. E.; Burov, O. N.; Morozov, P. G.; Kiselev, O. I.; Minkin, V. I. *Russ. Chem. Bull., Int. Ed.* **2014**, *63*, 1130. [*Изв. АН, Сер. хим.* **2014**, 1130.] (b) Haddad, S.;

- Boudriga, S.; Porzio, F.; Soldera, A.; Askri, M.; Sriram, D.; Yogeewari, P.; Knorr, M.; Rousselin, Y.; Kubicki, M. M. *RSC Adv.* **2014**, 4, 59462. (c) Hu, Y.; Zou, Y.; Wu, H.; Shi, D. *Ultrason. Sonochem.* **2012**, 19, 264. (d) He, J.; Ouyang, G.; Yuan, Z.; Tong, R.; Shi, J.; Ouyang, L. *Molecules* **2013**, 18, 5142. (e) Bakthadoss, M.; Kannan, D.; Sivakumar, G. *Synthesis* **2012**, 793. (f) Shvets, A. A.; Nelyubina, Yu. V.; Lyssenko, K. A.; Kurbatov, S. V. *Russ. Chem. Bull., Int. Ed.* **2012**, 61, 1659. [*Изв. АН, Сер. хим.* **2012**, 1642.]
34. Barman, P. D.; Goyal, D.; Daravath, U. K.; Sanyal, I.; Mandal, S. B.; Banerjee, A. K. *Tetrahedron Lett.* **2013**, 54, 3801.
35. Rajesh, R.; Raghunathan, R. *Tetrahedron Lett.* **2010**, 51, 5845.
36. (a) Revathy, K.; Lalitha, A. *RSC Adv.* **2014**, 4, 279. (b) Kumar, R. R.; Perumal, S.; Senthilkumar, P.; Yogeewari, P.; Sriram, D. *J. Med. Chem.* **2008**, 51, 5731. (c) Lotfy, G.; Said, M. M.; El Ashry, El Sayed H.; El Tamany, El Sayed H.; Al-Dhfyhan, A.; Abdel Aziz, Y. M.; Barakat, A. *Bioorg. Med. Chem.* **2017**, 25, 1514. (d) Jayashankaran, J.; Manian, R. D. R. S.; Venkatesan, R.; Raghunathan, R. *Tetrahedron* **2005**, 61, 5595. (e) Sridhar, G.; Raghunathan, R. *Synth. Commun.* **2006**, 36, 21.
37. Dhanalakshmi, P.; Babu, S. S.; Thimmarayaperumal, S.; Shanmugam, S. *RSC Adv.* **2015**, 5, 33705.
38. Li, X.; Zheng, A.; Liu, B.; Yu, X.; Yi, P. *J. Heterocycl. Chem.* **2010**, 47, 1157.
39. (a) Maheswari, S. U.; Balamurugan, K.; Perumal, S.; Yogeewari, P.; Sriram, D. *Bioorg. Med. Chem. Lett.* **2010**, 20, 7278. (b) Suresh Babu, A.; Raghunathan, R. *Tetrahedron* **2007**, 63, 8010. (c) Hussein, E. M.; Abdel-Monem, M. I. *ARKIVOC* **2011**, (x), 85. (d) Hussein, E. M.; Ahmed, S. A.; El Guesmi, N.; Khairou, K. S. *J. Chem. Res.* **2017**, 41, 346. (e) Babu, A. R. S.; Raghunathan, R.; Gayatri, G.; Sastry, G. N. *J. Heterocycl. Chem.* **2006**, 43, 1467. (f) Huang, Z.; Zhao, Q.; Chen, G.; Wang, H.; Lin, W.; Xu, L.; Liu, H.; Wang, J.; Shi, D.; Wang, Y. *Molecules* **2012**, 17, 12704. (g) Dandia, A.; Jain, A. K.; Laxkar, A. K.; Bhati, D. S. *Tetrahedron Lett.* **2013**, 54, 3180. (h) Vidya, S.; Priya, K.; Velayudhan Jayasree, D.; Deepthi, A.; Biju, P. G. *Synth. Commun.* **2019**, 49, 1592.
40. (a) Nallamala, S.; Raghunathan, R. *Int. J. Carbohydr. Chem.* **2013**, 1. (b) Nallamala, S.; Raghunathan, R. *Int. J. Chem. Pharm. Sci.* **2013**, 4, 117.
41. (a) Arun, Y.; Saranraj, K.; Balachandran, C.; Perumal, P. T. *Eur. J. Med. Chem.* **2014**, 74, 50. (b) Dandia, A.; Jain, A. K.; Laxkar, A. K.; Bhati, D. S. *Tetrahedron Lett.* **2013**, 54, 3180. (c) Vidya, S.; Priya, K.; Velayudhan Jayasree, D.; Deepthi, A.; Biju, P. G. *Synth. Commun.* **2019**, 49, 1592.
42. (a) Dandia, A.; Jain, A. K.; Bhati, D. S. *Tetrahedron Lett.* **2011**, 52, 5333. (b) Lakshmi, N. V.; Thirumurugan, P.; Perumal, P. T. *Tetrahedron Lett.* **2010**, 51, 1064. (c) Liu, H.; Dou, G.; Shi, D. *J. Comb. Chem.* **2010**, 12, 292. (d) Dandia, A.; Jain, A. K.; Laxkar, A. K.; Bhati, D. S. *Tetrahedron* **2013**, 69, 2062.