

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный университет»

На правах рукописи



Зеров Алексей Владимирович

ГЕНЕРИРОВАНИЕ И ПРЕВРАЩЕНИЯ ТРИФТОРМЕТИЛ-ЗАМЕЩЕННЫХ
ПРОПАРГИЛЬНЫХ И АЛЛИЛЬНЫХ КАРБОКАТИОНОВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ
СУПЕРКИСЛОТЫ БРЕНСТЕДА $\text{CF}_3\text{SO}_3\text{H}$

1.4.3. Органическая химия

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата химических наук

Научный руководитель:
доктор химических наук,
профессор
Васильев Александр Викторович

Санкт-Петербург – 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	9
Введение.....	9
1.1 Изучение катионов методом ЯМР	10
1.2 Реакции пропаргиловых спиртов с нуклеофилами, протекающие по α -углеродному атому.....	14
1.3 Реакции пропаргиловых спиртов с нуклеофилами, протекающие по γ -углеродному атому.....	17
1.4 Реакции аллиловых спиртов с нуклеофилами	21
1.5 Реакции CF_3 -замещенных аллиловых и пропаргиловых спиртов с нуклеофилами.....	24
1.7 Вывод из литературного обзора, цели и задачи данной работы	28
2 ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ	29
2.1 Синтез исходных 2,4-диарил-1,1,1-трифторбут-3-ин-2-олов, 2,4-диарил-1,1,1-трифторбут-3-ин-2-олов, 3-трифторметил-1,5-диарилпент-1-ен-4-ин-3-олов и их TMS-эфиров.....	30
2.2 Исследование реакций 2,4-диарил-1,1,1-трифторбут-3-ин-2-олов с аренами.....	32
2.3 Исследование реакций 2,4-диарил-1,1,1-трифторбут-3-ен-2-олов и их TMS-эфиров с аренами в трифторметансульфоновой кислоте.....	60
2.4 Исследование реакций 1,5-диарил-3-трифторметилпент-1-ен-4-ин-3-олов и их TMS-эфиров с аренами в трифторметансульфоновой кислоте ...	74
3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.....	87
3.1 Синтез и свойства 2,4-диарил-2-триметилсилокси-1,1,1-трифторбут-3-енов 1, 2,4-диарил-2-триметилсилокси-1,1,1-трифторбут-3-инов 2 и 1,5-диарил-3-триметилсилокси-3-трифторметилпент-1-ен-4-инов 3	89
3.4 Синтез и свойства 2,4-диарил-1,1,1-трифторбут-3-ин-2-олов 4	101
3.3 Взаимодействие 2,4-диарил-1,1,1-трифторбут-3-ин-2-олов 4 с аренами под действием TfOH	104
3.4 Взаимодействие 2,4-диарил-2-триметилсилокси-1,1,1-трифторбут-3-енов с аренами под действием TfOH. Синтез и свойства 1,3-диарил-1-трифторметилинданов 9, 3-арил-1-трифторметил-1 <i>H</i> -инденов 10 и 3-(3,4-дихлорфенил)-4,4,4-трифтор-1,1-дифенилбут-2-ена 11	146

3.5 Синтез (2 <i>E</i>)-1,1,5-триарил-3-(трифторметил)пент-2-ен-4-инов 12, ((2 <i>E</i>)-3-(Трифторметил)-1,5-дифенилпент-2-ен-4-ин-1-ил)-2,2,2-трифторацетата 13 и (2- <i>E</i> , 2'- <i>Z</i>)-ди-3-(трифторметил)-1,5-дифенилпент-2-ен-4-инилового эфира 14а.....	156
3.6 Синтез 5,9-диарил-7-(трифторметил)-5 <i>H</i> -бензо[7]аннуленов 15	167
3.7 Синтез 10-арил-12-(трифторметил)-9,10-дигидро-9,10-проп[1]еноантраценов 16 и 3-арил-1-(2,2-диарилэтил)-1-трифторметил-1 <i>H</i> -инденов 17.....	169
Заключение	179
Список литературы	181

Введение

Актуальность темы исследования. Фторированные органические соединения широко используются в химии, физике, биологии, медицине, материаловедении и др. областях. Наличие в структуре органических веществ трифторметильного заместителя CF_3 приводит к изменению таких важных физиологических параметров молекул, как липофильность, метаболическая активность и пр., что имеет большое значение для получения эффективных лекарственных препаратов. В настоящее время значительная часть медицинских препаратов содержат атом фтора в своей структуре. В связи с этим развитие методов синтеза фторорганических соединений представляет актуальную задачу.

Одной из эффективных синтетических стратегий является электрофильная активация, заключающаяся в генерировании реакционноспособных катионных интермедиатов из органических соединений под действием кислот Бренстеда и Льюиса. Такой подход позволяет получать разнообразные функциональные производные, а также карбо- и гетероциклические структуры.

Благодаря сильным электроноакцепторным свойствам трифторметильной группы, ее наличие в структуре карбокатионов увеличивает электрофильность и реакционную способность таких частиц. Из CF_3 -замещенных пропаргиловых и аллиловых спиртов и их TMS-эфиров под действием кислот Бренстеда можно генерировать соответствующие CF_3 -карбокатионы, обладающие несколькими электрофильными реакционными центрами благодаря сопряжению катионного центра с кратными углерод-углеродными связями. Реакции таких карбокатионов с разнообразными нуклеофилами (например, молекулами ароматических соединений) открывают новые синтетические возможности для получения фторзамещенных органических веществ.

Степень разработанности темы исследования. Превращения сопряженных трифторметилзамещенных катионов, генерируемых из пропаргиловых и аллиловых спиртов и их TMS-эфиров под действием кислот, а также их реакции со слабыми нуклеофилами, такими как арены, практически не изучены.

Цель диссертационной работы: разработка методов синтеза органических соединений на основе превращений трифторметилзамещенных пропаргильных и аллильных карбокатионов, генерируемых из соответствующих спиртов и их TMS-эфиров под действием кислот Бренстеда.

Для достижения поставленной цели предстояло решить следующие **основные задачи:**

1. синтезировать серию исходных 2,4-диарил-1,1,1-трифторбут-3-ин-2-олов с различными заместителями в арильных кольцах;
2. синтезировать серию исходных TMS-эфиров 2,4-диарил-1,1,1-трифторбут-3-ен-2-олов с различными заместителями в арильных кольцах;
3. синтезировать серию исходных TMS-эфиров 1,5-диарил-3-трифторметилпент-1-ен-4-ин-3-олов с различными заместителями в арильных кольцах;
4. провести реакции 2,4-диарил-1,1,1-трифторбут-3-ин-2-олов с аренами под действием трифторметансульфоновой кислоты (TfOH), выделить и охарактеризовать продукты реакций;
5. провести реакции 2,4-диарил-1,1,1-трифторбут-3-ен-2-олов и их TMS-эфиров с аренами под действием TfOH, выделить и охарактеризовать продукты реакций;
6. провести реакции 1,5-диарил-3-трифторметилпент-1-ен-4-ин-3-олов и их TMS-эфиров с аренами под действием TfOH, выделить и охарактеризовать продукты реакций;

7. установить влияние электронных и стерических эффектов заместителей в арильных кольцах исходных соединений и в аренах на протекание исследуемых реакций;

8. предложить обоснованные механизмы исследуемых катионных превращений в конечные продукты реакций.

Научная новизна. Впервые исследованы превращения 2,4-диарил-1,1,1-трифторбут-3-ин-2-олов, 2,4-диарил-1,1,1-трифторбут-3-ен-2-олов и 1,5-диарил-3-трифторметилпент-1-ен-4-ин-3-олов и их TMS-эфиров в реакциях с аренами под действием TfOH. Предложены механизмы превращений CF₃-замещенных катионных интермедиатов.

Теоретическая и практическая значимость работы. Разработаны методы синтеза разнообразных органических соединений: 2,4-диарил-1,1,1-трифторбут-3-ин-2-олов, 2,4-диарил-1,1,1-трифторбут-3-ен-2-олов и 1,5-диарил-3-трифторметилпент-1-ен-4-ин-3-олов и их TMS-эфиров, 1,3-диарил-1-трифторметил-1*H*-инденов, 1,3-диарил-1-трифторметилинданов, (2*E*)-1,1,5-диарил-3-(трифторметил)пент-2-ен-4-инов, 5,9-диарил-7-(трифторметил)-5*H*-бензо[7]аннуленов, 10-арил-12-(трифторметил)-9,10-дигидро-9,10-проп[1]еноантраценов, 3-арил-1-(2,2-диарилэтил)-1-трифторметил-1*H*-инденов.

Методология и методы исследования. Для установления строения исходных соединений и конечных продуктов реакций были использованы современные методы исследования: ЯМР, масс- и хромато-масс спектрометрия, рентгеноструктурный анализ.

Положения, выносимые на защиту:

- способ синтеза 1,3-диарил-1-трифторметил-1*H*-инденов;
- способ синтеза 1,3-диарил-1-трифторметилинданов;
- способ синтеза (2*E*)-1,1,5-диарил-3-(трифторметил)пент-2-ен-4-инов;
- способ синтеза 5,9-диарил-7-(трифторметил)-5*H*-бензо[7]аннуленов;
- способ синтеза 3-арил-1-(2,2-диарилэтил)-1-трифторметил-1*H*-инденов;

- механизмы катионных превращений 2,4-диарил-1,1,1-трифторбут-3-ин-2-олов и их TMS-эфиров;

- механизмы катионных превращений 2,4-диарил-1,1,1-трифторбут-3-ен-2-олов и их TMS-эфиров;

- механизмы катионных превращений 1,5-диарил-3-трифторметилпент-1-ен-4-ин-3-олов и их TMS-эфиров;

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность и надежность полученных результатов экспериментальной работы обеспечены тщательным контролем условий проведения эксперимента, использованием современных теоретических представлений органической химии и применением физико-химических методов анализа структуры полученных веществ, включая двумерную спектроскопию ЯМР и РСА.

Результаты работы доложены на следующих научных мероприятиях: V Всероссийская конференция с международным участием по органической химии (Владикавказ, 2018), Доклад “Электрофильные реакции пропаргиловых спиртов” на семинаре РХО «Современные проблемы органической химии» (Санкт-Петербург, 26.12.2019).

Публикации:

1. Zerov, A.V. Reactions of 1,5-diaryl-3-(trifluoromethyl)pent-1-en-4-yn-3-yl cations with benzene in TfOH. Synthesis of CF₃-“helicopter”-like molecules / G.L. Starova, V.V. Suslonov, O.V. Khoroshilova, A.V. Vasilyev // Organic Letters. – 2018. – Vol. 20. - № 3. – P. 784-787;

2. Zerov, A. V. TfOH-promoted reactions of 2,4-diaryl-1,1,1-trifluorobut-3-yn-2-oles with arenes: synthesis of 1,3-diaryl-1-CF₃-indenes and versatility of reaction mechanisms / A.N. Kazakova, I.A. Boyarskaya, T.L. Panikorovskii, V.V. Suslonov, O.V. Khoroshilova, A.V. Vasilyev // Molecules. – 2018. – Vol. 23. - № 12. – P. 3079-3100;

3. Zerov, A.V. TfOH-promoted transformations of TMS-ethers of diarylsubstituted CF₃-allyl alcohols with arenes into CF₃-indanes / A.A. Bulova,

O.V. Khoroshilova, A.V. Vasilyev // *Organic Chemistry Frontiers*. – 2019. – Vol. 6. – P. 3264-3268;

4. Zerop, A.V. TfOH-promoted reactions of TMS-ethers of CF₃-pentenynoles with arenes. Synthesis of CF₃-substituted pentenyne, indenene, and other carbocyclic structures / I.A. Boyarskaya, O.V. Khoroshilova, I.N. Lavrentieva, A.V. Slita, E.O. Sinegubova, V.V. Zarubaev, A.V. Vasilyev // *Journal of Organic Chemistry*. – 2021. – Vol. 86. - № 2. – P. 1489-1504;

5. Зеров, А.В. Реакции ТМС-эфиров 1,5-диарил-3-(трифторметил)пент-1-ен-4-ин-3-шлов в присутствии CF₃SO₃H / А. В. Васильев // Сборник тезисов докладов V Всероссийская конференция с международным участием по органической химии (Владикавказ, Северная Осетия, 10-14 сентября 2018 г.) – Северо-Осетинский Государственный Университет, 2018. – С. 332.

1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

Введение

Пропаргиловые и аллиловые спирты привлекают значительное внимание благодаря их многочисленным применениям в органическом синтезе, в том числе в синтезе карбо- и гетероциклических соединений. Одним из синтетически значимых путей превращений пропаргиловых и аллиловых спиртов является промежуточное образование пропаргильных и аллильных катионов [1-19].

Карбокатионы являются одними из ключевых промежуточных частиц в органической химии, и синтез на основе карбокатионов является важной частью промышленной и фундаментальной химии [20-23]. Особый интерес вызывают электронодефицитные карбокатионы, замещенные электроноакцепторными группами, и наиболее важным из них является α -(трифторметил) замещенный карбокатион, участвующий в протекании многих интересных реакций [24-26]. В настоящее время активно разрабатываются методы, позволяющие эффективно внедрять фторированные фрагменты в органические молекулы, а также изучается влияние этих фрагментов на реакционную способность [27-33]. Растущий спрос на фторированные каркасы обусловлен возникновением в результате введения фторированных фрагментов уникальных свойств, находящих применение в различных областях, таких как медицина, органическая и металлоорганическая химия, биология и материаловедение [34-43].

1.1 Изучение катионов методом ЯМР

Пропаргильные спирты под действием кислот образуют катионы, которые могут быть представлены двумя резонансными формами – пропаргильной **A** и алленильной **B** (рисунок 1.1).

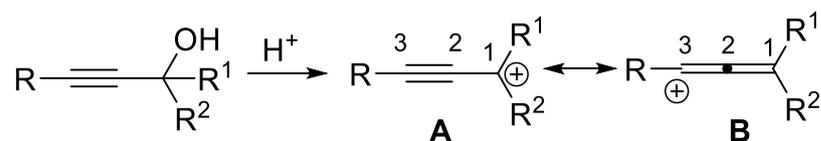


Рисунок 1.1 – Образование катионов из пропаргильных спиртов

В работе [44] изучены алкил- и арилзамещенные пропаргильные катионы, образующиеся из соответствующих третичных пропаргильных спиртов под действием суперкислоты $\text{FSO}_3\text{H}-\text{SbF}_5$ при $-80 - -60^\circ\text{C}$. Исследование данных катионов методом спектроскопии ЯМР ^{13}C показало, что положение сигналов атомов C^1 и C^3 в катионах значительно смещается в слабопольную область относительно исходных спиртов ($\Delta\delta$ 112-204 и 73-141 м.д., соответственно), в то время как для атома C^2 изменение положения сигнала не такое сильное ($\Delta\delta$ 11-28 м.д.). Это указывает на распределение заряда на атомах C^1 и C^3 благодаря резонансной стабилизации с участием тройной углерод-углеродной связи. В большей степени положительный заряд локализован, вероятно, на атоме C^1 , поскольку для него наблюдается более сильное изменение $\Delta\delta$. Аналогичные результаты получены в работе [45] с использованием фторсульфоновой кислоты FSO_3H при -80°C , а также показано, что выдерживание данной системы в течение нескольких дней при -30°C не приводит к разложению катионов или образованию продуктов их реакций, что свидетельствует об относительной стабильности третичных α -арилзамещенных пропаргильных катионов.

Исследование третичных катионов пропаргильного типа, полученных из диацетиленовых спиртов под действием трифторуксусной кислоты

CF₃COOH при комнатной температуре (рисунок 1.2), показало, что в этом случае положительный заряд также в большей степени локализован на атоме углерода C¹ [46]. Разница химических сдвигов атомов C¹ и C³ в катионах и исходных спиртах Δδ составляет 72-96 м.д. и 55-61 м.д., соответственно.

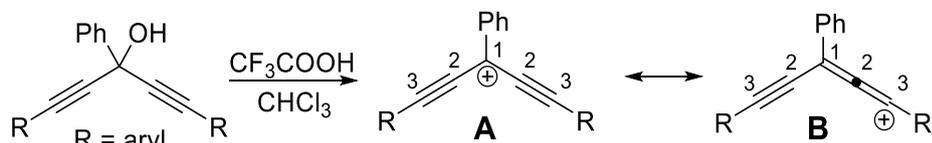


Рисунок 1.2 – Образование биспропаргиловых катионов

Таким образом, на основе химических сдвигов углеродов в ЯМР ¹³C спектрах карбокатионов можно сделать вывод, что положительный заряд делокализован благодаря резонансной стабилизации и мезомерные алленильные формы **B** (рисунок 1.2) вносят вклад в структуру иона.

Наличие сильной электроноакцепторной CF₃- группы значительно дестабилизирует катионы, однако в некоторых случаях они оказываются достаточно устойчивыми и также могут быть зарегистрированы методом ЯМР. Так, в работах [47,48] представлены спектральные данные 2,2-дифенил-1,1,1-трифторэтан-2-ильного катиона, генерируемого из (трифторметил)дифенилметанола действием FSO₃H/SbF₅ при -78°C (рисунок 1.3). В образующемся катионе наблюдается смещение сигналов ¹H и ¹³C в слабое поле относительно соответствующих сигналов в исходном спирте.

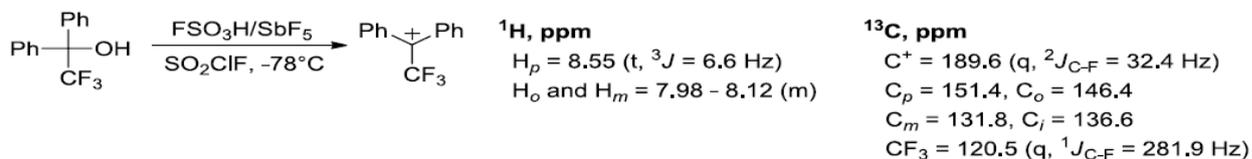


Рисунок 1.3 – Образование трифторметилзамещенного катиона

При повышении температуры до -50°C в трифторметансульфоновой кислоте CF₃SO₃H (TfOH) этот катион циклизуется в флуорен, который затем

вступает в реакцию с исходным катионом [49] (рисунок 1.4). Этот результат показывает, что электрофильными реакционными центрами здесь являются как бензильный углеродный атом, так и *орто*-углеродные атомы фенильных колец. Кроме того, в присутствии бензола (трифторметил)дифенилметанол под действием 10 экв. $\text{CF}_3\text{SO}_3\text{H}$ при 0°C дает продукт присоединения бензола наряду с продуктами олигомеризации. Те же реакции протекают и в менее кислых средах (20% $\text{CF}_3\text{SO}_3\text{H}$ в CF_3COOH).

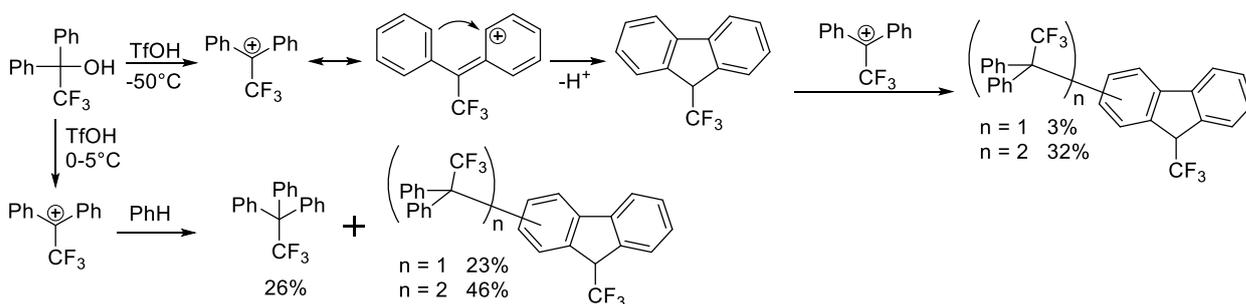


Рисунок 1.4 – Превращения дифенилтрифторметилзамещенного катиона

В работе [50] описано получение аллильных катионов из соответствующих спиртов в системе $\text{SbF}_5/\text{SO}_2\text{ClF}$ при -78°C . ЯМР ^{13}C исследование показало, что химические сдвиги атомов C^1 и C^3 составляют 206 и 252 м.д. соответственно для метилзамещенного аллильного катиона и 157 и 290 м.д. для аналогичного трифторметилзамещенного катиона (рисунок 1.5).

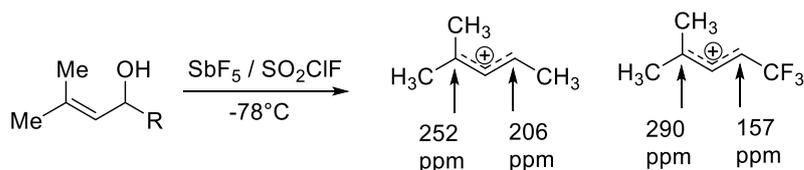


Рисунок 1.5 – Сравнение метил- и трифторметилзамещенного аллильных катионов

Данный результат указывает на наличие резонансной стабилизации аллильных катионов благодаря сопряжению с двойной углерод-углеродной связью, а также демонстрирует критические изменения в распределении положительного заряда при введении в структуру катиона CF_3 -группы.

1.2 Реакции пропаргиловых спиртов с нуклеофилами, протекающие по α -углеродному атому

Вторичные и третичные пропаргиловые спирты могут вступать в реакции с различными ароматическими и гетероароматическими соединениями под действием кислот Бренстеда (трифторуксусная кислота [51], TfOH с ионными жидкостями [52], *n*-толуолсульфоновая (PTSA) [51, 53, 54] и *n*-нитробензолсульфоновая кислоты [55], катионит Amberlite IR-120H [56], нанесенная на силикагель фосфомолибденовая кислота [57]) и Льюиса (FeCl₃ [58, 59], AuCl₃ [60], BF₃×Et₂O [60], NaAuCl₄×2H₂O [61], InBr₃ [62], SnCl₂ [63], BiCl₃ [64], Al(OTf)₃ [65-67], Sc(OTf)₃ [68], Cu(OTf)₂ [69], Ce(OTf)₃ [70], CeCl₃ [71], Bi(NO₃)₃×5H₂O [72], трифлаты металлов Bi(OTf)₃, Sc(OTf)₃, Yb(OTf)₃ в среде ионных жидкостей [73], комплексы переходных металлов [74-77]). Предполагается, что на первой стадии происходит отщепление гидроксильной группы в результате протонирования кислотами Бренстеда или образованием комплекса с кислотами Льюиса с образованием пропаргильного катиона, который вступает в реакцию с ареном (Рисунок 1.6).

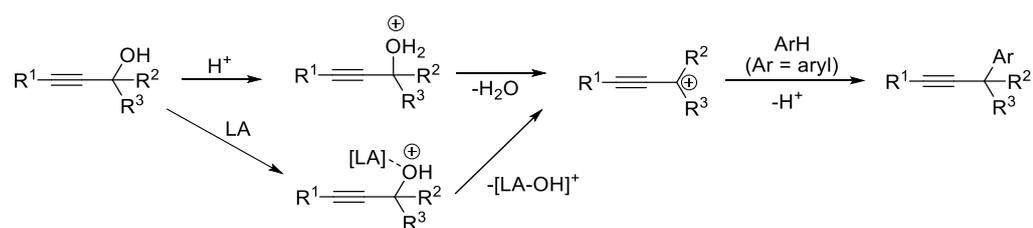


Рисунок 1.6 – Образование пропаргильных катионов из пропаргиловых спиртов под действием кислот

Было показано [53, 54, 57], что при использовании кислот Бренстеда природа заместителя при тройной связи углерод-углерод пропаргилового спирта практически не влияет на протекание процесса, в то время как

наличие стабилизирующих арильного или циклопропильного заместителей в спирте у α -углеродного атома, вероятно, является необходимым.

В случае использования кислот Льюиса свойства заместителя при тройной связи пропаргильного спирта влияет на продолжительность, а также на выход образующегося продукта реакции [58, 63, 64, 70]. Так, спирт с $R^1 = H, Alk, Si(Me)_3$ реагирует с ароматическими соединениями с меньшими выходами, чем спирт с арильным заместителем в положении, при этом время реакции увеличивается в 2-6 раз, а в некоторых случаях требуется повышенная температура температура.

Кроме аренов пропаргильные спирты погут реагировать и с другими нуклеофилами, причем эти реакции, как правило, идут в более мягких условиях, чем в случае с аренами. В качестве примеров можно привести реакции с аллилсиланами ($Bi(OTf)_3, (bimim)PF_4$ [78]; $NaAuCl_4$ [61, 79]; PTSA [53]; биметаллические комплексы иридия и олова $Ir^{III} - Sn^{IV}$ [77], (бис(трифторацетокси)йодо)бензол (PIFA) [80]), TMS-ацетиленами (I_2 [81]), ацетиленами ($Cu(OTf)_2$ [82]), терминальными алкенами ($Cu(OTf)_2$ [83], $FeCl_3$ [84]), 1,3-дикарбонильными соединениями ($SnCl_2$ [56, 63]; $FeCl_3$ [84]; $Ir^{III} - Sn^{IV}$ [86]; TfOH [87]) и их производными ($FeCl_3$ [88]), фенолами ($BF_3 \times Et_2O$ [89]), амидами карбоновых кислот и спиртами (Amberlite IR-120H [56]; H_2SO_4 [90]), в том числе димеризация пропаргильных спиртов с образованием простых эфиров (PTSA, $AlCl_3, BF_3 \times Et_2O$ [91]; $Sc(OTf)_3, B(C_6F_5)_3, Yb(OTf)_3, TfOH$ в ионных жидкостях [73]), фосфиноксидами ($CuBF_4(CH_3CN)_4$ [92]), OTMS-замещенными алкенами (PTSA [93]) (рисунок 1.7).

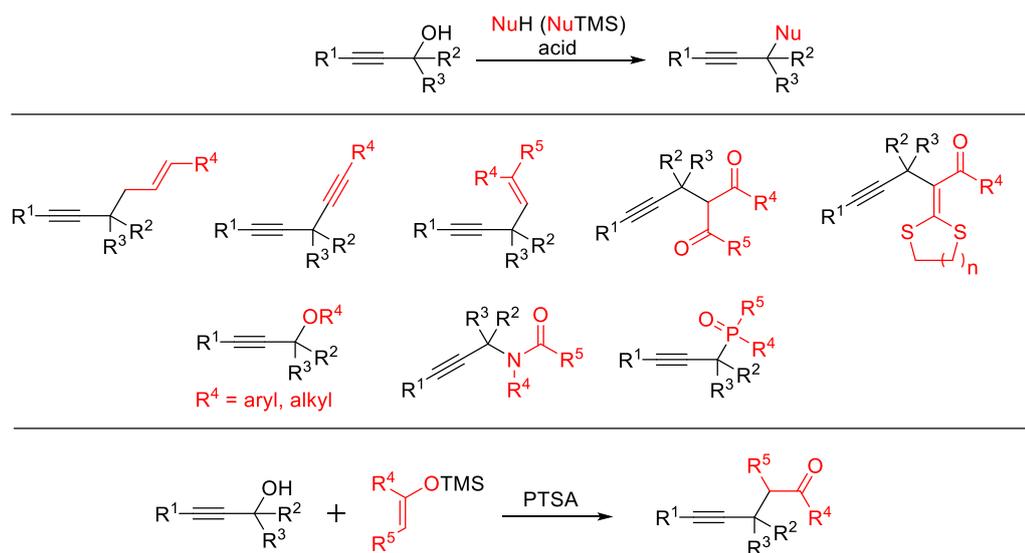


Рисунок 1.7 – Реакции пропаргильных катионов с нуклеофилами, протекающие по α -углеродному атому

Показано [53, 56, 61, 63, 77, 80], что в большинстве случаев на направление реакции оказывает влияние электронный эффект заместителя в ароматических кольцах, расположенных при α - и γ -углеродных атомах пропаргильного спирта. Так, электронодонорные группы (Me, MeO) в арильном заместителе ускоряют реакцию и повышают ее выход, в отличие от электроноакцепторных групп (F, CN, NO₂, Cl, Br).

1.3 Реакции пропаргиловых спиртов с нуклеофилами, протекающие по γ -углеродному атому

Реакции пропаргиловых спиртов с ароматическими и гетероароматическими соединениями по γ -углеродному атому протекают, как правило, при использовании стерически затрудненных аренов (мезитилен, дуrol и другие), а также при наличии объемных заместителей при α -углеродном атоме пропаргилового спирта. В качестве катализатора также могут выступать кислоты Бренстеда (PTSA [54]; TfOH [69, 94]) и Льюиса (Cu(OTf)₂ [94]; AgSbF₆ [95, 96]; Zn(OTf)₂ [97]; FeCl₃ [98]; BF₃×Et₂O [99]; Yb(OTf)₃ [100, 101]) (рисунок 1.8). В некоторых случаях наблюдается образование смеси продуктов реакции как по α -, так и по γ -углеродному атому.

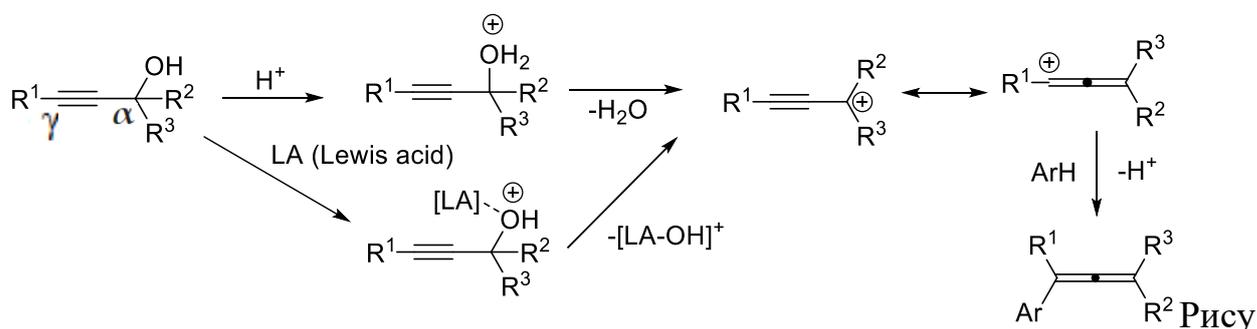


Рисунок 1.8 – Образование алленов в результате резонансной стабилизации пропаргильных катионов

Известны также другие нуклеофилы, с которыми реакции пропаргиловых спиртов протекают по γ -углеродному атому: 1,3-дикарбонильные соединения (PTSA [102], Ca(OTf)₂ [103]) и их производные (FeCl₃, FeBr₃, Fe(OTf)₃ [95, 104]), фосфиноксиды (AgOTf [105]; CdCl₂ [106]; Cu(OTf)₂ [107]; CuI [108]), эфиры 2-аминомалеиновых кислот (BF₃×Et₂O [109, 110]), диазосоединения (BF₃×Et₂O [111]), азиды (TMSOTf [112]), спирты, тиолы и амины (BF₃×Et₂O [113]) (рисунок 1.9).

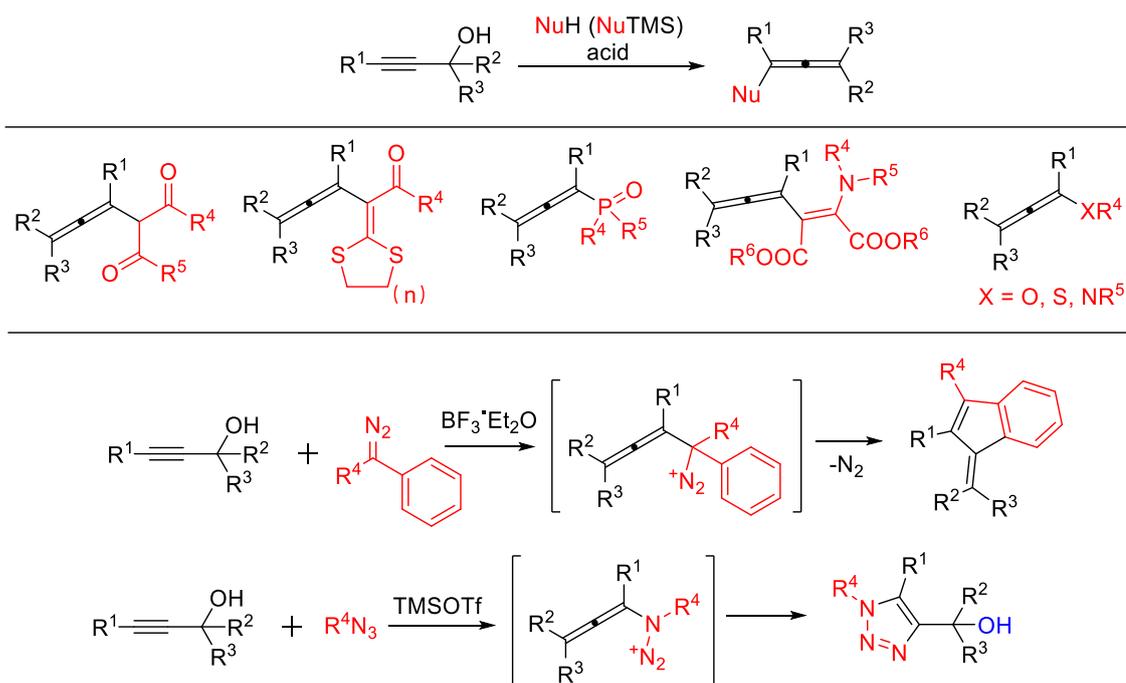


Рисунок 1.9 – Реакции алленильных катионов с нуклеофилами, протекающие по γ -углеродному атому

Стоит также упомянуть перегруппировку Мейера-Шустера, которая может протекать под действием мягких кислот Бренстеда и Льюиса, таких как золота (III) [61], комплексы рутения [75], биметаллические комплексы $\text{Ir}^{\text{III}}\text{-Sn}^{\text{IV}}$ [77], трифторуксусная кислота [114] и других, в отсутствие дополнительного нуклеофила. Формально она может быть представлена как реакция алленильного катиона с водой с последующей изомеризацией енольной формы в кетонную (рисунок 1.10).

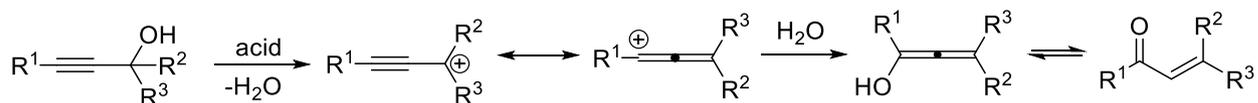


Рисунок 1.10 – Перегруппировка Мейера-Шустера

Кроме того, при наличии в молекуле пропаргиловых спиртов дополнительных нуклеофильных центров, таких как гетероатомы с

неподеленными электронными парами, двойные и тройные связи углерод-углерод, а также ароматические и гетероароматические фрагменты, под действием кислот Бренстеда и Льюиса возможно протекание внутримолекулярных циклизаций с участием γ -углеродного атома пропаргилового спирта [115-117].

Рассмотрим более подробно взаимодействие третичных пропаргиловых спиртов с аренами в присутствии сильных кислот Льюиса, таких как хлорид и бромид алюминия, приводящее к образованию инденов [118, 119]. Основываясь на строении продуктов реакции, был предложен следующий механизм (рисунок 1.11). Образующийся под действием кислоты пропаргильный катион может реагировать с ареном по α - и γ -углеродному атому, давая алкины **A** и аллены **B**, соответственно. Их последующее протонирование приводит к катионам **C** и **D**, которые циклизуются по одному из арильных колец с образованием конечных инденов.

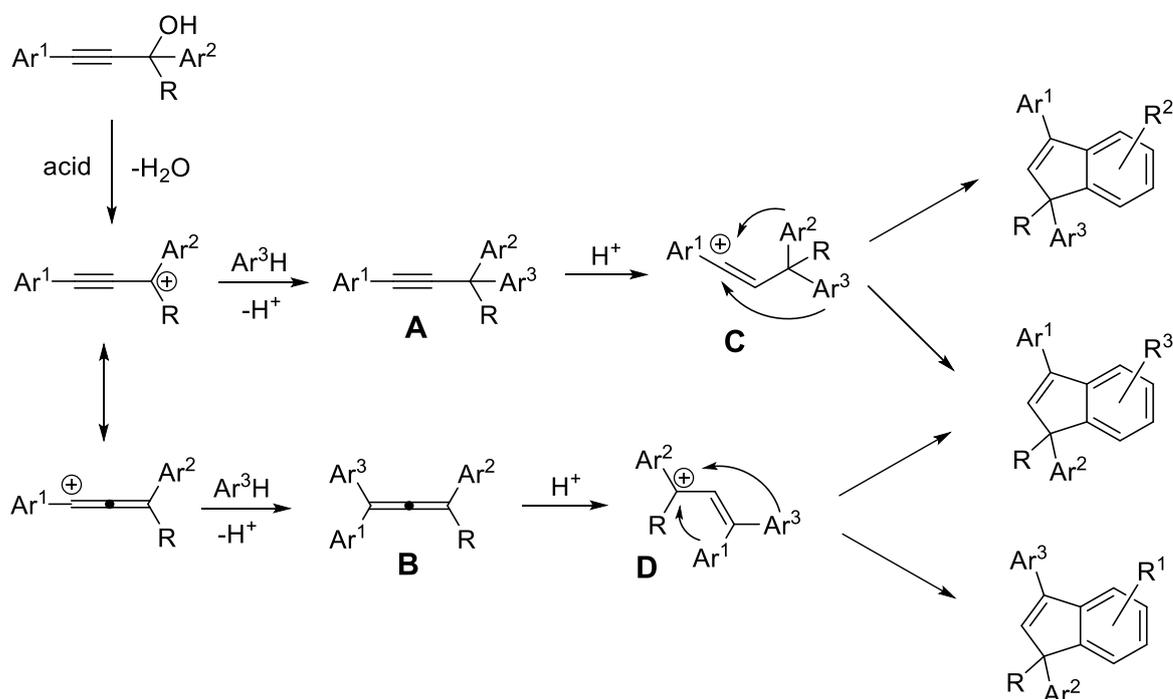


Рисунок 1.11 – Реакции пропаргиловых спиртов с аренами с образованием инденов

Было показано, что наилучшие выходы достигаются для 1,1,3-триарилзамещенных пропаргиловых спиртов, тогда как наличие двух алкильных заместителей в α -положении спирта значительно снижает выход образующихся инденов. Следует отметить, что подобные превращения могут происходить и под действием других кислот Бренстеда и Льюиса [77, 94, 101].

1.4 Реакции аллиловых спиртов с нуклеофилами

Подобно пропаргиловым, аллиловые спирты под действием кислот Бренстеда и Льюиса могут давать аллильный катион, для которого возможна резонансная стабилизация с участием двойной углерод-углеродной связи (рисунок 1.12).

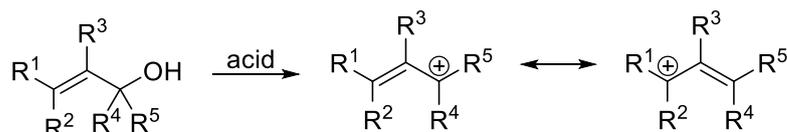


Рисунок 1.12 – Образование аллильных катионов из аллиловых спиртов

В случае аллильных катионов при атаке нуклеофила по любому из электрофильных центров образуется алкен. Направление реакции определяется различными факторами, такими как электронные и стерические эффекты заместителей в аллиловом спирте и в нуклеофиле, растворитель, температура, дополнительный катализатор (в случае его использования) [120-122].

В качестве примеров можно привести реакции аллиловых спиртов под действием кислот Бренстеда и Льюиса со следующим нуклеофилами: амины (ZnBr_2 [123]; катализаторы на основе монтмориллонита, кислотного силикатного минерала [124, 125]; комплексы переходных металлов: Ir^{III} [126], Pd^0 и Pd^{II} [127-133], Mo^{IV} [134]), гидразины (комплексы Pd^0 [135]), амиды карбоновых и сульфоновых кислот (ZnBr_2 [123]; комплексы Mo^{IV} [134], Au^{I} и Au^{III} [136]; H_2SO_4 , SnCl_4 , CeCl_3 , FeCl_3 , ZnCl_2 , фосфор вольфрамовая и фосфор молибденовая кислоты [137]), сульфиновые кислоты [138] и их соли (PTSA, [139]), тиолы (комплексы Pd^{II} [140, 141]), спирты и фенолы (комплексы Mo^{IV} [134]; AgNTf_2 [142]; амиды алкилфосфатов, выступающие в роли кислот Бренстеда [143]), цинк-органические соединения ($\text{Ni}(\text{OTf})_2$ [144]), карбоновые кислоты (комплексы Pd^{II} [145], Ru^{II} и Ru^{IV} [146]), арилборные

Как и для пропаргиловых спиртов, в большинстве случаев в реакциях аллиловых спиртов с нуклеофилами под действием кислот Бренстеда и Льюиса наилучшие выходы наблюдаются при наличии арильных заместителей при α - и γ -углеродных атомах аллилового спирта.

1.5 Реакции CF₃-замещенных аллиловых и пропаргиловых спиртов с нуклеофилами

CF₃-замещенные карбокатионы долгое время привлекают внимание исследователей. Помимо исследований методом ЯМР, кратко рассмотренных выше, различными авторами был проведен ряд кинетических исследований реакции сольволиза различных производных α-CF₃-замещенных спиртов (трифлатов, тозилатов и др.), включая бензиловые [168-173] и аллиловые [174-176], различными протонными нуклеофильными растворителями, такими как вода, этанол и 2,2,2-трифторэтанол, муравьиная, уксусная и трифторуксусная (TFA) кислоты, 1,1,1,3,3,3-гексафторизопропанол (HFIP) (рисунок 1.14). Было установлено, что кратковременное образование карбокатиона при сольволизе по механизму S_N1 является лимитирующей стадией, при этом она оказывается на несколько порядков медленнее, чем для аналогичных соединений, не содержащих CF₃-группу.

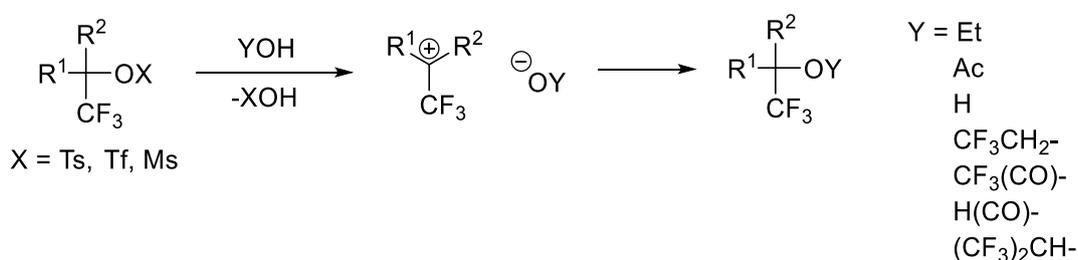


Рисунок 1.14 – Сольволиз производных α-CF₃-замещенных спиртов

Однако, кроме этих кинетических исследований реакции CF₃-замещенных аллиловых и пропаргиловых спиртов с нуклеофилами, протекающие через образование карбокатиона, практически не изучены. Так, для вторичных и третичных CF₃-аллиловых спиртов основная описанная группа таких реакций – внутримолекулярная циклизация по арильному кольцу под действием кислот Бренстеда и Льюиса, таких как CH₃SO₃H [177], H₂SO₄ [178, 179], TFA [179], TfOH [180], BF₃×Et₂O [181], а также по двойной

углерод-углеродной связи под действием $\text{BF}_3 \times \text{Et}_2\text{O}$ [182] (рисунок 1.15). В некоторых случаях возможно последующее смещение двойной связи в образующихся инденах и пентадиенах.

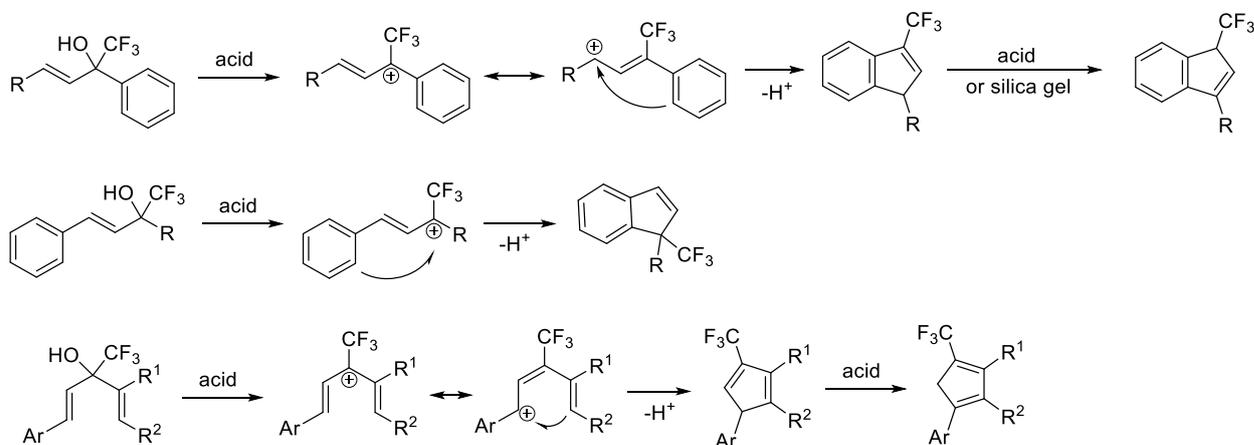


Рисунок 1.15 – Внутримолекулярная циклизация аллильных катионов

Кроме того, было показано, что вторичные CF_3 -аллиловые спирты реагируют с аренами под действием FeCl_3 [183] и FSO_3H [184]. Образующиеся алкены в присутствии FSO_3H могут присоединять вторую молекулу арена или претерпевать внутримолекулярную циклизацию [184] (рисунок 1.16). Важно отметить, что в обоих примерах первичное присоединение арена протекает по γ -углеродному атому спирта.

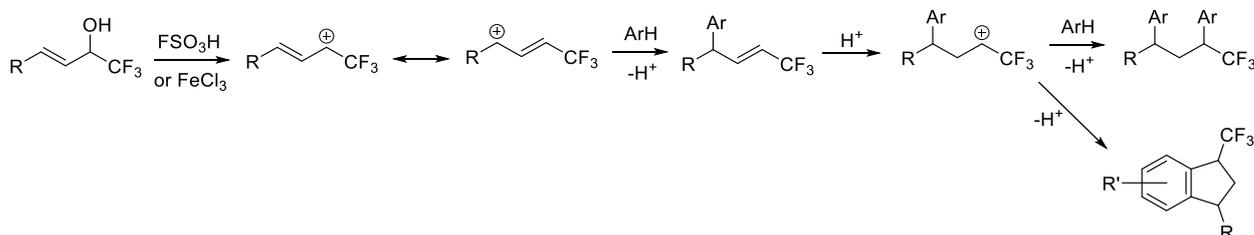


Рисунок 1.16 – Образование инданов в реакции аллиловых спиртов с аренами

В работе [181] также описаны реакции третичных CF_3 -аллиловых спиртов с NaN_3 и $n\text{-C}_8\text{H}_{17}\text{SH}$ под действием $\text{BF}_3 \times \text{Et}_2\text{O}$, протекающие по γ -

углеродному атому спирта приводящие к образованию функционализированных алкенов (рисунок 1.17).

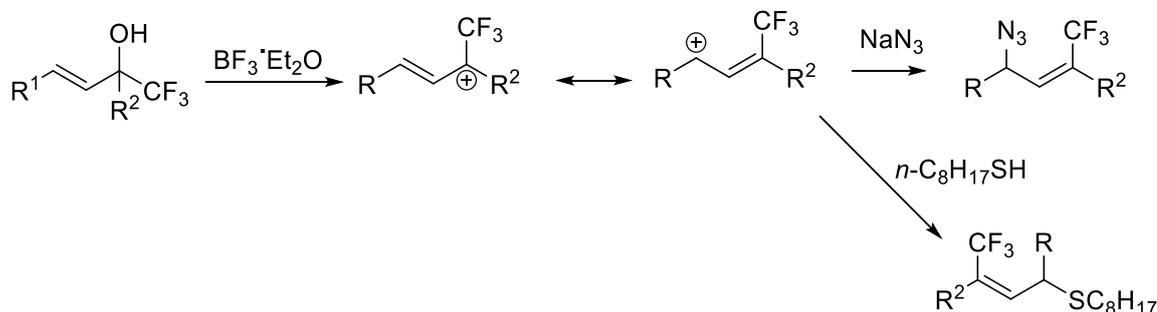


Рисунок 1.17 – Реакции CF₃-аллиловых спиртов с NaN₃ и n-C₈H₁₇SH

Реакции вторичных и третичных CF₃-пропаргиловых спиртов с нуклеофилами изучены даже в меньшей степени, чем аллиловых. Известно, что под действием кислотного цеолита HUSY CBV-720 вторичные CF₃-пропаргиловые спирты реагируют с аренами по γ -углеродному атому [185]. Последующая внутримолекулярная циклизация образующихся алленов приводит к инденам (рисунок 1.18). В работе [186] описаны реакции CF₃-пропаргиловых спиртов с аренами в растворе HFIP. Для третичных спиртов при добавлении каталитических количеств FeCl₃ (10 мол. %) реакция протекает с образованием алленов и их последующей циклизацией. В случае вторичных спиртов при добавлении TfOH (10 мол. %) образуется продукт присоединения двух молекул арена. Хотя авторы предполагают, что в данном случае реакция также протекает через первичное образование аллена, экспериментальных подтверждений получено не было. Присоединение первой молекулы арена формально может протекать как по α -, так и по γ -углеродному атому.

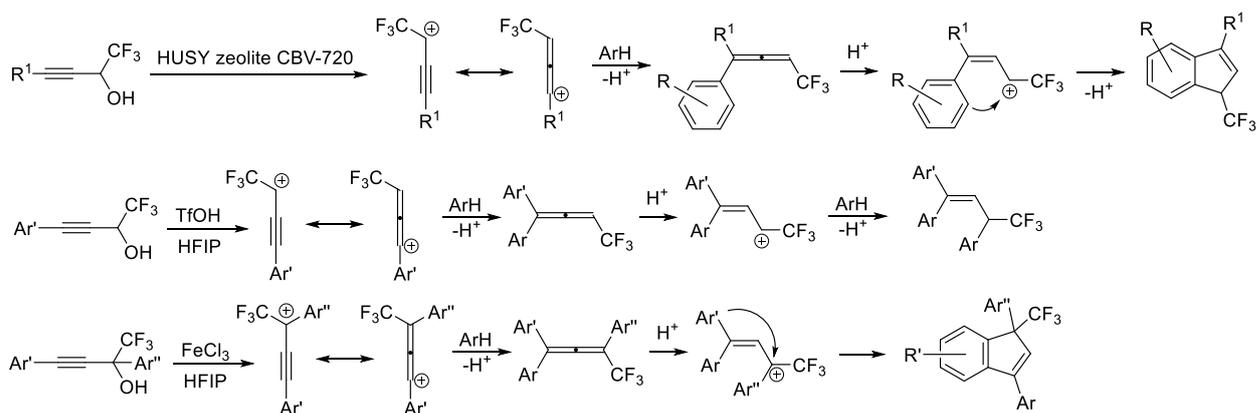


Рисунок 1.18 – Реакции CF_3 -пропаргиловых спиртов с ароматами

Интересно, что в реакции третичных индолил-замещенных пропаргиловых спиртов с индолами под действием TFA или PTSA в растворе CHCl_3 или CH_2Cl_2 реакция идет по α -углеродному атому спирта, и дальнейшая циклизация в описанных условиях не наблюдается [187] (рисунок 1.19). В работе [188] описана реакция третичных CF_3 -пропаргиловых спиртов с фенолами под действием $\text{BF}_3 \times \text{Et}_2\text{O}$. Первичным нуклеофильным центром в данном случае является, вероятно, OH-группа фенолами, и реакция также протекает по α -углеродному атому спирта.

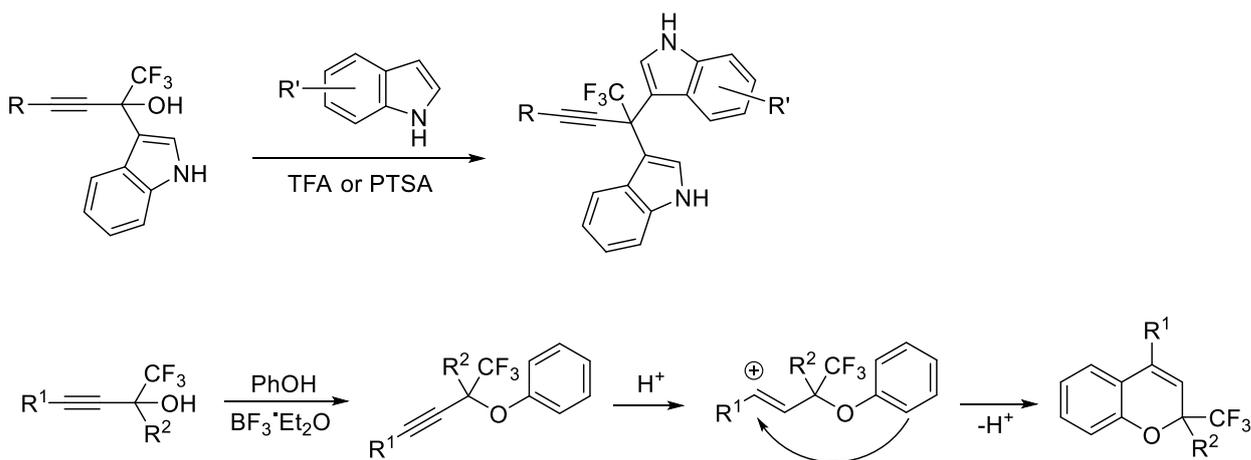


Рисунок 1.19 – Реакции CF_3 -пропаргиловых спиртов с индолами и фенолами

1.7 Вывод из литературного обзора, цели и задачи данной работы

Анализ литературных данных показал, что электрофильная активация пропаргиловых и аллиловых спиртов вызывает широкий интерес, поскольку она открывает путь к обширному спектру функционализированных соединений. Кроме того, разработка методов введения фторированных фрагментов в органические молекулы является востребованной задачей. Однако, электрофильные реакции трифторметилзамещенных аллиловых и пропаргиловых спиртов в условиях электрофильной активации остаются практически неизученными. В данной работе были исследованы реакции 2,4-диарил-1,1,1-трифторбут-3-ин-2-олов, 2,4-диарил-1,1,1-трифторбут-3-ен-2-олов и 3-трифторметил-1,5-диарилпент-1-ен-4-ин-3-олов и их триметилсилиловых эфиров в условиях электрофильной активации под действием TfOH [189-193].

2 ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Протонирование трифторметилированных непредельных сопряженных систем может давать катионные или поликатионные частицы. Так, из 2,4-диарил-1,1,1-трифторбут-3-ин-2-олов и 2,4-диарил-1,1,1-трифторбут-3-ен-2-олов (и их TMS-эфиров) могут быть получены частицы, имеющие реакционноспособные центры на концевых углеродных атомах пропаргильной и аллильной систем соответственно. В случае TMS-эфиров 1,5-диарил-3-трифторметилпент-1-ен-4-ин-3-олов образуются катионы **N**, в которых реакционные электрофильные центры локализованы на углеродных атомах C¹, C³ и C⁵ (рисунок 2.1).

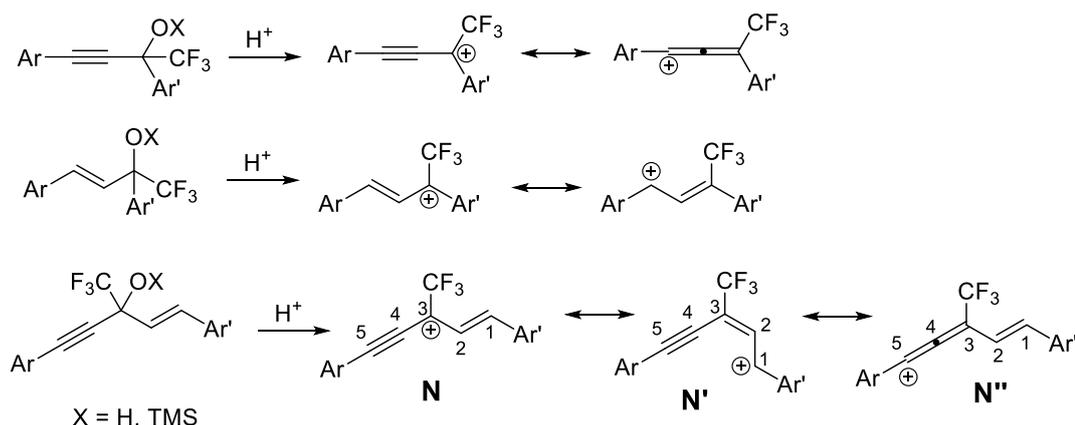


Рисунок 2.1 – Генерирование CF₃-замещенных пропаргильных и аллильных катионов

2.1 Синтез исходных 2,4-диарил-1,1,1-трифторбут-3-ин-2-олов, 2,4-диарил-1,1,1-трифторбут-3-ин-2-олов, 3-трифторметил-1,5-диарилпент-1-ен-4-ин-3-олов и их TMS-эфиров

TMS-эфиры 2,4-диарил-1,1,1-трифторбут-3-ен-2-олов **1a-u**, 2,4-диарил-1,1,1-трифторбут-3-ин-2-олов **2a-u** и 1,5-диарил-3-(трифторметил)пент-1-ен-4-ин-3-олов **3a-k** были получены по реакции трифторметилирования соответствующих кетонов с помощью реактива Руперта CF_3SiMe_3 (CF_3TMS) [194] (рисунок 2.2).

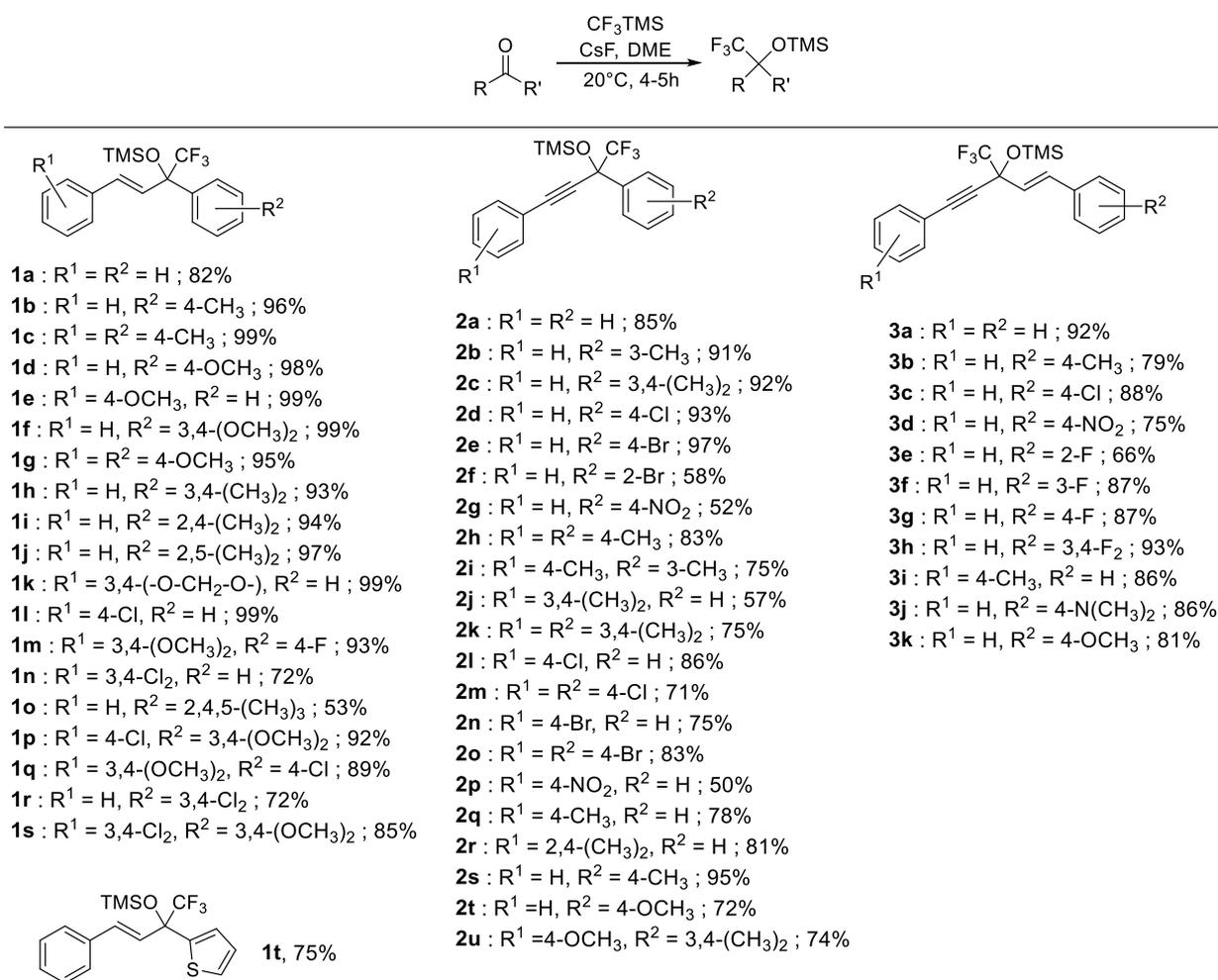


Рисунок 2.2 – Синтез TMS-эфиров

Для получения из TMS-эфиров соответствующих спиртов – 2,4-дифенил-1,1,1-трифторбут-3-ен-2-ола **1аа**, 1,5-дифенил-3-(трифторметил)пент-1-ен-4-ин-3-олов **3аа** и 2,4-диарил-1,1,1-трифторбут-3-ин-2-олов **4а-у** – было проведено десилилирование под действием SnCl₂ или HCl (рисунок 2.3).

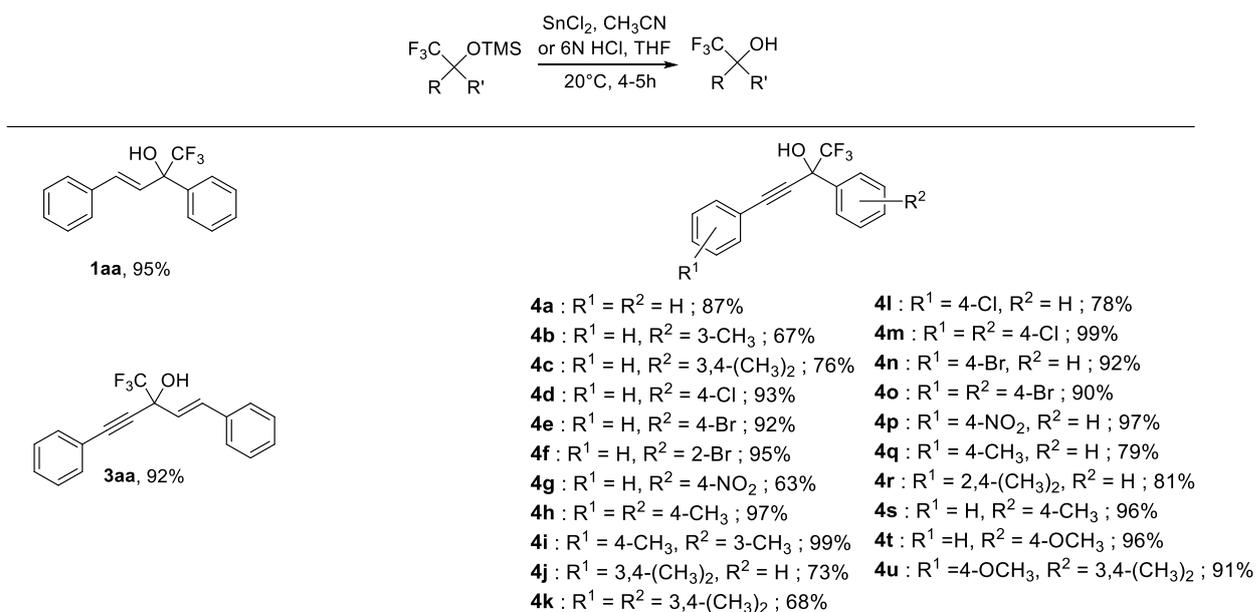
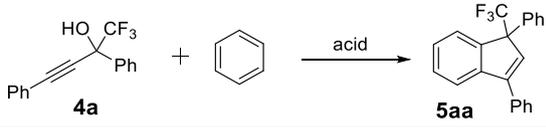


Рисунок 2.3 – Десилилирование TMS-эфиров с образованием спиртов

2.2 Исследование реакций 2,4-диарил-1,1,1-трифторбут-3-ин-2-олов с аренами

Согласно литературным данным, третичные пропаргиловые спирты, не содержащие CF₃-группу, реагируют с аренами под действием кислот Льюиса с образованием инденов [118, 119]. На примере взаимодействия 2,4-дифенил-1,1,1-трифторбут-3-ин-2-ола **4a** с бензолом была проведена оптимизация условий реакции CF₃-пропаргиловых спиртов с аренами с использованием различных кислот Бренстеда и Льюиса (таблица 1).

Таблица 1 – Реакции 2,4-дифенил-1,1,1-трифторбут-3-ин-2-ола **4a** с бензолом под действие кислот Бренстеда и Льюиса

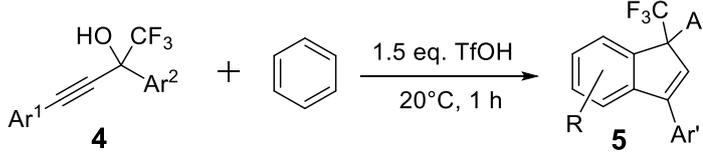
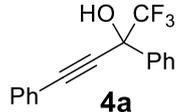
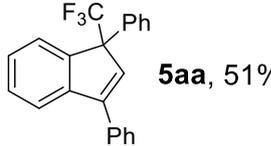
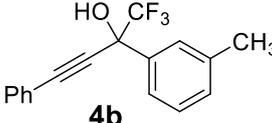
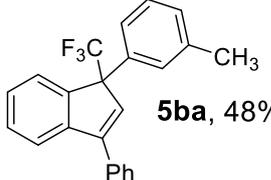
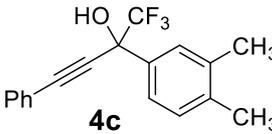
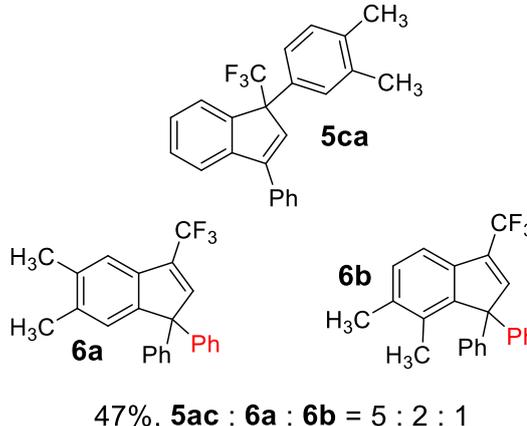
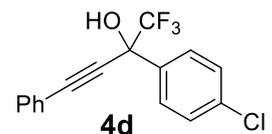
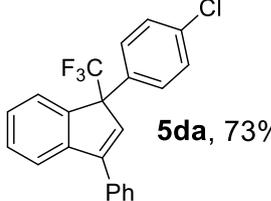
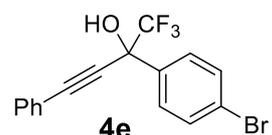
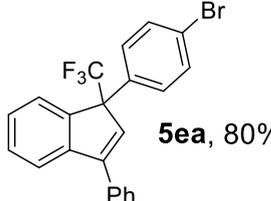
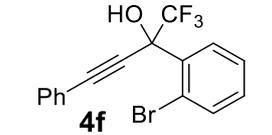
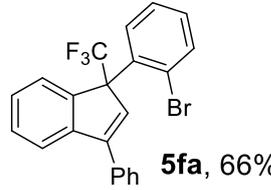
					
№	Кислота (эквивалент)	Растворитель	T, °C	t, час	Выход 5aa , %
1	TfOH (50)	бензол	20	1	30
2	TfOH (50)	CH ₂ Cl ₂	-35	1	45
3	TfOH (1,5)	бензол	20	1	57
4	FSO ₃ H (86)	CH ₂ Cl ₂	-75	1	44
5	H ₂ SO ₄ (5)	бензол	20	1	40
6	AlCl ₃ (2)	бензол	20	1	33
7	FeCl ₃ (1)	бензол	20	1	40
8	BF ₃ ×Et ₂ O (2)	бензол	20	72	27*
9	Sc(OTf) ₃ (0.1)	1,2-дихлорэтан	85	1	42
10	Cu(OTf) ₂ (0.1)	1,2-дихлорэтан	85	1	30

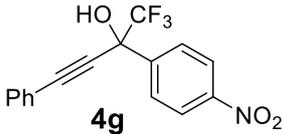
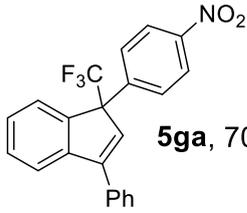
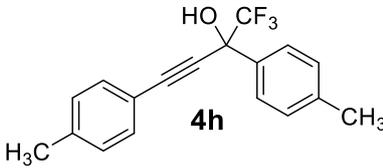
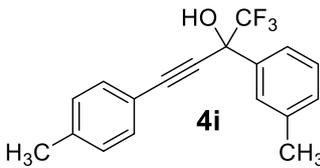
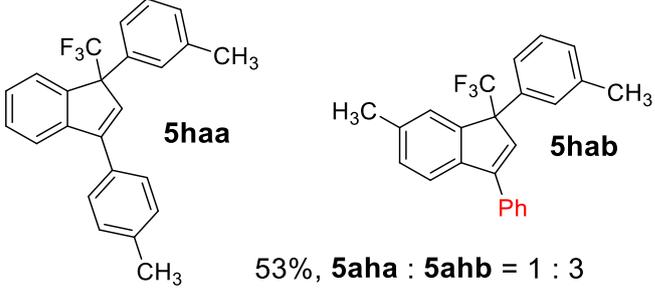
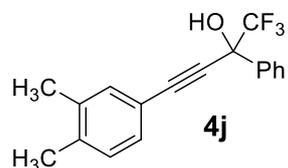
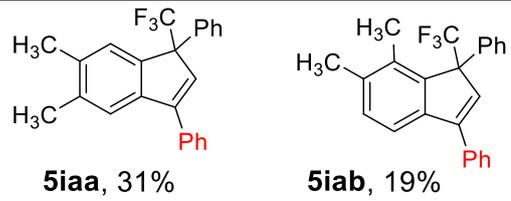
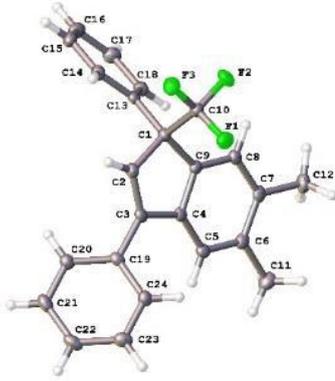
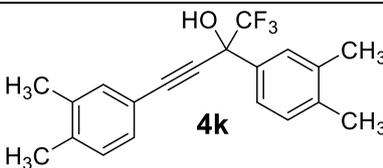
*конверсия спирта 60%

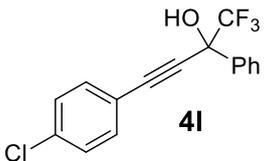
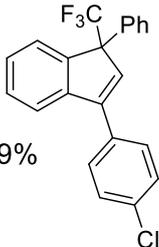
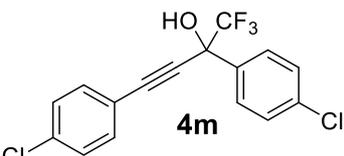
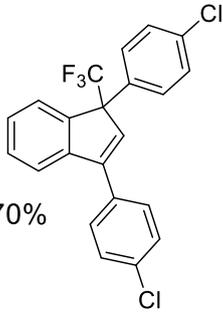
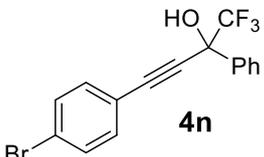
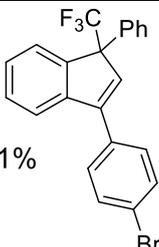
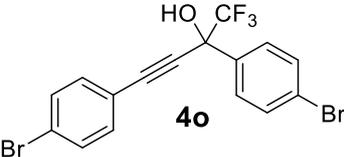
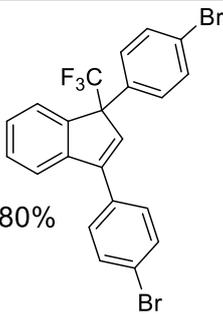
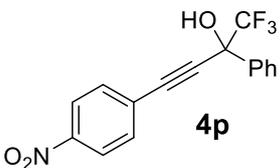
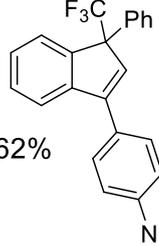
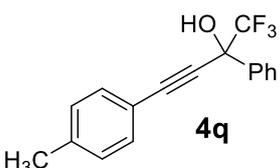
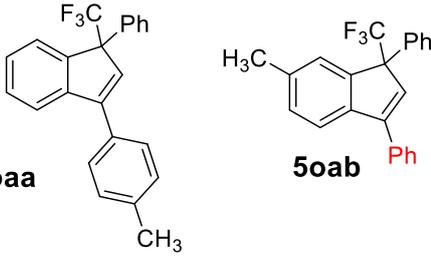
Наибольший выход индена **4aa** (57%) был получен при использовании 1.5 эквивалентов трифторметансульфоновой кислоты (TfOH) в бензоле при комнатной температуре, поэтому дальнейшие исследования проводились именно в этих условиях. Для реакций с другими аренами использовалось соотношение спирт : арен = 1 : 1.1 и дихлорметан в качестве растворителя.

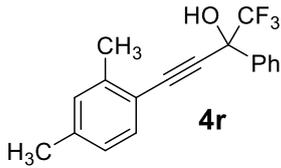
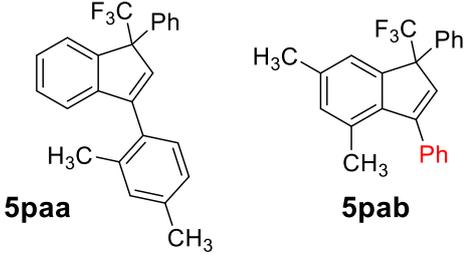
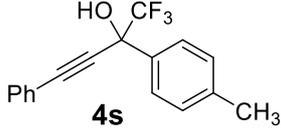
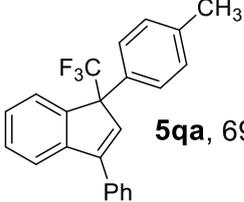
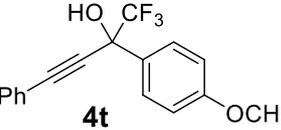
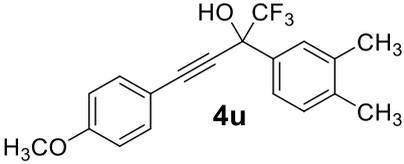
Рассмотрим реакции других 2,4-диарил-1,1,1-трифторбут-3-ин-2-олов **4** с бензолом (таблица 2).

Таблица 2 – Реакции 2,4-диарил-1,1,1-трифторбут-3-ин-2-олов **4** с бензолом

Опыт №	Спирт 4	Инден 5 или 6
		
1		
2		
3		
4		
5		
6		

7	 <p>4g</p>	 <p>5ga, 70%</p>
8	 <p>4h</p>	<p>Неидентифицируемая смесь продуктов</p>
9	 <p>4i</p>	 <p>5haa 5hab</p> <p>53%, 5haa : 5hab = 1 : 3</p>
10	 <p>4j</p>	 <p>5iaa, 31% 5iab, 19%</p>  <p>PCA 5iaa</p>
11	 <p>4k</p>	<p>Неидентифицируемая смесь продуктов</p>

12	 <p>4l</p>	 <p>5ja, 59%</p>
13	 <p>4m</p>	 <p>5ka, 70%</p>
14	 <p>4n</p>	 <p>5la, 51%</p>
15	 <p>4o</p>	 <p>5ma, 80%</p>
16	 <p>4p</p>	 <p>5na, 62%</p>
17	 <p>4q</p>	 <p>5oaa 5oab</p> <p>72%, 5oaa : 5oab = 1 : 3.8</p>

18	 <p>4r</p>	 <p>5paa 5pab</p> <p>47%, 5paa : 5pab = 1 : 7</p>
19	 <p>4s</p>	 <p>5qa, 69%</p>
20	 <p>4t</p>	Неидентифицируемая смесь продуктов
21	 <p>4u</p>	Неидентифицируемая смесь продуктов

На основании структуры продуктов реакции **6a** и **6b** (опыт 3), **5hab** (опыт 9), **5iaa** и **5iab** (опыт 10), **5oab** (опыт 17), **5pab** (опыт 18), приведенных в таблице 2, можно предположить следующий механизм реакции (рисунок 2.4). Протонирование гидроксильной группы пропаргилового спирта и ее последующее отщепление дает катион **A**, который может быть представлен в алленильной резонансной форме **A'**. Атака бензола атомом C^4 катиона **A** дает аллен **B**, последующее протонирование которого приводит к катиону, который может быть представлен в виде резонансных форм **C** и **D**. Циклизация этого катиона по арильному кольцу при атоме углерода C^2 - нуклеофильность кольца в данном случае повышена благодаря двум донорным метильным заместителям - дает индены **6**, в то время как циклизация по арильному кольцу при атоме углерода C^4 ведет к образованию инденов **5**.

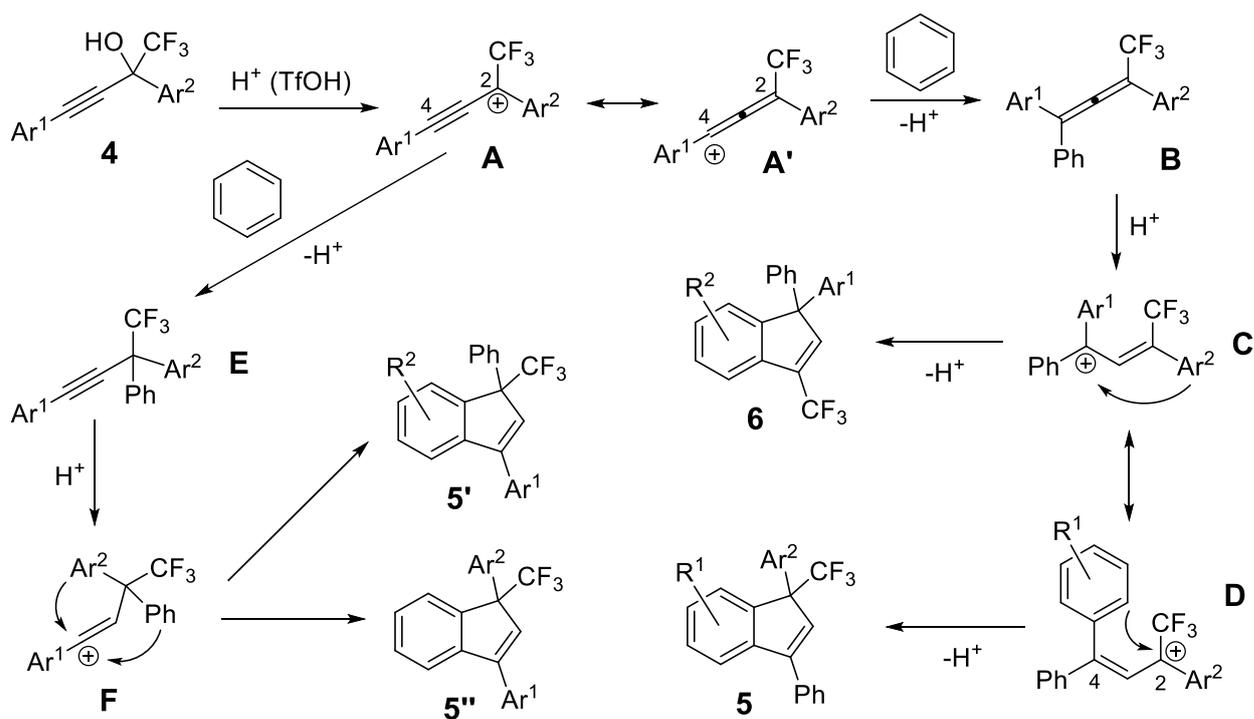


Рисунок 2.4 – Предполагаемый механизм реакции бутинолов **4** с бензолом

Структура остальных продуктов, приведенных в таблице 2, не позволяет сделать вывод о пути протекания реакции, поскольку они могут быть получены через первоначальную атаку бензола как атомом C⁴, так и атомом C² катиона **A** (**A'**) (рисунок 2.4). В последнем случае протонирование образующегося алкина **E** дает катион **F**, циклизация которого приводит к образованию инденов **5'** и **5''**.

Соединение **5iaa** было получено индивидуально в реакции 2,4-дифенил-1,1,1-трифторбут-3-ин-2-ола **4a** с *o*-ксилолом с выходом 48% (рисунок 2.5). Однако, этот результат также не позволяет однозначно определить путь протекания реакции.

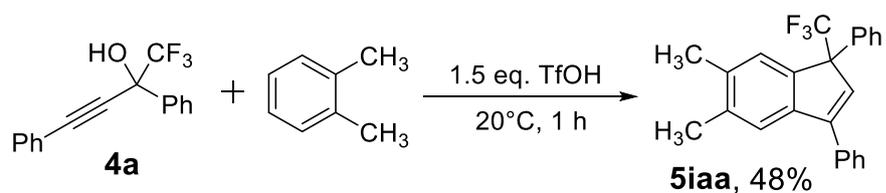
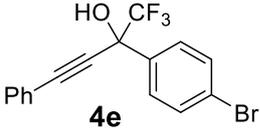
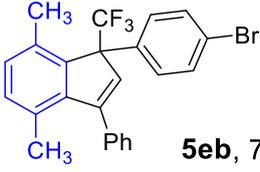
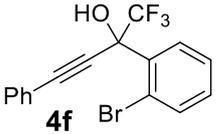
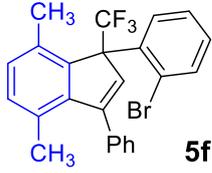
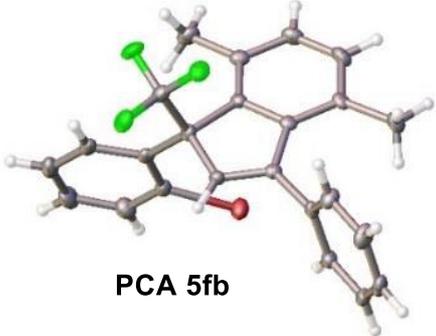
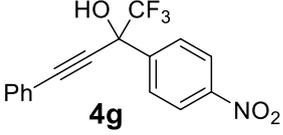
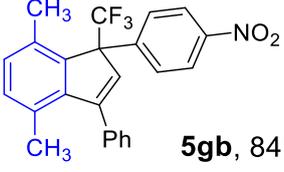
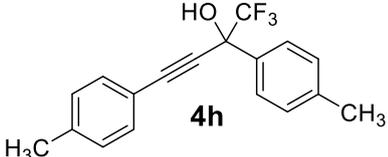
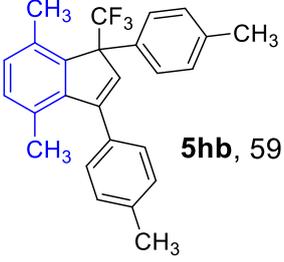


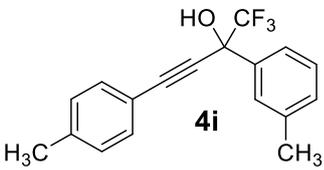
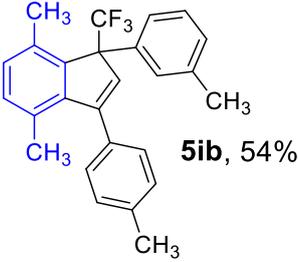
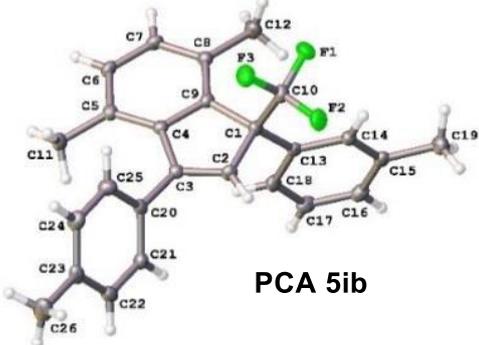
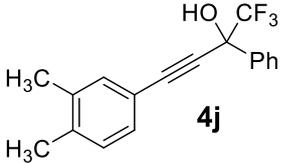
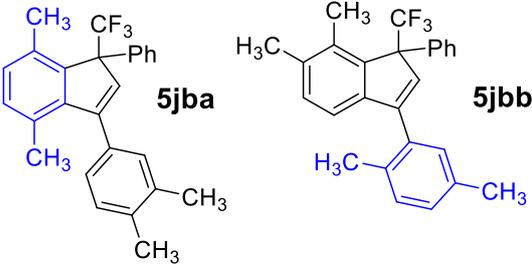
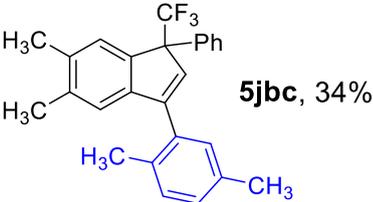
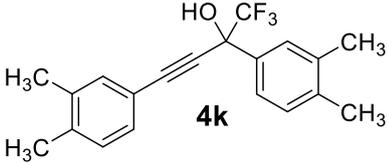
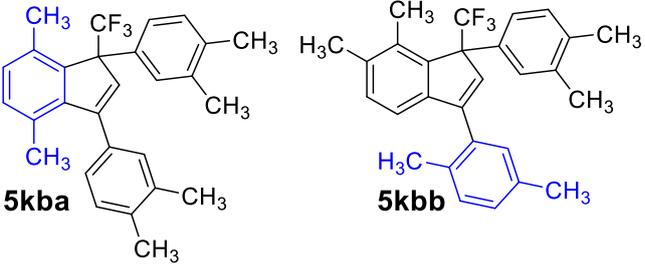
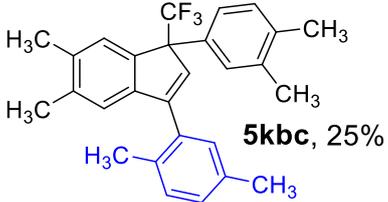
Рисунок 2.5 – Реакция 2,4-дифенил-1,1,1-трифторбут-3-ин-2-ола **4a** с *o*-ксилолом

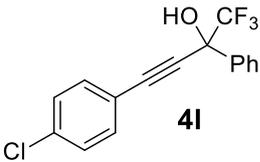
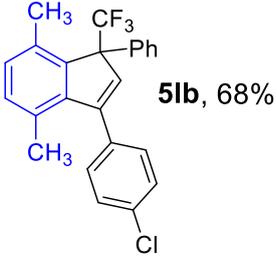
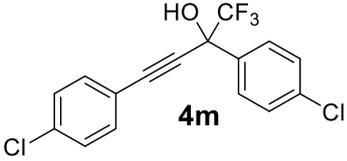
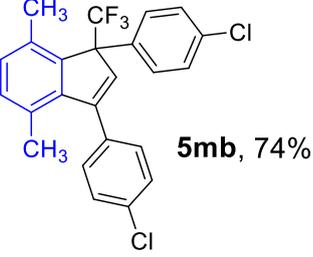
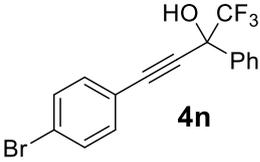
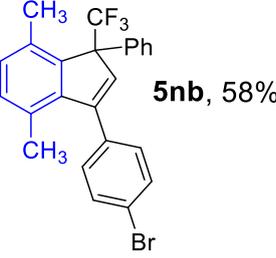
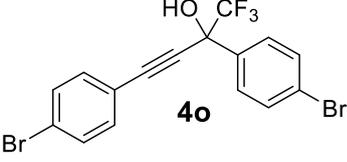
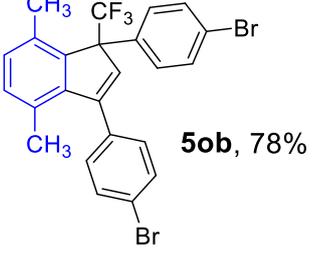
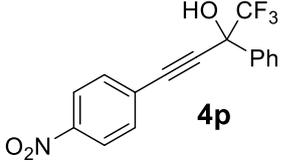
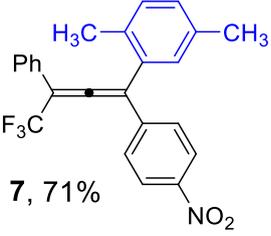
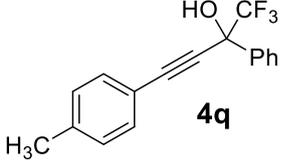
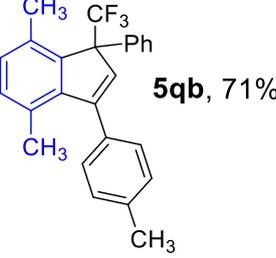
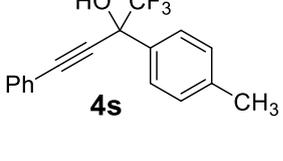
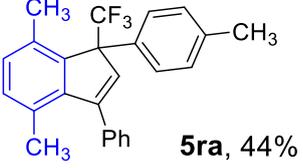
Далее, рассмотрим реакции 2,4-диарил-1,1,1-трифторбут-3-ин-2-олов **4** с *n*-ксилолом (таблица 3).

Таблица 3 – Реакции 2,4-диарил-1,1,1-трифторбут-3-ин-2-олов **4** с *n*-ксилолом

Опыт №	Спирт 4	Инден 5
1		5ab , 75%
2		5bb , 66%
3		5cb , 72%
4		5db , 60%

5	 <p>4e</p>	 <p>5eb, 74%</p>
6	 <p>4f</p>	 <p>5fb, 45%</p>  <p>PCA 5fb</p>
7	 <p>4g</p>	 <p>5gb, 84%</p>
8	 <p>4h</p>	 <p>5hb, 59%</p>

<p>9</p>	 <p>4i</p>	 <p>5ib, 54%</p>  <p>PCA 5ib</p>
<p>10</p>	 <p>4j</p>	 <p>5jba 5jbb</p> <p>28%, 5jba : 5jbb = 3 : 2</p>  <p>5jbc, 34%</p>
<p>11</p>	 <p>4k</p>	 <p>5kba 5kbb</p> <p>25%, 5kba : 5kbb = 1.4 : 1</p>  <p>5kbc, 25%</p>

12	 <p>4l</p>	 <p>5lb, 68%</p>
13	 <p>4m</p>	 <p>5mb, 74%</p>
14	 <p>4n</p>	 <p>5nb, 58%</p>
15	 <p>4o</p>	 <p>5ob, 78%</p>
16	 <p>4p</p>	 <p>7, 71%</p>
17	 <p>4q</p>	 <p>5qb, 71%</p>
18	 <p>4s</p>	 <p>5ra, 44%</p>

Практически во всех реакциях бутинолов **4** с *n*-ксилолом образуется единственный продукт циклизации по кольцу *n*-ксилола, структура которого не позволяет определить путь протекания реакции. Однако, структура инденов **5jbb** и **5jbc** (опыт 10), **5kbb** и **5kbc** (опыт 11), как и в случае реакций с бензолом, указывает на то, что *n*-ксилол на первом этапе реакции взаимодействует с атомом C⁴ катиона **A** (**A'**) с образованием аллена **B** (рисунок 2.5). Кроме того, об этом свидетельствует образование аллена **7** в реакции 4-(4-NO₂-C₆H₄)- замещенного бутинола **4p** в реакции с *n*-ксилолом под действием 1.5 эквивалентов TfOH (таблица 3, опыт 16). Инден **5pb** может быть получен в этой реакции с использованием 2.5 эквивалентов TfOH с выходом 70%, а также при добавлении избытка кислоты к аллену **7** (рисунок 2.6).

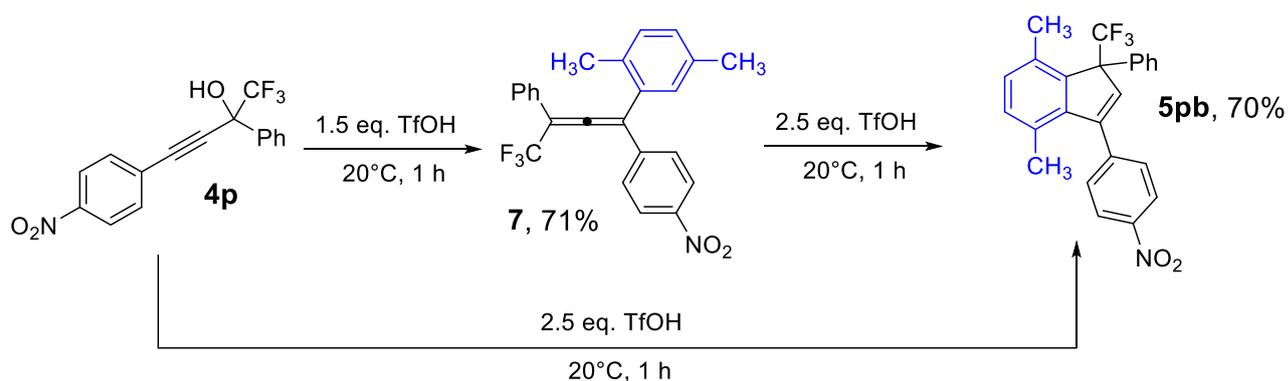
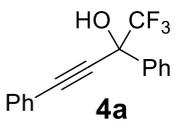
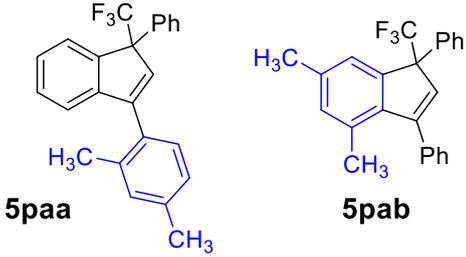
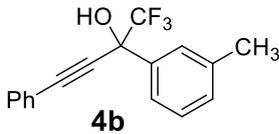
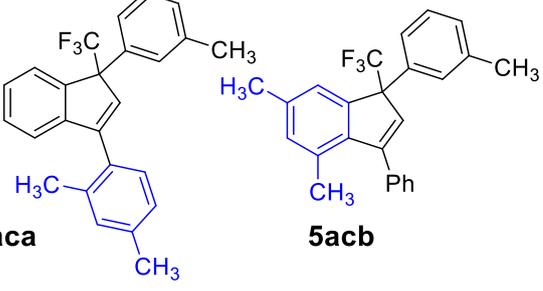
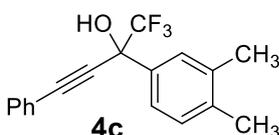
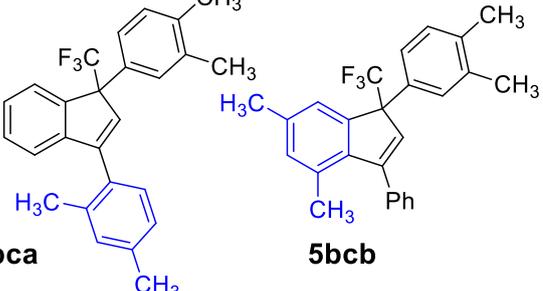
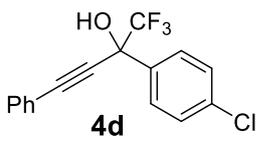
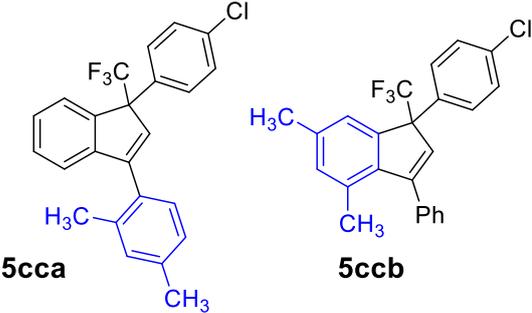
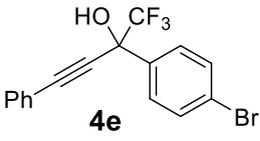
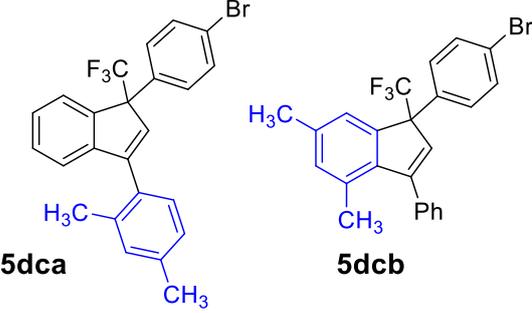
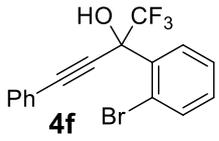
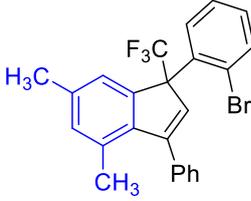
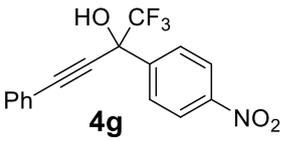
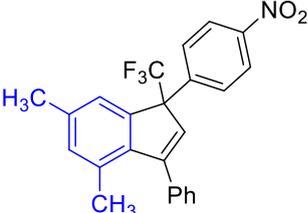
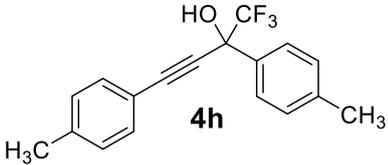


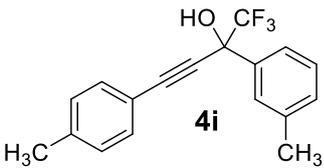
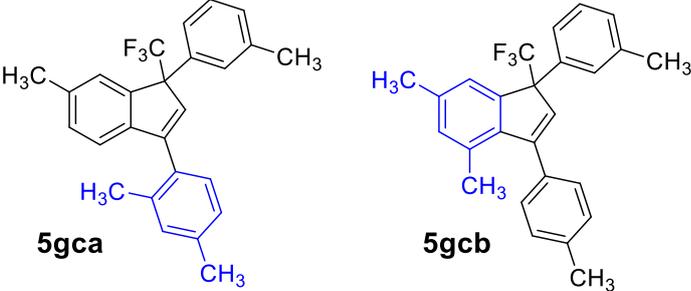
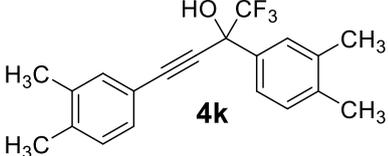
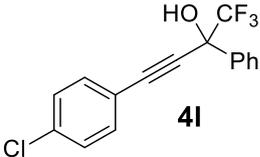
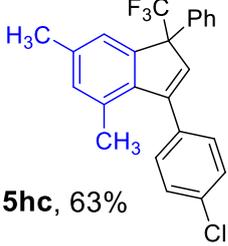
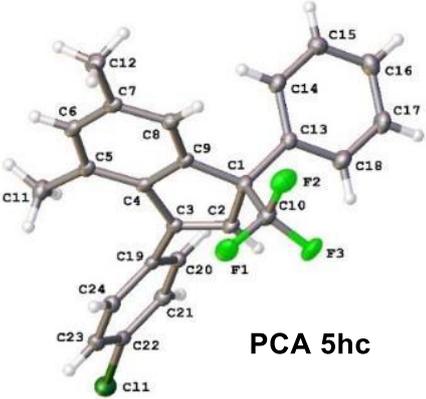
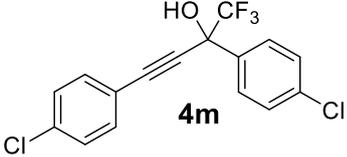
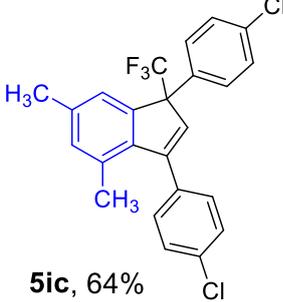
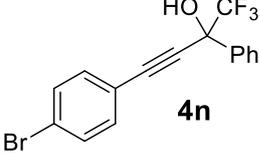
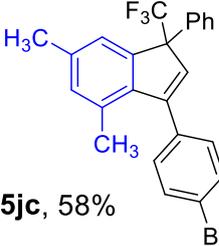
Рисунок 2.6 – Получение индена **5pb**

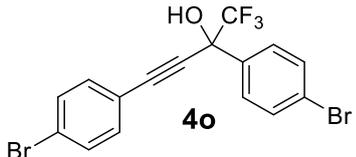
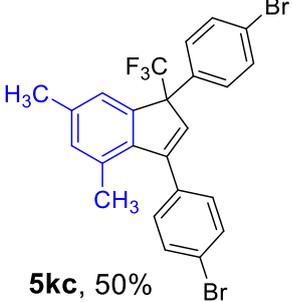
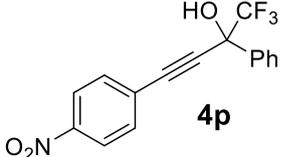
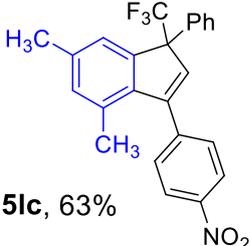
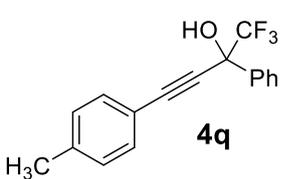
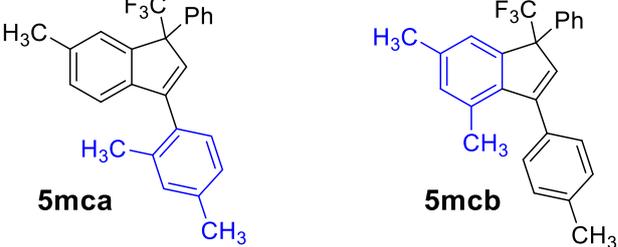
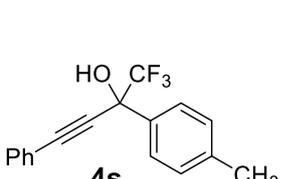
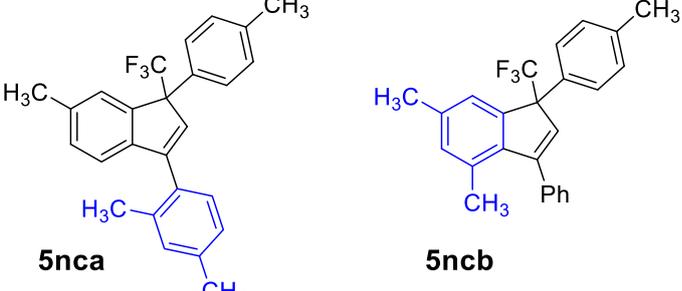
В таблице 4 представлены продукты реакции бутинолов **4** с *m*-КСИЛОЛОМ.

Таблица 4 – Реакции 2,4-диарил-1,1,1-трифторбут-3-ин-2-олов **4** с м-ксилолом

Опыт №	Спирт 4	Инден 5
1	 <p>4a</p>	 <p>5paa 5pab</p> <p>63%, 5paa : 5pab = 1 : 6</p>
2	 <p>4b</p>	 <p>5aca 5acb</p> <p>66%, 5aca : 5acb = 1 : 3</p>
3	 <p>4c</p>	 <p>5bca 5bcb</p> <p>69%, 5aca : 5acb = 1 : 5.7</p>

4	 <p>4d</p>	 <p>5cca 5ccb</p> <p>60%, 5cca : 5ccb = 1 : 4</p>
5	 <p>4e</p>	 <p>5dca 5dcb</p> <p>56%, 5dca : 5dcb = 1 : 4.9</p>
6	 <p>4f</p>	 <p>5ec, 40%</p>
7	 <p>4g</p>	 <p>5fc, 54%</p>
8	 <p>4h</p>	<p>Неидентифицируемая смесь продуктов</p>

9	 <p>4i</p>	 <p>5gca 5gcb</p> <p>51%, 5gca : 5gcb = 1 : 1.8</p>
10	 <p>4k</p>	<p>Неидентифицируемая смесь продуктов</p>
11	 <p>4l</p>	 <p>5hc, 63%</p>  <p>PCA 5hc</p>
12	 <p>4m</p>	 <p>5ic, 64%</p>
13	 <p>4n</p>	 <p>5jc, 58%</p>

14	 <p>4o</p>	 <p>5kc, 50%</p>
15	 <p>4p</p>	 <p>5lc, 63%</p>
16	 <p>4q</p>	 <p>5mca 5mcb</p> <p>56%, 5mca : 5mcb = 1 : 2.8</p>
17	 <p>4s</p>	 <p>5nca 5ncb</p> <p>69%, 5nca : 5ncb = 1 : 6</p>

Поскольку реакционный центр *m*-ксилола в реакциях электрофильного замещения строго определен, и исключения встречаются крайне редко, на основании структуры всех продуктов реакции бутинолов **4** с *m*-ксилолом можно сделать вывод, что электрофильным центром пропаргильного катиона **A** (**A'**) является атом углерода C⁴ (рисунок 2.7).

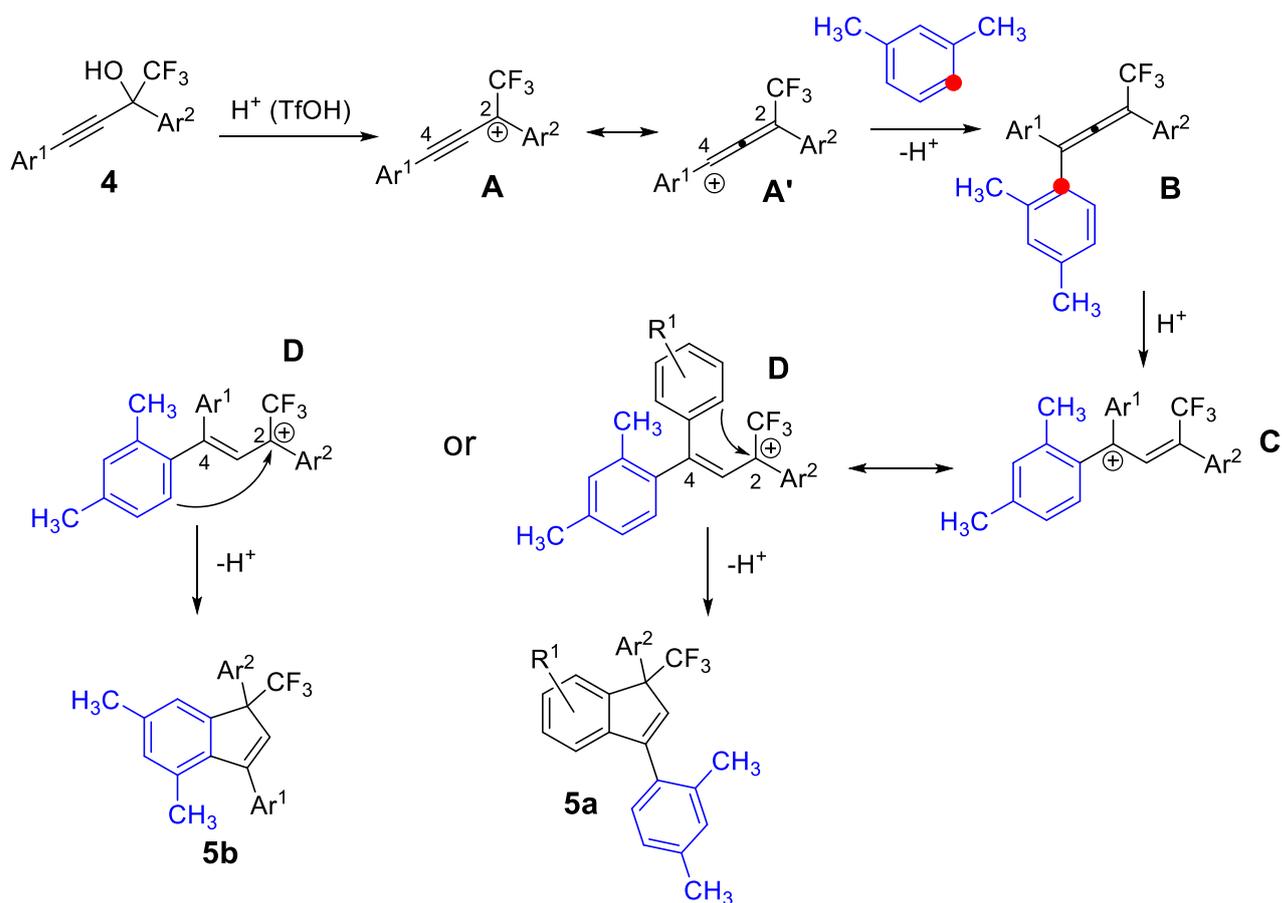
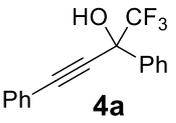
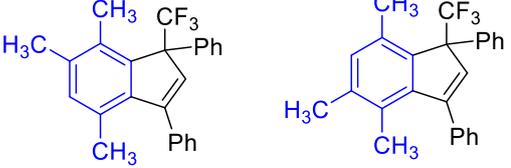
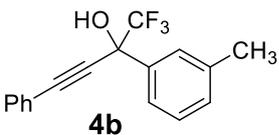
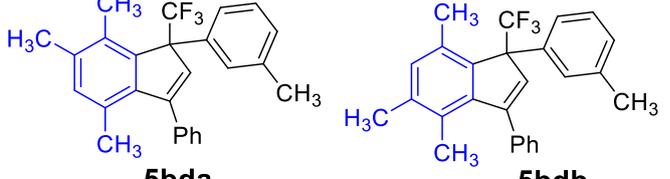
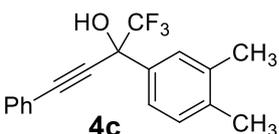
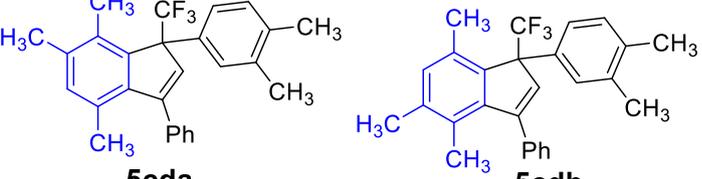


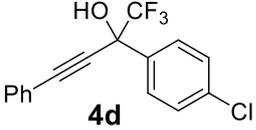
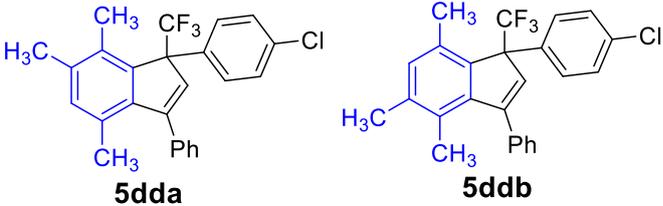
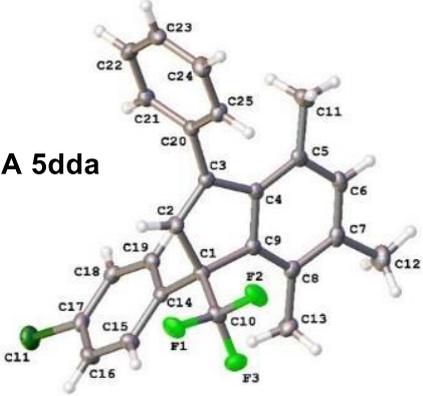
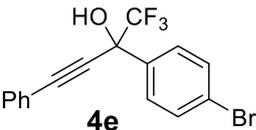
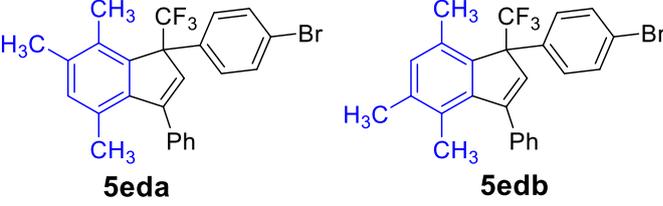
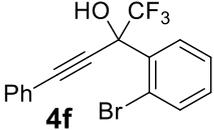
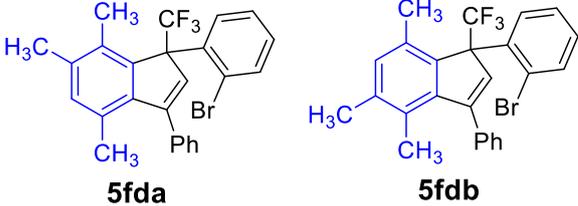
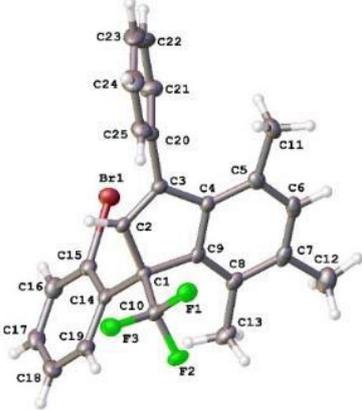
Рисунок 2.7 – Предполагаемый механизм реакции бутинолов **4** с *m*-ксилолом

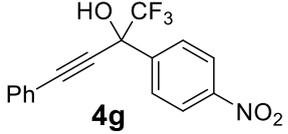
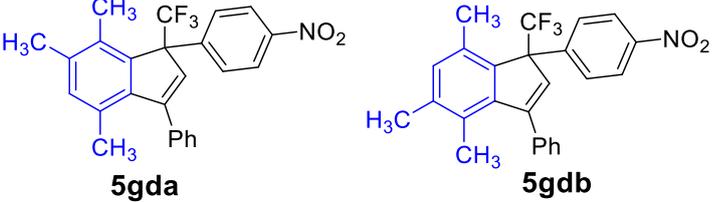
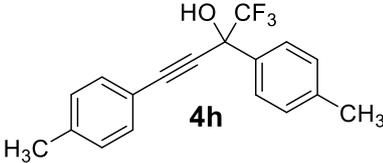
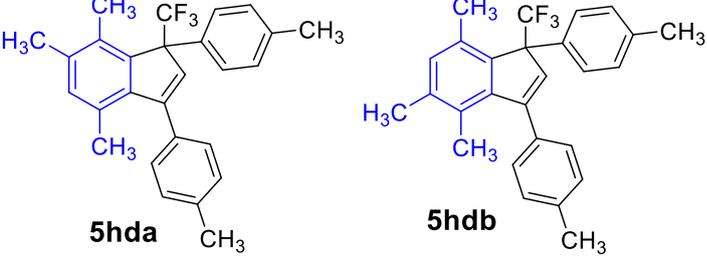
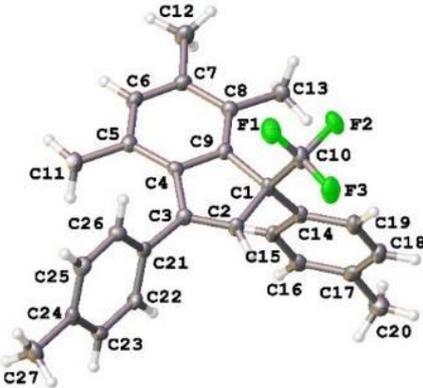
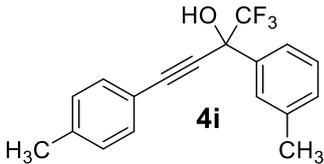
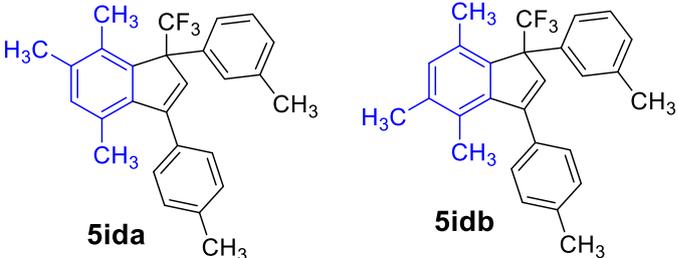
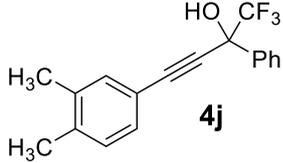
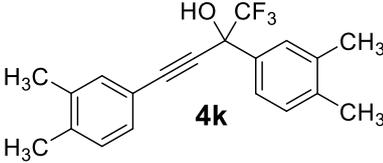
Поскольку кольцо *m*-ксилола во всех рассмотренных случаях оказывается более нуклеофильным за счет двух донорных метильных заместителей в кольце, изомер **5b** всегда преобладает, а во многих примерах оказывается единственным продуктом реакции.

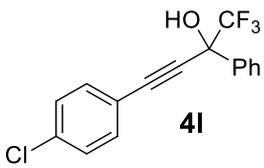
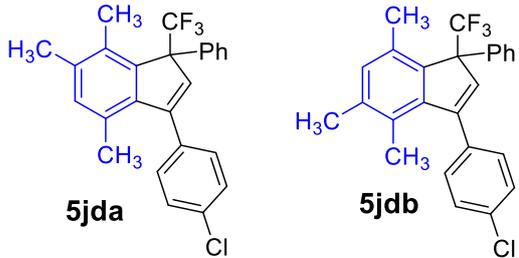
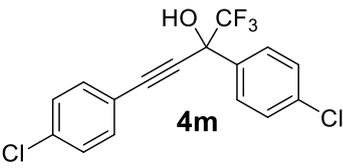
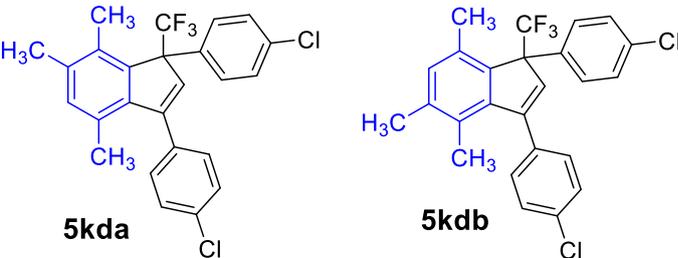
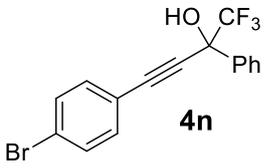
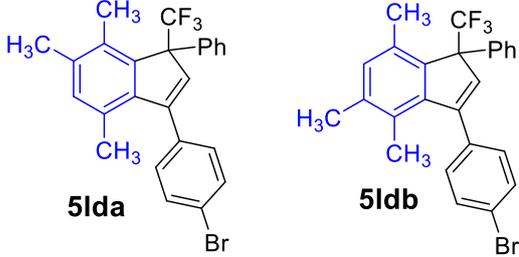
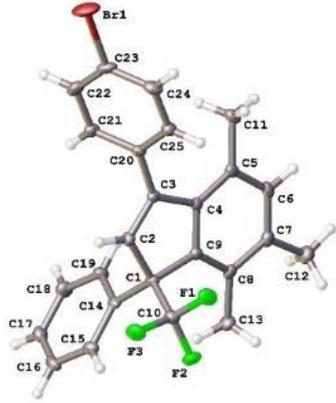
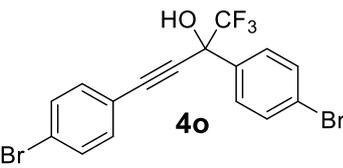
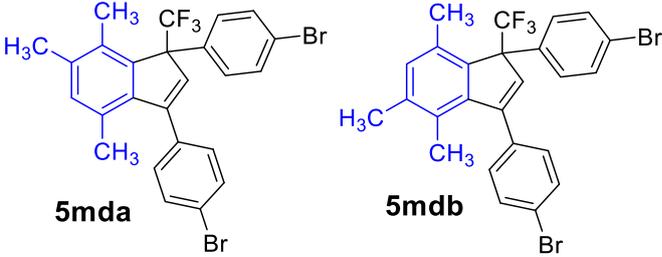
Интересный результат был получен при проведении реакций бутинолов **4** с псевдокумолем (1,2,4-триметилбензол) (таблица 5).

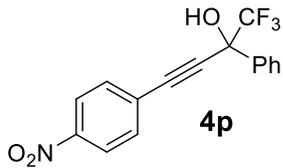
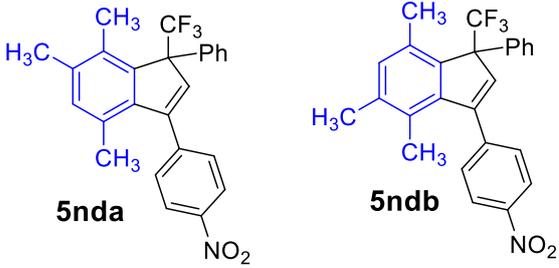
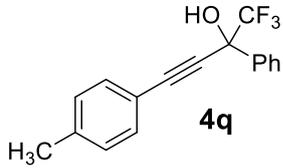
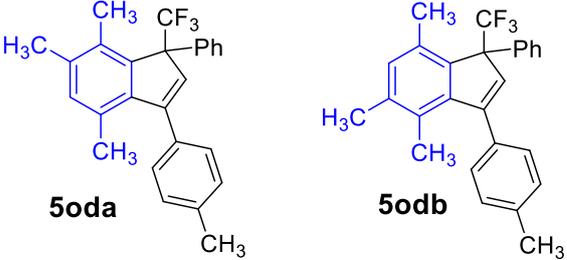
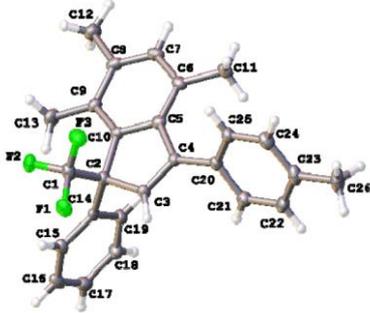
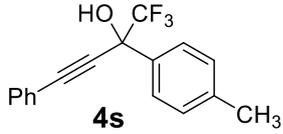
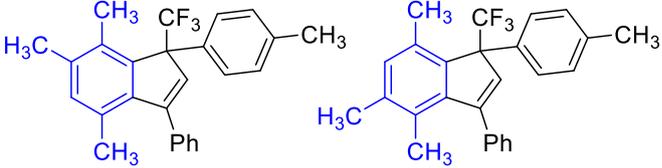
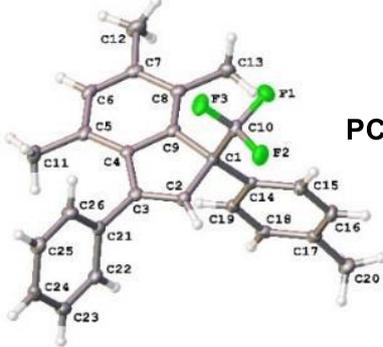
Таблица 5 – Реакции 2,4-диарил-1,1,1-трифторбут-3-ин-2-олов **4** с псевдокумолем

Опы т №	Спирт 4	Инден 5
1	 <p>4a</p>	 <p>5ada 5adb</p> <p>75%, 5ada : 5adb = 11.5 : 1</p>
2	 <p>4b</p>	 <p>5bda 5bdb</p> <p>69%, 5bda : 5bdb = 11.5 : 1</p>
3	 <p>4c</p>	 <p>5cda 5cdb</p> <p>67%, 5cda : 5cdb = 15.7 : 1</p>

<p>4</p>	 <p>4d</p>	 <p>5dda 5ddb</p> <p>66%, 5dda : 5ddb = 11.5 : 1</p>  <p>PCA 5dda</p>
<p>5</p>	 <p>4e</p>	 <p>5eda 5edb</p> <p>80%, 5eda : 5edb = 24 : 1</p>
<p>6</p>	 <p>4f</p>	 <p>5fda 5fdb</p> <p>70%, 5fda : 5fdb = 2.7 : 1</p>  <p>PCA 5fda</p>

7	 <p>4g</p>	 <p>5gda 5gdb</p> <p>58%, 5gda : 5gdb = 1.8 : 1</p>
8	 <p>4h</p>	 <p>5hda 5hdb</p> <p>65%, 5hda : 5hdb = 6 : 1</p>  <p>PCA 5hda</p>
9	 <p>4i</p>	 <p>5ida 5idb</p> <p>49%, 5ida : 5idb = 13 : 1</p>
10	 <p>4j</p>	<p>Неидентифицируемая смесь продуктов</p>
11	 <p>4k</p>	<p>Неидентифицируемая смесь продуктов</p>

12	 <p>4l</p>	 <p>5jda 5jdb</p> <p>54%, 5jda : 5jdb = 11.5 : 1</p>
13	 <p>4m</p>	 <p>5kda 5kdb</p> <p>49%, 5kda : 5kdb = 10 : 1</p>
14	 <p>4n</p>	 <p>5lda 5ldb</p> <p>49%, 5lda : 5ldb = 10 : 1</p>  <p>PCA 5lda</p>
15	 <p>4o</p>	 <p>5mda 5mdb</p> <p>57%, 5mda : 5mdb = 11.5 : 1</p>

16	 <p>4p</p>	 <p>5nda 5ndb</p> <p>66%, 5nda : 5ndb = 13 : 1</p>
17	 <p>4q</p>	 <p>5oda 5odb</p> <p>51%, 5oda : 5odb = 12 : 1</p>  <p>PCA 5oda</p>
18	 <p>4s</p>	 <p>5pda 5pdb</p> <p>50%, 5pda : 5pdb = 13 : 1</p>  <p>PCA 5pda</p>

Во всех рассмотренных примерах наблюдается образование смеси изомеров, причем их соотношение почти во всех случаях оказывается

значительным. Согласно предполагаемому механизму, преобладающий изомер образуется через первоначальную атаку псевдокумола атомом углерода C⁴ катиона **A** (**A'**) (рисунок 2.8). Образование минорного изомера может быть обусловлено как протеканием реакции через атаку псевдокумола атомом углерода C² катиона **A**, так и метильным сдвигом в частице **G** после циклизации катиона **D**.

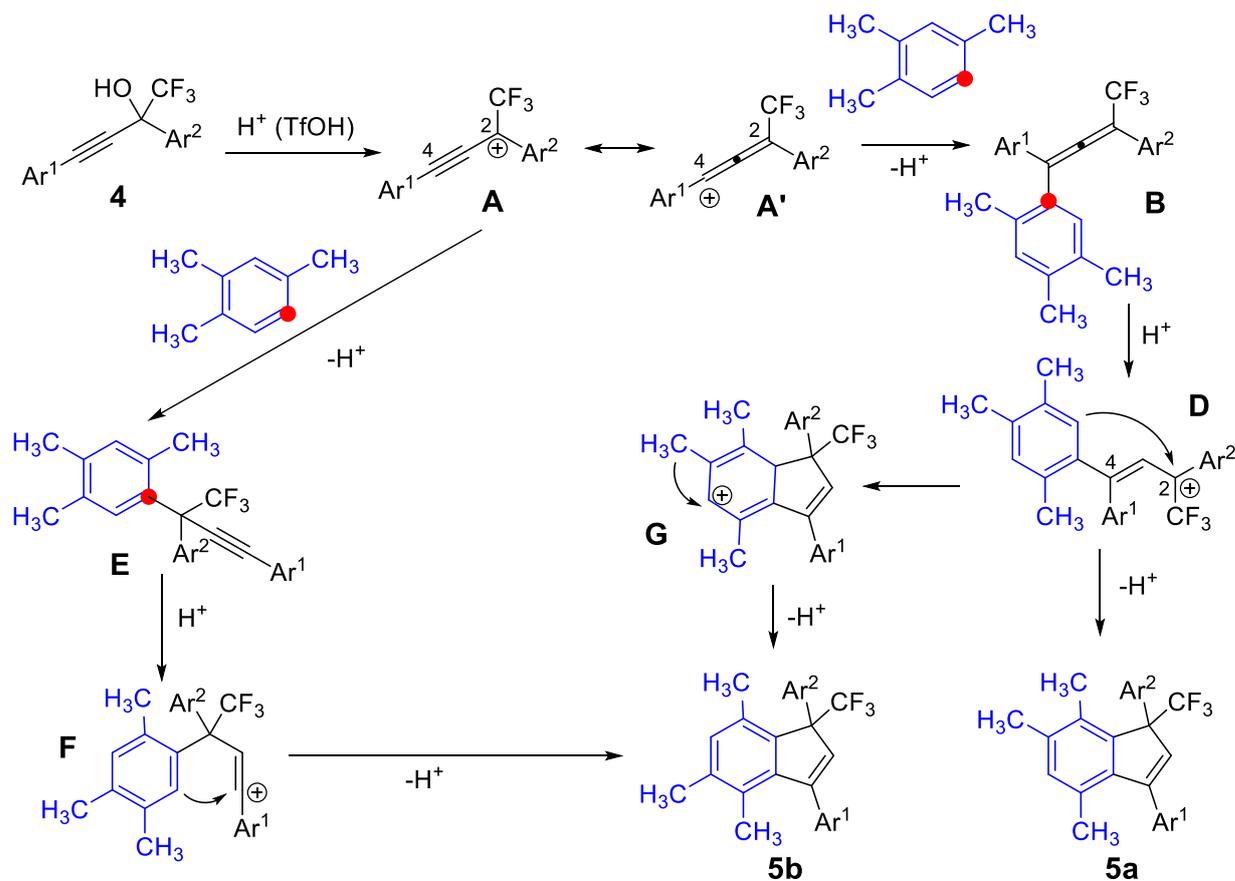
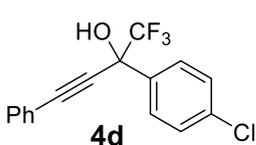
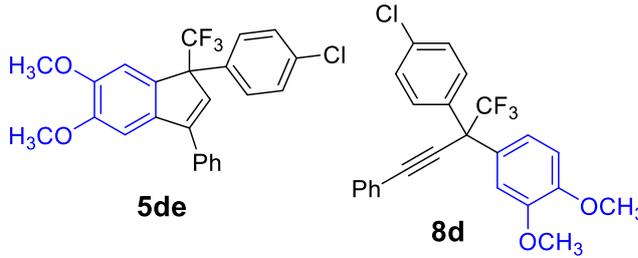
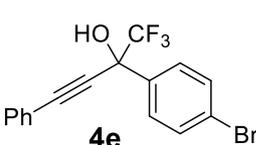
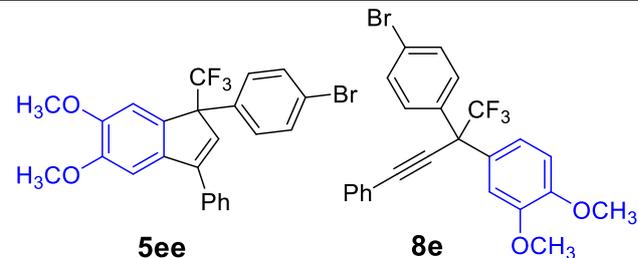
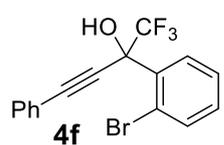
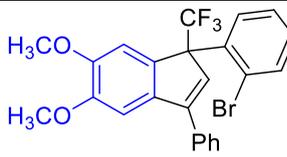
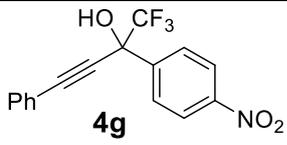
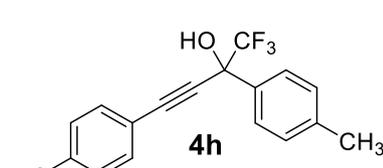
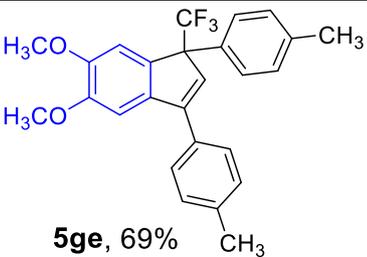
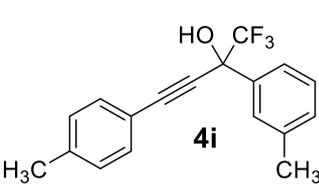
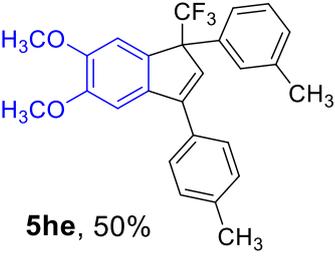


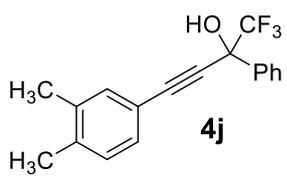
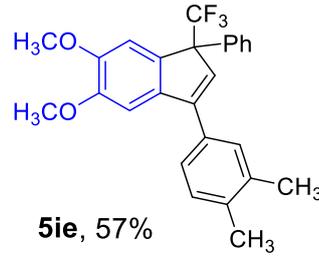
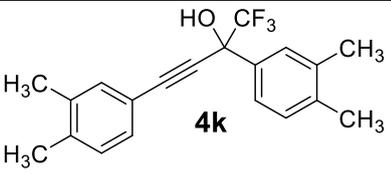
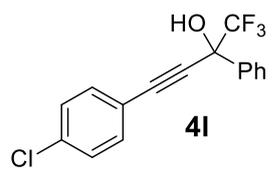
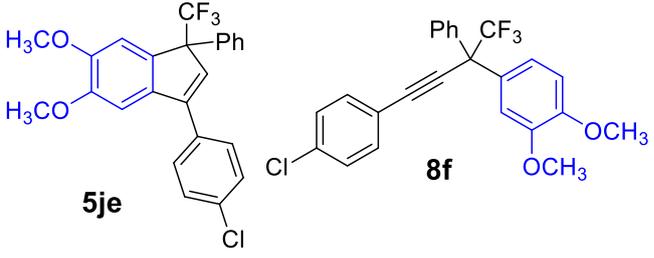
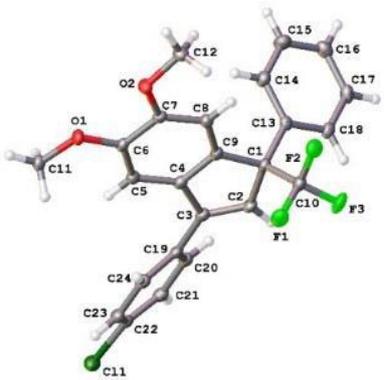
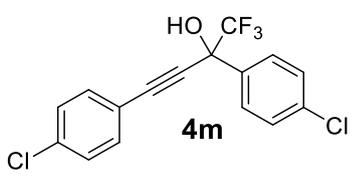
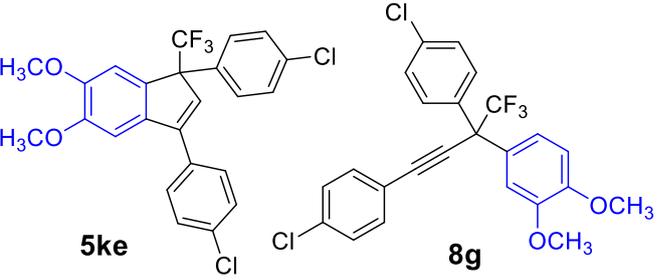
Рисунок 2.8 – Предполагаемый механизм реакции бутинолов **4** с псевдокумолом

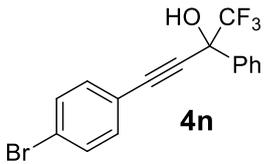
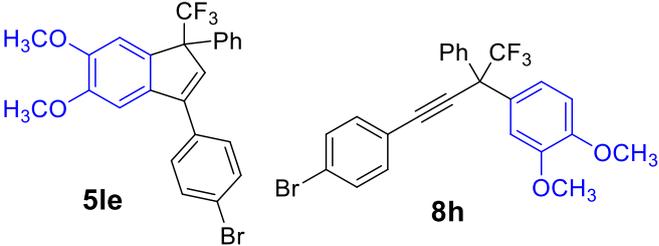
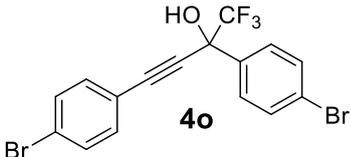
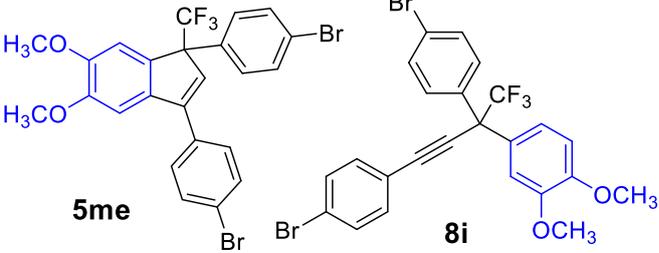
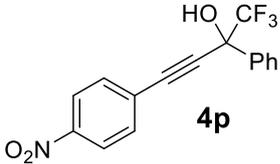
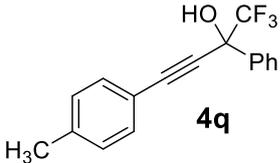
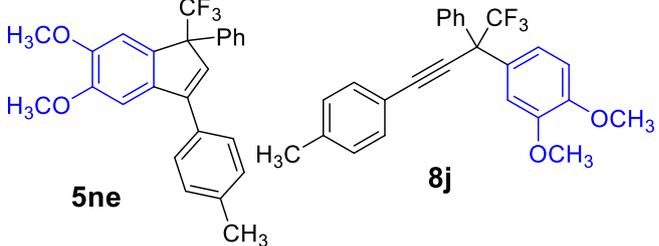
Противоречивые результаты были получены при проведении реакций бутинолов **4** с вератролом (1,2-диметоксибензол) (таблица 6).

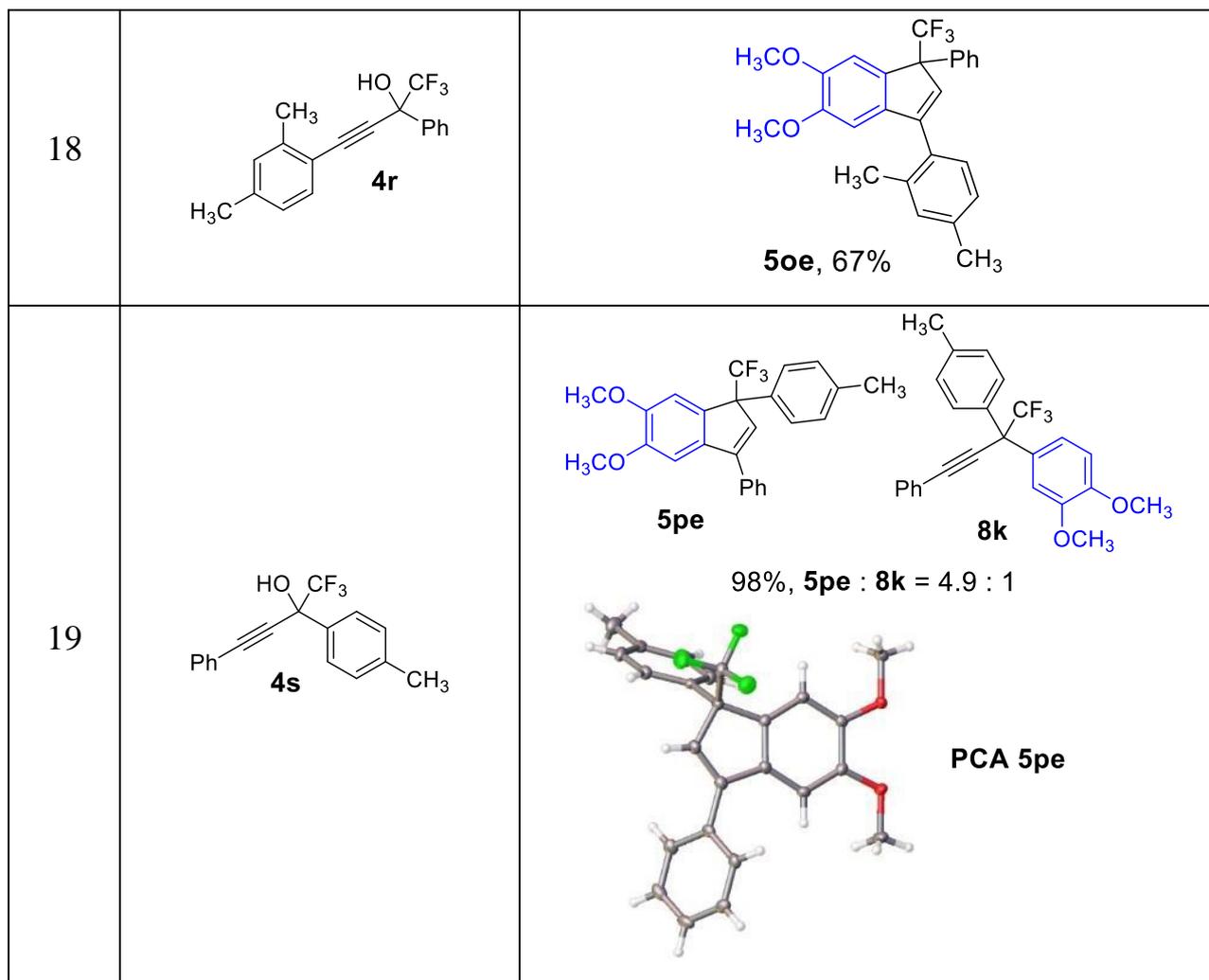
Таблица 6 – Реакции 2,4-диарил-1,1,1-трифторбут-3-ин-2-олов **4** с вератролом

Опыт №	Спирт 4	Инден 5
1	<p>4a</p>	<p>5ae 8a</p> <p>60%, 5ae : 8a = 2.8 : 1</p>
2	<p>4b</p>	<p>5be 8b</p> <p>49%, 5be : 8b = 3.5 : 1</p> <p>PCA 5be</p>
3	<p>4c</p>	<p>5ce 8c</p> <p>76%, 5ce : 8c = 5 : 1</p>

4	 <p>4d</p>	 <p>5de 8d</p> <p>44%, 5de : 8d = 6 : 1</p>
5	 <p>4e</p>	 <p>5ee 8e</p> <p>70%, 5ee : 8e = 4 : 1</p>
6	 <p>4f</p>	 <p>5fe, 82%</p>
7	 <p>4g</p>	<p>Неидентифицируемая смесь продуктов</p>
8	 <p>4h</p>	 <p>5ge, 69%</p>
9	 <p>4i</p>	 <p>5he, 50%</p>

10	 <p>4j</p>	 <p>5ie, 57%</p>
11	 <p>4k</p>	<p>Неидентифицируемая смесь продуктов</p>
12	 <p>4l</p>	 <p>5je 8f</p> <p>65%, 5je : 8f = 10 : 1</p>  <p>PCA 5je</p>
13	 <p>4m</p>	 <p>5ke 8g</p> <p>50%, 5ke : 8g = 2.8 : 1</p>

14	 <p>4n</p>	 <p>5le 8h</p> <p>36%, 5le : 8h = 7 : 1</p>
15	 <p>4o</p>	 <p>5me 8i</p> <p>59%, 5me : 8i = 2 : 1</p>
16	 <p>4p</p>	<p>Неидентифицируемая смесь продуктов</p>
17	 <p>4q</p>	 <p>5ne 8j</p> <p>54%, 5ne : 8j = 13 : 1</p>  <p>PCA 5ne</p>



В половине случаев при проведении реакции под действием 1.5 эквивалентов TfOH образуется смесь индена **5**, структура которого не позволяет сделать вывод о механизме реакции, и ацетилена **8**. Образование ацетилена **8** говорит о том, что в случае использования вератрола в качестве арена реакция протекает через атаку вератрола атомом углерода C² катиона **A** (рисунок 2.4). Следует отметить, что при использовании 2.5 эквивалентов TfOH в реакции бутинолов **4** с вератролом образуется исключительно инден **5**. Кроме того, ацетилены **8** под действием 2.5 эквивалентов TfOH также переходят в индены **5** (рисунок 2.9).

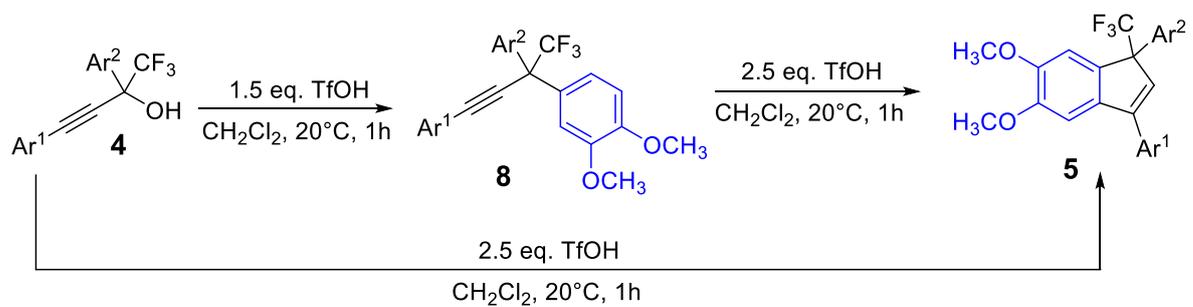


Рисунок 2.9 – Образование инденов **5** из бутинолов **4** и ацетиленов **8**

2.3 Исследование реакций 2,4-диарил-1,1,1-трифторбут-3-ен-2-олов и их TMS-эфиров с аренами в трифторметансульфоновой кислоте

Согласно литературным данным [178], 2,4-диарил-1,1,1-трифторбут-3-ен-2-олы под действием большого избытка (187 экв.) H_2SO_4 при комнатной температуре за 2 минуты претерпевают внутримолекулярную циклизацию с образованием инденов. Поскольку оптимизация реакции CF_3 -бутинола **4a** с бензолом показала лучшие выходы в случае использования TfOH, в данном исследовании также было решено проводить реакции именно в этой кислоте.

Далее, на примере реакций 2,4-дифенил-1,1,1-трифторбут-3-ен-2-ола **1aa** и его TMS-эфира **1a** с бензолом под действием 57 экв. TfOH при комнатной температуре было показано, что за 5 минут в обоих случаях образуется смесь инданов **9aa** и **9ab** с близким общим выходом 50% и соотношением диастереомеров 5 : 1 (рисунок 2.10).

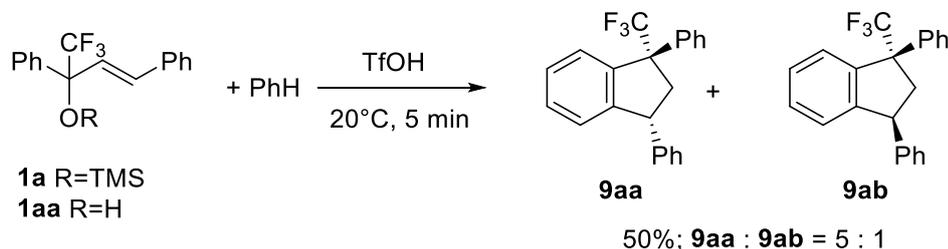


Рисунок 2.10 – Сравнение реакций бутенола **1aa** и его TMS-эфира **1a** с бензолом

Поэтому дальнейшие исследования проводили в описанных условиях для TMS-эфиров 2,4-диарил-1,1,1-трифторбут-3-ен-2-олов **1**. В таблице 7 представлены продукты их реакций с бензолом. В большинстве случаев наблюдается стереоселективное образование *транс*-диастереомеров 1,3-диарилинданов, в которых арильные заместители расположены по разные стороны от плоскости инданового цикла. Выходы составили 12-54%.

Сtereoхимию определяли методами PCA и двумерной спектроскопии ЯМР NOESY H-F по кросс-пику CF_3-C^3H (рисунок 2.11).

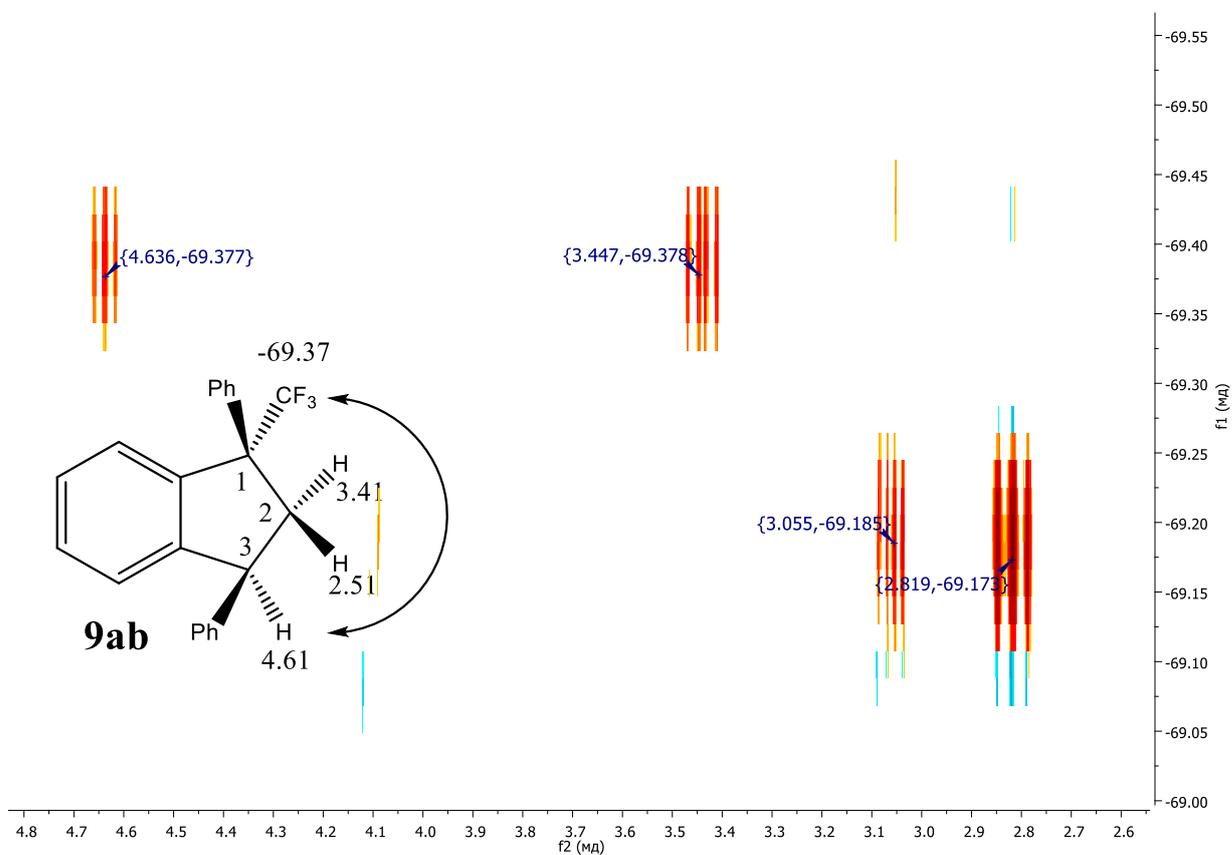
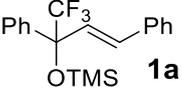
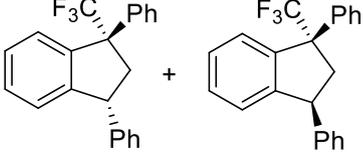
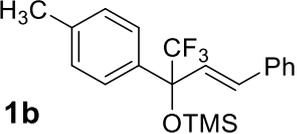
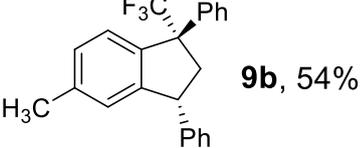
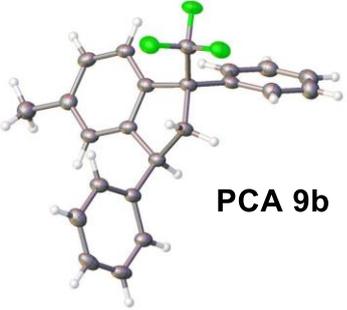
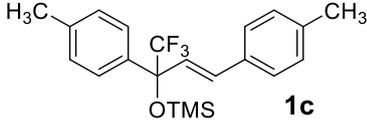
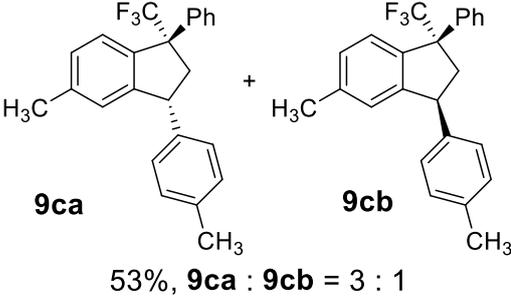
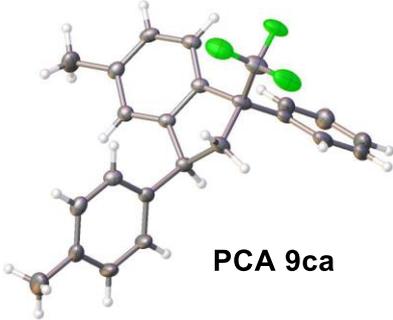
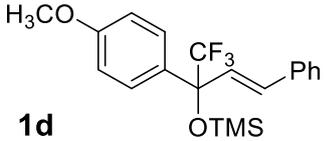
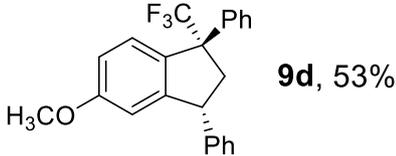
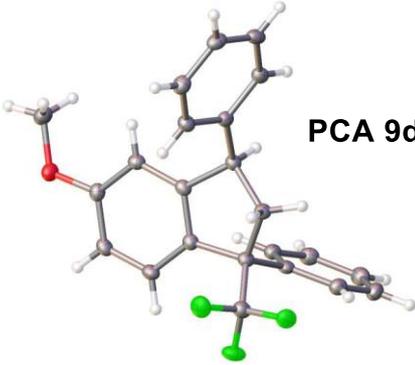
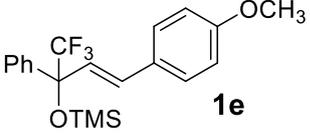
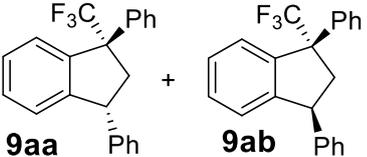
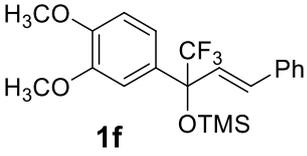
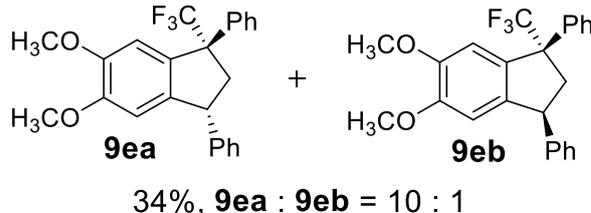
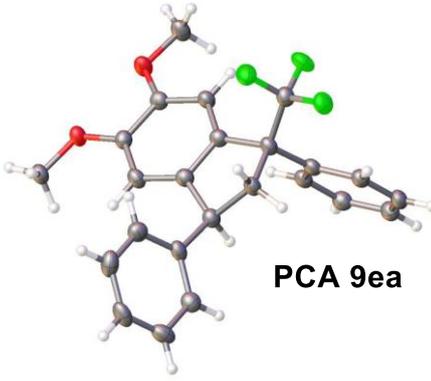
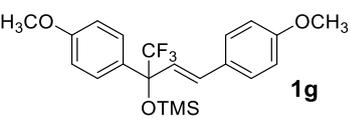
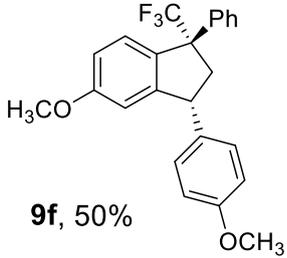
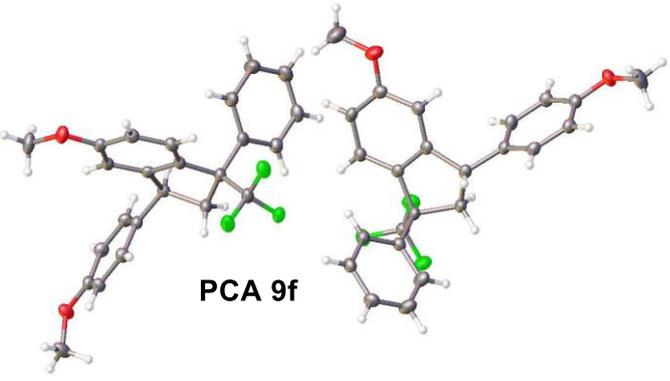


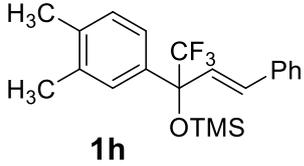
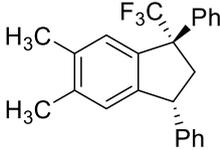
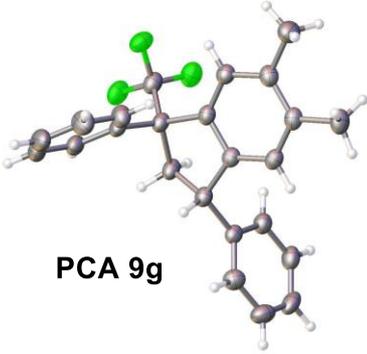
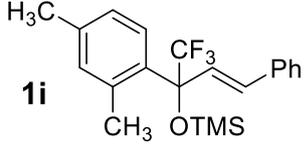
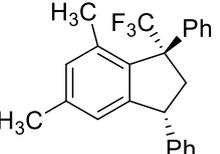
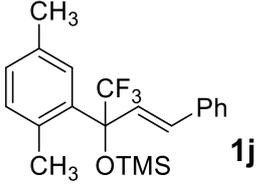
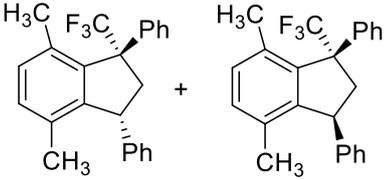
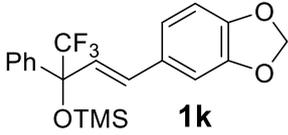
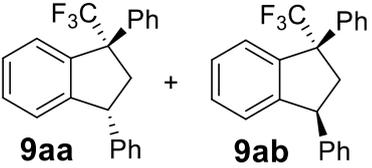
Рисунок 2.11 – Фрагмент спектра ЯМР NOESY H-F смеси изомеров **9aa** и **9ab**

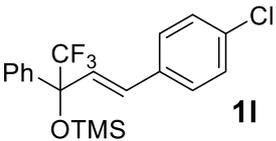
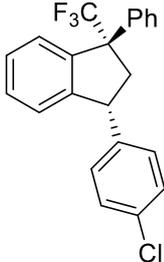
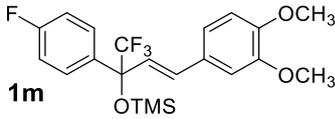
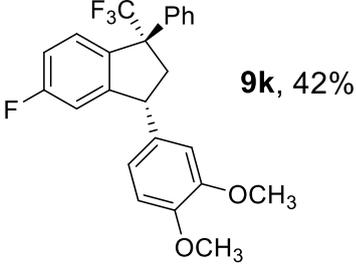
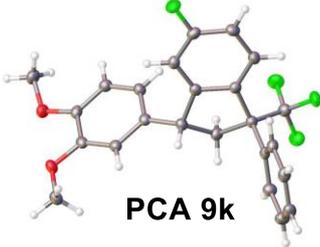
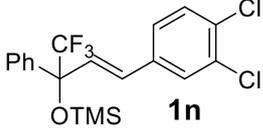
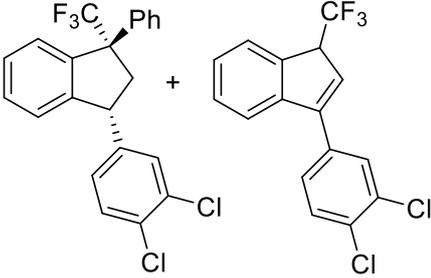
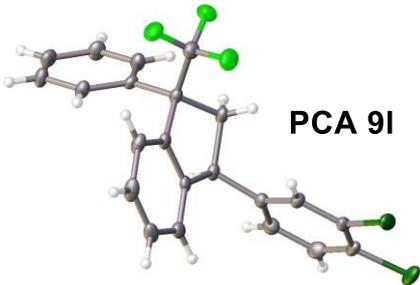
Таблица 7 – Реакции TMS-эфиров 2,4-диарил-1,1,1-трифторбут-3-ен-2-олов **1** с бензолом

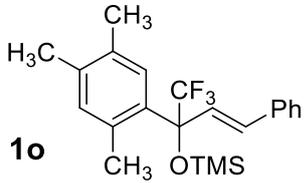
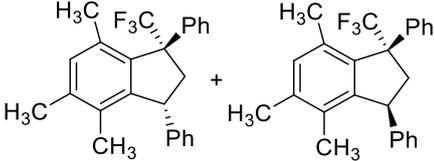
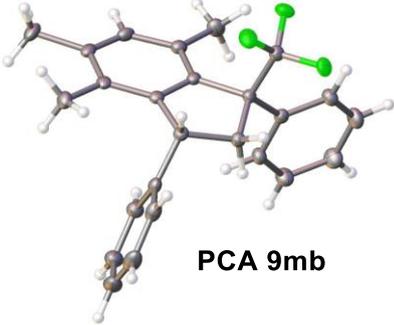
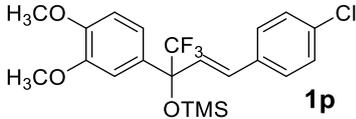
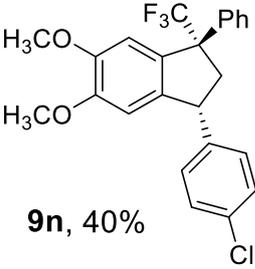
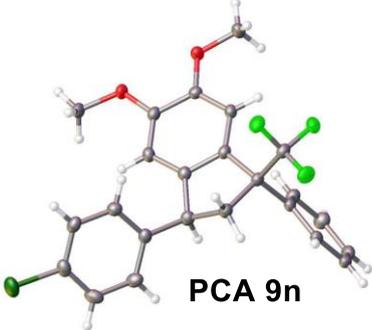
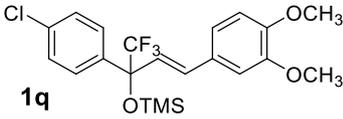
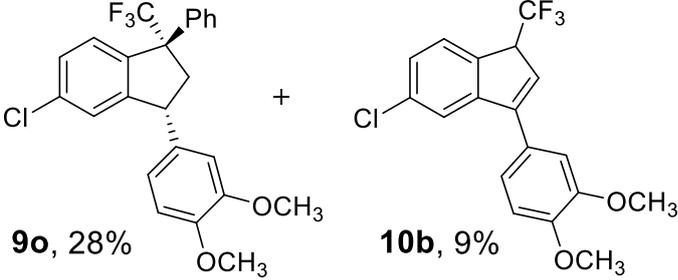
Опыт №	TMS-эфир 1	Индан 9
1	 <p>1a</p>	 <p>9aa 9ab</p> <p>50%, 9aa : 9ab = 5 : 1</p>
2	 <p>1b</p>	 <p>9b, 54%</p>  <p>PCA 9b</p>

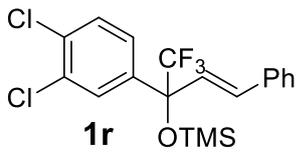
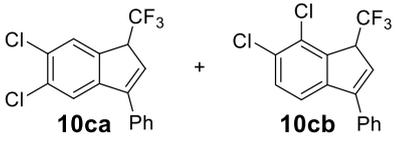
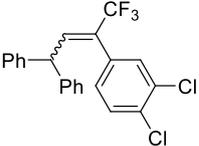
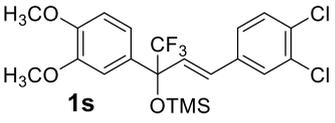
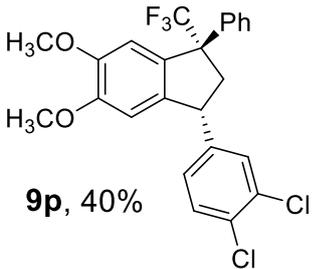
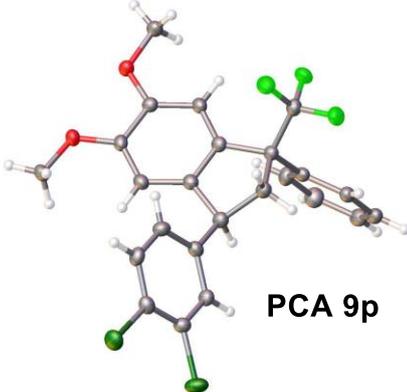
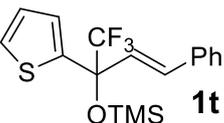
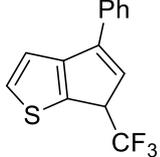
3	 <p>1c</p>	 <p>9ca + 9cb 53%, 9ca : 9cb = 3 : 1</p>  <p>PCA 9ca</p>
4	 <p>1d</p>	 <p>9d, 53%</p>  <p>PCA 9d</p>
5	 <p>1e</p>	 <p>9aa + 9ab 34%, 9aa : 9ab = 1 : 5</p>

<p>6</p>	 <p>1f</p>	 <p>34%, 9ea : 9eb = 10 : 1</p>  <p>PCA 9ea</p>
<p>7</p>	 <p>1g</p>	 <p>9f, 50%</p>  <p>PCA 9f</p>

8	 <p>1h</p>	 <p>9g, 12%</p>  <p>PCA 9g</p>
9	 <p>1i</p>	 <p>9h, 42%</p>  <p>PCA 9h</p>
10	 <p>1j</p>	 <p>9ia + 9ib</p> <p>39%, 9ia : 9ib = 1 : 1</p>
11	 <p>1k</p>	 <p>9aa + 9ab</p> <p>52%, 9aa : 9ab = 1 : 9</p>

12	 <p>1l</p>	 <p>9j, 53%</p>
13	 <p>1m</p>	 <p>9k, 42%</p>  <p>PCA 9k</p>
14	 <p>1n</p>	 <p>9l, 38% 10a, 22%</p>  <p>PCA 9l</p>

<p>15</p>	 <p>1o</p>	 <p>9ma 9mb</p> <p>46%, 9ma : 9mb = 1 : 1</p>  <p>PCA 9mb</p>
<p>16</p>	 <p>1p</p>	 <p>9n, 40%</p>  <p>PCA 9n</p>
<p>17</p>	 <p>1q</p>	 <p>9o, 28% 10b, 9%</p>

18	 <p>1r</p>	 <p>10ca + 10cb</p> <p>42%, 10ca : 10cb = 2 : 1</p>  <p>11-E : 11-Z = 1 : 2</p>
19	 <p>1s</p>	 <p>9p, 40%</p>  <p>PCA 9p</p>
20	 <p>1t</p>	 <p>10d, 30%</p>

В таблице 7 приведены препаративные выходы соединений. Важно отметить, что индены **10** являются продуктом изомеризации инденов **10'**, происходящей при их взаимодействии с силикагелем в процессе хроматографической очистки и разделения реакционных смесей (рисунок 2.12). Данный процесс описан в литературе.

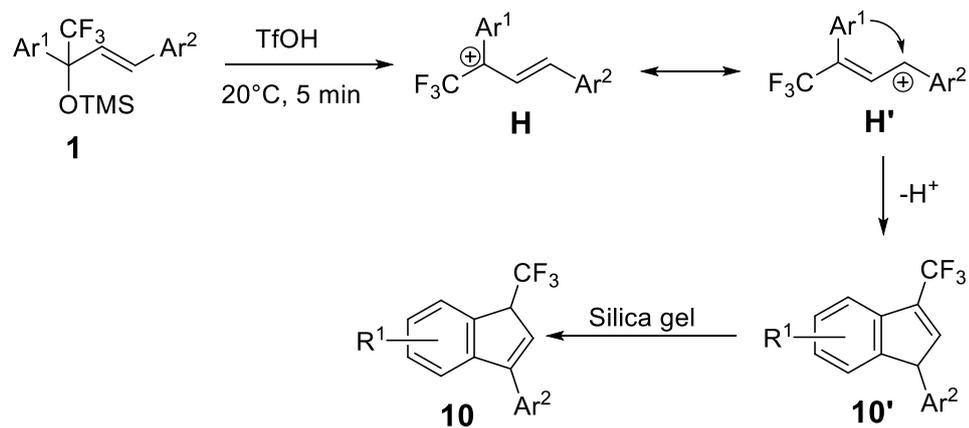


Рисунок 2.12 –Предполагаемый механизм образования инденов **10**

Действительно, спектры ЯМР ¹H реакционных смесей содержали некоторые характеристические сигналы инденов **10'**, в то время как сигналы инденов **10** полностью отсутствовали.

Можно предположить следующий механизм образования продуктов реакции TMS-эфиров **1** с бензолом (рисунок 2.13). Образование алкена **11** (таблица 7, опыт 18) связано с атакой бензола атомом углерода C⁴ катиона **H** (на рисунке представлен в виде резонансной формы **H'**). Внутримолекулярная циклизация **H'** по арильному кольцу, содержащему два акцепторных заместителя, оказывается невозможной. Кроме того, протонирование алкена **11** с образованием катиона **I**, циклизация которого формально могла бы дать индан, также не происходит из-за наличия двух акцепторных заместителей – дихлорфенильного и трифторметильного, и отсутствия дополнительной резонансной стабилизации. Образование инданов **9** может протекать двумя путями. Первый – атака бензола атомом углерода C² катиона **H**, протонирование полученного алкена **J** и внутримолекулярная циклизация катиона **K**. Второй путь – протонирование индена **10'** с образованием катиона **L** и его реакция с бензолом.

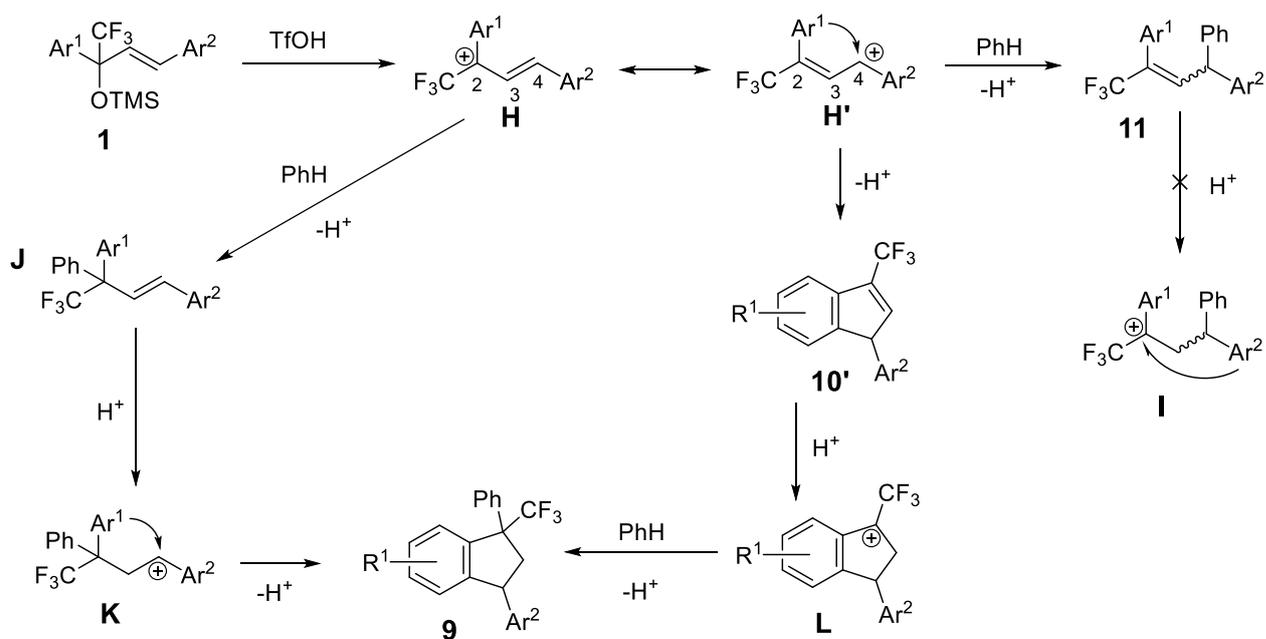


Рисунок 2.13 – Предполагаемый механизм образования инданов **9** и алкена **11**

На то, что наиболее вероятным является именно второй путь образования инданов **9**, указывает образование в опытах 7, 13 и 17 (таблица 7) единственного продукта циклизации по арильному кольцу, содержащему акцепторный заместитель, в то время как в случае образования катиона **K** более предпочтительной была бы циклизация по фенильному кольцу. Интересно, что во всех случаях единственным или преобладающим является *транс*-изомер, в котором арильные заместители расположены по разные стороны относительно плоскости инданового цикла. Исключение составляют примеры 5 и 11 (таблица 7), которые следует рассмотреть подробнее. В этих реакциях наблюдается арильный обмен, который происходит, наиболее вероятно, уже после образования индана (рисунок 2.14). Арильное кольцо, содержащее сильные донорные по мезомерному эффекту заместители, протонируется, что приводит к ретро-реакции Фриделя-Крафтса и образованию катиона **M**, который реагирует с бензолом и дает конечный индан **9**. Инверсия соотношения *цис*- и *транс*-изомеров косвенно указывает

на то, что процесс отщепления арильного заместителя и атака бензольного кольца происходят согласованно через образование пятикоординированного переходного состояния.

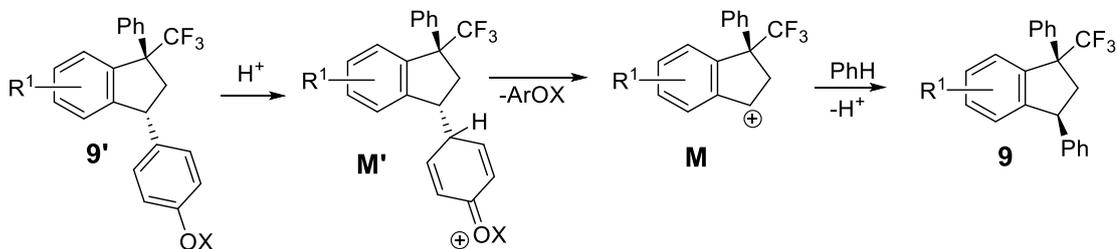


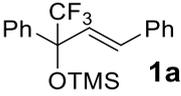
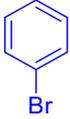
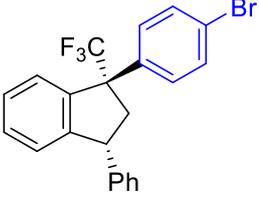
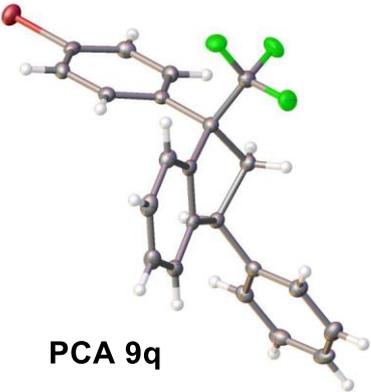
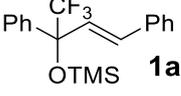
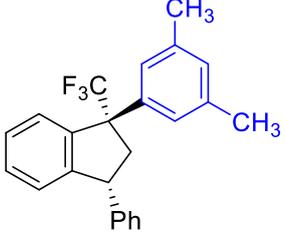
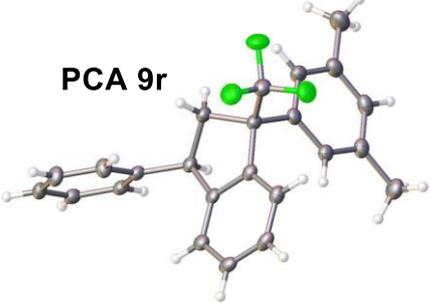
Рисунок 2.14 – Предполагаемый механизм арильного обмена в инданах **9**

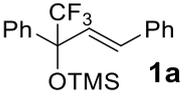
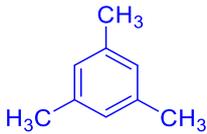
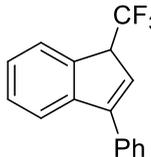
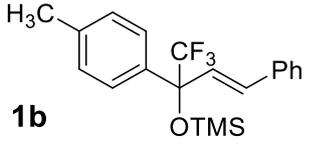
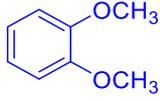
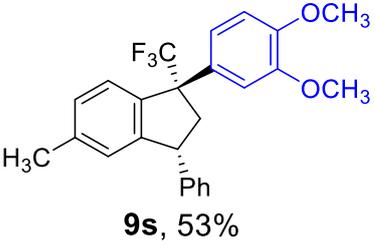
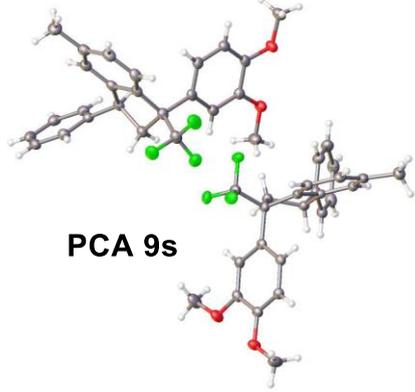
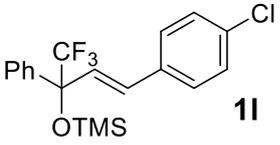
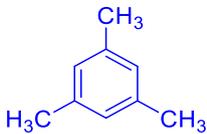
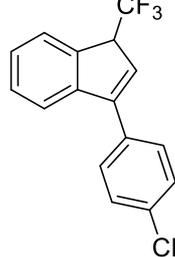
В реакциях **7**, **13** и **17** (таблица 7) арильный обмен не происходит, вероятно, из-за того, что образование катиона **M** не выгодно из-за наличия акцепторного заместителя R^1 (рисунок 2.14).

В таблице 8 приведены примеры реакций TMS-эфиров **1** с другими аренами. Реакции проводили в дихлорметане с использованием 1.1 экв. арена по отношению к TMS-эфиру **1**. Индены **10e** и **10f** получены после изомеризации при хроматографической очистке. *Транс*-инданы **9q**, **9r** и **9s** образуются стереоселективно, стереохимия определена методом РСА.

Структура соединений **9q**, **9r** и **9s** также указывает на то, что образование инданов происходит через протонирование инденов **10'** с образованием катиона **L** (рисунок 2.13). Мезитилен (1,3,5-триметилбензол) не вступает в реакцию с катионом **L**, вероятно, из-за стерических затруднений.

Таблица 8 – Реакции TMS-эфиров **1** с аренами

Опыт №	TMS-эфир 1	Арен	Индан 9
1	 <p>1a</p>		 <p>9q, 88%</p>  <p>PCA 9q</p>
2	 <p>1a</p>		 <p>9r, 99%</p>  <p>PCA 9r</p>

3	 <p>1a</p>		 <p>10e, 34%</p>
4	 <p>1b</p>		 <p>9s, 53%</p>  <p>PCA 9s</p>
5	 <p>1l</p>		 <p>10f, 30%</p>

2.4 Исследование реакций 1,5-диарил-3-трифторметилпент-1-ен-4-ин-3-олов и их TMS-эфиров с аренами в трифторметансульфоновой кислоте

На первом этапе были проведены модельные реакции 3-трифторметил-1,5-дифенилпент-1-ен-4-ин-3-ола **3aa** и его TMS-эфира **3a** с бензолом под действием 1.5 экв. TfOH при 0-5°C и использованием дихлорметана в качестве растворителя. Было найдено, что в обеих реакциях образуется енин **12aa**, причем в случае TMS-эфира выход оказывается значительно выше (рисунок 2.15). Поэтому дальнейшие исследования проводили для TMS-эфиров **3**.

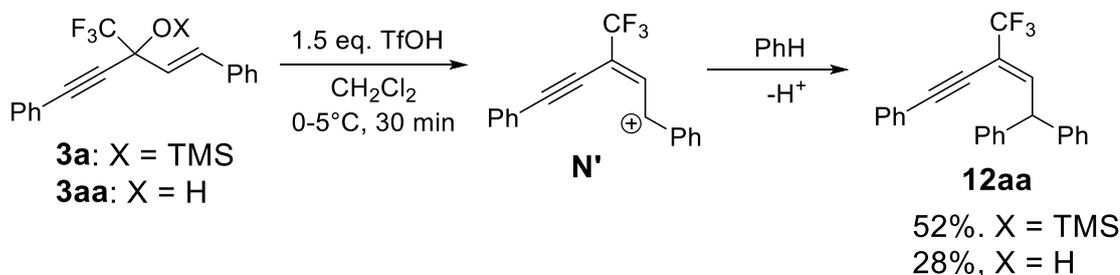


Рисунок 2.15 – Сравнение реакций енинола **3aa** и его TMS-эфира **3a** с бензолом

На рисунке 2.16 представлены продукты реакций TMS-эфиров **3** с различными аренами. Было найдено, что для TMS-эфиров **3** с фенильным и 4-метилфенильным заместителями при двойной связи реакции с аренами протекают при 0-5°C за 30 минут, в то время как в случае наличия акцепторных заместителей выходы енинов **12** оказываются выше при проведении реакции при комнатной температуре в течении 5 минут. В реакциях TMS-эфиров **3j** и **3k** и сильными донорными по мезомерному эффекту заместителями в арильном кольце при двойной связи (4-N(CH₃)₂ и 4-ОСН₃, соответственно) образуется неидентифицируемая смесь продуктов. Важно отметить, что во всех рассмотренных примерах образуются исключительно енины **12** с *E*-конфигурацией двойной связи. Исключение

составляет реакция с бензолом TMS-эфира **3d** с 4-нитрофенильным заместителем при двойной связи – в этом случае образуется смесь *E*- и *Z*-изомеров в соотношении 6.4 : 1. Интересный результат был получен при использовании дуrolа (1,2,4,5-тетраметилбензол) в реакции с TMS-эфиром **3a**. Помимо енина **12aha** был получен также аллен **12ahb**, причем общий выход составил 96% при соотношении продуктов 1 : 1. Поскольку в случае реакции с мезитиленом образования аллена не наблюдалось, можно предположить, что этот результат связан не со стерическим фактором, а с более сильными нуклеофильными свойствами дуrolа за счет четырех донорных метильных заместителей в кольце.

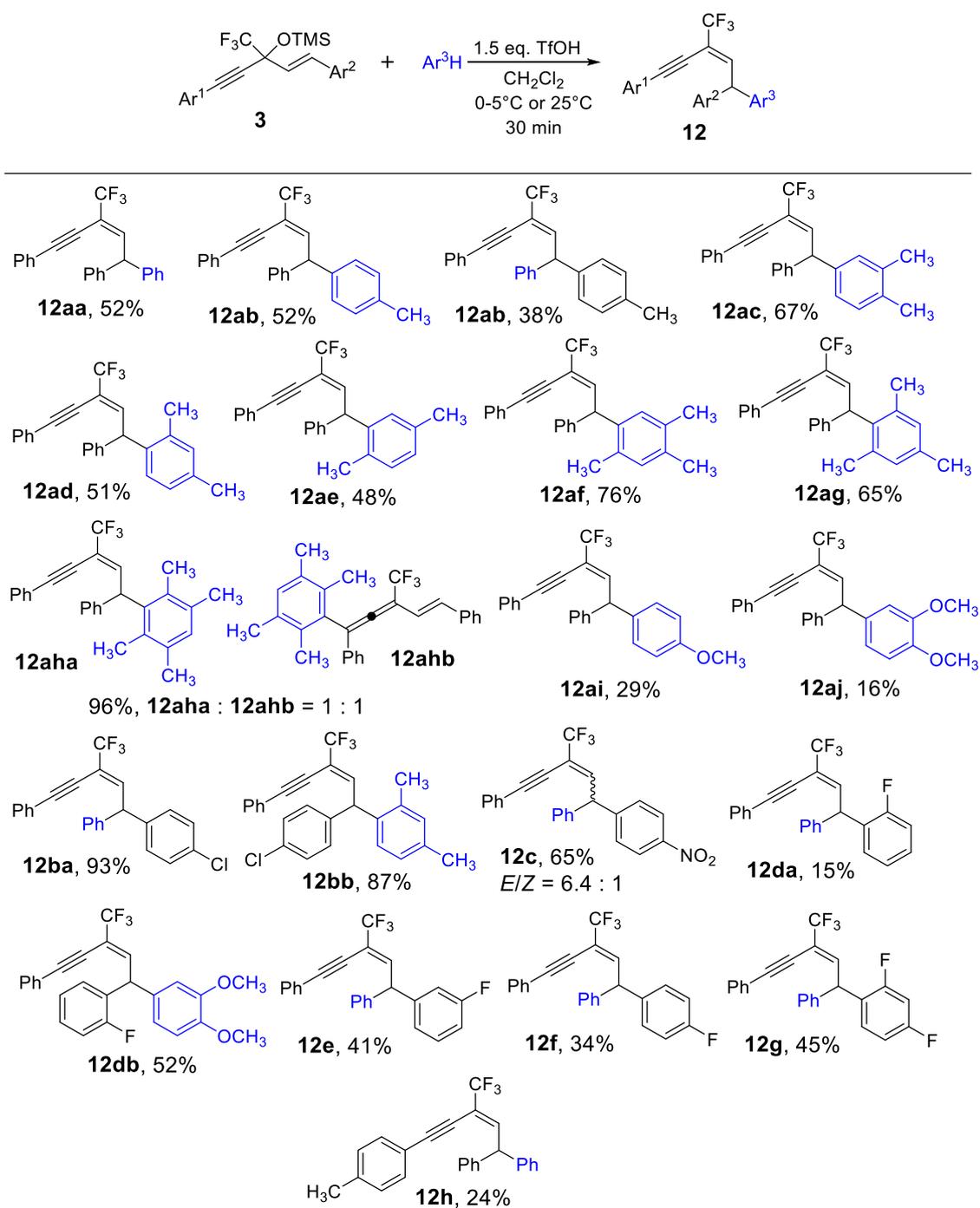


Рисунок 2.16 – Синтез енинов **12** по реакции TMS-эфиров **3** с ароматами

Конфигурацию двойной связи определяли методом двумерной спектроскопии ЯМР NOESY H-F по кросс-пику $\text{CF}_3\text{-C}^2\text{H}$ (рисунок 2.17).

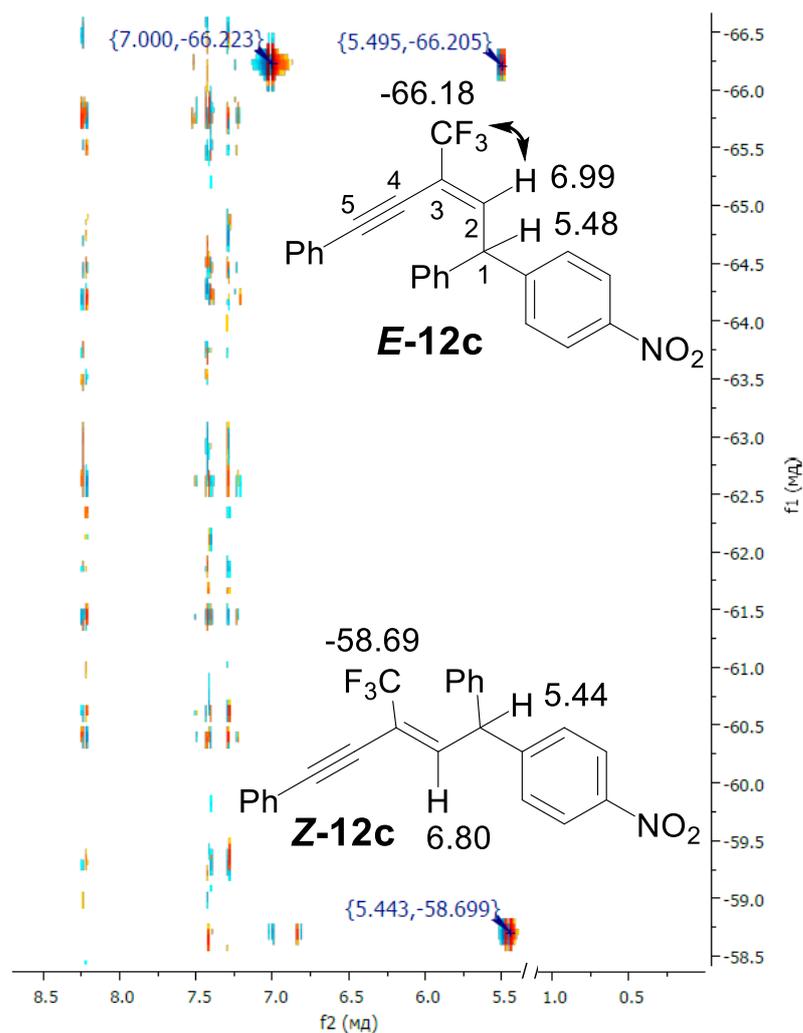


Рисунок 2.17 – Фрагмент спектра ЯМР NOESY H-F смеси *E*- и *Z*-изомеров соединения **12c**

Интересно, что в реакции TMS-эфира **3e** с бензолом основным продуктом оказался не енин **12da** (15%), а простой эфир **14b** (44%) (рисунок 2.18). Аналогичный эфир **14a** был получен из TMS-эфира **3a** под действием 1 экв. TfOH в дихлорметане, а также при разложении трифторацетата **13** при его взаимодействии с силикагелем в процессе хроматографической очистки.

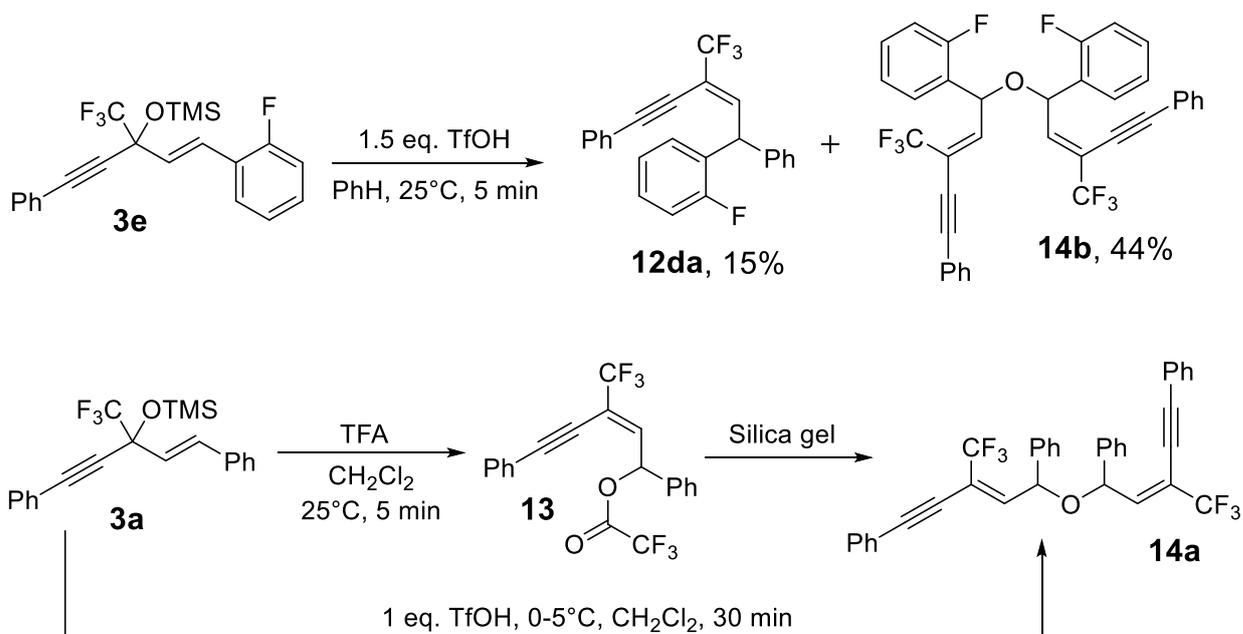


Рисунок 2.18 – Получение простых эфиров **14**

Эфиры **14** формально могут являться синтетическими аналогами TMS-эфиров **3**, однако селективность их реакций с аренами оказывается ниже, что было продемонстрировано на примере реакции **14a** с бензолом под действием 10 экв. TfOH при комнатной температуре. Полная конверсия исходного соединения достигается всего за минуту, а реакционная смесь содержит соединения **15a** (53%), **16aa** (4%) и **17aa** (20%) (рисунок 2.19).

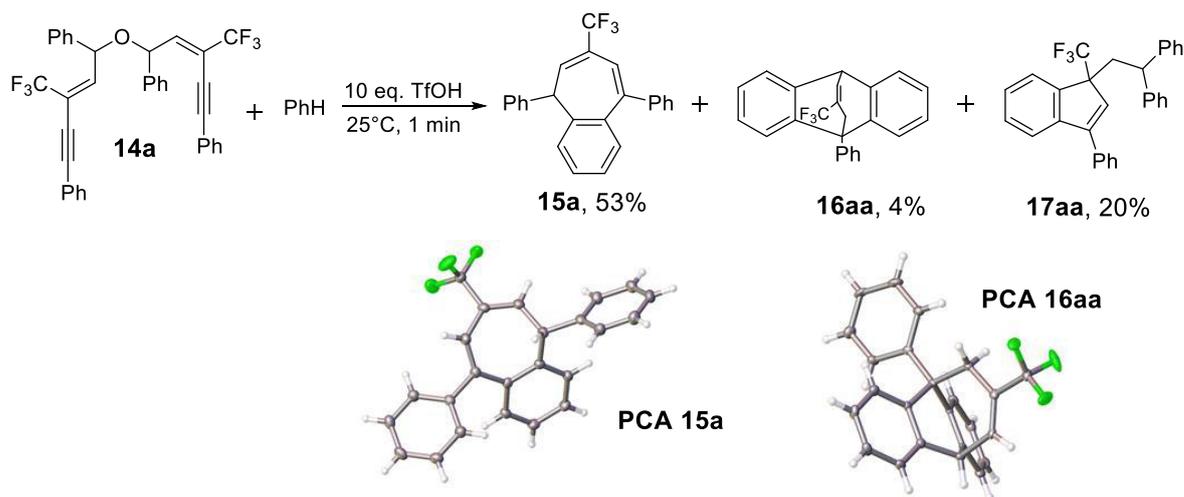


Рисунок 2.19 – Реакция эфира **14a** с бензолом

Исходя из структуры продуктов реакции, можно предположить следующий механизм катионных превращений (рисунок 2.20). Катион **N** (на рисунке представлен в виде резонансной формы **N'**), который может быть генерирован как из TMS-эфира **3**, так и из простого эфира **14** под действием TfOH, атакует арен с образованием енина **12**. Протонирование тройной связи дает катион **O**, который может циклизоваться по одному из арильных колец при атоме углерода C^1 с образованием соединения **15** или атаковать вторую молекулу арена, что приводит к диену **P**. Протонирование диена **P** и циклизация катиона **Q** дает инден **17**. Протонирование диена **P** и циклизация катиона **Q** дает инден **17**. Соединение **15** также может протонироваться с образованием катиона **R**, циклизация которого дает дигидроантрацен **16**.

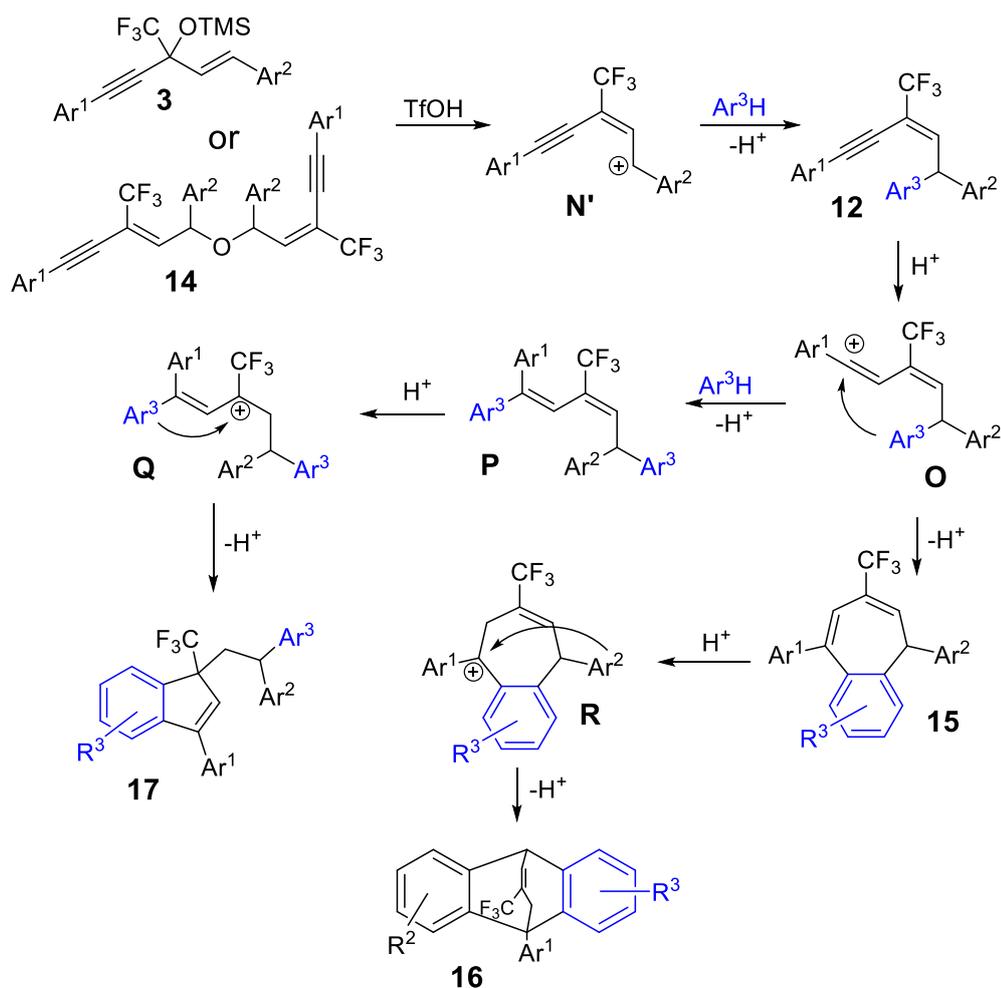


Рисунок 2.20 – Предполагаемый механизм катионных превращений, приводящих к образованию соединений **12**, **15**, **16** и **17**

Предложенный механизм косвенно подтверждается образованием соединений **15a** и **15b** в реакциях TMS-эфиров **3a** и **3i** с бензолом и вератролом, соответственно, под действием 3 экв. TfOH при 0-5°C, а также получением соединения **15a** при обработке енина **12aa** 3 экв. TfOH в тех же условиях (рисунок 2.21).

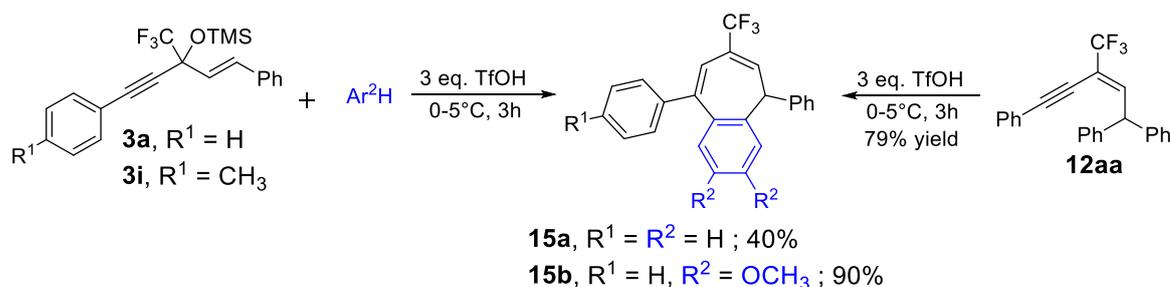
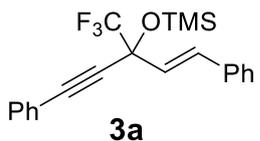
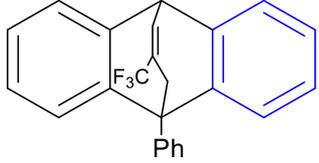
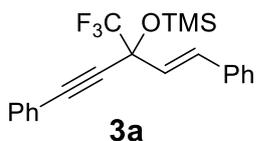
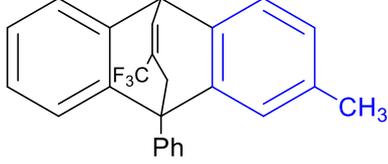
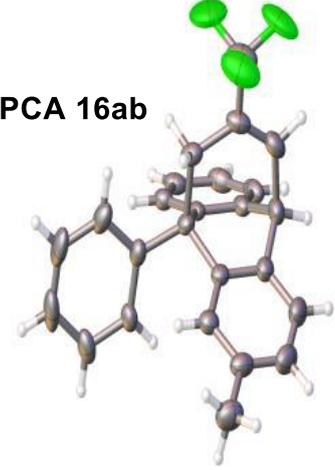
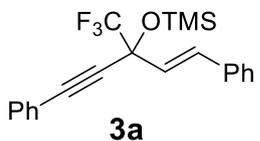
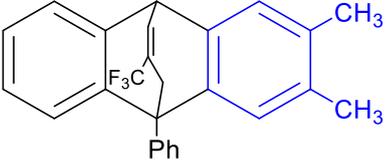
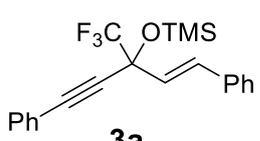
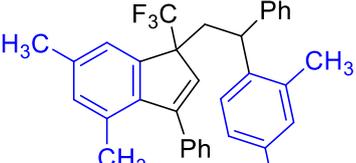


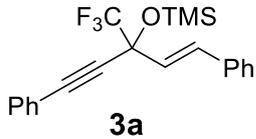
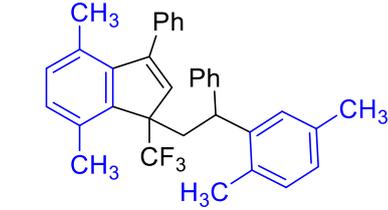
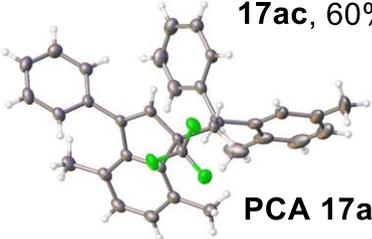
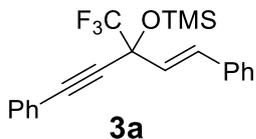
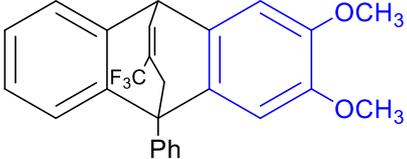
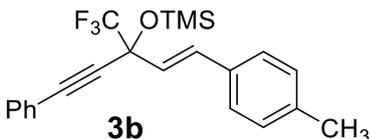
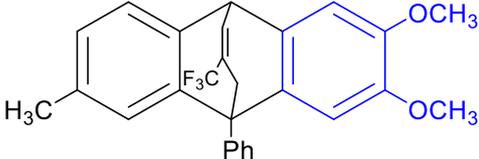
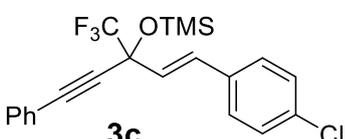
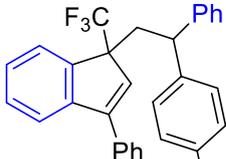
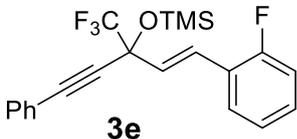
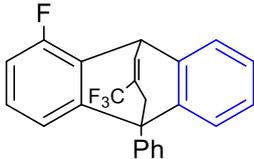
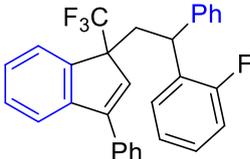
Рисунок 2.21 – Синтез 5H-бензо[7]аннуленов **15**

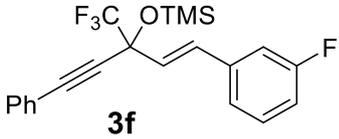
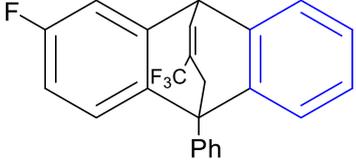
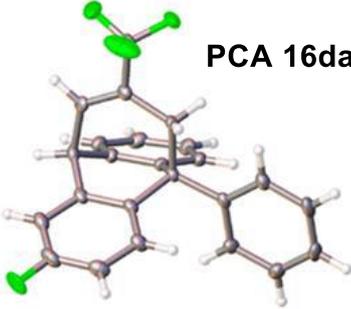
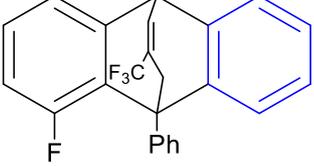
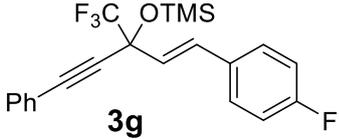
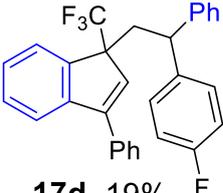
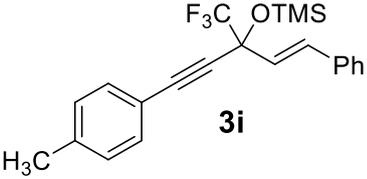
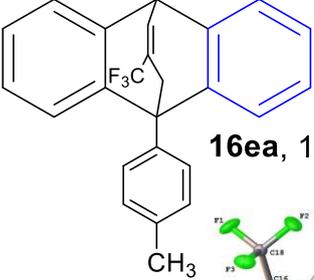
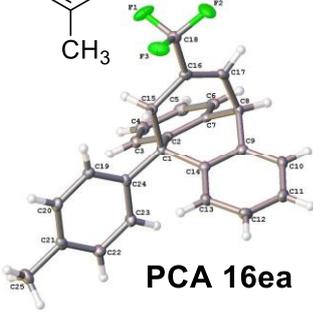
Оказалось, что для селективного получения соединений **15** из различных исходных TMS-эфиров **3** необходимо для каждого случая подбирать индивидуальные условия, поэтому в данном исследовании на примере трех описанных реакций продемонстрирована потенциальная возможность их получения.

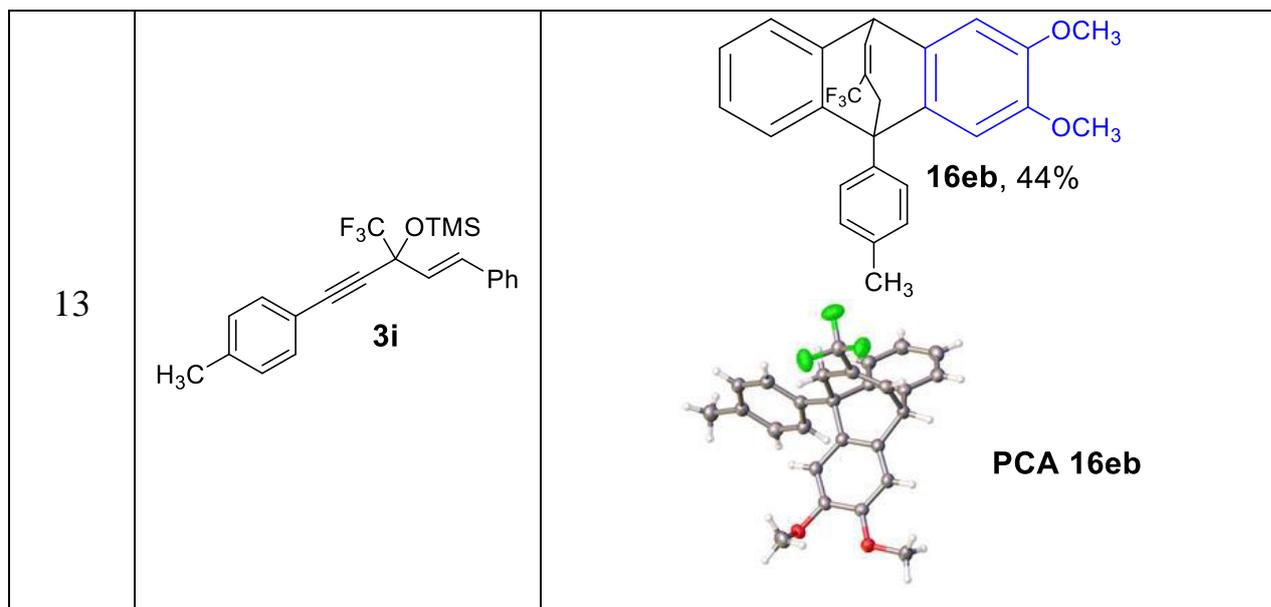
В таблице 9 представлены продукты реакций TMS-эфиров **3** с аренами под действием большого избытка (57 экв.) TfOH. Были получены серии дигидроантраценов **16** и инданов **17** с выходами 7-44% и 15-60%, соответственно. Образование того или иного продукта реакции определяется природой и положением заместителей в исходных TMS-эфирах **3** и в аренах.

Таблица 9 – Реакции TMS-эфиров **3** с аренами под действием 57 экв. TfOH

№ опыта	TMS-эфир 3	Продукт реакции, выход
1	 <p>3a</p>	 <p>16aa, 16%</p>
2	 <p>3a</p>	 <p>16ab, 7%</p>  <p>PCA 16ab</p>
3	 <p>3a</p>	 <p>16ac, 31%</p>
4	 <p>3a</p>	 <p>17ab, 15%</p>

5	 <p>3a</p>	 <p>17ac, 60%</p>  <p>PCA 17ac</p>
6	 <p>3a</p>	 <p>16ad, 18%</p>
7	 <p>3b</p>	 <p>16ba, 11%</p>
8	 <p>3c</p>	 <p>17b, 29%</p>
9	 <p>3e</p>	 <p>16ca, 8%</p>  <p>17c, 15%</p>

<p>10</p>	 <p>3f</p>	 <p>16da, 39%</p>  <p>PCA 16da</p>  <p>16db, 10%</p>
<p>11</p>	 <p>3g</p>	 <p>17d, 19%</p>
<p>12</p>	 <p>3i</p>	 <p>16ea, 10%</p>  <p>PCA 16ea</p>



Интересно, что для реакций 1, 5-7, 9, 11-13 (таблица 9) реакция протекает за 5 мин. при комнатной температуре при добавлении большого избытка TfOH к смеси TMS-эфира **3** и арена (1.1 экв.) в дихлорметане (или к раствору TMS-эфира **3** в бензоле в случае реакции с бензолом), в то время как реакции 2-4, 8, 10 проводили в две стадии. На первой стадии к смеси TMS-эфира **3** и арена (1.1 экв.) в дихлорметане при 0-5°C добавляли 1.5 экв. TfOH и перемешивали при данной температуре 30 минут. Затем реакционную смесь добавляли по каплям к охлажденному до -40°C раствору TfOH (57 экв.) в дихлорметане и перемешивали 1-1.5 часа, пока температура ацетоновой бани не достигала -10°C. Корреляция между оптимальными реакционными условиями и заместителями в исходных TMS-эфирах **3** и в аренах не была установлена.

Было найдено, что при наличии акцепторного заместителя (Cl, F) в арильном кольце при двойной связи TMS-эфира **3** в реакции с аренами под действием большого избытка TfOH индан **17** преобладает (опыт 9) или является единственным продуктом (опыты 8, 11, таблица 9), причем представлен единственным диастереомером. Однако, в реакции 10 образуется смесь двух изомерных дигидроантраценов **16da** и **16db**, поскольку благодаря электронодонорным по мезомерному эффекту

свойствам фторидный заместитель является активирующим *орто*- и *пара*-ориентантом. В случае фенильного и параметилфенильного заместителей при двойной связи TMS-эфира **3** в данной реакции образуется только дигидроантрацен **16**. Исключения составляют реакции с *м*-ксилолом и *п*-ксилолом (опыты 4 и 5, таблица 9). Образование в данном случае инданов **17** может быть обусловлено как повышенной нуклеофильностью ксилолов за счет наличия двух донорных метильных заместителей, так и стерическим фактором, затрудняющим циклизацию енина **12** в 5*H*-бензо[7]аннулен **15**.

В реакции 8 (таблица 9) оказывается достаточно небольшого избытка (1.1 экв.) бензола для образования индана **17b**. Однако, при добавлении раствора енина **12ba** в дихлорметане к раствору TfOH (57 экв.) в дихлорметане при -40°C может быть получен дигидроантрацен **16fa** (рисунок 2.22).

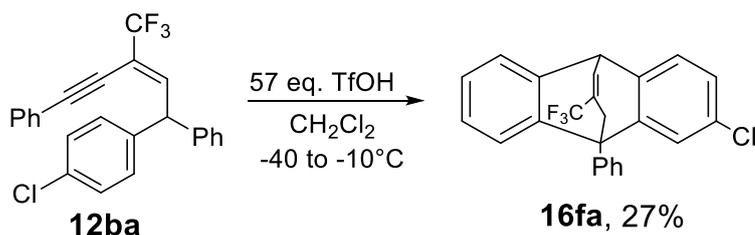


Рисунок 2.22 – Получение дигидроантрацена **16fa** из енина **12ba**

Кроме того, дигидроантрацен **16aa** был получен в реакциях енина **12aa** и бензоаннулена **15a** под действием 57 экв. TfOH при комнатной температуре (рисунок 2.23). Данный результат косвенно подтверждает предложенный механизм катионных превращений (рисунок 2.20).

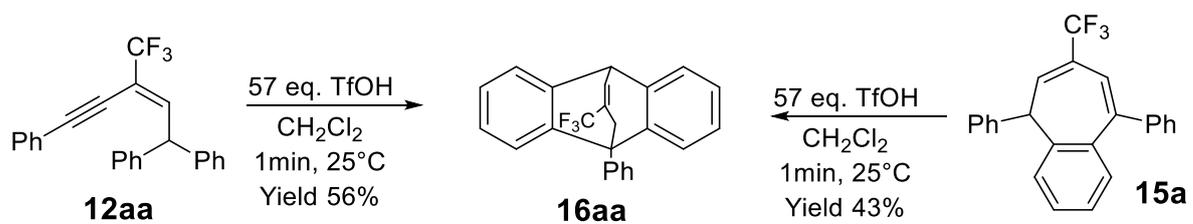


Рисунок 2.23 – Получение дигидроантрацена **16aa** из енина **12aa** и бензоаннулена **15a**

3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Спектры ЯМР ^1H , ^{13}C , ^{19}F регистрировали на спектрометре Bruker AM-400 и Bruker AM-500 (рабочие частоты 400, 100, 376 МГц соответственно) в CDCl_3 . В качестве внутренних стандартов использовали остаточные сигналы CHCl_3 (δ_{H} 7.26 м.д.) в спектрах ЯМР ^1H , сигнал растворителя CDCl_3 (δ_{C} 77.0 м.д.) – в спектрах ЯМР ^{13}C , сигнал CFCl_3 (δ_{F} 0.0 м.д.) – в спектрах ЯМР ^{19}F .

Масс-спектры высокого разрешения записывали на приборе Bruker-microTOF с ионизацией электроспреем и Varian 902-MS MALDI Mass Spectrometer. Хроматомасс-спектральный анализ смесей соединений выполняли на приборе G 2570A GC/MSD фирмы Agilent Technologies 6850с, капиллярная колонка HP-5MS (3м × 0.25 мм), толщина неподвижной фазы 0.25 мкм.

Значения температур плавления не скорректированы.

Колоночную и флеш-хроматографию осуществляли на силикагеле Merck 60 с использованием в качестве элюента системы петролейный эфир, петролейный эфир-этилацетат. Для препаративной ТСХ на пластинах использовали силикагель LS 5/40 мкм (с люминесцентным индикатором). Для ТСХ применяли пластины Alugram SIL G/UV-254 на алюминиевой основе. Детектирование пластин осуществляли в УФ-свете.

Для очистки и абсолютизации органических растворителей и используемых реагентов применялись стандартные лабораторные методики [195].

Данные рентгеноструктурного анализа получали на дифрактометрах Agilent Technologies (Oxford Diffraction) «Supernova», полученные данные были расшифрованы с помощью программы ShelXS [196]. CCDC 1568601 - (**5ca**), 1568595 - (**5be**), 1568602 - (**5cda**), 1568597 - (**5ce**), 1568599 - (**5eda**), 1568593 - (**5gb**), 1568594 - (**5gda**), 1568603 - (**5he**), 1578216 - (**5ic**), 1563374 - (**5ida**), 1568596 - (**5kda**), 1568598 - (**5ke**), 1568600 - (**5mda**), 1875102 - (**9b**), 1875106 - (**9ca**), 1875107 - (**9d**), 1875108 - (**9ea**), 1875109 - (**9f**), 1875110 - (**9g**), 1875111 - (**9h**), 1875112 - (**9k**), 1875116 - (**9l**), 1875113 - (**9mb**), 1875114 - (**9n**), 1875115 - (**9p**), 1875117 - (**9q**), 1875118 - (**9r**), 1875119 - (**9s**), 1589960 - (**15a**), 1589961 - (**16aa**), 1834975 - (**16ab**), 1589555 - (**16da**), 1575538 - (**16ea**), 1964950 - (**16eb**), 1964996 - (**17ac**), 1964995 - (**18a**) содержат кристаллографические данные, доступные на сайте www.ccdc.cam.ac.uk/conts/retrieving.html или в Cambridge Crystallographic Data Centre, 12 Union Road, Cambridge CB2 1EZ, UK; Fax: (internat.) + 44-1223-336-033; E-mail: deposit@ccdc.cam.ac.uk.

3.1 Синтез и свойства 2,4-диарил-2-триметилсилокси-1,1,1-трифторбут-3-енов 1, 2,4-диарил-2-триметилсилокси-1,1,1-трифторбут-3-инов 2 и 1,5-диарил-3-триметилсилокси-3-трифторметилпент-1-ен-4-инов 3

К раствору кетона (1 ммоль) в диметилловом эфире этиленгликоля (0.3 мл) при перемешивании добавили $\text{CF}_3\text{Si}(\text{Me})_3$ (167 мг, 1.17 ммоль) и фторид цезия (0.05 ммоль). Смесь перемешивали при 20°C 4 ч. По окончании реакции смесь вылили в воду (150 мл) и экстрагировали диэтиловым эфиром (3×70 мл), полученный экстракт промыли водой (50 мл), сушили Na_2SO_4 , растворитель удаляли в вакууме, остаток подвергали хроматографическому разделению на силикагеле [элюент: петролейный эфир (40-70) - этилацетат]. Выходы TMS-эфиров составили 40-97%. Соединения **1a-m** [178] и **2t** [197] описаны ранее.

(E)-2-Фенилбут-1,1,1-трифтор-(4-(3,4-дихлорфенил)-3-ен-2-ил)окси)триметилсилоксан (1n): Выход 545 мг (72%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м.д.: 0.13 (с, 9H), 6.52 (д, $^3J = 16.2$ Гц, 1H), 6.64 (д, $^3J = 16.2$ Гц, 1H), 7.24 (дд, $^3J = 8.3$ Гц, $^4J = 2.0$ Гц, 1H), 7.38 – 7.41 (м, 3H), 7.42 (д, $^3J = 8.3$ Гц, 1H), 7.47 (д, $^4J = 2.0$ Гц, 1H), 7.54 – 7.59 (м, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 101 МГц) δ , м.д.: 2.1, 80.0 (кв, $J = 29.0$ Гц), 125.0 (кв, $J = 286.9$ Гц), 126.0, 127.9 (кв, $J = 1.3$ Гц), 128.3, 128.8, 128.9, 129.3, 130.9, 132.58, 132.59 (кв, $J = 0.9$ Гц), 133.2, 136.0, 137.8. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м.д.: -76.88 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{19}\text{H}_{19}\text{Cl}_2\text{F}_3\text{OSiNa}^+$ $[\text{M}+\text{Na}]^+$ 441.0427, найдено 441.0427.

(E)-(2-(2,4,5-Триметилфенил)-4-фенилбут-1,1,1-трифтор-3-ен-2-ил)триметилсилоксан (1o): Выход 415 мг (53%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м.д.: 0.12 (с, 9H), 2.27 (с, 3H), 2.29 (с, 3H), 2.38 (с, 3H), 6.50 (д, $^3J = 16.4$ Гц, 1H), 6.71 (д, $^3J = 16.4$ Гц, 1H), 6.99 (с, 1H), 7.28 – 7.34 (м, 1H), 7.34 – 7.41 (м, 3H), 7.46 – 7.41 (м, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 101 МГц) δ , м.д.: 19.3, 19.7, 22.1 (кв, $J = 1.5$ Гц), 81.0 (кв, $J = 28.4$ Гц), 125.6 (кв, $J = 287.8$ Гц), 126.9,

128.3, 128.5, 128.9, 129.8 (кв, $J = 2.1$ Гц), 133.3, 133.8, 134.1 (кв, $J = 0.8$ Гц), 134.4, 135.2, 136.2, 136.9. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м.д.: -74.51 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{22}\text{H}_{27}\text{F}_3\text{OSiNa}^+ [\text{M}+\text{Na}]^+$ 415.1675, найдено 415.1672.

(E)-2-(3,4-Диметоксифенил)-1,1,1-трифтор-(4-(4-хлорфенил)бут-3-ен-2-ил)триметилсилоксан (1p): Выход 676 мг (92%). ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м.д.: 0.14 (с, 9H), 3.91 (с, 3H), 3.88 (с, 3H), 6.50 (д, $^3J = 16.3$ Гц, 1H), 6.67 (д, $^3J = 16.3$ Гц, 1H), 6.88 (д, $^3J = 9.0$ Гц, 1H), 7.15 – 7.08 (м, 2H), 7.33 (с, 4H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 101 МГц) δ , м.д.: 2.1, 56.0, 56.1, 79.9 (кв, $J = 29.0$ Гц), 110.6, 111.5 (кв, $J = 1.1$ Гц), 120.7 (кв, $J = 1.3$ Гц), 125.1 (кв, $J = 286.8$ Гц), 127.8, 128.2, 129.2, 130.2, 134.0 (кв, $J = 0.6$ Гц), 134.4, 134.6, 148.5, 149.4. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м.д.: -77.43 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{21}\text{H}_{24}\text{ClF}_3\text{O}_3\text{SiNa}^+ [\text{M}+\text{Na}]^+$ 467.1028, найдено 467.1042.

(E)-4-(3,4-Диметоксифенил)-1,1,1-трифтор-(2-(4-хлорфенил)бут-3-ен-2-ил)триметилсилоксан (1q): Выход 654 мг (89%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м.д.: 0.17 (с, 9H), 3.90 (с, 3H), 3.91 (с, 3H), 6.40 (д, $^3J = 16.3$ Гц, 1H), 6.57 (д, $^3J = 16.3$ Гц, 1H), 6.86 (д, $^3J = 8.3$ Гц, 1H), 6.93 (д, $^4J = 1.5$ Гц, 1H), 6.97 (дд, $^3J = 8.3$, $^4J = 1.5$ Гц, 1H), 7.38 (д, $^3J = 8.6$ Гц, 2H), 7.56 (д, $^3J = 8.6$ Гц, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 101 МГц) δ , м.д.: 2.1, 56.0, 79.8 (кв, $J = 28.9$ Гц), 109.3, 111.4, 120.3, 124.3, 125.0 (кв, $J = 286.8$ Гц), 128.2, 128.5, 129.6, 134.7, 135.8, 136.8, 149.4, 150.0. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м.д.: -77.87 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{21}\text{H}_{24}\text{ClF}_3\text{O}_3\text{SiNa}^+ [\text{M}+\text{Na}]^+$ 467.1028, найдено 467.1045.

(E)-2-(3,4-Дихлорфенил)-4-фенил-1,1,1-трифторбут-3-ен-2-ил)триметилсилоксан (1r): Выход 545 мг (72%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м.д.: 0.18 (с, 9H), 6.51 (д, $^3J = 16.4$ Гц, 1H), 6.65 (д, $^3J = 16.4$ Гц, 1H), 7.32 – 7.44 (м, 6H), 7.47 (д, $^3J = 8.5$ Гц, 1H), 7.70 (д, $^4J = 1.1$ Гц, 1H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 101 МГц) δ , м.д.: 2.2, 79.5 (кв, $J = 29.2$ Гц), 124.7 (кв, $J = 286.7$ Гц), 125.9, 127.0, 127.5 (кв, $J = 1.3$ Гц), 129.1, 129.2, 130.1, 130.2 (кв, $J = 1.1$ Гц), 132.5, 133.1, 135.4, 136.4 (кв, $J = 0.8$ Гц), 138.7. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м.д.: -77.21 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{19}\text{H}_{19}\text{Cl}_2\text{F}_3\text{OSiAg}^+ [\text{M}+\text{Ag}]^+$ 524.9580, найдено 525.0019.

(E)-(2-(3,4-Диметоксифенил)-4-(3,4-дихлорфенил)-1,1,1-трифторбут-3-ен-2-ил)триметилсилоксан (1s): Выход 604 мг (85%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м.д.: 0.14 (с, 9H), 3.88 (с, 3H), 3.90 (с, 3H), 6.52 (д, $^3J = 16.2$ Гц, 1H), 6.65 (д, $^3J = 16.2$ Гц, 1H), 6.84 – 6.91 (м, 1H), 7.08 – 7.12 (м, 2H), 7.24 (дд, $^3J = 8.4$, $^4J = 2.0$ Гц, 1H), 7.41 (д, $^3J = 8.4$ Гц, 1H), 7.48 (д, $^4J = 2.0$ Гц, 1H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 101 МГц) δ , м.д.: 2.1, 55.96, 56.00, 79.8 (кв, $J = 29.1$ Гц), 110.6, 111.4 (кв, $J = 1.0$ Гц), 120.6 (кв, $J = 0.8$ Гц), 125.0 (кв, $J = 286.8$ Гц), 125.9, 128.7, 129.3, 130.0, 130.9, 132.5, 132.6, 133.2, 135.9, 148.6, 149.5. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м.д.: -77.04 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{21}\text{H}_{23}\text{Cl}_2\text{F}_3\text{O}_3\text{SiNa}^+ [\text{M}+\text{Na}]^+$ 501.0638, найдено 501.0661.

(E)-(2-(Тиофен-2-ил)-4-фенил-1,1,1-трифторбут-3-ен-2-ил)триметилсилоксан (1t): Выход 624 мг (75%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м.д.: 0.16 (с, 9H), 6.59 (д, $^3J = 16.0$ Гц, 1H), 6.87 (д, $^3J = 16.0$ Гц, 1H), 7.07 (дд, $^3J = 4.9$, 3.6 Гц, 1H), 7.17 (д, $^3J = 3.6$ Гц, 1H), 7.30 – 7.40 (м, 4H), 7.42 – 7.48 (м, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 101 МГц) δ , м.д.: 1.9, 78.7 (кв, $J = 30.5$ Гц), 124.7 (кв, $J = 286.4$ Гц), 126.2, 126.4, 127.2, 127.2, 127.4 (кв, $J = 1.6$ Гц), 128.9, 129.0, 135.5 (кв, $J = 0.7$ Гц), 135.7, 142.3. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м.д.: -78.98 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{17}\text{H}_{19}\text{F}_3\text{OSSiNa}^+ [\text{M}+\text{Na}]^+$ 379.0770, найдено 379.0779.

(2,4-Дифенил-1,1,1-трифторбут-3-ин-2-ил)триметилсилоксан (2a). Выход 665 мг (85%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м.д.: 0.25 (с, 9H), 7.36-7.43 (м, 6H), 7.54-7.56 (2H, м), 7.79-7.81 (м, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м.д.: 1.5, 74.7 (кв, $J = 32.2$ Гц), 85.3, 89.0, 121.5, 123.5 (кв, $J = 286.0$ Гц), 127.6 (кв, $J = 0.8$ Гц), 128.1, 128.7, 129.3, 129.6, 132.0, 137.7. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м.д.: -80.63. HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{19}\text{H}_{19}\text{F}_3\text{OSiAg}^+ [\text{M}+\text{Ag}]^+$ 455.0203, найдено 455.0208.

(2-(3-Метилфенил)-4-фенил-1,1,1-трифторбут-3-ин-2-ил)триметилсилоксан (2b). Выход 712 мг (91%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м.д.: 0.25 (с, 9H), 2.42 (с, 3H), 7.21 (д, $^3J 7.5$ Гц, 1H), 7.30 (т, $^3J 7.5$ Гц, 1H), 7.36-7.42 (м, 3H), 7.53-7.57 (м, 2H), 7.58 (с, 1H), 7.58-7.60 (м, 1H).

ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м.д.: 1.5, 21.7, 74.9 (кв, $J = 32.9$ Гц), 85.5, 88.9, 121.6, 123.5 (кв, $J = 285.9$ Гц), 124.7, 127.8, 128.2 (кв, $J = 0.6$ Гц), 128.7, 129.5, 130.0, 132.0, 137.6, 137.8. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м.д.: -80.57 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{20}\text{H}_{21}\text{F}_3\text{OSiAg}^+ [\text{M}+\text{Ag}]^+$ 469.0360, найдено 469.0371.

(2-(3,4-Диметилфенил)-4-фенил-1,1,1-трифторбут-3-ин-2-ил)триметилсилоксан (2c). Выход 715 мг (92%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м.д.: 0.24 (с, 9H), 2.30 (с, 3H), 2.32 (с, 3H), 7.17 (д, 3J 7.8 Гц, 1H), 7.36-7.43 (м, 3H), 7.50-7.56 (м, 4H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м.д.: 1.5, 19.7, 20.2, 74.8 (кв, $J = 32.4$ Гц), 85.6, 88.7, 121.7, 123.6 (кв, $J = 286.0$ Гц), 125.0, 128.6, 128.7, 129.4, 129.4, 132.0, 135.1, 136.3, 137.8. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м.д.: -80.67 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{21}\text{H}_{23}\text{F}_3\text{OSiAg}^+ [\text{M}+\text{Ag}]^+$ 483.0516, найдено 483.0512.

(4-Фенил-1,1,1-трифтор-2-(4-хлорфенил)бут-3-ин-2-ил)триметилсилоксан (2d). Выход 725 мг (93%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м.д.: 0.24 (с, 9H), 7.36-7.43 (м, 5H), 7.53-7.55 (м, 2H), 7.72 (д, $^3J = 8.5$ Гц, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м.д.: 1.5, 74.7 (кв, $J = 32.7$ Гц), 84.7, 89.4, 121.2, 123.3 (кв, $J = 285.8$ Гц), 128.4, 128.7, 129.1 (кв, $J = 0.5$ Гц), 129.7, 132.0, 135.5, 136.4. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м.д.: -80.74 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{19}\text{H}_{18}\text{ClF}_3\text{OSiAg}^+ [\text{M}+\text{Ag}]^+$ 488.9813, найдено 488.9800.

(2-(4-Бромфенил)-4-фенил-1,1,1-трифторбут-3-ин-2-ил)триметилсилоксан (2e). Выход 760 мг (97%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м.д.: 0.25 (с, 9H), 7.36-7.43 (м, 3H), 7.53-7.56 (м, 4H), 7.66 (д, $^3J = 8.5$ Гц, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м.д.: 1.5, 74.6 (кв, $J = 32.5$ Гц), 84.7, 89.4, 121.2, 123.3 (кв, $J = 285.8$ Гц), 123.8, 128.7, 129.4, 129.7, 131.4, 132.0, 136.9. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м.д.: -80.72 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{19}\text{H}_{18}\text{BrF}_3\text{OSiAg}^+ [\text{M}+\text{Ag}]^+$ 532.9308, найдено 532.9287.

(2-(2-Бромфенил)-4-фенил-1,1,1-трифторбут-3-ин-2-ил)триметилсилоксан (2f). Выход 707 мг (90%). Масло. Спектр ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м.д.: 0.29 (с, 9H), 7.22 (дт, $^3J = 7.9$ Гц, $^4J = 1.3$ Гц, 1H), 7.36-7.42 (м, 4H), 7.55-7.57 (м, 2H), 7.69 (дд, 3J 7.9 Гц, 4J 1.3 Гц, 1H), 7.98 (дд,

$^3J = 7.9$ Гц, $^4J = 1.3$ Гц, 1H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м.д.: 1.6, 75.1 (кв, $J = 32.9$ Гц), 84.5, 90.8, 121.6, 122.0, 123.6 (кв, $J = 287.4$ Гц), 127.2, 128.7, 129.6, 130.6, 131.1, 131.8, 135.4, 136.2. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м.д.: -78.56 (с). HRMS (ESI): $\text{C}_{19}\text{H}_{18}\text{BrF}_3\text{OSiAg}$ найдено 532.9299 $[\text{M}+\text{Ag}]^+$; вычислено 532.9308.

(2-(4-Нитрофенил)-4-фенил-1,1,1-трифторбут-3-ин-2-

ил)триметилсилоксан (2g). Выход 407 мг (52%). Твердое вещество. Т. пл. 69-71°C. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м.д.: 0.27 (с, 9H), 7.38- 7.45 (м, 3H), 7.53-7.56 (м, 2H), 7.98 (д, $^3J = 8.8$ Гц, 2H), 8.28 (д, $^3J = 8.8$ Гц, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м.д.: 1.4, 74.5 (кв, $J = 32.9$ Гц), 83.9, 90.2, 120.8, 123.0 (кв, $J = 286.4$ Гц), 123.4, 128.8, 128.8, 130.0, 132.0, 144.7, 148.7. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м.д.: -55 80.31 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{19}\text{H}_{18}\text{F}_3\text{NO}_3\text{SiAg}^+$ $[\text{M}+\text{Ag}]^+$ 500.0054, найдено 500.0040.

(2,4-Бис(4-метилфенил)-1,1,1-трифторбут-3-ин-2-

ил)триметилсилоксан (2h). Выход 650 мг (83%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м.д.: 0.23 (с, 9H), 2.39 (с, 6H), 7.18 (д, $^3J = 8.1$ Гц, 2H), 7.21 (д, $^3J = 8.1$ Гц, 2H), 7.43 (д, $^3J = 8.1$ Гц, 2H), 7.66 (д, $^3J = 8.1$ Гц, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м.д.: 1.5, 21.3, 21.7, 74.8 (кв, $J = 32.3$ Гц), 84.8, 89.1, 118.6, 123.6 (кв, $J = 285.7$ Гц), 127.5, 128.8, 129.4, 131.9, 134.9, 139.1, 139.8. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м.д.: -80.76 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{21}\text{H}_{23}\text{F}_3\text{OSiAg}^+$ $[\text{M}+\text{Ag}]^+$ 483.0516, найдено 483.0516.

(2-(3-Метилфенил)-4-(4-метилфенил)-1,1,1-трифторбут-3-ин-2-

ил)триметилсилоксан (2i). Выход 587 мг (75%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м.д.: 0.24 (с, 9H), 2.39 (с, 3H), 2.41 (с, 3H), 7.18-7.21 (м, 3H), 7.29 (т, $^3J = 8.0$ Гц, 1H), 7.44 (д, $^3J = 8.1$ Гц, 2H), 7.57 (с, 1H), 7.57-7.59 (м, 1H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м.д.: 1.5, 21.7, 21.7, 74.9 (кв, $J = 32.2$ Гц), 84.8, 89.1, 118.6, 123.5 (кв, $J = 286.0$ Гц), 124.7 (кв, $J = 0.4$ Гц), 128.0, 128.2, 129.4, 130.0, 131.9, 137.7, 137.7, 139.8. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м.д.: -80.59 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{21}\text{H}_{23}\text{F}_3\text{OSiAg}^+$ $[\text{M}+\text{Ag}]^+$ 483.0512, найдено 483.0516.

(4-(3,4-Диметилфенил)-2-фенил-1,1,1-трифторбут-3-ин-2-

ил)триметилсилоксан (2j). Выход 736 мг (94%). Твердое вещество, Т. пл. 91-93°C. ЯМР ¹H (CDCl₃, 400 МГц) δ, м.д.: 0.25 (с, 9H), 2.29 (с, 3H), 2.30 (с, 3H), 7.15 (д, ³J = 7.7 Гц, 1H), 7.30 (дд, ³J = 7.7 Гц, ⁴J = 1.3 Гц, 1H), 7.33 (с, 1H), 7.38-7.46 (м, 3H), 7.77-7.84 (м, 2H). ЯМР ¹³C (CDCl₃, 100 МГц) δ, м.д.: 1.5, 19.7, 20.0, 74.9 (кв, J = 36.2 Гц), 84.4, 89.4, 118.8, 123.5 (кв, J = 285.9 Гц), 127.6, 128.1, 129.2, 129.5, 130.0, 132.9, 137.1, 137.9, 138.7. ЯМР ¹⁹F (CDCl₃, 376 МГц) δ, м.д.: -80.64 (с). HRMS (ESI): вычислено для C₂₁H₂₃F₃OSiAg⁺ [M+Ag]⁺ 483.0516, найдено 483.0507.

(2,4-Бис(3,4-диметилфенил)-1,1,1-трифторбут-3-ин-2-

ил)триметилсилоксан (2k). Выход 587 мг (75%). Масло. ЯМР ¹H (CDCl₃, 400 МГц) δ, м.д.: 0.24 (с, 9H), 2.28 (с, 3H), 2.30 (с, 6H), 2.32 (с, 3H), 7.14 (д, ³J = 7.8 Гц, 1H), 7.17 (д, ³J = 7.8 Гц, 1H), 7.29 (д, ³J = 7.8 Гц, 2H), 7.32 (с, 1H), 7.50-7.53 (м, 1H), 7.53 (с, 1H). ЯМР ¹³C (CDCl₃, 100 МГц) δ, м.д.: 1.5, 19.7, 19.7, 20.0, 20.1, 74.8 (кв, J = 32.4 Гц), 84.7, 89.1, 119.0, 123.6 (кв, J = 285.7 Гц), 125.0, 128.7, 129.4, 129.5, 129.9, 132.9, 135.3, 136.2, 137.1, 137.7, 138.5. ЯМР ¹⁹F (CDCl₃, 376 МГц) δ, м.д.: -80.69 (с). HRMS (ESI): вычислено для C₂₃H₂₇F₃OSiAg⁺ [M+Ag]⁺ 511.0829, найдено 511.0817.

(2-Фенил-1,1,1-трифтор-4-(4-хлорфенил)бут-3-ин-2-

ил)триметилсилоксан (2l). Выход 673 мг (86%). Масло. ЯМР ¹H (CDCl₃, 400 МГц) δ, м.д.: 0.23 (с, 9H), 7.34-7.38 (м, 2H), 7.39-7.43 (м, 3H), 7.45-7.49 (м, 2H), 7.74-7.78 (м, 2H). ЯМР ¹³C (CDCl₃, 100 МГц) δ, м.д.: 1.5, 74.9 (кв, J = 32.5 Гц), 86.3, 87.8, 119.9, 123.4 (кв, J = 286.0 Гц), 127.5, 128.2, 129.1, 129.4, 133.2, 135.8, 137.4. ЯМР ¹⁹F (CDCl₃, 376 МГц) δ, м.д.: -80.59 (с). HRMS (ESI): вычислено для C₁₉H₁₈ClF₃OSiAg⁺ [M+Ag]⁺ 488.9813, найдено 488.9804.

(1,1,1-Трифтор-2,4-бис(4-хлорфенил)бут-3-ин-2-

ил)триметилсилоксан (2m). Выход 556 мг (71%). Масло. ЯМР ¹H (CDCl₃, 400 МГц) δ, м.д.: 0.23 (с, 9H), 7.37 (д, ³J = 8.3 Гц, 2H), 7.39 (д, ³J = 8.3 Гц, 2H), 7.46 (д, ³J = 8.5 Гц, 2H), 7.69 (д, ³J = 8.5 Гц, 2H). ЯМР ¹³C (CDCl₃, 100 МГц) δ, м.д.: 1.4, 74.5 (кв, J = 32.7 Гц), 85.7, 88.2, 119.6, 123.2 (кв, J = 286.1 Гц), 128.5,

129.0, 129.2, 133.2, 135.6, 136.0, 136.1. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м.д.: -80.69 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{19}\text{H}_{17}\text{Cl}_2\text{F}_3\text{OSiAg}^+ [\text{M}+\text{Ag}]^+$ 522.9424, найдено 522.9402.

(4-(4-Бромфенил)-2-фенил-1,1,1-трифторбут-3-ин-2-

ил)триметилсилоксан (2n). Выход 587 мг (75%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м.д.: 0.23 (с, 9H), 7.39-7.43 (м, 5H), 7.53 (д, $^3J = 8.5$ Гц, 2H), 7.76-7.77 (м, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м.д.: 1.5, 74.9 (кв, $J = 32.6$ Гц), 86.5, 87.9, 120.4, 123.4 (кв, $J = 285.9$ Гц), 124.1, 127.5, 128.2, 129.4, 132.1, 133.4, 137.4. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м.д.: -80.58 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{19}\text{H}_{18}\text{BrF}_3\text{OSiAg}^+ [\text{M}+\text{Ag}]^+$ 532.9308, найдено 532.9276.

(2,4-Бис(4-бромфенил)-1,1,1-трифторбут-3-ин-2-

ил)триметилсилосан (2o). Выход 650 мг (83%). Твердое вещество, Т. пл. 62-64°C. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м.д.: 0.22 (с, 9H), 7.38 (д, $^3J = 8.4$ Гц, 2H), 7.53 (д, $^3J = 8.4$ Гц, 2H), 7.54 (д, $^3J = 8.5$ Гц, 2H), 7.62 (д, $^3J = 8.5$ Гц, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м.д.: 1.4, 74.6 (кв, $J = 32.9$ Гц), 85.8, 88.3, 120.1, 123.1 (кв, $J = 286.1$ Гц), 123.9, 124.3, 129.3 (кв, $J = 0.4$ Гц), 131.4, 132.1, 133.4, 136.6. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м.д.: -80.68 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{19}\text{H}_{17}\text{Br}_2\text{F}_3\text{OSiAg}^+ [\text{M}+\text{Ag}]^+$ 610.8413, найдено 610.8390.

(4-(4-Нитрофенил)-2-фенил-1,1,1-трифторбут-3-ин-2-

ил)триметилсилоксан (2p). Выход 313 мг (40%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м.д.: 0.24 (с, 9H), 7.41-7.45 (м, 3H), 7.70 (д, $^3J = 8.9$ Гц, 2H), 7.74-7.76 (м, 2H), 8.26 (д д, $^3J = 8.9$ Гц, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м.д.: 1.5, 75.0 (кв, $J = 32.5$ Гц), 86.7, 90.2, 123.3 (кв, $J = 286.1$ Гц), 124.0, 127.4, 128.0, 128.3, 129.6, 132.9, 136.9, 148.1. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м.д.: -80.44 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{19}\text{H}_{18}\text{F}_3\text{NO}_3\text{SiAg}^+ [\text{M}+\text{Ag}]^+$ 500.0054, найдено 500.0057.

(4-(4-Метилфенил)-2-фенил-1,1,1-трифторбут-3-ин-2-

ил)триметилсилоксан (2q). Выход 611 мг (78%). Твердое вещество. Т. пл. 51-53°C. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м.д.: 0.24 (с, 9H), 2.39 (с, 3H), 7.19 (д, $^3J = 8.0$ Гц, 2H), 7.40-7.42 (м, 3H), 7.45 (д, $^3J = 8.0$ Гц, 2H), 7.79-7.81 (м, 2H).

ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м.д.: 1.5, 21.7, 74.9 (кв, $J = 32.4$ Гц), 84.7, 89.2, 118.5, 123.5 (кв, $J = 285.7$ Гц), 127.6, 128.1, 129.2, 129.4, 131.9, 137.8, 139.9. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м.д.: -80.64 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{20}\text{H}_{21}\text{F}_3\text{OSiAg}^+ [\text{M}+\text{Ag}]^+$ 469.0360, найдено 469.0366.

(4-(2,4-Диметилфенил)-4-фенил-1,1,1-трифторбут-3-ин-2-ил)триметилсилоксан (2r). Выход 634 мг (81%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м.д.: 0.23 (с, 9H), 2.36 (с, 3H), 2.48 (с, 3H), 7.01 (д, $^3J = 7.8$ Гц, 1H), 7.09 (с, 1H), 7.38-7.44 (м, 4H), 7.80-7.82 (м, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м.д.: 1.5, 20.7, 21.6, 75.0 (кв, $J = 32.3$ Гц), 88.3, 88.5, 58 118.3, 123.6 (кв, $J = 285.9$ Гц), 126.7, 127.7, 128.1, 129.2, 130.7, 132.3, 137.9, 139.8, 141.1. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м.д.: -80.67 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{21}\text{H}_{23}\text{F}_3\text{OSiAg}^+ [\text{M}+\text{Ag}]^+$ 483.0516, найдено 483.0511.

(2-(4-Метилфенил)-4-фенил-1,1,1-трифторбут-3-ин-2-ил)триметилсилоксан (2s). Выход 95%. Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м.д.: 0.25 (с, 9H), 2.40 (с, 3H), 7.23 (д, $^3J = 8.0$ Гц, 2H), 7.36-7.42 (м, 3H), 7.55 (м, 2H), 7.68 (д, $^3J = 8.0$ Гц, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м.д.: 1.5, 21.3, 74.8 (кв, $J = 32.9$ Гц), 85.5, 88.9, 121.6, 123.5 (кв, $J = 285.9$ Гц), 127.5, 128.7, 128.9, 129.5, 132.0, 134.8, 139.2. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м.д.: -80.74 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{20}\text{H}_{21}\text{F}_3\text{OSiAg}^+ [\text{M}+\text{Ag}]^+$ 469.0360, найдено 469.0369.

(2-(3,4-Диметилфенил)-4-(4-метоксифенил)-1,1,1-трифторбут-3-ин-2-ил)триметилсилоксан (2u). Выход 579 мг (74%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м.д.: 0.23 (с, 9H), 2.29 (с, 3H), 2.31 (с, 3H), 3.84 (с, 3H), 6.90 (д, $^3J = 8.8$ Гц, 2H), 7.16 (д, $^3J = 7.8$ Гц, 1H), 7.47 (д, $^3J = 8.8$ Гц, 2H), 7.48-7.55 (м, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м.д.: 1.5, 19.7, 20.2, 55.5, 74.8 (кв, $J = 32.3$ Гц), 84.4, 88.8, 113.8, 114.3, 123.6 (кв, $J = 284.2$ Гц), 125.0, 128.7, 129.4, 133.5, 135.3, 136.2, 137.7, 160.5. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м.д.: -80.69 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{22}\text{H}_{25}\text{F}_3\text{O}_2\text{SiAg}^+ [\text{M}+\text{Ag}]^+$ 513.0621, найдено 513.0625.

(E)-(3-(Трифторметил)-1,5-дифенилпент-1-ен-4-ин-3-ил)триметилсилоксан (3a). Выход 769 мг (92%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 ,

400 МГц) δ , м. д.: 0.30 (с, 9H), 6.31 (д, $^3J = 15.8$ Гц, 1H), 7.10 (д, $^3J = 15.8$ Гц, 1H), 7.28-7.43 (м, 6H), 7.45-7.50 (м, 2H), 7.52-7.57 (м, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 1.7, 73.7 (кв, $J = 32.8$ Гц), 83.7, 89.4, 121.5, 123.5 (кв, $J = 285.8$ Гц), 125.2, 127.3, 128.7, 128.8, 128.9, 129.5, 132.0, 39 134.7, 135.7. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -80.88 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{21}\text{H}_{21}\text{F}_3\text{OSiNa}^+ [\text{M}+\text{Na}]^+$ 397.1206, найдено 397.1218.

(E)-(1-(4-Метилфенил)-3-(трифторметил)-5-фенилпент-1-ен-4-ин-3-ил)триметилсилоксан (3b). Выход 79%. Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 0.29 (с, 9H), 2.37 (с, 3H), 6.25 (д, 1H, $^3J = 15.7$ Гц), 7.07 (д, 1H, $^3J = 15.7$ Гц), 7.18 (д, 2H, $^3J = 8.0$ Гц), 7.34-7.44 (м, 5H), 7.52-7.57 (м, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 1.7, 21.4, 73.8 (кв, $J = 32.5$ Гц), 83.8, 89.3, 119.3, 123.6 (кв, $J = 285.5$ Гц), 124.1, 127.3, 128.7, 129.5, 129.6, 132.0, 132.9, 134.6, 138. 8. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -80.92 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{22}\text{H}_{23}\text{F}_3\text{OSiNa}^+ [\text{M}+\text{Na}]^+$ 411.1362, найдено 411.1358.

(E)-(3-(Трифторметил)-5-фенил-1-(4-хлорфенил)пент-1-ен-4-ин-3-ил)триметилсилоксан (3c). Выход 736 мг (88%). Твердое вещество. Т.пл. 64-66°C. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 0.29 (с, 9H), 6.28 (д, $^3J = 15.8$ Гц, 1H), 7.03 (д, $^3J = 15.8$ Гц, 1H), 7.31-7.35 (м, 2H), 7.35-7.45 (м, 5H), 7.51-7.56 (м, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 1.7, 73.6 (кв, $J = 32.7$ Гц), 83.4, 89.6, 121.4, 123.5 (кв, $J = 285.9$ Гц), 125.9, 128.5, 128.7, 129.1, 129.6, 132.0, 133. 3, 134.2, 134.5. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -80.82 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{21}\text{H}_{20}\text{ClF}_3\text{OSiNa}^+ [\text{M}+\text{Na}]^+$ 431.0816, найдено 431.0812.

(E)-(1-(4-Нитрофенил)-3-(трифторметил)-5-фенилпент-1-ен-4-ин-3-ил)триметилсилоксан (3d). Выход 627 мг (75%). Твердое вещество, Т. пл. 59-61°C. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 0.31 (с, 9H), 6.47 (д, $^3J = 15.7$ Гц, 1H), 7.13 (д, $^3J = 15.7$ Гц, 1H), 7.36-7.46 (м, 3H), 7.51-7.56 (м, 2H), 7.61 (д, $^3J = 8.8$ Гц, 2H), 8.23 (д, $^3J = 8.8$ Гц, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 1.7, 73.4 (кв, $J = 33.0$ Гц), 82.9, 90.0, 121.1, 123.3 (кв, $J = 285.7$ Гц), 124.2, 128.0, 128.8, 129.8, 130.0, 132. 0, 142.0, 147.8. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 40 МГц) δ , м. д.: -

80.82 (с). HRMS (ESI): вычислено для $C_{21}H_{20}F_3NO_3SiNa^+$ $[M+Na]^+$ 442.1057, найдено 442.1066.

(E)-(3-(Трифторметил)-5-фенил-1-(2-фторфенил)пент-1-ен-4-ин-3-ил)триметилсилоксан (3e). Выход 552 мг (66%). Масло. ЯМР 1H ($CDCl_3$, 400 МГц) δ , м. д.: 0.33 (с, 9H), 6.45 (д, $^3J = 15.9$ Гц, 1H), 7.10 (ддд, $^3J_{H-F} = 10.7$ Гц, $^3J = 8.3$ Гц, $^4J = 0.9$ Гц, 1H), 7.16 (тд, $^3J = 7.6$ Гц, $^4J = 0.9$ Гц, 1H), 7.27-7.33 (м, 1H), 7.31 (д, $^3J = 15.9$ Гц, 1H), 7.37-7.45 (м, 3H), 7.53 (ддд, $^4J_{H-F} = 7.6$ Гц, $^3J = 7.6$ Гц, $^4J = 1.6$ Гц, 1H), 7.54-7.58 (м, 2H). ЯМР ^{13}C ($CDCl_3$, 100 МГц) δ , м. д.: 1.7, 73.8 (кв, $J = 32.9$ Гц), 83.4, 89.7, 113.8 (д, $J = 21.9$ Гц), 116.1 (д, $J = 22.0$ Гц), 121.5, 123.5 (кв, $J = 285.7$ Гц), 123.5 (д, $J = 12.0$ Гц), 124.4 (д, $J = 3.6$ Гц), 127.3 (д, $J = 3.5$ Гц), 127.6 (д, $J = 5.3$ Гц), 128.3 (д, $J = 3.3$ Гц), 128.7, 129.6, 130.1 (д, $J = 8.5$ Гц), 132.0, 160.8 (д, $J = 250.8$ Гц). ЯМР ^{19}F ($CDCl_3$, 376 МГц) δ , м. д.: -116.90 (ддд, $^3J_{H-F} = 10.7$ Гц, $^4J_{H-F} = 7.6$ Гц, $^4J_{H-F} = 5.3$ Гц), -80.80 (с). HRMS (ESI): вычислено для $C_{21}H_{20}F_4OSiNa^+$ $[M+Na]^+$ 415.1112, найдено 415.1129.

(E)-(3-(Трифторметил)-5-фенил-1-(3-фторфенил)пент-1-ен-4-ин-3-ил)триметилсилоксан (3f). Выход 727 мг (87%). Масло. ЯМР 1H ($CDCl_3$, 400 МГц) δ , м. д.: 0.41 (с, 9H), 6.43 (д, $^3J = 15.7$ Гц, 1H), 7.07 (тд, $^3J = 8.3$ Гц, $^4J = 1.8$ Гц, 1H), 7.17 (д, $^3J = 15.7$ Гц, 1H), 7.23-7.27 (м, 1H), 7.30 (д, $^3J = 7.9$ Гц, 1H), 7.38 (тд, $^3J = 7.9$, $^4J_{H-F} = 5.9$ Гц, 1H), 7.42- 7.50 (м, 3H), 7.60-7.65 (м, 2H). ЯМР ^{13}C ($CDCl_3$, 100 МГц) δ , м. д.: 1.6, 73.6 (кв, $J = 32.9$ Гц), 83.4, 89.7, 113.8 (д, $J = 21.9$ Гц), 115.6 (д, $J = 21.4$ Гц), 121.4, 123.2 (д, $J = 2.8$ Гц), 123.6 (кв, $J = 285.7$ Гц), 126.7, 128.7, 129.6, 130.4 (д, $J = 8.3$ Гц), 132.0, 133.6 (д, $J = 1.7$ Гц), 138.0 (д, $J = 7.7$ Гц), 163.3 (д, $J = 246.0$ Гц). ЯМР ^{19}F ($CDCl_3$, 376 МГц) δ , м. д.: -113.14 м, -80.81 (с). HRMS (ESI): вычислено для $C_{21}H_{20}F_4OSiNa^+$ $[M+Na]^+$ 415.1112, найдено 415.1128.

(E)-(3-(Трифторметил)-5-фенил-1-(4-фторфенил)пент-1-ен-4-ин-3-ил)триметилсилоксан (3g). Выход 727 мг (87%). Масло. ЯМР 1H ($CDCl_3$, 400 МГц) δ , м. д.: 0.41 (с, 9H), 6.35 (д, $^3J = 15.7$ Гц, 1H), 7.12 (дд, $^3J_{H-F} = 8.6$ Гц, $^3J = 8.6$ Гц, 2H), 7.18 (д, $^3J = 15.7$ Гц, 1H), 7.41-7.48 (м, 3H), 7.51 (дд, $^3J =$

8.6 Гц, $^4J_{\text{H-F}} = 5.4$ Гц, 2H), 7.60-7.65 (м, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 1.7, 73.7 (кв, $J = 32.8$ Гц), 83.6, 89.6, 115.8 (д, $J = 21.7$ Гц), 121.5, 123.6 (кв, $J = 285.6$ Гц), 125.0 (д, $J = 1.9$ Гц), 128.7, 129.0 (д, $J = 8.2$ Гц), 129.6, 131.9 (д, $J = 3.3$ Гц), 132.0, 133.5, 163.1 (д, $J = 248.4$ Гц). ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -112.80 (тт, $^3J_{\text{H-F}} = 8.6$ Гц, $^4J_{\text{H-F}} = 5.4$ Гц), -80.87 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{21}\text{H}_{20}\text{F}_4\text{OSiNa}^+ [\text{M}+\text{Na}]^+$ 415.1112, найдено 415.1121.

(E)-1-(2,4-Дифторфенил)-(3-(трифторметил)-5-фенилпент-1-ен-4-ин-3-ил)триметилсилоксан (3h). Выход 777 мг (93%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 0.36 (с, 9H), 6.41 (д, $^3J = 15.9$ Гц, 1H), 6.95-6.81 (м, 2H), 7.26 (д, $^3J = 15.9$ Гц, 1H), 7.38-7.46 (м, 3H), 7.52 (тд, $^3J = 8.6$ Гц, $^4J_{\text{H-F}} = 6.4$ Гц, 1H), 7.56-7.60 (м, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 1.6, 73.7 (кв, $J = 33.0$ Гц), 83.4, 89.8, 104.4 (т, $J = 25.7$ Гц), 111.8 (дд, $J = 21.6$ Гц, 3.7 Гц), 112.0 (дд, $J = 12.2$ Гц, 3.9 Гц), 121.4, 123.5 (кв, $J = 285.7$ Гц), 126.4 (д, $J = 1.9$ Гц), 127.3 (дд, $J = 5.1$ Гц, 2.0 Гц), 128.7, 129.2 (дд, $J = 9.7$ Гц, 5.0 Гц), 129.6, 132.0, 160.9 (дд, $J = 253.4$ Гц, 11.8 Гц), 163.1 (дд, $J = 251.0$ Гц, 12.2 Гц). ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -112.62 – -112.52 м, -109.21 – -109.12 м, -80.79 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{21}\text{H}_{19}\text{F}_5\text{OSiNa}^+ [\text{M}+\text{Na}]^+$ 433.1018, найдено 433.1031.

(E)-(5-(4-Метилфенил)-3-(трифторметил)-1-фенилпент-1-ен-4-ин-3-ил)триметилсилоксан (3i). Выход 86% (340 мг). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 0.31 (с, 9H), 2.40 (с, 3H), 6.33 (д, 1H, $3J_{15.7}$ Гц), 7.11 (д, 1H, $3J_{15.7}$ Гц), 7.20 (д, 2H $3J_{7.9}$ Гц), 7.29-7.41 (м, 3H), 7.43-7.51 (м, 4H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 1.7, 21.7, 73.7 (кв, $J = 32.6$ Гц), 83.0, 89.7, 118.5, 123.6 (кв, $J = 285.6$ Гц), 125.3, 127.3, 128.7, 128.9, 129.4, 131.9, 134.6, 135.7, 139.8. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -80.86 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{22}\text{H}_{24}\text{F}_3\text{OSi}^+ [\text{M}+\text{H}]^+$ 389.1543, найдено 389.1539.

(E)-(1-(4-Диметиламинофенил)-3-(трифторметил)-5-фенилпент-1-ен-4-ин-3-ил)триметилсилоксан (3j). Выход 719 мг (86%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 0.29 (с, 9H), 3.00 (с, 6H), 6.10 (д, $^3J = 15.7$ Гц, 1H), 6.74 (д, $^3J = 6.3$ Гц, 2H), 7.03 (д, $^3J = 15.7$ Гц, 1H), 7.35-7.42 (м, 5H), 7.53-7.57 (м, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 1.8, 40.7, 73.1 (кв, $J = 33.1$ Гц),

84.1, 89.1, 112.6, 120.5, 121.8, 123.7 (кв, $J = 285.6$ Гц), 128.5, 128.6, 129.4, 132.0, 134.8. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -80.56 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{23}\text{H}_{27}\text{F}_3\text{NOSi}^+ [\text{M}+\text{H}]^+$ 418.1809, найдено 418.1826.

(E)-((1-(4-Метоксифенил)-3-(трифторметил)-5-фенилпент-1-ен-4-ин-3-ил)триметилсилоксан (3к). Выход 677 мг (81%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 0.29 (с, 9H), 3.83 (с, 3H), 6.17 (д, $^3J = 15.7$ Гц, 1H), 6.87- 6.92 (м, 2H), 7.04 (д, $^3J = 15.7$ Гц, 1H), 7.35-7.44 (м, 5H), 7.52-7.56 (м, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 1.7, 55.5, 73.8 (кв, $J = 32.8$ Гц), 83.9, 89.3, 114.3, 121.6, 122.8, 123.6 (кв, $J = 285.7$ Гц), 128.4, 128.6, 128.7, 129.5, 132.0, 134.2, 160.2. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -80.96 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{22}\text{H}_{23}\text{F}_3\text{O}_2\text{SiNa}^+ [\text{M}+\text{Na}]^+$ 427.1312, найдено 427.1315.

3.4 Синтез и свойства 2,4-диарил-1,1,1-трифторбут-3-ин-2-олов 4

К раствору ТМС-эфира **1**, **2** или **3** (1 ммоль) в ацетонитриле (1 мл) при перемешивании добавили хлорид олова (II) (221 мг, 1.13 ммоль) или 6N-ный раствор соляной кислоты (0.8 мл). Реакционную смесь перемешивали при 20°C 24 часа. По окончании реакции смесь вылили в воду (150 мл) и экстрагировали диэтиловым эфиром (3x50 мл). Экстракт промыли 10%-ным раствором HNO₃ (50 мл), затем водой (50 мл), сушили Na₂SO₄, растворитель удаляли в вакууме. Выходы спиртов составили 58-99%. Соединения **1aа** [178], **4a** [198], **4b,s** [199], **4d,e,q** [200], **4h,m,t,u** [197], **4l,n** [201] были описаны ранее.

3-(Трифторметил)-1,5-дифенилпент-1-ен-4-ин-3-ол (3аа). Выход 169 мг (92%). Масло. ЯМР ¹H (CDCl₃, 400 МГц) δ, м.д.: 2.88 (с, 1H), 6.34 (д, ³J = 15.8 Гц, 1H), 7.21 (д, ³J = 15.8 Гц, 1H), 7.30-7.44 (м, 6H), 7.45-7.52 (м, 2H), 7.52-7.57 (м, 2H). ЯМР ¹³C (CDCl₃, 100 МГц) δ, м.д.: 72.5 (кв, J = 33.1 Гц), 82.8, 88.7, 121.1, 43 122.5, 123.6 (кв, J = 285.2 Гц), 127.4, 128.6, 128.9, 129.0, 132.2, 135.3, 135.8. ЯМР ¹⁹F (CDCl₃, 376 МГц) δ, м.д.: -80.72 (с). HRMS (ESI): вычислено для C₁₈H₁₃F₃ONa⁺ [M+Na]⁺ 325.0811, найдено 325.0796.

2-(3,4-Диметилфенил)-4-фенилбут-1,1,1-трифтор-3-ин-2-ол (4с). Выход 472 мг (76%). Твердое вещество. Т. пл. 80-82°C. ЯМР ¹H (CDCl₃, 400 МГц) δ, м.д.: 2.30 (с, 3H), 2.32 (с, 3H), 3.01 (с, 1H), 7.20 (д, ³J = 7.9 Гц, 1H), 7.34-7.43 (м, 3H), 7.52-7.56 (м, 4H). ЯМР ¹³C (CDCl₃, 100 МГц) δ, м.д.: 19.7, 20.1, 73.4 (кв, J = 32.4 Гц), 84.9, 88.0, 121.3, 123.6 (кв, C1, J = 285.6 Гц), 124.8 (кв, J = 0.6 Гц), 128.3, 128.6, 129.6, 129.7, 132.2, 132.9, 136.7, 138.3. ЯМР ¹⁹F (CDCl₃, 376 МГц) δ, м.д.: -80.23 (с). HRMS (ESI): вычислено для C₁₈H₁₅F₃OAg⁺ [M+Ag]⁺ 411.0121, найдено 411.0118.

2-(2-Бромфенил)-4-фенил-1,1,1-трифторбут-3-ин-2-ол (4f). Выход 590 мг (95%). Масло. ЯМР ¹H (CDCl₃, 400 МГц) δ, м.д.: 3.79 (с, 1H), 7.26 (дт, ³J = 8.0 Гц, ⁴J = 1.7 Гц, 1H), 7.33-7.43 (м, 4H), 7.53-7.56 (м, 2H), 7.70 (дд, ³J = 8.0 Гц, ⁴J = 1.3 Гц, 1H), 7.96 (д, ³J = 8.0 Гц, 1H). ЯМР ¹³C (CDCl₃, 100 МГц) δ,

м.д.: 73.9 (кв, $J = 33.1$ Гц), 83.7, 89.6, 121.3, 121.7, 123.6 (кв, $J = 287.0$ Гц), 127.6, 128.6, 129.7, 130.4 (кв, $J = 1.5$ Гц), 130.9, 132.1, 133.7, 135.8. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м.д.: -77.56 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{16}\text{H}_{10}\text{BrF}_3\text{OAg}^+ [\text{M}+\text{Ag}]^+$ 460.8913, найдено 460.8933.

2-(4-Нитрофенил)-4-фенил-1,1,1-трифторбут-3-ин-2-ол (4g). Выход 391 мг (63%). Твердое вещество, Т. пл. 114-116°C. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м.д.: 3.34 (с, 1H), 7.36-7.45 (м, 3H), 7.52-7.55 (м, 2H), 8.01 (д, $^3J = 8.8$ Гц, 2H), 8.29 (д, $^3J = 8.8$ Гц, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м.д.: 73.0 (кв, $J = 32.8$ Гц), 83.3, 89.3, 120.4, 123.1 (кв, $J = 286.1$ Гц), 123.5, 128.7, 128.8, 130.2, 132.3, 142.1, 148.9. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м.д.: -80.07 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{16}\text{H}_{10}\text{F}_3\text{NO}_3\text{Ag}^+ [\text{M}+\text{Ag}]^+$ 427.9659, найдено 427.9645.

2-(3-Метилфенил)-4-(4-метилфенил)-1,1,1-трифторбут-3-ин-2-ол (4i). Выход 615 мг (99%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м.д.: 2.39 (с, 3H), 2.42 (с, 3H), 2.91 (с, 1H), 7.18 (д, $^3J = 8.0$ Гц, 2H), 7.24 (д, $^3J = 7.8$ Гц, 1H), 7.33 (т, $^3J = 7.8$ Гц, 1H), 7.44 (д, $^3J = 8.0$ Гц, 2H), 7.62-7.63 (м, 1H), 7.63 (с, 1H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м.д.: 21.7, 21.7, 73.5 (кв, $J = 32.4$ Гц), 84.1, 88.3, 118.1, 123.6 (кв, $J = 285.7$ Гц), 124.5, 127.8 (кв, $J = 0.4$ Гц), 128.3, 129.3, 130.4, 132.1, 135.5, 138.1, 140.0. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м.д.: -80.18 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{18}\text{H}_{15}\text{F}_3\text{OAg}^+ [\text{M}+\text{Ag}]^+$ 411.0121, найдено 411.0125.

4-(3,4-Диметилфенил)-2-фенил-1,1,1-трифторбут-3-ин-2-ол (4j). Выход 453 мг (73%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м.д.: 2.26 (с, 3H), 2.29 (с, 3H), 3.10 (с, 1H), 7.12 (д, $^3J = 7.8$ Гц, 1H), 7.28 (дд, $^3J = 7.8$ Гц, $^4J = 1.2$ Гц, 1H), 7.32 (с, 1H), 7.42-7.46 (м, 3H), 7.81-7.83 (м, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м.д.: 19.7, 20.0, 73.5 (кв, $J = 32.5$ Гц), 83.7, 88.7, 118.3, 123.6 (кв, $J = 285.4$ Гц), 127.4 (кв, $J = 0.8$ Гц), 128.4, 129.6, 129.7, 129.9, 133.2, 135.6, 137.1, 138.8. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м.д.: -80.27 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{18}\text{H}_{15}\text{F}_3\text{OAg}^+ [\text{M}+\text{Ag}]^+$ 411.0121, найдено 411.0112.

2,4-Бис(3,4-диметилфенил)-1,1,1-трифторбут-3-ин-2-ол (4k). Выход 422 мг (68%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м.д.: 2.26 (с, 3H), 2.29 (с, 3H), 2.30 (с, 3H), 2.33 (с, 3H), 3.08 (с, 1H), 7.12 (д, $^3J = 7.8$ Гц, 1H), 7.20 (д, $^3J =$

7.8 Гц, 1H), 7.28 (д, $^3J = 8.1$ Гц, 1H), 7.32 (с, 1H), 7.55 (д, $^3J = 8.1$ Гц, 1H), 7.58 (с, 1H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м.д.: 19.6, 19.7, 19.9, 20.1, 73.4 (кв, $J = 32.4$ Гц), 84.0, 88.4, 118.5, 123.7 (кв, $J = 285.5$ Гц), 124.8, 128.3, 129.6, 129.6, 129.9, 133.1, 133.2, 136.7, 137.0, 138.2, 138.7. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м.д.: -80.25 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{20}\text{H}_{19}\text{F}_3\text{OAg}^+ [\text{M}+\text{Ag}]^+$ 439.0434, найдено 439.0430.

2,4-Бис(4-бромфенил)-1,1,1-трифторбут-3-ин-2-ол (4o). Выход 360 мг (58%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м.д.: 3.15 (с, 1H), 7.38 (д, $^3J = 8.5$ Гц, 2H), 7.51 (д, $^3J = 8.5$ Гц, 2H), 7.57 (д, $^3J = 8.6$ Гц, 2H), 7.66 (д, $^3J = 8.6$ Гц, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м.д.: 73.2 (кв, $J = 32.6$ Гц), 85.1, 87.5, 119.7, 123.2 (кв, $J = 285.8$ Гц), 124.3, 124.4, 129.0 (кв, $J = 0.5$ Гц), 131.7, 132.0, 133.6, 134.3. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м.д.: -80.32 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{16}\text{H}_9\text{Br}_2\text{F}_3\text{OAg}^+ [\text{M}+\text{Ag}]^+$ 538.8018, найдено 538.8039.

4-(4-Нитрофенил)-2-фенил-1,1,1-трифторбут-3-ин-2-ол (4p). Выход 602 мг (97%). Твердое вещество, Т. пл. 101-103°C. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м.д.: 3.21 (с, 1H), 7.44-7.49 (м, 3H), 7.66-7.72 (м, 2H), 7.79 (дд, $^3J = 6.2$, $^4J = 2.9$ Гц, 2H), 8.21-8.26 (м, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м.д.: 73.6 (кв, $J = 32.7$ Гц), 85.9, 89.3, 123.3 (кв, $J = 286.8$ Гц), 123.8, 127.1 (кв, $J = 0.7$ Гц), 127.8, 128.6, 130.0, 133.1, 134.7, 148.1. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м.д.: -80.05 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{16}\text{H}_{10}\text{F}_3\text{NO}_3\text{Ag}^+ [\text{M}+\text{Ag}]^+$ 427.9659, найдено 427.9646.

4-(2,4-Диметилфенил)-2-фенил-1,1,1-трифторбут-3-ин-2-ол (4r). Выход 503 мг (81%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м.д.: 2.34 (с, 3H), 2.45 (с, 3H), 3.10 (с, 1H), 7.00 (д, $^3J = 7.8$ Гц, 1H), 7.07 (с, 1H), 7.38 (д, $^3J = 7.8$ Гц, 1H), 7.41-7.46 (м, 3H), 7.82-7.85 (м, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м.д.: 20.6, 21.6, 73.7 (кв, $J = 32.6$ Гц), 87.6, 87.8, 117.9, 123.7 (кв, $J = 285.8$ Гц), 126.6, 127.4 (кв, $J = 0.9$ Гц), 128.4, 129.6, 130.7, 132.4, 135.6, 140.0, 141.1. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м.д.: -80.28 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{18}\text{H}_{15}\text{F}_3\text{OAg}^+ [\text{M}+\text{Ag}]^+$ 411.0121, найдено 411.0123.

3.3 Взаимодействие 2,4-диарил-1,1,1-трифторбут-3-ин-2-олов 4 с аренами под действием TfOH

К смеси TfOH (23 мг, 0.15 ммоль) и арена (0.11 ммоль или 0.3 мл в случае бензола) при 20°C и интенсивном перемешивании добавили раствор спирта **4** (0.1 ммоль) в дихлорметане (1 мл, за исключения реакции с бензолом). Смесь перемешивали при 20°C 1 ч, затем вылили в воду (50 мл) и экстрагировали хлороформом (3×30 мл). Объединенные экстракты промывали водой (50 мл), сушили Na₂SO₄. Растворитель удаляли в вакууме, продукт выделяли методом ТСХ на пластинах с силикагелем ЛС 5/40 мкм (элюент – петролейный эфир 40-70°C или петролейный эфир 40-70°C : этилацетат). Разделенные фракции смывали с сорбента дихлорметаном.

1-Трифторметил-1,3-дифенил-1*H*-инден (5aa). Выход 17 мг (51%). Твердое вещество, Т. пл. 94-96°C. ЯМР ¹H (CDCl₃, 400 МГц) δ, м. д.: 6.68 (с, 1H), 7.32-7.38 (м, 4H), 7.41-7.50 (м, 4H), 7.57-7.59 (м, 3H), 7.62-7.64 (м, 2H), 7.68 (д, ³J = 7.4 Гц, 1H). ЯМР ¹³C (CDCl₃, 100 МГц) δ, м. д.: 64.3 (кв, J = 27.0 Гц), 121.8, 125.9, 126.7, 126.8 (кв, J = 282.5 Гц), 127.9, 128.0, 128.2, 128.7, 128.8, 128.9, 132.2 (кв, J = 1.7 Гц), 134.4, 134.6, 143.7, 144.0 (кв, J = 0.6 Гц), 147.4. ЯМР ¹⁹F (CDCl₃, 376 МГц) δ, м. д.: -67.45 (с). HRMS (MALDI): вычислено для C₂₂H₁₆F₃⁺ [M+H]⁺ 337.1199, найдено 337.1208.

1-(3-Метилфенил)-1-(трифторметил)-3-фенил-1*H*-инден (5ba). Выход 17 мг (48%). Масло. ЯМР ¹H (CDCl₃, 400 МГц) δ, м. д.: 2.34 (с, 3H), 6.67 (с, 1H), 7.13 (д, ³J = 7.4 Гц, 1H), 7.21-7.25 (м, 1H), 7.34-7.40 (м, 3H), 7.41-7.50 (м, 4H), 7.57 (д, ³J = 7.4 Гц, 1H), 7.62-7.65 (м, 2H), 7.69 (д, ³J = 7.5 Гц, 1H). ЯМР ¹³C (CDCl₃, 100 МГц) δ, м. д.: 21.8, 64.2 (кв, J = 26.8 Гц), 121.8, 125.1 (кв, J = 1.8 Гц), 125.9 (кв, J = 0.7 Гц), 126.7, 126.8 (кв, J = 282.6 Гц), 127.9, 128.6, 128.7 (кв, J = 1.9 Гц), 128.7, 128.7, 128.9, 128.9, 129.0, 132.3 (кв, J = 1.8 Гц), 134.5, 138.4, 143.6, 144.0 (кв, J = 1.1 Гц), 147.3. ЯМР ¹⁹F (CDCl₃, 376 МГц) δ, м. д.: -67.41 (с). HRMS (MALDI): вычислено для C₂₃H₁₈F₃⁺ [M+H]⁺ 351.1356, найдено 351.1343.

1-(3,4-Диметилфенил)-1-трифторметил-3-фенил-1*H*-инден (5ca).

Получен в смеси 5:2:1 с инденами **6a** и **6b**, общий выход 17 мг (47%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 2.24 (с, 3H), 2.24 (с, 3H), 6.67 (с, 1H), 7.09 (д, $^3J = 7.7$ Гц, 1H), 7.30-7.34 (м, 2H), 7.35 (тд, $^3J = 7.5$ Гц, $^4J = 1.0$ Гц, 1H), 7.40-7.49 (м, 4H), 7.56 (д, $^3J = 7.5$ Гц, 1H), 7.60-7.63 (м, 2H), 7.69 (д, $^3J = 7.5$ Гц, 1H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 19.5, 20.2, 63.9 (кв, $J = 26.8$ Гц), 121.7, 125.5 (кв, $J = 1.7$ Гц), 125.9 (кв, $J = 0.8$ Гц), 126.6, 126.8 (кв, $J = 282.5$ Гц), 127.9, 128.6, 128.7, 128.7, 128.8, 129.2 (кв, $J = 1.7$ Гц), 130.0, 132.3 (кв, $J = 1.8$ Гц), 134.5, 136.8, 137.0, 143.6, 144.0 (кв, $J = 1.2$ Гц), 147.1. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -67.62 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{24}\text{H}_{20}\text{F}_3^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 365.1512, найдено 365.1519.

1-Трифторметил-3-фенил-1-(4-хлорфенил)-1*H*-инден (5da). Выход 25 мг (73%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 6.62 (с, 1H), 7.30 (д, $^3J = 8.8$ Гц, 2H), 7.37 (тд, $^3J = 7.5$ Гц, $^4J = 1.0$ Гц, 1H), 7.42-7.51 (м, 6H), 7.58 (д, $^3J = 7.5$ Гц, 1H), 7.60-7.65 (м, 3H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 63.8 (кв, $J = 27.0$ Гц), 122.0, 125.7, 126.6 (кв, $J = 282.4$ Гц), 126.9, 127.9, 128.9, 128.9, 128.9, 129.0, 129.4 (кв, $J = 1.8$ Гц), 131.6 (кв, $J = 1.6$ Гц), 133.2, 134.2, 134.3, 143.6, 143.6, 147.8. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -67.56 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{22}\text{H}_{15}\text{F}_3\text{Cl}^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 371.0809, найдено 371.0812.

1-(4-Бромфенил)-4,7-диметил-1-трифторметил-3-фенил-1*H*-инден (5ea). Выход 27 мг (80%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 6.61 (с, 1H), 7.51 (тд, $^3J = 7.5$ Гц, $^4J = 0.9$ Гц, 1H), 7.41-7.51 (м, 8H), 7.58 (д, $^3J = 7.5$ Гц, 1H), 7.60-7.64 (м, 3H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 63.9 (кв, $J = 26.7$ Гц), 122.0, 122.4, 125.7 (кв, $J = 0.7$ Гц), 126.5 (кв, $J = 282.4$ Гц), 126.9, 127.9, 128.9, 128.9, 129.0, 129.7 (кв, $J = 1.7$ Гц), 131.6 (кв, $J = 1.8$ Гц), 131.9, 133.8, 134.2, 143.6, 143.6 (кв, $J = 1.1$ Гц), 147.9. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -67.51 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{22}\text{H}_{15}\text{F}_3\text{Br}^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 415.0304, найдено 415.0310.

1-(2-Бромфенил)-1-трифторметил-3-фенил-1*H*-инден (5fa). Выход 22 мг (66%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 6.42 (с, 1H), 7.17 (тд, $^3J = 7.7$ Гц, $^4J = 1.5$ Гц, 1H), 7.26-7.31 (м, 3H), 7.41-7.46 (м, 3H), 7.48-7.53 (м, 2H), 7.56 (д, $^3J = 7.7$ Гц, 1H), 7.65-7.67 (м, 2H), 7.99- 67 8.02 (м, 1H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 65.9 (кв, $J = 25.4$ Гц), 121.7, 122.8, 125.0, 126.4 (кв, $J = 284.1$ Гц), 126.8, 127.6, 127.8, 128.7, 128.8, 128.9, 129.3, 129.5, 130.7 (кв, $J = 4.3$ Гц), 133.5, 134.7, 136.4, 144.2, 146.1, 151.1. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: - 65.17 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{22}\text{H}_{15}\text{F}_3\text{Br}^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 415.0304, найдено 415.0308.

1-(4-Нитрофенил)-1-трифторметил-3-фенил-1*H*-инден (5ga). Выход 24 мг (70%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 6.60 (с, 1H), 7.39 (тд, $^3J = 7.5$, $^4J = 0.9$ Гц, 1H), 7.43-7.52 (м, 4H), 7.58-7.64 (м, 4H), 7.69 (д, $^3J = 9.0$ Гц, 2H), 8.17 (д, $^3J = 9.0$ Гц, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 64.3 (кв, $J = 27.4$ Гц), 122.3, 123.9, 125.6, 126.3 (кв, $J = 282.6$ Гц), 127.3, 127.9, 128.9 (кв, $J = 1.9$ Гц), 129.0, 129.1, 129.4, 130.8 (кв, $J = 1.6$ Гц), 133.8, 142.3, 143.3 (кв, $J = 0.8$ Гц), 143.5, 147.7, 148.8. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -66.98 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{22}\text{H}_{15}\text{F}_3\text{NO}_2^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 382.1049, найдено 382.1049.

1-(3-Метилфенил)-3-(4-метилфенил)-1-трифторметил-1*H*-инден (5haa). Получен в смеси 1:3 с инденом **5hab**, общий выход 18 мг (53%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 2.34 (с, 3H), 2.43 (с, 3H), 6.64 (с, 1H), 7.12-7.14 (м, 1H), 7.21-7.25 (м, 2H), 7.29 (д, $^3J = 8.0$ Гц, 2H), 7.35-7.40 (м, 3H), 7.53 (д, $^3J = 8.0$ Гц, 2H), 7.57 (д, $^3J = 7.6$ Гц, 1H), 7.68 (д, $^3J = 7.6$ Гц, 1H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 21.5, 21.8, 64.1 (кв, $J = 26.7$ Гц), 121.8, 125.1 (кв, $J = 1.6$ Гц), 125.9, 126.6, 126.8 (кв, $J = 282.7$ Гц), 127.8, 127.9, 128.7, 128.9, 128.9, 129.5, 131.7 (кв, $J = 1.7$ Гц), 134.7, 134.8, 136.7, 138.6, 141.0, 143.8, 144.0 (кв, $J = 0.9$ Гц). ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -67.41 (с). HRMS (MALDI): $\text{C}_{24}\text{H}_{20}\text{F}_3$ найдено 365.1504 $[\text{M}+\text{H}]^+$; вычислено 365.1512.

6-Метил-1-(3-метилфенил)-1-трифторметил-3-фенил-1*H*-инден

(5hab). Получен в смеси 3:1 с инденом **5haa**, общий выход 53%. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 2.35 (с, 3H), 2.45 (3H), 6.60 (с, 1H), 7.13 (д, 1H), 7.21-7.25 (м, 2H), 7.35-7.40 (м, 2H), 7.42-7.50 (м, 5H), 7.62-7.64 (м, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 21.8, 21.8, 64.1 (кв, $J = 26.6$ Гц), 124.1, 125.0 (кв, $J = 1.7$ Гц), 125.8, 126.7, 126.8 (кв, $J = 282.5$ Гц), 127.9, 128.6, 128.6, 128.8, 128.9, 129.4, 131.4 (кв, $J = 1.7$ Гц), 131.6, 134.5, 134.6, 136.7, 138.4, 144.4 (кв, $J = 0.5$ Гц), 147.2. ^{19}F ЯМР (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -67.25 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{24}\text{H}_{20}\text{F}_3^+ [\text{M}+\text{H}]^+$ 365.1512, найдено 365.1504.

5,6-Диметил-1-трифторметил-1,3-дифенил-1*H*-инден (5iaa). Выход 17 мг (48%). Твердое вещество, Т. пл. 119-121°C. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 2.32 (с, 3H), 2.35 (с, 3H), 6.58 (с, 1H), 7.30-7.35 (м, 4H), 7.40-7.43 (м, 2H), 7.46-7.50 (м, 2H), 7.55-7.57 (м, 2H), 7.60-7.63 (м, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 20.3, 20.3, 64.0 (кв, $J = 27.2$ Гц), 123.0, 127.0 (кв, $J = 282.1$ Гц), 127.1, 128.0, 128.0, 128.0, 128.6, 128.7, 128.8, 131.4, 134.7, 135.1, 135.2, 137.1, 141.4, 141.7, 147.4. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -67.50 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{24}\text{H}_{20}\text{F}_3^+ [\text{M}+\text{H}]^+$ 365.1512, найдено 365.1520.

6,7-Диметил-1-трифторметил-1,3-дифенил-1*H*-инден (5iab). Выход 7 мг (19%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 1.99 (с, 3H), 2.29 (с, 3H), 6.36 (с, 1H), 7.24 (д, $^3J = 7.9$ Гц, 1H), 7.27-7.33 (м, 6H), 7.39-7.47 (м, 3H), 7.57-7.60 (м, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 16.5 (кв, $J = 3.6$ Гц), 20.4, 65.7 (кв, $J = 26.3$ Гц), 118.9, 124.4 (кв, $J = 295.5$ Гц), 127.0 (кв, $J = 1.8$ Гц), 127.6, 128.0, 128.5, 128.8, 128.9, 130.5, 133.9 (кв, $J = 2.0$ Гц), 134.7, 134.8, 134.9, 136.7, 142.9, 143.6, 146.2. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -62.71 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{24}\text{H}_{20}\text{F}_3^+ [\text{M}+\text{H}]^+$ 365.1512, найдено 365.1520.

1-Фенил-1-(трифторметил)-3-(4-хлорфенил)-1*H*-инден (5ja). Выход 21 мг (59%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 6.67 (с, 1H), 7.30-7.37 (м, 3H), 7.38 (тд, $^3J = 7.4$ Гц, $^4J = 1.1$ Гц, 1H), 7.42-7.47 (м, 1H), 7.45 (д, $^3J = 8.5$ Гц, 2H), 7.51 (д, $^3J = 7.4$ Гц, 1H), 7.55-7.59 (м, 2H), 7.56 (д, $^3J = 8.5$ Гц, 2H),

7.69 (д, $^3J = 7.4$ Гц, 1H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 64.4 (кв, $J = 26.9$ Гц), 121.6, 126.0 (кв, $J = 0.8$ Гц), 126.7 (кв, $J = 282.6$ Гц), 126.9, 128.0 (кв, $J = 1.6$ Гц), 128.3, 128.8, 128.9, 129.1, 129.2, 132.6 (кв, $J = 1.8$ Гц), 132.8, 134.4, 134.7, 143.3, 143.8 (кв, $J = 0.8$ Гц), 146.3. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -67.46 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{22}\text{H}_{15}\text{F}_3\text{Cl}^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 371.0809, найдено 371.0798.

1-Трифторметил-1,3-бис(4-хлорфенил)-1H-инден (5ка). Выход 25 мг (70%). Твердое вещество, Т. пл. 109-111°C. Спектр ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 6.61 (с, 1H), 7.30 (д, $^3J = 8.6$ Гц, 2H), 7.38 (тд, $^3J = 7.4$ Гц, $^4J = 1.0$ Гц, 1H), 7.43-7.48 (м, 5H), 7.52 (д, $^3J = 7.4$ Гц, 1H), 7.55 (д, $^3J = 8.6$ Гц, 2H), 7.64 (д, $^3J = 8.6$ Гц, 1H). Спектр ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 63.9 (кв, $J = 27.2$ Гц), 121.8, 125.8 (кв, $J = 0.7$ Гц), 126.5 (кв, $J = 282.6$ Гц), 127.1, 129.0, 129.1, 129.2, 129.2, 129.4 (кв, $J = 1.8$ Гц), 132.0 (кв, $J = 1.7$ Гц), 132.6, 133.0, 134.4, 134.8, 143.2, 143.5 (кв, $J = 0.6$ Гц), 146.7. Спектр ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -67.57 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{22}\text{H}_{14}\text{F}_3\text{Cl}_2^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 405.0419, найдено 405.0431.

3-(4-Бромфенил)-1-трифторметил-1-фенил-1H-инден (5la). Выход 18 мг (51%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 6.67 (с, 1H), 7.32-7.36 (м, 3H), 7.37 (тд, $^3J = 7.5$ Гц, $^4J = 1.2$ Гц, 1H), 7.44 (тд, $^3J = 7.5$ Гц, $^4J = 1.2$ Гц, 1H), 7.49 (д, $^3J = 8.5$ Гц, 2H), 7.50-7.52 (м, 1H), 7.54-7.56 (м, 2H), 7.61 (д, $^3J = 8.5$ Гц, 2H), 7.68 (д, $^3J = 7.5$ Гц, 1H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 64.4 (кв, $J = 26.9$ Гц), 121.6, 122.8, 126.0, 126.6 (кв, $J = 282.4$ Гц), 126.9, 128.0 (кв, $J = 1.6$ Гц), 128.3, 128.8, 128.9, 129.5, 132.1, 132.6 (кв, $J = 1.6$ Гц), 133.3, 134.3, 143.2, 143.8, 146.4. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -67.46 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{22}\text{H}_{15}\text{F}_3\text{Br}^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 415.0304, найдено 415.0298.

1,3-Бис(4-бромфенил)-4,7-диметил-1-трифторметил-1H-инден (5ма). Выход 29 мг (80%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 6.60 (с, 1H), 7.38 (тд, $^3J = 7.5$ Гц, $^4J = 1.3$ Гц, 1H), 7.39 (д, $^3J = 8.6$ Гц, 2H), 7.43-7.46 (м, 1H), 7.45 (д, $^3J = 8.6$ Гц, 2H), 7.47 (д, $^3J = 8.5$ Гц, 2H), 7.51 (д, $^3J = 7.5$ Гц, 1H), 7.61 (д, $^3J = 8.5$ Гц, 2H), 7.62-7.64 (м, 1H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ ,

м. д.: 64.0 (кв, $J = 27.2$ Гц), 121.8, 122.6, 123.0, 125.8, 126.4 (кв, $J = 282.6$ Гц), 127.1, 129.1, 129.5, 129.7 (кв, $J = 1.7$ Гц), 132.0, 132.0, 132.1, 133.0, 133.5, 143.1, 143.5, 146.8. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -67.54 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{22}\text{H}_{14}\text{F}_3\text{Br}_2^+ [\text{M}+\text{H}]^+$ 492.9409, найдено 492.9397.

3-(4-Нитрофенил)-1-трифторметил-1-фенил-1H-инден (5na). Выход 22 мг (62%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 6.80 (с, 1H), 7.31-7.38 (м, 3H), 7.42 (тд, $^3J = 7.4$ Гц, $^4J = 1.5$ Гц, 1H), 7.47 (тд, $^3J = 7.4$ Гц, $^4J = 1.1$ Гц, 1H), 7.49-7.55 (м, 3H), 7.71 (д, $^3J = 7.4$ Гц, 1H), 7.78 (д, $^3J = 8.8$ Гц, 2H), 8.34 (д, $^3J = 8.8$ Гц, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 64.7 (кв, $J = 27.0$ Гц), 121.5, 124.2, 126.3 (кв, $J = 0.5$ Гц), 126.5 (кв, $J = 282.7$ Гц), 127.4, 128.0 (кв, $J = 1.7$ Гц), 128.5, 128.8, 129.0, 129.1, 133.8, 134.7 (кв, $J = 1.8$ Гц), 140.9, 142.5, 143.7, 145.6, 148.0. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: - 67.40 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{22}\text{H}_{15}\text{F}_3\text{NO}_2^+ [\text{M}+\text{H}]^+$ 382.1049, найдено 382.1051.

3-(4-Метилфенил)-1-трифторметил-1-фенил-1H-инден (5оаа). Получен в смеси 1:3.8 с инденом **5оаб**, общий выход 25 мг (72%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 2.43 (с, 3H), 6.64 (с, 1H), 7.29 (д, $^3J = 7.9$ Гц, 2H), 7.31-7.38 (м, 5H), 7.40-7.42 (м, 1H), 7.53 (д, $^3J = 7.9$ Гц, 2H), 7.56-7.58 (м, 2H), 7.68 (д, $^3J = 7.4$ Гц, 1H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 21.5, 64.2 (кв, $J = 26.3$ Гц), 121.8, 125.8, 126.6, 126.8 (кв, $J = 282.5$ Гц), 127.8, 127.9, 128.0 (кв, $J = 2.0$ Гц), 128.1, 129.5, 129.5, 131.5, 131.6 (кв, $J = 1.7$ Гц), 134.8, 138.6, 143.8, 144.0 (кв, $J = 1.1$ Гц), 147.3. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -67.45 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{23}\text{H}_{18}\text{F}_3^+ [\text{M}+\text{H}]^+$ 351.1356, найдено 351.1361.

6-Метил-1-трифторметил-1,3-дифенил-1H-инден (5оаб). Получен в смеси 3.8:1 с инденом **5оаа**, общий выход 25 мг (72%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 2.45 (с, 3H), 6.61 (с, 1H), 7.24 (д, $^3J = 7.9$ Гц, 1H), 7.31-7.38 (м, 3H), 7.40-7.49 (м, 5H), 7.56-7.58 (м, 2H), 7.62-7.65 (м, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 21.8, 64.1 (кв, $J = 26.9$ Гц), 121.5, 126.7 (кв, $J = 0.8$ Гц), 126.8 (кв, $J = 282.5$ Гц), 127.9, 127.9 (кв, $J = 1.8$ Гц), 128.1, 128.6, 128.8, 128.8, 129.4, 131.3 (кв, $J = 1.8$ Гц), 134.6,

135.0, 136.7, 141.0, 144.3 ($J = 1.0$ Гц), 147.3. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -67.33 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{23}\text{H}_{18}\text{F}_3^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 351.1356, найдено 351.1361.

3-(2,4-Диметилфенил)-1-трифторметил-1-фенил-1H-инден (5раа).

Получен в смеси 1:6 с инденом **5раб**, общий выход 22 мг (63%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 2.25 (с, 3H), 2.40 (с, 3H), 6.52 (с, 1H), 7.08-7.13 (м, 2H), 7.15 (м, 1H), 7.21 (д, $^3J = 7.5$ Гц, 1H), 7.30-7.43 (м, 5H), 7.56-7.61 (м, 2H), 7.67 (д, $^3J = 7.5$ Гц, 1H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 20.1, 21.3, 64.6 (кв, $J = 26.9$ Гц), 121.9, 125.5 (кв, $J = 0.6$ Гц), 126.5, 126.6, 126.8 (кв, $J = 284.1$ Гц), 127.9, 128.1, 128.8, 129.2, 129.2, 131.0, 131.1, 133.2 (кв, $J = 1.7$ Гц), 134.8, 136.3, 138.1, 143.4 (кв, $J = 1.1$ Гц), 145.1, 147.7. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -67.50 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{24}\text{H}_{20}\text{F}_3^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 365.1512, найдено 365.1497.

4,6-Диметил-1-трифторметил-1,3-дифенил-1H-инден (5раб).

Получен в смеси 6:1 с инденом **5раа**, общий выход 22 мг (63%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 1.97 (с, 3H), 2.39 (с, 3H), 6.39 (с, 1H), 6.95 (д, $^4J = 0.6$ Гц, 1H), 7.30 (с, 1H), 7.32-7.43 (м, 8H), 7.57 (д, $^3J = 7.5$ Гц, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 20.2, 21.5, 63.7 (кв, $J = 26.6$ Гц), 124.3 (кв, $J = 0.7$ Гц), 126.9 (кв, $J = 282.5$ Гц), 127.9 (кв, $J = 1.8$ Гц), 127.9, 128.0, 128.2, 128.6, 128.7, 132.5, 132.6, 133.2 (кв, $J = 1.8$ Гц), 135.2, 136.6, 137.5, 139.2, 144.5 (кв, $J = 0.9$ Гц), 149.3. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: - 67.36 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{24}\text{H}_{20}\text{F}_3^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 365.1512, найдено 365.1497.

1-(4-Метилфенил)-1-трифторметил-3-фенил-1H-инден (5qa). Выход 24 мг (69%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 2.34 (с, 3H), 6.68 (с, 1H), 7.15 (д, $^3J = 8.1$ Гц, 2H), 7.36 (тд, $^3J = 7.4$ Гц, $^4J = 1.1$ Гц, 1H), 7.41-7.50 (м, 6H), 7.57 (д, $^3J = 7.4$ Гц, 1H), 7.61-7.64 (м, 2H), 7.69 (д, $^3J = 7.4$ Гц, 1H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 21.1, 64.0 (кв, $J = 27.0$ Гц), 121.8, 125.8 (кв, $J = 0.6$ Гц), 126.6, 126.8 (кв, $J = 282.5$ Гц), 127.9 (кв, $J = 1.7$ Гц), 127.9, 128.7, 128.7, 128.8, 129.5, 131.6, 132.3 (кв, $J = 1.8$ Гц), 134.5, 138.0, 143.6,

144.0 (кв, $J = 1.0$ Гц), 147.3. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: - 67.66 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{23}\text{H}_{18}\text{F}_3^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 351.1356, найдено 351.1361.

4,7-Диметил-1-трифторметил-1,3-дифенил-1H-инден (5ab). Выход 26 мг (75%). Твердое вещество, Т. пл. 106°C. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 1.97 (с, 3H), 2.05 (с, 3H), 6.25 (с, 1H), 6.97 (д, $^3J = 7.8$ Гц, 1H), 7.05 (д, $^3J = 7.8$ Гц, 1H), 7.28-7.34 (м, 5H), 7.37-7.43 (м, 5H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 19.2 (кв, $J = 3.8$ Гц), 20.1, 65.3 (кв, $J = 26.5$ Гц), 127.0 (кв, $J = 1.9$ Гц), 127.3 (кв, $J = 283.5$ Гц), 127.6, 127.9, 128.2, 128.7, 128.9, 129.9, 130.2, 132.4, 133.3, 134.3, 136.4 (кв, $J = 2.1$ Гц), 137.6, 143.0, 143.2, 148.3. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -62.43 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{24}\text{H}_{20}\text{F}_3^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 365.1512, найдено 365.1504.

4,7-Диметил-1-(3-метилфенил)-1-трифторметил-3-фенил-1H-инден (5bb). Выход 23 мг (66%). Твердое вещество, Т. пл. 144-146°C. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 1.99 (с, 3H), 2.08 (с, 3H), 2.35 (с, 3H), 6.25 (с, 1H), 6.99 (д, $^3J = 7.8$ Гц, 1H), 7.06 (д, $^3J = 7.8$ Гц, 1H), 7.12 (д, $^3J = 7.6$ Гц, 2H), 7.17 (с, 1H), 7.19-7.23 (м, 1H), 7.36-7.44 (м, 5H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 19.3 (кв, $J = 3.8$ Гц), 20.1, 21.8, 65.2 (кв, $J = 26.3$ Гц), 124.0 (кв, $J = 2.0$ Гц), 127.3 (кв, $J = 283.8$ Гц), 127.6 (кв, $J = 2.0$ Гц), 127.8, 128.2, 128.4, 128.7, 128.7, 129.8, 130.1, 132.3, 133.3, 134.1, 136.5 (кв, $J = 2.0$ Гц), 137.7, 138.5, 143.0, 143.1 (кв, $J = 1.0$ Гц), 148.2. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -62.33 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{25}\text{H}_{22}\text{F}_3^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 379.1669, найдено 379.1680.

1-(3,4-Диметилфенил)-4,7-диметил-1-трифторметил-3-фенил-1H-инден (5cb). Выход 25 мг (72%). Твердое вещество, Т. пл. 180-182°C. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 1.96 (с, 3H), 2.08 (с, 3H), 2.24 (с, 3H), 2.25 (с, 3H), 6.21 (с, 1H), 6.96 (д, $^3J = 7.8$ Гц, 1H), 7.03-7.07 (м, 3H), 7.09 (с, 1H), 7.34-7.42 (м, 5H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 19.4 (кв, $J = 3.8$ Гц), 19.5, 20.2, 20.2, 65.0 (кв, $J = 26.2$ Гц), 124.4 (кв, $J = 1.8$ Гц), 127.4 (кв, $J = 283.8$ Гц), 127.8, 128.1 (кв, $J = 1.8$ Гц), 128.1, 128.7, 129.8, 130.1, 130.1, 131.3, 132.2,

133.3 136.0, 136.6 (кв, $J = 2.0$ Гц), 137.0, 137.7, 143.0, 143.0 (кв, $J = 0.8$ Гц), 147.9. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -62.37 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{26}\text{H}_{24}\text{F}_3^+ [\text{M}+\text{H}]^+$ 393.1825, найдено 393.1813.

4,7-Диметил-1-трифторметил-3-фенил-1-(4-хлорофенил)-1H-инден (5db). Выход 21 мг (60%). Твердое вещество, Т. пл. 137-139°C. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 1.95 (с, 3H), 2.04 (с, 3H), 6.18 (с, 1H), 6.96 (д, $^3J = 7.8$ Гц, 1H), 7.04 (д, $^3J = 7.8$ Гц, 1H), 7.23-7.28 (м, 4H), 7.33-7.42 (м, 5H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 19.3 (кв, $J = 3.8$ Гц), 20.1, 64.8 (кв, $J = 26.8$ Гц), 127.1 (кв, $J = 283.6$ Гц), 128.0, 128.2, 128.5 (кв, $J = 2.0$ Гц), 128.6, 129.1, 130.0, 130.4, 132.6, 133.0, 133.2, 133.6, 135.9 (кв, $J = 2.1$ Гц), 137.4, 142.7 (кв, $J = 2.1$ Гц), 142.8, 148.7. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -62.63 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{24}\text{H}_{19}\text{F}_3\text{Cl}^+ [\text{M}+\text{H}]^+$ 399.1122, найдено 399.1123.

1-(4-Бромфенил)-4,7-диметил-1-трифторметил-3-фенил-1H-инден (5eb). Выход 27 мг (74%). Твердое вещество, Т. пл. 135-137°C. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 1.95 (с, 3H), 2.04 (с, 3H), 6.18 (с, 1H), 6.97 (д, $^3J = 7.8$ Гц, 1H), 7.05 (д, $^3J = 7.8$ Гц, 1H), 7.18 (д, $^3J = 8.6$ Гц, 2H), 7.34-7.42 (м, 5H), 7.43 (д, $^3J = 8.6$ Гц, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 74 м. д.: 19.3 (кв, $J = 3.8$ Гц), 20.1, 64.9 (кв, $J = 26.7$ Гц), 121.6, 127.1 (кв, $J = 283.7$ Гц), 128.0, 128.2, 128.6, 128.8 (кв, $J = 2.0$ Гц), 130.0, 130.4, 132.0, 132.6, 133.2, 133.6, 135.8 (кв, $J = 2.1$ Гц), 137.3, 142.7 (кв, $J = 2.1$ Гц), 142.9, 148.8. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -62.61 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{24}\text{H}_{19}\text{F}_3\text{Br}^+ [\text{M}+\text{H}]^+$ 443.0617, найдено 443.0619.

1-(2-Бромфенил)-4,7-диметил-1-трифторметил-3-фенил-1H-инден (5fb). Выход 16 мг 45%. Твердое вещество, Т. пл. 102-104°C. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 1.89 (с, 3H), 1.93 (с, 3H), 6.06 (с, 1H), 6.90 (д, $^3J = 7.8$ Гц, 1H), 7.02 (д, $^3J = 7.8$ Гц, 1H), 7.17 (тд, $^3J = 7.9$ Гц, $^4J = 1.3$ Гц, 1H), 7.35-7.45 (м, 6H), 7.53 (дд, $^3J = 7.9$ Гц, $^4J = 1.3$ Гц, 1H), 7.94-7.98 (м, 1H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 18.5 (кв, $J = 3.1$ Гц), 20.0, 66.1 (кв, $J = 25.1$ Гц), 121.9 (кв, $J = 0.9$ Гц), 127.1 (кв, $J = 285.2$ Гц), 127.8, 127.9, 128.2, 128.3, 129.0, 129.3, 130.5 (кв, $J = 4.2$ Гц), 130.6, 131.3 (кв, $J = 1.2$ Гц), 132.4, 132.9, 133.3,

136.1, 138.0, 141.4 (кв, $J = 0.4$ Гц), 144.8, 152.3. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: - 65.08 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{24}\text{H}_{19}\text{F}_3\text{Br}^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 443.0617, найдено 443.0618.

4,7-Диметил-1-(4-нитрофенил)-1-трифторметил-3-фенил-1H-инден (5gb). Выход 30 мг (84%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 1.97 (с, 3H), 2.00 (с, 3H), 6.19 (с, 1H), 6.99 (д, $^3J = 7.8$ Гц, 1H), 7.08 (д, $^3J = 7.8$ Гц, 1H), 7.35-7.43 (м, 5H), 7.48 (д, $^3J = 8.8$ Гц, 2H), 8.16 (д, $^3J = 8.8$ Гц, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 19.3 (кв, $J = 3.6$ Гц), 20.0, 65.1 (кв, $J = 27.0$ Гц), 124.1, 126.8 (кв, $J = 283.6$ Гц), 128.1 (кв, $J = 2.1$ Гц), 128.2, 128.3, 128.5, 130.3, 130.3, 130.8, 133.0, 134.9 (кв, $J = 1.9$ Гц), 136.9, 142.3, 142.5, 142.8, 147.3, 149.9. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -62.53 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{24}\text{H}_{19}\text{F}_3\text{NO}_2^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 410.1363, найдено 410.1374.

4,7-Диметил-1,3-бис(4-метилфенил)-1-трифторметил-1H-инден (5hb). Выход 21 мг (59%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 1.98 (с, 3H), 2.05 (с, 3H), 2.34 (с, 3H), 2.40 (с, 3H), 6.19 (с, 1H), 6.95 (д, $^3J = 7.8$ Гц, 1H), 7.03 (д, $^3J = 7.8$ Гц, 1H), 7.10 (д, $^3J = 8.2$ Гц, 2H), 7.19-7.22 (м, 4H), 7.25 (д, $^3J = 8.2$ Гц, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 19.3 (кв, $J = 3.8$ Гц), 20.2, 20.1, 21.4, 64.9 (кв, $J = 26.4$ Гц), 126.9 (кв, $J = 1.9$ Гц), 127.4 (кв, $J = 283.7$ Гц), 128.6, 128.8, 129.6, 129.7, 130.1, 131.2, 132.3, 133.2, 134.7, 136.5 (кв, $J = 2.1$ Гц), 137.3, 137.5, 143.1, 143.2 (кв, $J = 0.9$ Гц), 148.1. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: - 62.53 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{26}\text{H}_{24}\text{F}_3^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 393.1825, найдено 393.1840.

4,7-Диметил-1-(3-метилфенил)-3-(4-метилфенил)-1-трифторметил-1H-инден (5ib). Выход 19 мг (54%). Твердое вещество, Т. пл. 133-135°C. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 1.99 (с, 3H), 2.05 (с, 3H), 2.32 (с, 3H), 2.41 (с, 3H), 6.19 (с, 1H), 6.95 (д, $^3J = 7.8$ Гц, 1H), 7.04 (д, $^3J = 7.8$ Гц, 1H), 7.09 (д, $^3J = 7.4$ Гц, 2H), 7.14 (с, 1H), 7.17 (д, $^3J = 7.4$ Гц, 2H), 7.20 (д, $^3J = 8.0$ Гц, 2H), 7.26 (д, $^3J = 8.0$ Гц, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 19.3 (кв, $J = 3.7$ Гц), 20.2, 21.4, 21.8, 65.1 (кв, $J = 26.3$ Гц), 124.1 (кв, $J = 1.9$ Гц), 127.4 (кв, $J = 283.8$ Гц), 127.6 (кв, $J = 2.0$ Гц), 128.4, 128.6, 128.7, 128.8, 129.7, 130.1, 132.3,

133.2, 134.2, 134.7, 136.4 (кв, $J = 2.1$ Гц), 137.5, 138.4, 143.1, 143.2 (кв, $J = 0.9$ Гц), 148.2. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -62.34 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{26}\text{H}_{24}\text{F}_3^+ [\text{M}+\text{H}]^+$ 393.1825, найдено 393.1836.

4,7-Диметил-3-(3,4-диметилфенил)-1-трифторметил-1-фенил-1H-инден (5jba). Получен в смеси 1.5:1 с инденом **5jbb**, общий выход 11 мг (28%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 1.99 (с, 3H), 2.03 (с, 3H), 2.29 (с, 3H), 2.31 (с, 3H), 6.19 (с, 1H), 6.94 (д, $^3J = 7.8$ Гц, 1H), 7.03 (д, $^3J = 7.8$ Гц, 1H), 7.08-7.10 (м, 2H), 7.14 (с, 1H), 7.27-7.34 (м, 5H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 19.2 (кв, $J = 3.6$ Гц), 19.7, 19.8, 20.2, 65.2 (кв, $J = 26.4$ Гц), 126.0, 127.0 (кв, $J = 1.7$ Гц), 127.3 (кв, $J = 280.9$ Гц), 127.5, 128.8, 128.9, 129.8, 130.5, 132.3, 133.2, 134.5, 135.0, 135.3, 136.2, 136.4, 143.1, 144.4, 146.8, 148.4. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -62.47 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{26}\text{H}_{24}\text{F}_3^+ [\text{M}+\text{H}]^+$ 393.1825, найдено 393.1815.

3-(2,5-Диметилфенил)-6,7-диметил-1-трифторметил-1-фенил-1H-инден (5jbb). Получен в смеси 1:1.5 с инденом **5jba**, общий выход 28%. 11 мг (28%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 1.99 (с, 3H), 2.21 (с, 3H), 2.28 (с, 3H), 2.34 (с, 3H), 6.20 (с, 1H), 6.83 (д, $^3J = 7.6$ Гц, 1H), 7.12-7.19 (м, 4H), 7.27-7.34 (м, 5H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 16.4 (кв, $J = 3.6$ Гц), 19.6, 20.4, 21.0, 66.0 (кв, $J = 26.1$ Гц), 119.0, 127.0 (кв, $J = 1.9$ Гц), 127.4 (кв, $J = 279.4$ Гц), 127.6, 128.8, 129.0, 129.4, 129.7, 130.2, 130.3, 133.3, 134.1, 134.6, 134.7 (кв, $J = 1.6$ Гц), 134.9, 136.5, 143.0, 143.2, 144.4. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -62.92 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{26}\text{H}_{24}\text{F}_3^+ [\text{M}+\text{H}]^+$ 393.1825, найдено 393.1815.

3-(2,5-Диметилфенил)-5,6-диметил-1-трифторметил-1-фенил-1H-инден (5jbc). Выход 13 мг (34%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 2.22 (с, 3H), 2.26 (с, 3H), 2.33 (с, 3H), 2.36 (с, 3H), 6.42 (с, 1H), 6.86 (с, 1H), 7.11 (с, 1H), 7.13 (д, $^3J = 7.8$ Гц, 1H), 7.20 (д, $^3J = 7.8$ Гц, 1H), 7.31- 7.37 (м, 3H), 7.42 (с, 1H), 7.59 (д, $^3J = 7.3$ Гц, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 19.7, 20.1, 20.3, 21.0, 64.3 (кв, $J = 26.7$ Гц), 123.0, 126.8, 126.9 (кв, $J = 282.4$

Гц), 127.9 (кв, $J = 1.7$ Гц), 128.0, 128.7, 129.0, 129.8, 130.4, 132.3 (кв, $J = 1.5$ Гц), 133.3, 134.2, 135.1, 135.3, 135.3, 137.2, 141.1, 142.9, 147.8. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -67.54 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{26}\text{H}_{24}\text{F}_3^+ [\text{M}+\text{H}]^+$ 393.1825, найдено 393.1814.

4,7-Диметил-1,3-бис-(3,4-диметилфенил)-1-трифторметил-1H-инден (5kba). Получен в смеси 1.4:1 с инденом **5kbb**, общий выход 11 мг (25%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 1.98 (с, 3H), 2.06 (с, 3H), 2.22 (с, 3H), 2.24 (с, 3H), 2.28 (с, 3H), 2.30 (с, 3H), 6.16 (с, 1H), 6.94 (д, $^3J = 7.8$ Гц, 1H), 7.01-7.12 (м, 6H), 7.17 (д, $^3J = 7.4$ Гц, 1H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 19.4 (кв, $J = 3.8$ Гц), 19.5, 19.7, 19.8, 20.2, 20.2, 64.9 (кв, $J = 26.3$ Гц), 118.9, 124.4 (кв, $J = 2.0$ Гц), 126.1, 127.4 (кв, $J = 283.8$ Гц), 128.1 (кв, $J = 2.0$ Гц), 129.4, 129.6, 129.9, 132.2, 133.2, 134.6, 136.1, 135.3, 136.0, 136.3, 136.3 (кв, $J = 2.1$ Гц), 137.0, 143.1 (кв, $J = 1.1$ Гц), 143.1, 146.4, 148.0. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -62.40 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{28}\text{H}_{28}\text{F}_3^+ [\text{M}+\text{H}]^+$ 421.2138, найдено 421.2124.

3-(2,5-Диметилфенил)-1-(3,4-диметилфенил)-6,7-диметил-1-трифторметил-1H-инден (5kbb). Получен в смеси 1:1.4 с инденом **5kba**, общий выход 11 мг (25%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 2.02 (с, 3H), 2.21 (с, 3H), 2.23 (с, 3H), 2.25 (с, 3H), 2.28 (с, 3H), 2.34 (с, 3H), 6.17 (с, 1H), 6.82 (д, $^3J = 7.6$ Гц, 1H), 7.01-7.12 (м, 6H), 7.15-7.18 (м, 1H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 16.5 (кв, $J = 3.6$ Гц), 19.5, 19.6, 20.2, 20.4, 21.0, 65.8 (кв, $J = 25.5$ Гц), 124.4 (кв, $J = 2.0$ Гц), 127.3 (кв, $J = 279.1$ Гц), 128.1 (кв, $J = 2.0$ Гц), 128.9, 129.9, 130.0, 130.1, 130.1, 130.3, 130.4, 131.5, 131.9, 132.2, 133.3, 134.2, 134.9 (кв, $J = 2.0$ Гц), 136.0, 136.4, 137.1, 142.9 (кв, $J = 1.1$ Гц), 144.4. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -62.89 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{28}\text{H}_{28}\text{F}_3^+ [\text{M}+\text{H}]^+$ 421.2138, найдено 421.2124.

3-(2,5-Диметилфенил)-1-(3,4-диметилфенил)-5,6-диметил-1-трифторметил-1H-инден (5kbc). Выход 11 мг (25%). Твердое вещество, Т. пл. 137-139°C. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 2.22 (с, 3H), 2.24 (с, 6H),

2.25 (с, 3H), 2.32 (с, 3H), 2.36 (с, 3H), 6.40 (с, 1H), 6.84 (д, $^3J = 7.6$ Гц, 1H), 7.09-7.14 (м, 3H), 7.20 (д, $^3J = 7.7$ Гц, 1H), 7.32 (д, $^3J = 8.1$ Гц, 1H), 7.34 78 (с, 1H), 7.42 (с, 1H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 19.5, 19.7, 20.1, 20.2, 20.3, 21.0, 64.0 (кв, $J = 26.6$ Гц), 122.9, 125.3 (кв, $J = 1.7$ Гц), 126.7, 127.0 (кв, $J = 282.4$ Гц), 128.9, 129.1 (кв, $J = 1.7$ Гц), 129.8, 130.0, 130.3, 132.5 (кв, $J = 1.7$ Гц), 132.5, 133.3, 134.3, 135.0, 135.3, 136.5, 136.9, 137.1, 141.2 (кв, $J = 1.1$ Гц), 142.8, 147.5. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -67.63 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{28}\text{H}_{28}\text{F}_3^+ [\text{M}+\text{H}]^+$ 421.2138, найдено 421.2124.

4,7-Диметил-1-трифторметил-1-фенил-3-(4-хлорфенил)-1H-инден

(5Ib). Выход 24 мг (68%). Твердое вещество, Т. пл. 137-139°C. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 1.97 (с, 3H), 2.04 (с, 3H), 6.23 (с, 1H), 6.97 (д, $^3J = 7.8$ Гц, 1H), 7.04 (д, $^3J = 7.8$ Гц, 1H), 7.26-7.32 (м, 7H), 7.38 (д, $^3J = 8.6$ Гц, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 19.2 (кв, $J = 3.7$ Гц), 20.3, 65.3 (кв, $J = 26.4$ Гц), 127.0 (кв, $J = 1.9$ Гц), 127.2 (кв, $J = 283.7$ Гц), 127.7, 128.5, 128.9, 130.0, 130.1, 130.1, 132.4, 133.4, 133.9, 134.0, 136.0, 136.9 (кв, $J = 2.1$ Гц), 142.6, 143.1 (кв, $J = 1.1$ Гц), 147.2. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -62.41 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{24}\text{H}_{19}\text{F}_3\text{Cl}^+ [\text{M}+\text{H}]^+$ 399.1122, найдено 399.1126.

4,7-Диметил-1-трифторметил-1,3-бис(4-хлорфенил)-1H-инден

(5mb). Выход 27 мг (74%). Твердое вещество, Т. пл. 166-168°C. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 1.96 (с, 3H), 2.03 (с, 3H), 6.18 (с, 1H), 6.98 (д, $^3J = 7.8$ Гц, 1H), 7.05 (д, $^3J = 7.8$ Гц, 1H), 7.22 (д, $^3J = 8.6$ Гц, 2H), 7.26-7.30 (м, 4H), 7.38 (д, $^3J = 8.6$ Гц, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 19.3 (кв, $J = 3.7$ Гц), 20.2, 64.9 (кв, $J = 26.7$ Гц), 128.3 (кв, $J = 283.6$ Гц), 128.4 (кв, $J = 2.0$ Гц), 128.5, 129.1, 130.0, 130.3, 132.7, 132.7, 133.3, 133.7, 134.1, 135.8, 136.3 (кв, $J = 2.0$ Гц), 142.5, 142.6, 142.6, 147.6. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -62.59 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{24}\text{H}_{18}\text{F}_3\text{Cl}_2^+ [\text{M}+\text{H}]^+$ 433.0733, найдено 433.0733.

3-(4-Бромфенил)-4,7-диметил-1-трифторметил-1-фенил-1H-инден

(5nb). Выход 21 мг (60%). Твердое вещество, Т. пл. 160-162°C. ЯМР ^1H

(CDCl₃, 400 МГц) δ, м. д.: 1.97 (с, 3H), 2.03 (с, 3H), 6.23 (с, 1H), 6.97 (д, ³J = 7.8 Гц, 1H), 7.04 (д, ³J = 7.8 Гц, 1H), 7.25 (д, ³J = 8.4 Гц, 2H), 7.27-7.32 (м, 5H), 7.53 (д, ³J = 8.4 Гц, 2H). ЯМР ¹³C (CDCl₃, 100 МГц) δ, м. д.: 19.2 (кв, J = 3.8 Гц), 20.3, 65.3 (кв, J = 26.4 Гц), 122.0, 127.0 (кв, J = 2.0 Гц), 127.2 (кв, J = 283.7 Гц), 127.7, 128.9, 130.0, 130.1, 130.4, 131.4, 132.4, 133.4, 134.0, 136.5, 136.8 (кв, J = 2.1 Гц), 142.5, 143.1 (кв, J = 1.1 Гц), 147.2. ЯМР ¹⁹F (CDCl₃, 376 МГц) δ, м. д.: -62.41 (с). HRMS (MALDI): вычислено для C₂₄H₁₉F₃Br⁺ [M+H]⁺ 443.0617, найдено 443.0617.

1,3-Бис(4-бромфенил)-4,7-диметил-1-трифторметил-1H-инден (5ob).

Выход 28 мг (78%). Твердое вещество, Т. пл. 175-177°C. ЯМР ¹H (CDCl₃, 400 МГц) δ, м. д.: 1.96 (с, 3H), 2.03 (с, 3H), 6.18 (с, 1H), 6.97 (д, ³J = 7.8 Гц, 1H), 7.05 (д, ³J = 7.8 Гц, 1H), 7.15 (д, ³J = 8.3 Гц, 2H), 7.23 (д, ³J = 8.3 Гц, 2H) 7.42 (д, ³J = 8.6 Гц, 2H), 7.53 (д, ³J = 8.6 Гц, 2H). ЯМР ¹³C (CDCl₃, 100 МГц) δ, м. д.: 19.3 (кв, J = 3.7 Гц), 20.3, 65.0 (кв, J = 26.7 Гц), 121.8, 122.2, 127.0 (кв, J = 283.6 Гц), 128.8 (кв, J = 2.0 Гц), 130.3, 130.3, 131.5, 132.1, 132.7, 133.3, 133.3, 136.2 (кв, J = 1.9 Гц), 136.3, 136.3, 142.4, 142.6, 147.7. ЯМР ¹⁹F (CDCl₃, 376 МГц) δ, м. д.: -62.57 (с). HRMS (MALDI): вычислено для C₂₄H₁₈F₃Br₂⁺ [M+H]⁺ 520.9722, найдено 520.9722.

4,7-Диметил-3-(4-нитрофенил)-1-трифторметил-1-фенил-1H-инден

(5pb). Выход 24 мг (70%). Масло. ЯМР ¹H (CDCl₃, 400 МГц) δ, м. д.: 1.95 (с, 3H), 2.04 (с, 3H), 6.30 (с, 1H), 7.00 (д, ³J = 7.8 Гц, 1H), 7.06 (д, ³J = 7.8 Гц, 1H), 7.28-7.33 (м, 5H), 7.55 (д, ³J = 8.7 Гц, 2H), 8.27 (д, ³J = 8.7 Гц, 2H). ЯМР ¹³C (CDCl₃, 100 МГц) δ, м. д.: 19.3 (кв, J = 3.6 Гц), 20.5, 65.7 (кв, J = 26.7 Гц), 123.6, 126.9 (кв, J = 1.9 Гц), 127.0 (кв, J = 283.8 Гц), 128.0, 129.1, 129.7, 129.8, 130.5, 132.5, 133.5, 133.7, 137.6 (кв, J = 2.0 Гц), 142.0, 143.0 (кв, J = 0.6 Гц), 144.6, 146.4, 147.7. ЯМР ¹⁹F (CDCl₃, 376 МГц) δ, м. д.: -62.32 (с). HRMS (MALDI): вычислено для C₂₄H₁₉F₃NO₂⁺ [M+H]⁺ 410.1363, найдено 410.1373.

4,7-Диметил-3-(4-метилфенил)-1-трифторметил-1-фенил-1H-инден

(5qb). Выход 25 мг (71%). Твердое вещество, Т. пл. 135-137°C. ЯМР ¹H (CDCl₃, 400 МГц) δ, м. д.: 1.98 (с, 3H), 2.04 (с, 3H), 2.41 (с, 3H), 6.21 (с, 1H),

6.95 (д, $^3J = 7.8$ Гц, 1H), 7.04 (д, $^3J = 7.8$ Гц, 1H), 7.20 (д, $^3J = 7.3$ Гц, 2H), 7.25-7.35 (м, 7H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 19.2 (кв, $J = 3.7$ Гц), 20.2, 21.4, 65.2 (кв, $J = 26.3$ Гц), 127.0 (кв, $J = 1.9$ Гц), 127.3 (кв, $J = 283.8$ Гц), 127.6, 128.6, 128.8, 128.9, 129.8, 130.2, 132.3, 133.2, 134.4, 134.6, 136.3 (кв, $J = 2.0$ Гц), 137.6, 143.1, 143.2, 148.3. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -62.46 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{25}\text{H}_{22}\text{F}_3^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 379.1669, найдено 379.1652.

4,7-Диметил-1-(4-метилфенил)-1-трифторметил-3-фенил-1H-инден (5ra). Выход 16 мг (44%). Твердое вещество, Т. пл. 147-149°C. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 1.95 (с, 3H), 2.06 (с, 3H), 2.34 (с, 3H), 6.21 (с, 1H), 6.95 (д, $^3J = 7.8$ Гц, 1H), 7.03 (д, $^3J = 7.8$ Гц, 1H), 7.11 (д, $^3J = 8.1$ Гц, 2H), 7.20 (д, $^3J = 8.1$ Гц, 2H), 7.33-7.41 (м, 5H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 19.3 (кв, $J = 3.8$ Гц), 20.1, 21.1, 65.0 (кв, $J = 26.4$ Гц), 126.9 (кв, $J = 1.9$ Гц), 127.4 (кв, $J = 283.6$ Гц), 127.8, 128.2, 128.7, 129.6, 129.8, 130.1, 131.1, 132.3, 133.3, 136.6 (кв, $J = 2.0$ Гц), 137.4, 137.7, 143.0, 143.1 (кв, $J = 1.1$ Гц), 148.1. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -62.53 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{25}\text{H}_{22}\text{F}_3^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 379.1669, найдено 379.1674.

3-(2,4-Диметилфенил)-1-(3-метилфенил)-1-трифторметил-1H-инден (5aca). Получен в смеси 1:3 с инденом **5acb**, общий выход 23 мг (66%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 2.24 (с, 3H), 2.35 (с, 3H), 2.39 (с, 3H), 6.50 (с, 1H), 7.07-7.11 (м, 1H), 7.19-7.25 (м, 5H), 7.29-7.43 (м, 4H), 7.66 (д, $^3J = 7.1$ Гц, 1H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 20.1, 21.3, 21.8, 64.5 (кв, $J = 26.5$ Гц), 121.9, 125.0 (кв, $J = 1.8$ Гц), 125.5, 126.5, 126.6, 126.8 (кв, $J = 282.1$ Гц), 127.4, 127.6, 128.6, 128.7, 129.2, 131.0, 131.4, 133.3 (кв, $J = 1.6$ Гц), 134.7, 136.3, 138.1, 138.4, 143.4 (кв, $J = 2.1$ Гц), 145.1, 147.5. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -67.46 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{25}\text{H}_{22}\text{F}_3^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 379.1669, найдено 379.1648.

4,6-Диметил-1-(3-метилфенил)-1-трифторметил-3-фенил-1H-инден (5acb). Получен в смеси 3:1 с инденом **5aca**, общий выход 23 мг (66%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц)

δ , м. д.: 1.96 (с, 3H), 2.35 (с, 3H), 2.38 (с, 3H), 6.37 (с, 1H), 6.94 (с, 1H), 7.11-7.16 (м, 2H), 7.28 (с, 1H), 7.33-7.43 (м, 7H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 20.2, 21.5, 21.8, 63.6 (кв, $J = 26.6$ Гц), 124.3, 125.0 (кв, $J = 1.8$ Гц), 126.9 (кв, $J = 282.5$ Гц), 127.9, 128.6 (кв, $J = 1.8$ Гц), 128.2, 128.6, 128.7, 128.8, 132.5, 132.6, 133.3 (кв, $J = 1.7$ Гц), 135.0, 136.5, 137.6, 138.3, 139.2, 144.5, 149.2. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -67.31 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{25}\text{H}_{22}\text{F}_3^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 379.1669, найдено 379.1648.

3-(2,4-Диметилфенил)-1-(3,4-диметилфенил)-1-трифторметил-1H-инден (5bca). Получен в смеси 1:5.7 с инденом **5bcb**, общий выход 25 мг (69%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 2.26 (с, 9H), 2.40 (с, 3H), 6.52 (с, 1H), 7.09-7.13 (м, 2H), 7.16 (с, 1H), 7.21 (д, $^3J = 7.7$ Гц, 1H), 7.30-7.34 (м, 2H), 7.35-7.44 (м, 3H), 7.68 (д, $^3J = 7.1$ Гц, 1H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 19.5, 20.1, 20.2, 21.3, 64.3 (кв, $J = 26.7$ Гц), 121.3, 121.8, 125.4 (кв, $J = 1.9$ Гц), 125.5, 126.5, 126.6, 126.7 (кв, $J = 280.0$ Гц), 128.6, 129.2, 130.0, 131.1, 131.3, 132.1, 133.3 (кв, $J = 1.7$ Гц), 136.3, 136.7, 136.9, 138.1, 143.4, 145.1, 147.3. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -67.64 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{26}\text{H}_{24}\text{F}_3^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 393.1825, найдено 393.1821.

4,6-Диметил-1-(3,4-диметилфенил)-1-трифторметил-3-фенил-1H-инден (5bcb). Получен в смеси 5.7:1 с инденом **5bca**, общий выход 25 мг (69%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 1.97 (с, 3H), 2.26 (с, 3H), 2.27 (с, 3H), 2.39 (с, 3H), 6.39 (с, 1H), 6.95 (с, 1H), 7.11 (д, $^3J = 7.8$ Гц, 1H), 7.30-7.34 (м, 3H), 7.35-7.44 (м, 5H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 19.5, 20.2, 20.2, 21.5, 63.3 (кв, $J = 26.5$ Гц), 124.3 (кв, $J = 0.5$ Гц), 125.3 (кв, $J = 1.7$ Гц), 126.9 (кв, $J = 282.5$ Гц), 127.9, 128.2, 128.7, 129.1 (кв, $J = 1.7$ Гц), 130.0, 132.4, 132.4, 132.5, 133.4 (кв, $J = 1.7$ Гц), 136.4, 136.5, 136.9, 137.7, 139.2, 144.5, 149.0. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -67.46 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{26}\text{H}_{24}\text{F}_3^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 393.1825, найдено 393.1821.

3-(2,4-Диметилфенил)-1-трифторметил-1-(4-хлорфенил)-1*H*-инден (5cca). Получен в смеси 1:4 с инденом **5ccb**, общий выход 23 мг (60%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 2.22 (с, 3H), 2.39 (с, 3H), 6.45 (с, 1H), 7.07-7.12 (м, 2H), 7.14 (с, 1H), 7.18 (д, $^3J = 7.7$ Гц, 1H), 7.28-7.34 (м, 2H), 7.34-7.43 (м, 2H), 7.50 (д, $^3J = 8.7$ Гц, 2H), 7.6 (д, $^3J = 7.1$ Гц, 1H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 20.1, 21.3, 64.2 (кв, $J = 26.8$ Гц), 121.6, 125.4 (кв, $J = 0.5$ Гц), 126.6 (кв, $J = 283.5$ Гц), 126.7, 129.0, 129.0, 129.1, 130.8, 132.7 (кв, $J = 1.7$ Гц), 133.4, 133.8, 134.1, 134.2, 136.2, 138.3, 139.1, 143.0 (кв, $J = 0.7$ Гц), 145.0, 148.1. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -67.65 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{24}\text{H}_{19}\text{F}_3\text{Cl}^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 399.1122, найдено 399.1115.

4,6-Диметил-1-трифторметил-3-фенил-1-(4-хлорфенил)-1*H*-инден (5ccb). Получен в смеси 4:1 с инденом **5cca**, общий выход 23 мг (60%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 1.96 (с, 3H), 2.38 (с, 3H), 6.32 (с, 1H), 6.95 (с, 1H), 7.23 (с, 1H), 7.30 (д, $^3J = 8.7$ Гц, 2H), 7.34-7.43 (м, 5H), 7.47 (д, $^3J = 8.7$ Гц, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 20.1, 21.5, 63.2 (кв, $J = 26.8$ Гц), 122.1, 124.2 (кв, $J = 0.9$ Гц), 126.7, 126.7 (кв, $J = 282.5$ Гц), 128.0, 128.3, 128.6, 128.9, 129.3 (кв, $J = 1.9$ Гц), 131.4, 132.7 (кв, $J = 1.7$ Гц), 132.8, 132.8, 136.9, 137.3, 144.1, 149.7. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -67.51 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{24}\text{H}_{19}\text{F}_3\text{Cl}^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 399.1122, найдено 399.1115.

1-(4-Бромфенил)-3-(2,4-диметилфенил)-1-трифторметил-1*H*-инден (5dca). Получен в смеси 1:4.9 с инденом **5dcb**, общий выход 20 мг (56%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 2.22 (с, 3H), 2.39 (с, 3H), 6.44 (с, 1H), 7.08-7.12 (м, 2H), 7.14 (с, 1H), 7.18 (д, $^3J = 7.7$ Гц, 1H), 7.32-7.42 (м, 2H), 7.43-7.48 (м, 4H), 7.61 (д, $^3J = 7.3$ Гц, 1H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 20.1, 21.5, 63.2 (кв, $J = 27.7$ Гц), 114.7, 122.8, 124.1, 126.5 (кв, $J = 284.5$ Гц), 126.7, 128.0, 128.5, 128.9, 129.2 (кв, $J = 1.2$ Гц), 129.2, 129.6, 132.1, 132.7 (кв, $J = 1.7$ Гц), 132.8, 132.8, 134.4,

139.1, 141.1, 149.8. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -67.61 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{24}\text{H}_{19}\text{F}_3\text{Br}^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 443.0617, найдено 443.0622.

1-(4-Бромфенил)-4,6-диметил-1-трифторметил-3-фенил-1H-инден (5dcb). Получен в смеси 4.9:1 с инденом **5dca**, общий выход 20 мг (56%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 1.96 (с, 3H), 2.38 (с, 3H), 6.32 (с, 1H), 6.95 (с, 1H), 7.23 (с, 1H), 7.35-7.42 (м, 7H), 7.45 (д, $^3J = 8.9$ Гц, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 20.1, 21.5, 63.3 (кв, $J = 26.8$ Гц), 122.2, 124.1 (кв, $J = 0.6$ Гц), 126.6 (кв, $J = 282.5$ Гц), 126.7, 128.0, 128.3, 128.6, 129.3, 129.6 (кв, $J = 1.9$ Гц), 131.9, 132.8, 134.4, 136.9, 137.3, 139.1, 144.1 (кв, $J = 1.7$ Гц), 149.8. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -67.46 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{24}\text{H}_{19}\text{F}_3\text{Br}^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 443.0617, найдено 443.0622.

1-(2-Бромфенил)-4,6-диметил-1-трифторметил-3-фенил-1H-инден (5ec). Выход 15 мг (40%). Твердое вещество, Т. пл. 176-178°C. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 1.96 (с, 3H), 2.31 (с, 3H), 6.10 (с, 1H), 6.91 (с, 1H), 6.94 (с, 1H), 7.16 (тд, $^3J = 7.9$ Гц, $^4J = 1.5$ Гц, 1H), 7.36-7.46 (м, 6H), 7.53 (дд, $^3J = 7.9$ Гц, $^4J = 1.5$ Гц, 1H), 7.94-7.98 (м, 1H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 20.1, 21.4, 65.4 (кв, $J = 25.0$ Гц), 122.9, 123.5, 126.5 (кв, $J = 284.1$ Гц), 127.5, 127.9, 128.2, 128.3, 129.1, 130.0, 130.7 (кв, $J = 4.2$ Гц), 132.4, 132.6, 134.0, 136.3, 136.7, 137.8, 141.9, 144.6, 152.6. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -65.41 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{24}\text{H}_{19}\text{F}_3\text{Br}^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 443.0617, найдено 443.0609.

4,6-Диметил-1-(4-нитрофенил)-1-трифторметил-3-фенил-1H-инден (5fc). Выход 19 мг (54%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 2.00 (с, 3H), 2.39 (с, 3H), 6.33 (с, 1H), 7.00 (с, 1H), 7.20 (с, 1H), 7.38-7.45 (м, 5H), 7.69 (д, $^3J = 8.9$ Гц, 2H), 8.20 (д, $^3J = 8.9$ Гц, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 20.1, 21.5, 63.7 (кв, $J = 27.1$ Гц), 123.9, 124.1, 126.4 (кв, $J = 282.5$ Гц), 128.3, 128.4, 128.5, 128.8 (кв, $J = 2.0$ Гц), 131.9 (кв, $J = 1.4$ Гц), 133.2, 133.2, 136.9, 137.4, 139.1, 142.9, 143.9, 147.6, 150.8. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -

66.95 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $C_{24}H_{19}F_3NO_2^+$ $[M+H]^+$ 410.1363, найдено 410.1380.

3-(2,4-Диметилфенил)-6-метил-1-(3-метилфенил)-1-трифторметил-1H-инден (5gca). Получен в смеси 1:1.8 с инденом **5gcb**, общий выход 18 мг (51%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР 1H ($CDCl_3$, 400 МГц) δ , м. д.: 2.25 (с, 3H), 2.35 (с, 3H), 2.39 (с, 3H), 2.43 (с, 3H), 6.43 (с, 1H), 6.99 (д, $^3J = 7.9$ Гц, 1H), 7.08 (д, $^3J = 7.9$ Гц, 1H), 7.12-7.17 (м, 2H), 7.20-7.24 (м, 3H), 7.34-7.40 (м, 2H), 7.46 (с, 1H). ЯМР ^{13}C ($CDCl_3$, 100 МГц) δ , м. д.: 20.1, 21.3, 21.5, 21.8, 64.4 (кв, $J = 26.6$ Гц), 124.9 (кв, $J = 1.9$ Гц), 126.0 (кв, $J = 282.2$ Гц), 126.3, 128.6, 128.6, 128.8, 128.8, 129.2, 129.4, 131.3, 131.3, 132.4 (кв, $J = 1.2$ Гц), 132.5, 135.0, 136.3, 136.5, 138.0, 138.3, 142.5, 143.8, 147.4. ЯМР ^{19}F ($CDCl_3$, 376 МГц) δ , м. д.: -67.30 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $C_{26}H_{24}F_3^+$ $[M+H]^+$ 393.1825, найдено 393.1827.

4,6-Диметил-1-(3-метилфенил)-3-(4-метилфенил)-1-трифторметил-1H-инден (5gcb). Получен в смеси 1.8:1 с инденом **5gca**, общий выход 18 мг (51%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР 1H ($CDCl_3$, 400 МГц) δ , м. д.: 1.99 (с, 3H), 2.35 (с, 3H), 2.38 (с, 3H), 2.42 (с, 3H), 6.35 (с, 1H), 6.94 (с, 1H), 7.12-7.17 (м, 2H), 7.20-7.24 (м, 2H), 7.27-7.29 (м, 3H), 7.34-7.40 (м, 2H). ЯМР ^{13}C ($CDCl_3$, 100 МГц) δ , м. д.: 20.2, 21.4, 21.5, 21.8, 63.5 (кв, $J = 26.4$ Гц), 121.5, 124.3, 125.0 (кв, $J = 1.7$ Гц), 126.6, 126.9 (кв, $J = 282.5$ Гц), 128.5, 128.6, 128.9, 132.6, 133.2 (кв, $J = 1.4$ Гц), 134.6, 135.1, 136.4, 137.6, 137.6, 138.3, 139.3, 144.5, 149.2. ЯМР ^{19}F ($CDCl_3$, 376 МГц) δ , м. д.: -67.29 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $C_{26}H_{24}F_3^+$ $[M+H]^+$ 393.1825, найдено 393.1827.

4,6-Диметил-1-трифторметил-1-фенил-3-(4-хлорфенил)-1H-инден (5hc). Выход 23 мг (63%). Твердое вещество, Т. пл. 143-145°C. ЯМР 1H ($CDCl_3$, 400 МГц) δ , м. д.: 1.98 (с, 3H), 2.38 (с, 3H), 6.38 (с, 1H), 6.95 (с, 1H), 7.28 (с, 1H), 7.32 (д, $^3J = 8.5$ Гц, 2H), 7.33-7.36 (м, 3H), 7.39 (д, $^3J = 8.5$ Гц, 2H), 7.52-7.54 (м, 2H). ЯМР ^{13}C ($CDCl_3$, 100 МГц) δ , м. д.: 20.3, 21.5, 63.8 (кв, $J = 26.6$ Гц), 124.4 (кв, $J = 0.6$ Гц), 126.8 (кв, $J = 282.6$ Гц), 127.9 (кв, $J = 1.8$ Гц),

128.1, 128.5, 128.8, 130.0, 132.4, 132.7, 133.7 (кв, $J = 1.7$ Гц), 134.0, 134.9, 136.0, 136.9, 138.9, 144.4, 148.2. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -67.38 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{24}\text{H}_{19}\text{F}_3\text{Cl}^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 399.1122, найдено 399.1138.

4,6-Диметил-1-трифторметил-1,3-бис(4-хлорфенил)-1H-инден (5ic). Выход 24 мг (64%). Твердое вещество, Т. пл. 151-153°C. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 1.97 (с, 3H), 2.38 (с, 3H), 6.32 (с, 1H), 6.96 (с, 1H), 7.23 (с, 1H), 7.28-7.32 (м, 4H), 7.39 (д, $^3J = 8.6$ Гц, 2H), 7.45 (д, $^3J = 8.6$ Гц, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 20.3, 21.5, 63.3 (кв, $J = 26.9$ Гц), 124.3, 126.6 (кв, $J = 282.4$ Гц), 128.5, 128.9, 129.3 (кв, $J = 1.5$ Гц), 130.0, 132.6, 132.9, 133.2 (кв, $J = 0.7$ Гц), 133.5, 134.1, 134.2, 135.7, 137.1, 138.8, 144.0, 148.6. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -67.51 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{24}\text{H}_{18}\text{F}_3\text{Cl}_2^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 433.0733, найдено 433.0745.

3-(4-Бромфенил)-4,6-диметил-1-трифторметил-1-фенил-1H-инден (5jc). Выход 23 мг (58%). Твердое вещество, Т. пл. 151-153°C. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 1.98 (с, 3H), 2.38 (с, 3H), 6.38 (с, 1H), 6.95 (с, 1H), 7.26 (д, $^3J = 8.4$ Гц, 2H), 7.28 (с, 1H), 7.31-7.37 (м, 3H), 7.51-7.55 (м, 2H), 7.54 (д, $^3J = 8.4$ Гц, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 20.3, 21.5, 63.8 (кв, $J = 26.7$ Гц), 122.1, 124.4 (кв, $J = 0.5$ Гц), 126.7 (кв, $J = 282.5$ Гц), 127.9 (кв, $J = 1.8$ Гц), 128.1, 128.8, 130.3, 131.4, 132.4, 132.7, 133.7 (кв, $J = 1.7$ Гц), 134.9, 136.5, 136.9, 138.8, 144.4, 148.2. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -67.38 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{24}\text{H}_{19}\text{F}_3\text{Br}^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 443.0617, найдено 443.0631.

1,3-Бис(4-бромфенил)-4,6-диметил-1-трифторметил-1H-инден (5kc). Выход 22 мг (50%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 1.97 (с, 3H), 2.37 (с, 3H), 6.30 (с, 1H), 6.95 (с, 1H), 7.21 (с, 1H), 7.24 (д, $^3J = 8.5$ Гц, 2H), 7.37 (д, $^3J = 8.7$ Гц, 2H), 7.45 (д, $^3J = 8.7$ Гц, 2H), 7.54 (д, $^3J = 8.5$ Гц, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 20.3, 21.5, 63.4 (кв, $J = 27.0$ Гц), 122.2, 122.3, 124.3, 126.5 (кв, $J = 282.5$ Гц), 129.6 (кв, $J = 1.8$ Гц), 130.3, 131.5, 131.9, 132.6, 132.9, 133.1 (кв, $J = 1.5$ Гц), 134.1, 136.2, 137.1, 138.7, 144.0 (кв, $J = 0.5$ Гц),

148.6. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -67.48 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{24}\text{H}_{18}\text{F}_3\text{Br}_2^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 520.9722, найдено 520.9725.

4,6-Диметил-3-(4-нитрофенил)-1-трифторметил-1-фенил-1H-инден (51c). Выход 22 мг (63%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 1.95 (с, 3H), 2.40 (с, 3H), 6.46 (с, 1H), 6.97 (с, 1H), 7.31 (с, 1H), 7.32-7.38 (м, 3H), 7.51-7.53 (м, 2H), 7.57 (д, $^3J = 8.7$ Гц, 2H), 8.28 (д, $^3J = 8.7$ Гц, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 20.5, 21.5, 64.1 (кв, $J = 26.7$ Гц), 123.6, 124.7, 126.6 (кв, $J = 282.6$ Гц), 127.9 (кв, $J = 1.7$ Гц), 128.3, 128.9, 129.6, 132.2, 132.8, 134.4, 134.6 (кв, $J = 1.6$ Гц), 137.4, 138.3, 144.3, 144.5, 147.3, 147.8. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -67.34 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{24}\text{H}_{19}\text{F}_3\text{NO}_2^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 410.1363, найдено 410.1380.

3-(2,4-Диметилфенил)-6-метил-1-трифторметил-1-фенил-1H-инден (5mca). Получен в смеси 1:2.8 с инденом **5mcb**, общий выход 20 мг (56%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 2.24 (с, 3H), 2.39 (с, 3H), 2.42 (с, 3H), 6.43 (с, 1H), 7.69 (д, $^3J = 7.8$ Гц, 1H), 7.08 (д, $^3J = 7.6$ Гц, 1H), 7.14 (с, 1H), 7.16 (д, $^3J = 7.8$ Гц, 1H), 7.19-7.21 (м, 1H), 7.30-7.37 (м, 3H), 7.45 (с, 1H), 7.54-7.59 (м, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 20.1, 21.3, 21.8, 64.2 (кв, $J = 26.6$ Гц), 121.6, 126.3, 126.8 (кв, $J = 284.2$ Гц), 127.9, 128.0, 128.8, 129.2, 129.4, 131.2, 131.3, 132.3, 135.1, 136.3, 136.5, 138.0, 139.3, 142.5, 143.7, 147.5. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -67.41 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{25}\text{H}_{22}\text{F}_3^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 379.1669, найдено 379.1661.

4,6-Диметил-3-(4-метилфенил)-1-трифторметил-1-фенил-1H-инден (5mcb). Получен в смеси 2.8:1 с инденом **5mca**, общий выход 20 мг (56%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 1.99 (с, 3H), 2.38 (с, 3H), 2.41 (с, 3H), 6.35 (с, 1H), 6.94 (с, 1H), 7.21 (д, $^3J = 7.9$ Гц, 2H), 7.27-7.29 (м, 3H), 7.30-7.37 (м, 3H), 7.54-7.56 (м, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 20.2, 21.4, 21.5, 63.6 (кв, $J = 26.7$ Гц), 124.3, 126.6, 126.9 (кв, $J = 282.6$ Гц), 127.9 (кв, $J = 1.4$ Гц), 128.0, 128.5, 128.7, 128.9, 132.6, 132.6, 133.1 (кв, $J = 1.3$ Гц), 134.5, 135.3, 136.5, 137.7, 144.5, 149.3. ЯМР

^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: - 67.38 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{25}\text{H}_{22}\text{F}_3^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 379.1669, найдено 379.1661.

3-(2,4-Диметилфенил)-1-(4-метилфенил)-1-трифторметил-1H-инден (5nca). Получен в смеси 1:6 с инденом **5ncb**, общий выход 25 мг (69%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 2.24 (с, 3H), 2.35 (с, 3H), 2.40 (с, 3H), 6.51 (с, 1H), 7.08-7.11 (м, 2H), 7.14-7.16 (м, 3H), 7.20 (д, $^3J = 7.7$ Гц, 1H), 7.32-7.36 (м, 2H), 7.49 (д, $^3J = 8.5$ Гц, 2H), 7.67 (д, $^3J = 7.1$ Гц, 1H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 20.1, 21.1, 21.3, 64.3 (кв, $J = 26.9$ Гц), 121.8, 125.5 (кв, $J = 0.4$ Гц), 126.5, 126.6, 126.9 (кв, $J = 280.9$ Гц), 127.8, 127.9, 128.7, 129.2, 129.5, 131.1, 131.3, 133.3 (кв, $J = 1.7$ Гц), 136.3, 138.0, 138.1, 143.4, 145.1, 147.5. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -67.72 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{25}\text{H}_{22}\text{F}_3^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 379.1669, найдено 379.1661.

4,6-Диметил-1-(4-метилфенил)-1-трифторметил-3-фенил-1H-инден (5ncb). Получен в смеси 6:1 с инденом **5nca**, общий выход 25 мг (69%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 1.97 (с, 3H), 2.35 (с, 3H), 2.39 (с, 3H), 6.38 (с, 1H), 6.94 (с, 1H), 7.15 (д, $^3J = 8.1$ Гц, 2H), 7.30 (с, 1H), 7.37-7.43 (м, 5H), 7.45 (д, $^3J = 8.1$ Гц, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 20.2, 21.1, 21.5, 63.4 (кв, $J = 26.6$ Гц), 124.3 (кв, $J = 0.7$ Гц), 126.9 (кв, $J = 282.4$ Гц), 127.8 (кв, $J = 1.8$ Гц), 127.9, 128.2, 128.7, 129.4, 132.1, 132.5, 132.6, 133.3 (кв, $J = 1.7$ Гц), 136.5, 137.6, 137.8, 139.2, 144.5 (кв, $J = 0.7$ Гц), 149.1. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -67.56 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{25}\text{H}_{22}\text{F}_3^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 379.1669, найдено 379.1661.

4,6,7-Триметил-1-трифторметил-1,3-дифенил-1H-инден (5ada). Получен в смеси 11.5:1 с инденом **5adb**, общий выход 27 мг (75%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 1.94 (с, 6H), 2.24 (с, 3H), 6.16 (с, 1H), 6.97 (с, 1H), 7.28-7.41 (м, 10H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 16.2 (кв, $J = 3.8$ Гц), 20.0, 20.1, 65.3 (кв, $J = 26.1$ Гц), 126.9 (кв, $J = 1.9$ Гц), 127.3 (кв, $J = 283.7$ Гц), 127.5, 127.8, 128.2,

128.7, 128.9, 129.2, 132.2, 133.9, 135.1, 135.7 (кв, $J = 2.0$ Гц), 136.6, 137.7, 141.0, 143.6, 148.1. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -62.75 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{25}\text{H}_{22}\text{F}_3^+ [\text{M}+\text{H}]^+$ 379.1669, найдено 379.1678.

4,5,7-Триметил-1-трифторметил-1,3-дифенил-1H-инден (5adb).

Получен в смеси 1:11.5 с инденом **5ada**, общий выход 27 мг (75%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 1.88 (с, 3H), 2.01 (с, 3H), 2.26 (с, 3H), 6.22 (с, 1H), 6.90 (с, 1H), 7.28-7.41 (м, 10H). ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -62.60 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{25}\text{H}_{22}\text{F}_3^+ [\text{M}+\text{H}]^+$ 379.1669, найдено 379.1678.

4,6,7-Триметил-1-(3-метилфенил)-1-трифторметил-3-фенил-1H-

инден (5bda). Получен в смеси 11.5:1 с инденом **5bdb**, общий выход 25 мг (69%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 1.95 (с, 3H), 1.97 (с, 3H), 2.25 (с, 3H), 2.34 (с, 3H), 6.15 (с, 1H), 6.97 (с, 1H), 7.09-7.12 (м, 2H), 7.17 (с, 1H), 7.17-7.21 (м, 1H), 7.34-7.42 (м, 5H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 16.2 (кв, $J = 3.8$ Гц), 20.0, 20.2, 21.8, 65.3 (кв, $J = 26.0$ Гц), 124.0 (кв, $J = 2.0$ Гц), 127.4 (кв, $J = 283.8$ Гц), 127.5 (кв, $J = 2.0$ Гц), 127.7, 128.1, 128.3, 128.7, 128.7, 129.4, 133.2, 133.9, 134.9, 135.8 (кв, $J = 2.1$ Гц), 136.5, 137.8, 138.5, 141.0, 143.6, 148.0. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -62.64 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{26}\text{H}_{24}\text{F}_3^+ [\text{M}+\text{H}]^+$ 393.1825, найдено 393.1809.

4,5,7-Триметил-1-(3-метилфенил)-1-трифторметил-3-фенил-1H-

инден (5bdb). Получен в смеси 1:11.5 с инденом **5bda**, общий выход 25 мг (69%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 1.89 (с, 3H), 2.04 (с, 3H), 2.26 (с, 3H), 2.33 (с, 3H), 6.21 (с, 1H), 6.91 (с, 1H), 7.09-7.12 (м, 2H), 7.16-7.21 (м, 2H), 7.34-7.42 (м, 5H). ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -62.47 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{26}\text{H}_{24}\text{F}_3^+ [\text{M}+\text{H}]^+$ 393.1825, найдено 393.1809.

1-(3,4-Диметилфенил)-4,6,7-триметил-1-трифторметил-3-фенил-1H-

инден (5cda). Получен в смеси 15.7:1 с инденом **5cdb**, общий выход 25 мг (67%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400

МГц) δ , м. д.: 1.94 (с, 3H), 1.98 (с, 3H), 2.24 (с, 3H), 2.25 (с, 6H), 6.14 (с, 1H), 6.96 (с, 1H), 7.03-7.08 (м, 2H), 7.11 (с, 1H), 7.33-7.41 (м, 5H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 16.3 (кв, $J = 3.8$ Гц), 19.5, 20.0, 20.1, 20.2, 65.1 (кв, $J = 26.0$ Гц), 124.4 (кв, $J = 1.9$ Гц), 127.4 (кв, $J = 283.8$ Гц), 127.7, 128.0 (кв, $J = 1.9$ Гц), 128.1, 128.7, 129.4, 130.1, 132.2, 132.2, 133.8, 135.9 (кв, $J = 2.5$ Гц), 135.9, 136.4, 137.0, 137.9, 141.0, 143.5 (кв, $J = 1.0$ Гц), 147.7. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -62.69 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{27}\text{H}_{26}\text{F}_3^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 407.1981, найдено 407.1987.

1-(3,4-Диметилфенил)-4,5,7-триметил-1-трифторметил-3-фенил-1H-инден (5cdb). Получен в смеси 1:15.7 с инденом **5cda**, общий выход 25 мг (67%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 1.88 (с, 3H), 2.05 (с, 3H), 2.24 (с, 3H), 2.25 (с, 6H), 6.20 (с, 1H), 6.90 (с, 1H), 7.03-7.08 (м, 2H), 7.11 (с, 1H), 7.33-7.41 (м, 5H). ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -62.52 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{27}\text{H}_{26}\text{F}_3^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 407.1981, найдено 407.1987.

4,6,7-Триметил-1-трифторметил-3-фенил-1-(4-хлорфенил)-1H-инден (5dda). Получен в смеси 11.5:1 с инденом **5ddb**, общий выход 25 мг (66%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 1.92 (с, 3H), 1.93 (с, 3H), 2.24 (с, 3H), 6.11 (с, 1H), 6.97 (с, 1H), 7.22-7.29 (м, 4H), 7.33-7.39 (м, 5H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 16.2 (кв, $J = 3.8$ Гц), 19.9, 20.1, 64.9 (кв, $J = 26.5$ Гц), 127.2 (кв, $J = 283.7$ Гц), 127.9, 128.2, 128.4 (кв, $J = 2.1$ Гц), 128.6, 129.1, 129.7, 132.1, 133.4, 133.8, 134.1, 135.2 (кв, $J = 2.0$ Гц), 136.8, 137.5, 140.8, 143.2 (кв, $J = 0.9$ Гц), 148.5. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -62.95 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{25}\text{H}_{21}\text{F}_3\text{Cl}^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 413.1279, найдено 413.1280.

4,5,7-Триметил-1-трифторметил-3-фенил-1-(4-хлорфенил)-1H-инден (5ddb). Получен в смеси 1:11.5 с инденом **5dda**, общий выход 25 мг (66%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 1.87 (с, 3H), 2.01 (с, 3H), 2.29 (с, 3H), 6.16 (с, 1H), 6.90 (с, 1H), 7.22-7.29 (м, 4H), 7.33-7.39 (м, 5H). ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -62.79

(с). HRMS (MALDI): вычислено для $C_{25}H_{21}F_3Cl^+$ $[M+H]^+$ 413.1279, найдено 413.1280.

1-(4-Бромфенил)-4,6,7-триметил-1-трифторметил-3-фенил-1H-инден (5eda). Получен в смеси 24:1 с инденом **5edb**, общий выход 30 мг (80%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР 1H ($CDCl_3$, 400 МГц) δ , м. д.: 1.92 (с, 3H), 1.94 (с, 3H), 2.24 (с, 3H), 6.10 (с, 1H), 6.97 (с, 1H), 7.19 (д, $^3J = 8.5$ Гц, 2H), 7.33-7.44 (м, 5H), 7.42 (д, $^3J = 8.5$ Гц, 2H). ЯМР ^{13}C ($CDCl_3$, 100 МГц) δ , м. д.: 16.2 (кв, $J = 3.8$ Гц), 19.9, 20.1, 64.9 (кв, $J = 26.4$ Гц), 121.5, 127.1 (кв, $J = 283.6$ Гц), 127.9, 128.2, 128.6, 128.8 (кв, $J = 1.8$ Гц), 129.7, 132.0, 132.1, 134.2, 134.4, 135.1 (кв, $J = 1.8$ Гц), 136.8, 137.5, 140.8, 143.1, 148.5. ЯМР ^{19}F ($CDCl_3$, 376 МГц) δ , м. д.: -62.93 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $C_{25}H_{21}F_3Br^+$ $[M+H]^+$ 457.0774, найдено 457.0769.

1-(4-Бромфенил)-4,5,7-триметил-1-трифторметил-3-фенил-1H-инден (5edb). Получен в смеси 1:24 с инденом **5eda**, общий выход 30 мг (80%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР 1H ($CDCl_3$, 400 МГц) δ , м. д.: 1.87 (с, 3H), 2.01 (с, 3H), 2.24 91 (с, 3H), 6.16 (с, 1H), 6.90 (с, 1H), 7.18-7.20 (м, 2H), 7.33-7.44 (м, 7H). ЯМР ^{19}F ($CDCl_3$, 376 МГц) δ , м. д.: -62.77 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $C_{25}H_{21}F_3Br^+$ $[M+H]^+$ 457.0774, найдено 457.0769.

1-(2-Бромфенил)-4,6,7-триметил-1-трифторметил-3-фенил-1H-инден (5fda). Получен в смеси 2.7:1 с инденом **5fdb**, общий выход 26 мг (70%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР 1H ($CDCl_3$, 400 МГц) δ , м. д.: 1.82 (с, 3H), 1.90 (с, 3H), 2.22 (с, 3H), 5.97 (с, 1H), 6.94 (с, 1H), 7.16 (тд, $^3J = 7.9$ Гц, $^4J = 1.4$ Гц, 1H), 7.35-7.45 (м, 6H), 7.53 (дд, $^3J = 7.9$ Гц, $^4J = 1.4$ Гц, 1H), 7.95-7.98 (м, 1H). ЯМР ^{13}C ($CDCl_3$, 100 МГц) δ , м. д.: 15.4 (кв, $J = 3.0$ Гц), 19.8, 20.1, 66.1 (кв, $J = 24.9$ Гц), 121.9 (кв, $J = 0.7$ Гц), 127.1 (кв, $J = 285.2$ Гц), 127.8, 127.8, 128.1, 128.2, 128.3, 128.9, 129.9, 130.3 (кв, $J = 4.4$ Гц), 130.4 (кв, $J = 1.3$ Гц), 131.0, 131.9, 133.8, 136.0, 136.1, 136.2, 138.1, 152.2. ЯМР ^{19}F ($DMSO-d_6$, 376 МГц, 100 °C) δ , м. д.: -62.31 – -61.78 (м). HRMS (MALDI): вычислено для $C_{25}H_{21}F_3Br^+$ $[M+H]^+$ 457.0774, найдено 457.0789.

1-(2-Бромфенил)-4,5,7-триметил-1-трифторметил-3-фенил-1H-инден (5fdb). Получен в смеси 1:2.7 с инденом **5fda**, общий выход 26 мг (70%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 1.85 (с, 3H), 1.86 (с, 3H), 2.24 (с, 3H), 6.03 (с, 1H), 6.84 (с, 1H), 7.13-7.18 (м, 1H), 7.35-7.45 (м, 6H), 7.51-7.54 (м, 1H), 7.94-7.98 (м, 1H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 15.9, 18.4 (кв, $J = 3.0$ Гц), 20.3, 65.5 (кв, $J = 25.1$ Гц), 122.0 (кв, $J = 1.0$ Гц), 127.1 (кв, $J = 285.1$ Гц), 127.7, 127.8, 128.2, 128.9, 129.6, 130.5 (кв, $J = 4.4$ Гц), 131.8 (кв, $J = 1.1$ Гц), 132.2, 133.6, 134.2, 138.6, 138.8, 139.2, 141.9, 142.7 (кв, $J = 0.5$ Гц), 145.1, 152.6. ЯМР ^{19}F (DMSO-d_6 , 376 МГц, 100 °C) δ , м. д.: -62.31 – -61.78 (м). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{25}\text{H}_{21}\text{F}_3\text{Br}^+ [\text{M}+\text{H}]^+$ 457.0774, найдено 457.0789.

1-(4-Нитрофенил)-4,6,7-триметил-1-трифторметил-3-фенил-1H-инден (5gda). Получен в смеси 1.8:1 с инденом **5gdb**, общий выход 20 мг (58%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 1.88 (с, 3H), 1.96 (с, 3H), 2.26 (с, 3H), 6.10 (с, 1H), 7.00 (с, 1H), 7.33-7.42 (м, 5H), 7.47-7.50 (м, 2H), 8.16 (д, $^3J = 9.1$ Гц, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 16.3 (кв, $J = 3.6$ Гц), 19.9, 20.1, 65.2 (кв, $J = 26.9$ Гц), 124.1, 125.5 (кв, $J = 272.8$ Гц), 128.0 (кв, $J = 2.0$ Гц), 128.1, 128.3, 128.4, 128.5, 130.2, 132.0, 134.2 (кв, $J = 1.8$ Гц), 137.1, 137.2, 139.6, 140.7, 143.3, 147.3, 149.7. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -62.87 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{25}\text{H}_{21}\text{F}_3\text{NO}_2^+ [\text{M}+\text{H}]^+$ 424.1519, найдено 424.1528.

1-(4-Нитрофенил)-4,5,7-триметил-1-трифторметил-3-фенил-1H-инден (5gdb). Получен в смеси 1:1.8 с инденом **5gda**, общий выход 20 мг (58%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 1.89 (с, 3H), 1.94 (с, 3H), 2.24 (с, 3H), 6.16 (с, 1H), 6.92 (с, 1H), 7.33-7.42 (м, 5H), 7.47-7.50 (м, 2H), 8.14 (д, $^3J = 9.1$ Гц, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 16.0, 19.2 (кв, $J = 3.6$ Гц), 20.2, 64.6 (кв, $J = 27.2$ Гц), 124.0, 126.5 (кв, $J = 275.9$ Гц), 128.1, 129.0, 129.4, 129.8, 130.0, 132.0, 132.3, 134.6, 135.4 (кв, $J = 1.9$ Гц), 137.6, 140.2, 142.8, 142.9, 143.0, 150.2. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 ,

376 МГц) δ , м. д.: -62.70 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $C_{25}H_{21}F_3NO_2^+$ $[M+H]^+$ 424.1519, найдено 424.1528.

4,6,7-Триметил-1,3-бис(4-метилфенил)-1-трифторметил-1*H*-инден (5hda). Получен в смеси 6:1 с инденом **5hdb**, общий выход 24 мг (65%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР 1H ($CDCl_3$, 400 МГц) δ , м. д.: 1.95 (с, 6H), 2.24 (с, 3H), 2.33 (с, 3H), 2.39 (с, 3H), 6.11 (с, 1H), 6.95 (с, 1H), 7.10 (д, $^3J = 8.1$ Гц, 2H), 7.17-7.22 (м, 4H), 7.24 (д, $^3J = 8.1$ Гц, 2H). ЯМР ^{13}C ($CDCl_3$, 100 МГц) δ , м. д.: 16.2 (кв, $J = 3.8$ Гц), 20.0, 20.1, 21.1, 21.4, 65.0 (кв, $J = 25.9$ Гц), 126.8 (кв, $J = 1.7$ Гц), 127.4 (кв, $J = 283.5$ Гц), 128.5, 128.8, 129.5, 129.6, 132.0, 132.1, 133.8, 134.8, 135.8 (кв, $J = 1.9$ Гц), 136.4, 137.2, 137.4, 141.1, 143.6, 147.8. ЯМР ^{19}F ($CDCl_3$, 376 МГц) δ , м. д.: -62.85 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $C_{27}H_{26}F_3^+$ $[M+H]^+$ 407.1981, найдено 407.1998.

4,5,7-Триметил-1,3-бис(4-метилфенил)-1-трифторметил-1*H*-инден (5hdb). Получен в смеси 1:6 с инденом **5hda**, общий выход 24 мг (65%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР 1H ($CDCl_3$, 400 МГц) δ , м. д.: 1.95 (с, 6H), 2.25 (с, 3H), 2.33 (с, 3H), 2.39 (с, 3H), 6.13 (с, 1H), 6.95 (с, 1H), 7.09-7.11 (м, 2H), 7.17-7.25 (м, 4H), 7.28-7.31 (м, 2H). ЯМР ^{13}C ($CDCl_3$, 100 МГц) δ , м. д.: 16.2, 20.0, 20.1, 21.1, 21.4, 65.0, 127.0 (кв, $J = 1.9$ Гц), 127.5, 127.7 (кв, $J = 282.7$ Гц), 128.8, 128.8, 131.5 (кв, $J = 1.4$ Гц), 132.5, 133.9, 134.7, 135.2, 135.6 (кв, $J = 1.9$ Гц), 136.5, 137.2, 137.5, 141.1, 143.6, 148.1. ЯМР ^{19}F ($CDCl_3$, 376 МГц) δ , м. д.: -62.78 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $C_{27}H_{26}F_3^+$ $[M+H]^+$ 407.1981, найдено 407.1998.

4,6,7-Триметил-1-(3-метилфенил)-3-(4-метилфенил)-1-трифторметил-1*H*-инден (5ida). Получен в смеси 13:1 с инденом **5idb**, общий выход 18 мг (49%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР 1H ($CDCl_3$, 400 МГц) δ , м. д.: 1.96 (с, 6H), 2.24 (с, 3H), 2.33 (с, 3H), 2.40 (с, 3H), 6.12 (с, 1H), 6.96 (с, 1H), 7.08-7.11 (м, 2H), 7.15-7.16 (м, 2H), 7.19 (д, $^3J = 7.6$ Гц, 2H), 7.25 (д, $^3J = 7.6$ Гц, 2H). ЯМР ^{13}C ($CDCl_3$, 100 МГц) δ , м. д.: 16.2 (кв, $J = 3.7$ Гц), 20.0, 20.1, 21.4, 21.8, 65.2 (кв, $J = 25.9$ Гц), 124.0 (кв, $J = 1.7$ Гц), 127.4 (кв, $J = 283.8$ Гц), 127.5 (кв, $J = 1.8$ Гц), 128.3, 128.5, 128.7, 128.8,

129.5, 132.2, 133.8, 134.8, 135.0, 135.7 (кв, $J = 1.9$ Гц), 136.4, 137.4, 138.4, 141.1, 143.6, 148.0. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -62.67 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{27}\text{H}_{26}\text{F}_3^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 407.1981, найдено 407.1988.

4,5,7-Триметил-1-(3-метилфенил)-3-(4-метилфенил)-1-трифторметил-1H-инден (5idb). Получен в смеси 1:13 с инденом **5ida**, общий выход 18 мг (49%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 1.91 (с, 3H), 2.02 (с, 3H), 2.26 (с, 3H), 2.32 (с, 3H), 2.40 (с, 3H), 6.17 (с, 1H), 6.89 (с, 1H), 7.08-7.11 (м, 2H), 7.15-7.16 (м, 2H), 7.18-7.20 (м, 2H), 7.24-7.26 (м, 2H). ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -62.50 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{27}\text{H}_{26}\text{F}_3^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 407.1981, найдено 407.1988.

4,6,7-Триметил-1-трифторметил-1-фенил-3-(4-хлорфенил)-1H-инден (5jda). Получен в смеси 11.5:1 с инденом **5jdb**, общий выход 19 мг (54%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 1.92 (с, 3H), 1.93 (с, 3H), 2.23 (с, 3H), 6.14 (с, 1H), 6.96 (с, 1H), 7.28-7.30 (м, 7H), 7.36 (д, $^3J = 8.6$ Гц, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 16.2 (кв, $J = 3.6$ Гц), 20.1, 20.2, 65.4 (кв, $J = 26.3$ Гц), 126.9 (кв, $J = 1.8$ Гц), 127.2 (кв, $J = 283.8$ Гц), 127.6, 128.4, 128.9, 129.4, 130.0, 132.3, 133.8, 134.0, 134.8, 136.1 (кв, $J = 2.2$ Гц), 136.1, 136.9, 140.6, 143.5, 147.0. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -62.75 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{25}\text{H}_{21}\text{F}_3\text{Cl}^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 413.1279, найдено 413.1288.

4,5,7-Триметил-1-трифторметил-1-фенил-3-(4-хлорфенил)-1H-инден (5jdb). Получен в смеси 1:11.5 с инденом **5jda**, общий выход 19 мг (54%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 1.88 (с, 3H), 1.99 (с, 3H), 2.25 (с, 3H), 6.20 (с, 1H), 6.89 (с, 1H), 7.28-7.30 (м, 7H), 7.35-7.37 (м, 2H). ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -62.59 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{25}\text{H}_{21}\text{F}_3\text{Cl}^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 413.1279, найдено 413.1288.

4,6,7-Триметил-1-трифторметил-1,3-бис(4-хлорфенил)-1H-инден (5kda). Получен в смеси 10:1 с инденом **5kdb**, общий выход 18 мг (49%).

Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 1.96 (с, 6H), 2.26 (с, 3H), 6.12 (с, 1H), 6.99 (с, 1H), 7.25 (д, $^3J = 8.8$ Гц, 2H), 7.27- 7.31 (м, 2H), 7.30 (д, $^3J = 8.6$ Гц, 2H), 7.39 (д, $^3J = 8.6$ Гц, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 16.2 (кв, $J = 3.8$ Гц), 20.1, 20.1, 64.9 (кв, $J = 26.4$ Гц), 127.0 (кв, $J = 283.2$ Гц), 128.4 (кв, $J = 2.0$ Гц), 128.5, 129.1, 129.6, 130.0, 132.2, 133.5, 133.5, 134.0, 134.2, 135.6 (кв, $J = 1.8$ Гц), 135.9, 137.1, 140.5, 143.1, 147.4. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -62.92 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{25}\text{H}_{20}\text{F}_3\text{Cl}_2^+ [\text{M}+\text{H}]^+$ 447.0889, найдено 447.0890.

4,5,7-Триметил-1-трифторметил-1,3-бис(4-хлорфенил)-1H-инден (5kdb). Получен в смеси 1:10 с инденом **5kda**, общий выход 18 мг (49%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 1.90 (с, 3H), 2.02 (с, 3H), 2.27 (с, 3H), 6.18 (с, 1H), 6.93 (с, 1H), 7.24-7.27 (м, 2H), 7.27-7.32 (м, 4H), 7.38-7.41 (м, 2H). ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -62.76 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{25}\text{H}_{20}\text{F}_3\text{Cl}_2^+ [\text{M}+\text{H}]^+$ 447.0889, найдено 447.0890.

3-(4-Бромфенил)-4,6,7-триметил-1-трифторметил-1-фенил-1H-инден (5lda). Получен в смеси 10:1 с инденом **5ldb**, общий выход 18 мг (49%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 1.93 (с, 3H), 1.94 (с, 3H), 2.24 (с, 3H), 6.15 (с, 1H), 6.96 (с, 1H), 7.24 (д, $^3J = 8.4$ Гц, 2H), 7.27-7.31 (м, 5H), 7.52 (д, $^3J = 8.4$ Гц, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 16.2 (кв, $J = 3.8$ Гц), 20.1, 20.2, 65.4 (кв, $J = 26.2$ Гц), 121.9, 126.9 (кв, $J = 1.9$ Гц), 127.2 (кв, $J = 283.8$ Гц), 127.6, 128.9, 129.4, 130.4, 131.4, 132.3, 134.0, 134.8, 136.1 (кв, $J = 2.0$ Гц), 136.7, 136.9, 140.5, 143.5, 147.0. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: - 62.73 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{25}\text{H}_{21}\text{F}_3\text{Br}^+ [\text{M}+\text{H}]^+$ 457.0774, найдено 457.0778.

3-(4-Бромфенил)-4,5,7-триметил-1-трифторметил-1-фенил-1H-инден (5ldb). Получен в смеси 1:10 с инденом **5lda**, общий выход 18 мг (49%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 1.89 (с, 3H), 2.00 (с, 3H), 2.25 (с, 3H), 6.21 (с, 1H), 6.90 (с, 1H), 7.23-7.25 (м, 2H), 7.27-7.31 (м, 5H), 7.51-7.53 (м, 2H). ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376

МГц) δ , м. д.: -62.57 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $C_{25}H_{21}F_3Br^+ [M+H]^+$ 457.0774, найдено 457.0778.

1,3-Бис(4-бромфенил)-4,6,7-триметил-1-трифторметил-1H-инден (5mda). Получен в смеси 11.5:1 с инденом **5mdb**, общий выход 23 мг (57%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР 1H ($CDCl_3$, 400 МГц) δ , м. д.: 1.95 (с, 6H), 2.26 (с, 3H), 6.12 (с, 1H), 6.99 (с, 1H), 7.19 (д, $^3J = 8.6$ Гц, 2H), 7.24 (д, $^3J = 8.6$ Гц, 2H), 7.44 (д, $^3J = 8.6$ Гц, 2H), 7.54 (д, $^3J = 8.6$ Гц, 2H). ЯМР ^{13}C ($CDCl_3$, 100 МГц) δ , м. д.: 16.3 (кв, $J = 3.6$ Гц), 20.1, 20.2, 65.0 (кв, $J = 26.5$ Гц), 121.6, 122.1, 127.0 (кв, $J = 283.6$ Гц), 128.7 (кв, $J = 1.4$ Гц), 129.6, 130.3, 131.4, 132.1, 132.3, 134.1, 134.2, 135.5 (кв, $J = 1.3$ Гц), 136.4, 137.1, 140.4, 143.0, 147.4. ЯМР ^{19}F ($CDCl_3$, 376 МГц) δ , м. д.: -62.90 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $C_{25}H_{20}F_3Br_2^+ [M+H]^+$ 534.9879, найдено 534.9885.

1,3-Бис(4-бромфенил)-4,5,7-триметил-1-трифторметил-1H-инден (5mdb). Получен в смеси 1:11.5 с инденом **5mda**, общий выход 23 мг (57%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР 1H ($CDCl_3$, 400 МГц) δ , м. д.: 1.90 (с, 3H), 2.02 (с, 3H), 2.27 (с, 3H), 6.17 (с, 1H), 6.93 (с, 1H), 7.42-7.46 (м, 2H), 7.49 (д, $^3J = 8.8$ Гц, 2H), 7.53-7.55 (м, 2H), 7.61 (д, $^3J = 8.8$ Гц, 2H). ЯМР ^{19}F ($CDCl_3$, 376 МГц) δ , м. д.: -62.74 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $C_{25}H_{20}F_3Br_2^+ [M+H]^+$ 534.9879, найдено 534.9885.

4,6,7-Триметил-3-(4-нитрофенил)-1-трифторметил-1-фенил-1H-инден (5nda). Получен в смеси 13:1 с инденом **5ndb**, общий выход 24 мг (66%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР 1H ($CDCl_3$, 400 МГц) δ , м. д.: 1.92 (с, 3H), 1.94 (с, 3H), 2.25 (с, 3H), 6.22 (с, 1H), 6.98 (с, 1H), 7.28-7.33 (м, 5H), 7.54 (д, $^3J = 8.8$ Гц, 2H), 8.26 (д, $^3J = 8.8$ Гц, 2H). ЯМР ^{13}C ($CDCl_3$, 100 МГц) δ , м. д.: 16.2 (кв, $J = 3.8$ Гц), 20.2, 20.3, 65.7 (кв, $J = 26.4$ Гц), 123.5, 126.9 (кв, $J = 1.9$ Гц), 127.1 (кв, $J = 283.7$ Гц), 127.8, 129.1, 129.2, 129.6, 132.6, 134.0, 134.3, 136.9 (кв, $J = 2.1$ Гц), 137.4, 140.0, 143.4 (кв, $J = 0.8$ Гц), 144.7, 146.2, 147.7. ЯМР ^{19}F ($CDCl_3$, 376 МГц) δ , м. д.: -62.64 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $C_{25}H_{21}F_3NO_2^+ [M+H]^+$ 424.1519, найдено 424.1525.

4,5,7-Триметил-3-(4-нитрофенил)-1-трифторметил-1-фенил-1H-инден (5nda). Получен в смеси 1:13 с инденом **5nda**, общий выход 24 мг (66%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 1.86 (с, 3H), 2.01 (с, 3H), 2.26 (с, 3H), 6.28 (с, 1H), 6.93 (с, 1H), 7.28-7.33 (м, 5H), 7.53-7.55 (м, 2H), 8.25-8.27 (м, 2H). ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -62.48 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{25}\text{H}_{21}\text{F}_3\text{NO}_2^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 424.1519, найдено 424.1525.

4,6,7-Триметил-3-(4-метилфенил)-1-трифторметил-1-фенил-1H-инден (5oda). Получен в смеси 12:1 с инденом **5odb**, общий выход 19 мг (51%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 1.94 (с, 3H), 1.96 (с, 3H), 2.24 (с, 3H), 2.40 (с, 3H), 6.13 (с, 1H), 6.96 (с, 1H), 7.19 (д, $^3J = 7.9$ Гц, 2H), 7.25 (д, $^3J = 7.9$ Гц, 2H), 7.28-7.33 (м, 5H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 16.1 (кв, $J = 3.7$ Гц), 20.0, 20.1, 21.4, 65.2 (кв, $J = 25.8$ Гц), 126.9 (кв, $J = 1.8$ Гц), 127.4 (кв, $J = 283.9$ Гц), 127.5, 128.5, 128.8, 128.9, 129.5, 132.1, 133.9, 134.7, 135.2, 135.6 (кв, $J = 1.9$ Гц), 136.5, 137.5, 141.1, 143.6, 148.1. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -62.78 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{26}\text{H}_{24}\text{F}_3^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 393.1825, найдено 393.1829.

4,5,7-Триметил-3-(4-метилфенил)-1-трифторметил-1-фенил-1H-инден (5odb). Получен в смеси 1:12 с инденом **5oda**, общий выход 19 мг (51%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 1.90 (с, 3H), 2.00 (с, 3H), 2.25 (с, 3H), 2.40 (с, 3H), 6.19 (с, 1H), 6.89 (с, 1H), 7.18-7.20 (м, 2H), 7.24-7.26 (м, 2H), 7.26-7.33 (м, 5H). ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -62.62 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{26}\text{H}_{24}\text{F}_3^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 393.1825, найдено 393.1829.

4,6,7-Триметил-1-(4-метилфенил)-1-трифторметил-3-фенил-1H-инден (5pda). Получен в смеси 13:1 с инденом **5pdb**, общий выход 19 мг (50%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 1.92 (с, 3H), 1.95 (с, 3H), 2.23 (с, 3H), 2.33 (с, 3H), 6.13 (с, 1H), 6.95 (с, 1H), 7.10 (д, $^3J = 8.1$ Гц, 2H), 7.21 (д, $^3J = 8.1$ Гц, 2H), 7.32-7.40 (м, 5H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 16.2 (кв, $J = 3.7$ Гц), 20.0, 20.2, 21.2, 65.0

(кв, $J = 26.2$ Гц), 126.8 (кв, $J = 1.7$ Гц), 127.4 (кв, $J = 283.7$ Гц), 127.7, 128.1, 128.7, 129.4, 129.6, 131.9, 132.2, 133.9, 135.9 (кв, $J = 2.0$ Гц), 136.5, 137.2, 137.8, 141.0, 143.6, 147.8. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -62.67 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{26}\text{H}_{24}\text{F}_3^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 393.1825, найдено 393.1811.

4,5,7-Триметил-1-(4-метилфенил)-1-трифторметил-3-фенил-1H-инден (5pdb). Получен в смеси 1:13 с инденом **5pda**, общий выход 19 мг (50%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 1.87 (с, 3H), 2.02 (с, 3H), 2.24 (с, 3H), 2.33 (с, 3H), 6.18 (с, 1H), 6.89 (с, 1H), 7.09-7.11 (м, 2H), 7.20-7.22 (м, 2H), 7.32-7.40 (м, 5H). ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -62.84 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{26}\text{H}_{24}\text{F}_3^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 393.1825, найдено 393.1811.

5,6-Диметокси-1-трифторметил-1,3-дифенил-1H-инден (5ae). Получен в смеси 1:2.8 с инденом **8a**, общий выход 22 мг (60%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 3.91 (с, 3H), 3.94 (с, 3H), 6.55 (с, 1H), 7.08 (с, 1H), 7.17 (с, 1H), 7.32-7.53 (м, 8H), 7.60-7.62 (м, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 56.3, 56.6, 64.2 (кв, $J = 26.9$ Гц), 105.2, 109.7, 125.6 (кв, $J = 284.5$ Гц), 127.8, 127.8 (кв, $J = 1.8$ Гц), 128.1, 128.5, 128.6, 128.8, 128.9, 131.4 (кв, $J = 1.7$ Гц), 132.0, 134.7, 136.6, 147.1, 148.4, 149.9. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -67.40 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{24}\text{H}_{20}\text{F}_3\text{O}_2^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 397.1410, найдено 397.1397.

1-(3-Метилфенил)-5,6-диметокси-1-трифторметил-3-фенил-1H-инден (6be). Получен в смеси 3.5:1 с ацетиленом **8b**, общий выход 18 мг (49%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 2.34 (с, 3H), 3.92 (с, 3H), 3.94 (с, 3H), 6.55 (с, 1H), 7.09 (с, 1H), 7.12-7.14 (м, 1H), 7.19 (с, 1H), 7.23 (т, $^3J = 7.6$ Гц, 1H), 7.32 (с, 1H), 7.35-7.37 (м, 1H), 7.41-7.45 (м, 1H), 7.47-7.51 (м, 2H), 7.60-7.63 (м, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 21.8, 56.3, 56.6, 64.1 (кв, $J = 26.8$ Гц), 105.2, 109.7, 124.9 (кв, $J = 1.5$ Гц), 126.9 (кв, $J = 282.6$ Гц), 127.8, 128.5, 128.6, 128.7, 128.9, 128.9, 131.4 (кв, $J = 1.2$ Гц), 131.9, 134.7, 134.8, 136.6, 138.4, 146.9, 148.3,

149.8. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -67.32 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{25}\text{H}_{22}\text{F}_3\text{O}_2^+ [\text{M}+\text{H}]^+$ 411.1567, найдено 411.1552.

1-(3,4-Диметилфенил)-5,6-диметокси-1-трифторметил-3-фенил-1H-инден (5ce). Получен в смеси 5:1 с ацетиленом **8c**, общий выход 28 мг (76%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 2.25 (с, 6H), 3.91 (с, 3H), 3.95 (с, 3H), 6.54 (с, 1H), 7.08 (с, 1H), 7.10 (д, $^3J = 8.6$ Гц, 1H), 7.20 (с, 1H), 7.26-7.29 (м, 2H), 7.40-7.44 (м, 1H), 7.46-7.50 (м, 2H), 7.69-7.62 (м, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 19.5, 20.2, 56.3, 56.6, 63.8 (кв, $J = 26.7$ Гц), 105.2, 109.7, 125.3 (кв, $J = 1.7$ Гц), 126.9 (кв, $J = 282.4$ Гц), 127.8, 128.6, 128.9, 129.0 (кв, $J = 1.6$ Гц), 130.0, 131.5 (кв, $J = 1.6$ Гц), 131.5, 132.2, 134.8, 136.6, 136.6, 137.0, 146.8, 148.3, 149.8. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -67.52 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{26}\text{H}_{24}\text{F}_3\text{O}_2^+ [\text{M}+\text{H}]^+$ 425.1723, найдено 425.1727.

5,6-Диметокси-1-трифторметил-3-фенил-1-(4-хлорфенил)-1H-инден (5de). Получен в смеси 6:1 с ацетиленом **8d**, общий выход 16 мг (44%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 3.91 (с, 3H), 3.93 (с, 3H), 6.49 (с, 1H), 7.08 (с, 1H), 7.12 (с, 1H), 7.30 (д, $^3J = 8.8$ Гц, 2H), 7.42-7.54 (м, 5H), 7.58-7.61 (м, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 56.3, 56.6, 63.7 (кв, $J = 27.1$ Гц), 105.3, 109.4, 126.7 (кв, $J = 282.4$ Гц), 127.8, 128.8, 129.0, 129.0, 129.2 (кв, $J = 1.9$ Гц), 130.9 (кв, $J = 1.6$ Гц), 132.0, 133.6, 134.1, 134.5, 136.3 (кв, $J = 1.0$ Гц), 136.5, 147.6, 150.0. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -67.48 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{24}\text{H}_{19}\text{F}_3\text{ClO}_2^+ [\text{M}+\text{H}]^+$ 431.1021, найдено 431.1028.

1-(4-Бромфенил)-5,6-диметокси-1-трифтормети-3-фенил-1H-инден (5ee). Получен в смеси 4:1 с ацетиленом **8e**, общий выход 25 мг (70%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 3.91 (с, 3H), 3.93 (с, 3H), 6.48 (с, 1H), 7.07 (с, 1H), 7.11 (с, 1H), 7.36-7.38 (м, 2H), 7.41-7.53 (м, 5H), 7.58-7.60 (м, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 56.3, 56.6, 63.8 (кв, $J = 27.1$ Гц), 105.3, 109.4, 122.3, 126.6 (кв, $J = 282.5$ Гц), 127.8, 128.8, 129.0, 129.5 (кв, $J = 1.9$ Гц), 130.8 (кв, $J = 1.6$ Гц), 131.9,

134.2, 134.4, 136.2 (кв, $J = 0.6$ Гц), 136.5, 147.5, 148.6, 150.0. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -67.44 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{24}\text{H}_{19}\text{F}_3\text{BrO}_2^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 475.0515, найдено 475.0517.

1-(2-Бромфенил)-5,6-диметокси-1-трифторметил-3-фенил-1H-инден (5fe). Выход 30 мг (82%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 3.83 (с, 3H), 3.91 (с, 3H), 6.29 (с, 1H), 6.82 (с, 1H), 7.06 (с, 1H), 7.17 (тд, $^3J = 7.7$ Гц, $^4J = 1.4$ Гц, 1H), 7.40-7.54 (м, 5H), 7.62-7.65 (м, 2H), 7.95-8.00 (м, 1H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 56.3, 56.5, 65.6 (кв, $J = 25.4$ Гц), 105.2, 108.7, 122.9 (кв, $J = 0.6$ Гц), 126.5 (кв, $J = 284.1$ Гц), 127.5, 127.6, 128.2, 128.7, 129.0, 129.2, 130.6 (кв, $J = 4.4$ Гц), 133.6, 135.0, 136.4, 136.7 (кв, $J = 0.6$ Гц), 139.2, 148.7, 149.9, 150.9. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -65.35 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{24}\text{H}_{19}\text{F}_3\text{BrO}_2^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 475.0515, найдено 475.0529.

1,3-Бис(4-метилфенил)-5,6-диметокси-1-трифторметил-1H-инден (5ge). Выход 69%. Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 2.34 (с, 3H), 2.43 (с, 3H), 3.91 (с, 3H), 3.94 (с, 3H), 6.51 (с, 1H), 7.08 (с, 1H), 7.14 (д, $^3J = 8.1$ Гц, 2H), 7.18 (с, 1H), 7.29 (д, $^3J = 8.1$ Гц, 2H), 7.42 (д, $^3J = 8.1$ Гц, 2H), 7.50 (д, $^3J = 8.1$ Гц, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 21.1, 21.4, 56.3, 56.5, 63.8 (кв, $J = 26.9$ Гц), 105.2, 109.6, 126.9 (кв, $J = 282.6$ Гц), 127.7, 127.8 (кв, $J = 1.0$ Гц), 129.5, 129.6, 130.9, 131.8, 132.0, 136.6, 136.7, 137.9, 138.5, 146.8, 148.2, 149.7. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -67.62 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{26}\text{H}_{24}\text{F}_3\text{O}_2^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 425.1723, найдено 425.1706.

1-(3-Метилфенил)-3-(4-метилфенил)-5,6-диметокси-1-трифторметил-1H-инден (5he). Выход 19 мг (50%). Твердое вещество, Т. пл. 142-144°C. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 2.33 (с, 3H), 2.43 (с, 3H), 3.91 (с, 3H), 3.94 (с, 3H), 6.51 (с, 1H), 7.08 (с, 1H), 7.12 (д, $^3J = 7.5$ Гц, 1H), 7.17 (с, 1H), 7.22 (т, $^3J = 7.5$ Гц, 1H), 7.29 (д, $^3J = 8.2$ Гц, 2H), 7.30-7.34 (м, 2H), 7.51 (д, $^3J = 8.2$ Гц, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 21.4, 21.8, 56.3, 56.6, 64.0 (кв, $J = 26.7$ Гц), 105.2, 109.7, 124.9 (кв, $J = 1.6$ Гц), 126.9 (кв, $J = 282.6$ Гц), 127.7, 128.5 (кв, $J = 1.4$ Гц), 128.6, 128.8, 129.6, 130.9 (кв, $J = 1.1$ Гц), 131.8, 134.9, 136.6, 136.8, 138.4, 138.5, 146.8, 148.2, 149.8. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц)

δ , м. д.: -67.34 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $C_{26}H_{24}F_3O_2^+$ $[M+H]^+$ 425.1723, найдено 425.1729.

3-(3,4-Диметилфенил)-5,6-диметокси-1-трифторметил-1-фенил-1H-инден (5ie). Выход 21 мг (57%). Твердое вещество, Т. пл. 132-134°C. ЯМР 1H ($CDCl_3$, 400 МГц) δ , м. д.: 2.34 (с, 6H), 3.91 (с, 3H), 3.93 (с, 3H), 6.51 (с, 1H), 7.10 (с, 1H), 7.17 (с, 1H), 7.24-7.26 (м, 1H), 7.29-7.37 (м, 4H), 7.38 (с, 1H), 7.51-7.55 (м, 2H). ЯМР ^{13}C ($CDCl_3$, 100 МГц) δ , м. д.: 19.8, 20.0, 56.3, 56.5, 64.1 (кв, $J = 26.8$ Гц), 105.3, 109.6, 125.1, 126.9 (кв, $J = 282.5$ Гц), 127.8, 128.0, 128.8, 129.0, 130.1, 130.7, 132.2, 135.1, 136.6, 136.8, 137.2, 137.2, 147.0, 148.3, 149.8. ЯМР ^{19}F ($CDCl_3$, 376 МГц) δ , м. д.: -67.41 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $C_{26}H_{24}F_3O_2^+$ $[M+H]^+$ 425.1723, найдено 425.1715.

5,6-Диметокси-1-трифторметил-1-фенил-3-(4-хлорфенил)-1H-инден (5je). Получен в смеси 10:1 с ацетиленом **8f**, общий выход 23 мг (65%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР 1H ($CDCl_3$, 400 МГц) δ , м. д.: 3.91 (с, 3H), 3.93 (с, 3H), 6.54 (с, 1H), 7.00 (с, 1H), 7.17 (с, 1H), 7.29-7.38 (д, 3H), 7.45 (д, $^3J = 8.5$ Гц, 2H), 7.49-7.52 (м, 2H), 7.53 (д, $^3J = 8.5$ Гц, 2H). ЯМР ^{13}C ($CDCl_3$, 100 МГц) δ , м. д.: 56.3, 56.6, 64.2 (кв, $J = 26.9$ Гц), 105.0, 109.7, 126.7 (кв, $J = 282.5$ Гц), 127.8 (кв, $J = 1.8$ Гц), 128.2, 128.9, 129.1, 129.2, 131.7 (кв, $J = 1.6$ Гц), 133.1, 134.6, 134.7, 136.2, 136.5, 146.0, 148.5, 149.9. ЯМР ^{19}F ($CDCl_3$, 376 МГц) δ , м. д.: -67.41 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $C_{24}H_{19}F_3ClO_2^+$ $[M+H]^+$ 431.1021, найдено 431.1007.

5,6-Диметокси-1-трифторметил-1,3-бис(4-хлорфенил)-1H-инден (5ke). Получен в смеси 2.8:1 с ацетиленом **8g**, общий выход 19 мг (50%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР 1H ($CDCl_3$, 400 МГц) δ , м. д.: 3.90 (с, 3H), 3.93 (с, 3H), 6.47 (с, 1H), 6.99 (с, 1H), 7.11 (с, 1H), 7.30 (д, $^3J = 8.6$ Гц, 2H), 7.41 (д, $^3J = 8.6$ Гц, 2H), 7.45 (д, $^3J = 8.6$ Гц, 2H), 7.52 (д, $^3J = 8.6$ Гц, 2H). ЯМР ^{13}C ($CDCl_3$, 100 МГц) δ , м. д.: 56.4, 56.6, 63.8 (кв, $J = 27.2$ Гц), 105.1, 109.5, 126.6 (кв, $J = 282.5$ Гц), 129.0, 129.1, 129.2 (кв, $J = 1.9$ Гц), 129.2, 131.2 (кв, $J = 1.4$ Гц), 132.9, 133.2, 134.2, 134.7, 136.1, 136.2, 146.4,

148.7, 150.1. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -67.50 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{24}\text{H}_{18}\text{F}_3\text{Cl}_2\text{O}_2^+ [\text{M}+\text{H}]^+$ 465.0630, найдено 465.0626.

3-(4-Бромфенил)-5,6-диметокси-1-трифторметил-1-фенил-1H-инден (5le). Получен в смеси 7:1 с ацетиленом **8h**, общий выход 13 мг (36%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 3.90 (с, 3H), 3.93 (с, 3H), 6.54 (с, 1H), 6.99 (с, 1H), 7.16 (с, 1H), 7.31-7.37 (м, 3H), 7.46 (д, $^3J = 8.4$ Гц, 2H), 7.49-7.51 (м, 2H), 7.61 (д, $^3J = 8.4$ Гц, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 56.3, 56.6, 64.3 (кв, $J = 26.9$ Гц), 104.9, 109.7, 122.7, 126.7 (кв, $J = 282.5$ Гц), 127.8 (кв, $J = 1.6$ Гц), 128.2, 128.9, 129.4, 131.7 (кв, $J = 1.4$ Гц), 132.1, 133.6, 134.6, 136.1, 136.5 (кв, $J = 0.6$ Гц), 146.1, 148.5, 149.9. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -67.42 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{24}\text{H}_{19}\text{F}_3\text{BrO}_2^+ [\text{M}+\text{H}]^+$ 475.0515, найдено 475.0523.

1,3-Бис(4-бромфенил)-5,6-диметокси-1-трифторметил-1H-инден (5me). Получен в смеси 2:1 с ацетиленом **8i**, общий выход 21 мг (59%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 3.90 (с, 3H), 3.92 (с, 3H), 6.45 (с, 1H), 6.98 (с, 1H), 7.10 (с, 1H), 7.34 (д, $^3J = 8.6$ Гц, 2H), 7.44-7.46 (м, 4H), 7.61 (д, $^3J = 8.6$ Гц, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 56.4, 56.6, 63.9 (кв, $J = 27.5$ Гц), 105.1, 109.5, 122.4, 122.9, 126.5 (кв, $J = 282.6$ Гц), 129.4, 129.5 (кв, $J = 1.7$ Гц), 131.1 (кв, $J = 1.3$ Гц), 132.0, 132.0, 133.3, 133.8, 136.1, 136.1, 146.5, 148.7, 150.1. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -67.46 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{24}\text{H}_{18}\text{F}_3\text{Br}_2\text{O}_2^+ [\text{M}+\text{H}]^+$ 552.9620, найдено 552.9626.

3-(4-Метилфенил)-5,6-диметокси-1-трифторметил-1-фенил-1H-инден (5ne). Получен в смеси 13:1 с ацетиленом **8j**, общий выход 20 мг (54%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 2.43 (с, 3H), 3.91 (с, 3H), 3.93 (с, 3H), 6.51 (с, 1H), 7.08 (с, 1H), 7.17 (с, 1H), 7.29 (д, $^3J = 8.0$ Гц, 2H), 7.31-7.36 (м, 3H), 7.50 (д, $^3J = 8.0$ Гц, 2H), 7.51-7.53 (м, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 21.5, 56.3, 56.6, 64.1 (кв, $J = 26.6$ Гц), 105.2, 109.6, 126.9 (кв, $J = 282.7$ Гц), 127.7, 127.8 (кв, $J = 1.8$ Гц), 128.0, 128.8, 129.6, 130.8 (кв, $J = 1.7$ Гц), 131.8, 135.0, 136.6 (кв, $J = 0.6$ Гц),

136.8, 138.6, 147.0, 148.3, 149.8. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -67.41 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{25}\text{H}_{22}\text{F}_3\text{O}_2^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 411.1567, найдено 411.1556.

3-(2,4-Диметилфенил)-5,6-диметокси-1-трифторметил-1-фенил-1H-инден (5ое). Выход 24 мг (67%). Твердое вещество, Т. пл. 118-120°C. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 2.25 (с, 3H), 2.40 (с, 3H), 3.82 (с, 3H), 3.92 (с, 3H), 6.39 (с, 1H), 6.63 (с, 1H), 7.09 (д, $^3J = 7.7$ Гц, 1H), 7.15 (с, 1H), 7.16 (с, 1H), 7.21 (д, $^3J = 7.7$ Гц, 1H), 7.31-7.37 (м, 3H), 7.52-7.55 (м, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 20.1, 21.3, 56.3, 56.6, 64.5 (кв, $J = 26.7$ Гц), 105.1, 109.4, 126.6, 126.9 (кв, $J = 282.5$ Гц), 127.8 (кв, $J = 1.8$ Гц), 128.0, 128.8, 129.1, 131.2, 131.4, 132.4 (кв, $J = 1.6$ Гц), 135.1, 135.9, 136.3, 138.1, 138.1, 147.2, 148.3, 150.0. ^{19}F ЯМР (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -67.44 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{26}\text{H}_{24}\text{F}_3\text{O}_2^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 425.1723, найдено 425.1712.

1-(4-Метилфенил)-5,6-диметокси-1-трифторметил-3-фенил-1H-инден (5ре). Получен в смеси 4.9:1 с ацетиленом **8к**, общий выход 35 мг (98%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 2.34 (с, 3H), 3.91 (с, 3H), 3.95 (с, 3H), 6.55 (с, 1H), 7.08 (с, 1H), 7.15 (д, $^3J = 8.1$ Гц, 2H), 7.19 (с, 1H), 7.41-7.51 (м, 3H), 7.47-7.51 (м, 2H), 7.60-7.62 (м, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 21.1, 56.3, 56.5, 63.8 (кв, $J = 26.7$ Гц), 105.2, 109.6, 126.9 (кв, $J = 282.5$ Гц), 127.7 (кв, $J = 1.6$ Гц), 127.8, 128.6, 128.9, 129.5, 131.4 (кв, $J = 1.6$ Гц), 131.8, 131.9, 134.7, 136.5, 137.9, 146.9, 148.3, 149.8. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -67.59 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{25}\text{H}_{22}\text{F}_3\text{O}_2^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 411.1567, найдено 411.1582.

5,6-Диметил-1-трифторметил-3,3-дифенил-1H-инден (6а). Получен в смеси 2:5:1 с инденами **5са** и **6б**, общий выход 17 мг (47%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 2.27 (с, 3H), 2.31 (с, 3H), 7.12 (кв, $^3J = 1.8$ Гц, 1H), 7.12 (с, 1H), 7.17-7.22 (м, 4H), 7.22-7.32 (м, 7H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 20.1, 20.5, 65.9, 122.6 (кв, $J = 270.3$ Гц), 127.3, 127.9, 128.5, 128.7, 128.9, 132.5 (кв, $J = 34.3$ Гц), 134.5, 135.8, 136.2, 142.2, 146.9 (кв, $J = 5.1$ Гц), 149.4. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376

МГц) δ , м. д.: -63.88 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $C_{24}H_{20}F_3^+$ $[M+H]^+$ 365.1512, найдено 365.1519.

4,5-Диметил-1-трифторметил-3,3-дифенил-1H-инден (6b). Получен в смеси 1:5:2 с инденами **5ca** и **6a**, общий выход 17 мг (47%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР 1H ($CDCl_3$, 400 МГц) δ , м. д.: 1.88 (с, 3H), 2.26 (с, 3H), 6.98 (кв, $^3J = 1.7$ Гц, 1H), 7.17-7.22 (м, 3H), 7.22-7.32 (м, 9H). ЯМР ^{13}C ($CDCl_3$, 100 МГц) δ , м. д.: 16.5, 20.2, 66.5, 118.9, 122.6, 122.6 (кв, $J = 270.4$ Гц), 127.0, 127.3, 130.0, 131.3 (кв, $J = 34.3$ Гц), 135.1 (кв, $J = 1.0$ Гц), 136.6, 137.9, 142.2, 145.0 (кв, $J = 5.1$ Гц), 148.0. ЯМР ^{19}F ($CDCl_3$, 376 МГц) δ , м. д.: -63.99 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $C_{24}H_{20}F_3^+$ $[M+H]^+$ 365.1512, найдено 365.1519.

4-(2,5-Диметилфенил)-4-(4-нитрофенил)-1,1,1-трифторбута-2,3-диен (7). Выход 25 мг (71%). Масло. ЯМР 1H ($CDCl_3$, 400 МГц) δ , м. д.: 2.14 (с, 3H), 2.37 (с, 3H), 7.12 (с, 1H), 7.18 (дд, $^3J = 7.9$ Гц, $^4J = 1.3$ Гц, 1H), 7.21 (д, $^3J = 7.9$ Гц, 1H), 7.35-7.44 (м, 3H), 7.40 (д, $^3J = 8.9$ Гц, 2H), 7.51 (д, $^3J = 7.7$ Гц, 2H), 8.19 (д, $^3J = 8.9$ Гц, 2H). ЯМР ^{13}C ($CDCl_3$, 100 МГц) δ , м. д.: 19.6, 21.1, 105.1 (кв, $J = 34.6$ Гц), 115.3, 123.3 (кв, $J = 275.4$ Гц), 124.3, 127.4 (кв, $J = 1.1$ Гц), 127.9, 129.0, 129.1, 129.2, 130.2, 130.6, 131.0, 132.3, 133.7, 136.4, 141.1, 147.7, 206.5 (кв, $J = 3.9$ Гц). ЯМР ^{19}F ($CDCl_3$, 376 МГц) δ , м. д.: -59.65 (с). HRMS (MALDI): $C_{24}H_{19}F_3NO_2^+$ $[M+H]^+$ 410.1365, найдено 410.1374.

2-(3,4-Диметоксифенил)-2,4-дифенил-1,1,1-трифторбут-3-ин (8a). Получен в смеси 1:2.8 с инденом **5ae**, общий выход 22 мг (60%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР 1H ($CDCl_3$, 400 МГц) δ , м. д.: 3.82 (с, 3H), 3.89 (с, 3H), 6.85 (д, $^3J = 8.5$ Гц, 1H), 7.08-7.17 (м, 2H), 7.32-7.53 (м, 7H), 7.60-7.62 (м, 3H). ЯМР ^{13}C ($CDCl_3$, 100 МГц) δ , м. д.: 56.0, 56.1, 64.5 (кв, $J = 23.4$ Гц), 86.9 (кв, $J = 2.3$ Гц), 87.5, 110.7, 112.7 (кв, $J = 1.0$ Гц), 121.5 (кв, $J = 1.7$ Гц), 122.4, 124.0 (кв, $J = 282.5$ Гц), 125.4, 127.8, 128.2, 128.4, 130.4, 135.0, 138.3, 148.7, 149.0. ЯМР ^{19}F ($CDCl_3$, 376 МГц) δ , м. д.: -67.60 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $C_{24}H_{20}F_3O_2^+$ $[M+H]^+$ 397.1410, найдено 397.1397.

2-(3,4-Диметоксифенил)-2-(3-метилфенил)-4-фенил-1,1,1-трифторбут-3-ин (8b). Получен в смеси 1:3.5 с инденом **5be**, общий выход 18 мг (49%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 2.37 (с, 3H), 3.83 (с, 3H), 3.90 (с, 3H), 6.86 (д, $^3J = 8.3$ Гц, 1H), 7.12-7.19 (м, 3H), 7.25-7.28 (м, 1H), 7.32-7.38 (м, 3H), 7.39-7.45 (м, 2H), 7.53-7.55 (м, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 21.8, 56.0, 56.1, 64.1, 87.1 (кв, $J = 2.4$ Гц), 87.4, 110.7, 112.7, 121.5, 122.5, 125.6 (кв, $J = 284.5$ Гц), 125.9 (кв, $J = 1.2$ Гц), 127.8, 128.3, 128.5, 129.0, 129.5 (кв, $J = 0.9$ Гц), 130.5, 131.9, 138.1, 138.1, 148.7, 149.0. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: - 67.50 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{25}\text{H}_{22}\text{F}_3\text{O}_2^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 411.1567, найдено 411.1552.

2-(3,4-Диметилфенил)-2-(3,4-диметоксифенил)-4-фенил-1,1,1-трифторбут-3-ин (8c). Получен в смеси 1:5 с инденом **5ce**, общий выход 28 мг (76%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 2.27 (с, 6H), 3.84 (с, 3H), 3.90 (с, 3H), 6.85 (д, $^3J = 9.2$ Гц, 1H), 7.09-7.12 (м, 1H), 7.14-7.16 (м, 2H), 7.31-7.36 (м, 5H), 7.52-7.55 (м, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 19.5, 20.2, 56.0, 56.1, 63.8, 87.2 (кв, $J = 2.4$ Гц), 87.2, 110.7, 112.7 (кв, $J = 1.0$ Гц), 121.5 (кв, $J = 1.7$ Гц), 122.5, 125.6 (кв, $J = 284.5$ Гц), 126.1 (кв, $J = 1.7$ Гц), 128.5, 128.9, 129.6, 129.9 (кв, $J = 1.5$ Гц), 130.6, 135.6, 136.6, 136.7, 136.7, 148.7, 148.9. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: - 67.61 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{26}\text{H}_{24}\text{F}_3\text{O}_2^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 425.1723, найдено 425.1727.

2-(3,4-Диметоксифенил)-4-фенил-1,1,1-трифтор-2-(4-хлорфенил)бут-3-ин (8d). Получен в смеси 1:6 с инденом **5de**, общий выход 16 мг (44%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 3.83 (с, 3H), 3.90 (с, 3H), 6.86 (д, $^3J = 8.5$ Гц, 1H), 7.08-7.12 (м, 2H), 7.28-7.38 (м, 5H), 7.42-7.54 (м, 4H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 56.0, 56.1, 63.7, 86.4 (кв, $J = 2.4$ Гц), 87.8, 110.8, 112.5 (кв, $J = 1.6$ Гц), 121.4 (кв, $J = 1.8$ Гц), 122.1, 125.4 (кв, $J = 284.6$ Гц), 128.1, 128.6, 128.6, 129.1, 129.9, 130.3 (кв, $J = 1.7$ Гц), 134.4, 136.9, 148.9, 149.2. ЯМР ^{19}F

(CDCl₃, 376 МГц) δ, м. д.: -67.79 (с). HRMS (MALDI): вычислено для C₂₄H₁₉F₃ClO₂⁺ [M+H]⁺ 431.1021, найдено 431.1028.

2-(4-Бромфенил)-2-(3,4-диметоксифенил)-4-фенил-1,1,1-трифторбут-3-ин (8e). Получен в смеси 1:4 с инденом **5ee**, общий выход 25 мг (70%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ¹H (CDCl₃, 400 МГц) δ, м. д.: 3.83 (с, 3H), 3.90 (с, 3H), 6.85 (д, ³J = 8.4 Гц, 1H), 7.07-7.12 (м, 2H), 7.34-7.38 (м, 3H), 7.41-7.53 (м, 6H). ЯМР ¹³C (CDCl₃, 100 МГц) δ, м. д.: 56.0, 56.1, 63.8, 86.3 (кв, J = 2.3 Гц), 87.9, 110.8, 112.5 (кв, J = 1.2 Гц), 121.4 (кв, J = 1.7 Гц), 122.1, 122.6, 125.3 (кв, J = 284.1 Гц), 128.6, 129.2, 129.8, 130.6 (кв, J = 1.6 Гц), 131.6, 132.0, 137.5, 148.9, 149.2. ЯМР ¹⁹F (CDCl₃, 376 МГц) δ, м. д.: -67.77 (с). HRMS (MALDI): вычислено для C₂₄H₁₉F₃BrO₂⁺ [M+H]⁺ 475.0515, найдено 475.0517.

2-(3,4-Диметоксифенил)-2-фенил-1,1,1-трифтор-4-(4-хлорфенил)бут-3-ин (8f). Получен в смеси 1:10 с инденом **5je**, общий выход 23 мг (65%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ¹H (CDCl₃, 400 МГц) δ, м. д.: 3.81 (с, 3H), 3.89 (с, 3H), 6.85 (д, ³J = 8.5 Гц, 1H), 7.05 (д, ⁴J = 1.6 Гц, 1H), 7.13 (дд, ³J = 8.5 Гц, ⁴J = 1.6 Гц, 1H), 7.29-7.38 (м, 5H), 7.43-7.46 (м, 2H), 7.57-7.59 (м, 2H). ЯМР ¹³C (CDCl₃, 100 МГц) δ, м. д.: 56.0, 56.1, 64.2, 86.4, 88.0 (кв, J = 2.2 Гц), 110.7, 112.6, 121.5 (кв, J = 1.8 Гц), 125.5 (кв, J = 284.6 Гц), 128.3, 128.5, 128.8 (кв, J = 1.6 Гц), 128.9, 132.1, 132.1, 133.2, 135.1, 138.1, 148.8, 149.1. ЯМР ¹⁹F (CDCl₃, 376 МГц) δ, м. д.: -67.57 (с). HRMS (MALDI): вычислено для C₂₄H₁₉F₃ClO₂⁺ [M+H]⁺ 431.1021, найдено 431.1007.

2-(3,4-Диметоксифенил)-1,1,1-трифтор-2,4-бис(4-хлорфенил)бут-3-ин (8g). Получен в смеси 1:2.8 с инденом **5ke**, общий выход 19 мг (50%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ¹H (CDCl₃, 400 МГц) δ, м. д.: 3.81 (с, 3H), 3.89 (с, 3H), 6.85 (д, ³J = 8.5 Гц, 1H), 7.03 (дд, ³J = 8.5 Гц, ⁴J = 1.9 Гц, 1H), 7.08-7.11 (м, 1H), 7.33 (д, ³J = 8.6 Гц, 2H), 7.34 (д, ³J = 8.6 Гц, 2H), 7.44 (д, ³J = 8.6 Гц, 2H), 7.49-7.53 (м, 2H). ЯМР ¹³C (CDCl₃, 100 МГц) δ, м. д.: 56.0, 56.1, 62.4 (кв, J = 28.0 Гц), 86.7, 87.4 (кв, J = 2.5 Гц), 110.8, 112.4,

120.5, 121.4 (кв, $J = 1.7$ Гц), 125.3 (кв, $J = 284.8$ Гц), 128.7, 129.0, 129.0, 130.3 (кв, $J = 1.5$ Гц), 133.3, 134.5, 135.3, 136.7, 148.9, 149.3. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 105 376 МГц) δ , м. д.: -67.76 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{24}\text{H}_{18}\text{F}_3\text{Cl}_2\text{O}_2^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 465.0630, найдено 465.0626.

4-(4-Бромфенил)-2-(3,4-диметоксифенил)-2-фенил-1,1,1-трифторбут-3-ин (8h). Получен в смеси 1:7 с инденом **5le**, общий выход 13 мг (36%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 3.80 (с, 3H), 3.89 (с, 3H), 6.85 (д, $^3J = 8.5$ Гц, 1H), 7.05 (д, $^4J = 1.4$ Гц, 1H), 7.12 (дд, $^3J = 8.5$ Гц, $^4J = 1.4$ Гц, 1H), 7.29-7.39 (м, 5H), 7.45-7.51 (м, 2H), 7.56-7.59 (м, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 56.0, 56.1, 64.5, 86.4, 88.1 (кв, $J = 2.3$ Гц), 110.7, 112.6 (кв, $J = 1.6$ Гц), 121.3, 121.5 (кв, $J = 1.6$ Гц), 123.3, 125.4 (кв, $J = 284.2$ Гц), 128.3, 128.5, 128.8 (кв, $J = 1.5$ Гц), 130.2, 131.8, 133.4, 138.1, 148.7, 149.1. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -67.57 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{24}\text{H}_{19}\text{F}_3\text{BrO}_2^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 475.0515, найдено 475.0523.

2,4-Бис(4-бромфенил)-2-(3,4-диметоксифенил)-1,1,1-трифторбут-3-ин (8i). Получен в смеси 1:2 с инденом **5me**, общий выход 23 мг (59%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 3.81 (с, 3H), 3.89 (с, 3H), 6.85 (д, $^3J = 8.6$ Гц, 1H), 7.02 (дд, $^4J = 2.0$ Гц, 1H), 7.07-7.10 (м, 1H), 7.37 (д, $^3J = 8.6$ Гц, 2H), 7.43 (д, $^3J = 8.6$ Гц, 2H), 7.49 (д, $^3J = 8.6$ Гц, 2H), 7.50 (д, $^3J = 8.6$ Гц, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 56.0, 56.1, 63.9 (кв, $J = 27.2$ Гц), 86.8, 87.5 (кв, $J = 2.2$ Гц), 110.8, 112.4 (кв, $J = 1.2$ Гц), 121.0, 121.4 (кв, $J = 1.7$ Гц), 122.7, 123.6, 125.2 (кв, $J = 284.4$ Гц), 129.6, 130.6 (кв, $J = 1.5$ Гц), 131.7, 131.9, 133.4, 137.2, 148.9, 149.3. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -67.74 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{24}\text{H}_{18}\text{F}_3\text{Br}_2\text{O}_2^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 552.9620, найдено 552.9626.

2-(3,4-Диметоксифенил)-4-(4-метилфенил)-2-фенил-1,1,1-трифторбут-3-ин (8j). Получен в смеси 1:13 с инденом **5ne**, общий выход 20 мг (54%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 2.37 (с, 3H), 3.82 (с, 3H), 3.89 (с, 3H), 6.85 (д, $^3J = 8.2$ Гц,

1H), 7.00 (д, $^3J = 8.2$ Гц, 1H), 7.12 (с, 1H), 7.14-7.17 (м, 2H), 7.31-7.42 (м, 3H), 7.42 (д, $^3J = 8.0$ Гц, 2H), 7.60 (д, $^3J = 7.1$ Гц, 2H). ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -67.63 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{25}\text{H}_{22}\text{F}_3\text{O}_2^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 411.1567, найдено 411.1556.

2-(3,4-Диметоксифенил)-2-(4-метилфенил)-4-фенил-1,1,1-трифторбут-3-ин (8k). Получен в смеси 1:4.9 с инденом **5pe**, общий выход 35 мг (98%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 2.37 (с, 3H), 3.84 (с, 3H), 3.90 (с, 3H), 6.86 (д, $^3J = 8.3$ Гц, 1H), 7.14-7.19 (м, 4H), 7.33-7.37 (м, 3H), 7.47-7.51 (м, 2H), 7.53-7.55 (м, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 21.1, 56.0, 56.1, 64.4 (кв, $J = 23.8$ Гц), 87.1 (кв, $J = 2.6$ Гц), 87.3, 110.7, 112.6, 121.0, 121.4 (кв, $J = 1.8$ Гц), 125.6 (кв, $J = 284.2$ Гц), 128.5, 128.6, 128.7 (кв, $J = 1.5$ Гц), 129.1, 130.5, 135.3, 136.6, 138.1, 148.7, 149.0. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -67.70 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{25}\text{H}_{22}\text{F}_3\text{O}_2^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 411.1567, найдено 411.1582.

3.4 Взаимодействие 2,4-диарил-2-триметилсилокси-1,1,1-трифторбут-3-енов с аренами под действием TfOH. Синтез и свойства 1,3-диарил-1-трифторметилинданов **9**, 3-арил-1-трифторметил-1*H*-инденов **10** и 3-(3,4-дихлорфенил)-4,4,4-трифтор-1,1-дифенилбут-2-ена **11**

К смеси 2,4-диарил-2-триметилсилокси-1,1,1-трифторбут-3-ена **2** (0.1 ммоль) и арена (0.3 мл бензола или 0.1 мл врена в 0.4 мл дихлорметана) при 20°C и интенсивном перемешивании добавили TfOH (0.5 мл). Смесь перемешивали при 20°C 5 минут, затем вылили в воду (50 мл) и экстрагировали хлороформом (3×30 мл). Объединенные экстракты промывали водой (50 мл), насыщенным раствором NaHCO₃ (50 мл), водой (50 мл), сушили Na₂SO₄. Растворитель удаляли в вакууме, продукт выделяли методом ТСХ на пластинах с силикагелем ЛС 5/40 мкм (элюент – петролейный эфир 40-70°C или петролейный эфир 40-70°C : этилацетат). Разделенные фракции смывали с сорбента дихлорметаном. Соединения **9aa,ab,d,j** и **10e,f** были описаны ранее [178].

(1*RS*, 3*SR*)-5-Метил-1-трифторметил-1,3-дифенилиндан (9b). Выход 19 мг (54%). Твердое вещество, Т. пл. 136-138°C. ЯМР ¹H (CDCl₃, 400 МГц) δ, м.д.: 2.32 (с, 3H), 2.77 (дд, ²J = 12.6, ³J = 11.1 Гц, 1H), 3.00 (дд, ²J = 12.6, ³J = 6.8 Гц, 1H), 4.04 (дд, ³J = 11.1, 6.8 Гц, 1H), 6.74 (с, 1H), 7.17-7.23 (м, 3H), 7.27-7.38 (м, 8H), 7.49 (д, ³J = 7.8 Гц, 1H). ЯМР ¹³C (CDCl₃, 126 МГц) δ, м.д.: 21.5, 47.1 (кв, J = 0.7 Гц), 48.2, 60.5 (кв, J = 26.3 Гц), 125.6 (кв, J = 0.5 Гц), 126.2, 127.1, 127.7 (кв, J = 281.5 Гц), 128.0, 138.9, 142.9, 147.6, 128.1, 128.4, 128.6, 128.7, 128.8, 137.8, 137.8 (кв, J = 1.1 Гц). ЯМР ¹⁹F (CDCl₃, 376 МГц) δ, м.д.: -69.29 (с). HRMS (MALDI): вычислено для C₂₃H₂₀F₃⁺ [M+H]⁺ 353.1512, найдено 353.1503.

(1*RS*, 3*SR*)-5-Метил-3-(4-метилфенил)-1-трифторметил-1-фенилиндан (9ca). Получен в смеси 3:1 с инданом **9cb**, общий выход 20 мг (53%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ¹H (CDCl₃, 400 МГц) δ, м.д.: 2.33 (с, 3H), 2.37 (с, 3H), 2.76 (дд, ²J = 12.5, ³J = 11.2 Гц, 1H),

2.99 (дд, $^2J = 12.5$, $^3J = 6.8$ Гц, 1H), 4.01 (дд, $^3J = 11.2$, 6.8 Гц, 1H), 6.75 (с, 1H), 7.10 (д, $^3J = 8.0$ Гц, 2H), 7.16 (д, $^3J = 8.0$ Гц, 2H), 7.20 (д, $^3J = 7.9$ Гц, 1H), 7.27-7.38 (м, 4H), 7.46-7.53 (м, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 101 МГц) δ , м.д.: 21.2, 21.5, 47.1, 47.8, 60.4 (кв, $J = 26.1$ Гц), 125.6 (кв, $J = 0.9$ Гц), 126.2, 127.9, 128.1, 128.4, 128.6, 128.62, 128.63, 129.5, 136.7, 137.8, 138.8, 139.9, 147.8. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м.д.: -69.26 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{24}\text{H}_{22}\text{F}_3^+ [\text{M}+\text{H}]^+$ 367.1668, найдено 367.1663.

(1RS, 3RS)-5-Метил-3-(4-метилфенил)-1-трифторметил-1-фенилиндан (9cb). Получен в смеси 1:3 с инданом **9ca**, общий выход 20 мг (53%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м.д.: 2.33 (с, 3H), 2.34 (с, 3H), 2.49 (дд, $^2J = 14.4$, $^3J = 8.5$ Гц, 1H), 3.41 (дд, $^2J = 14.4$, $^3J = 8.5$ Гц, 1H), 4.57 (т, $^3J = 8.5$ Гц, 1H), 6.87 (с, 1H), 7.38-7.08 (м, 11H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 101 МГц) δ , м.д.: 21.2, 21.5, 48.4, 50.00, 126.2, 126.2, 126.8, 127.4, 128.0, 128.4, 128.5, 128.5, 128.7, 128.7, 128.8, 136.7, 137.8, 138.9, 141.3, 148.6. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м.д.: -69.51 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{24}\text{H}_{22}\text{F}_3^+ [\text{M}+\text{H}]^+$ 367.1668, найдено 367.1663.

(1RS, 3SR)-5,6-Диметокси-1-(трифторметил)-1,3-дифенилиндан (9ea). Получен в смеси 10:1 с инданом **9eb**, общий выход 13 мг (34%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м.д.: 2.74 (дд, $^2J = 12.5$, $^3J = 10.7$ Гц, 1H), 2.96 (дд, $^2J = 12.5$, $^3J = 6.9$ Гц, 1H), 3.75 (с, 3H), 3.95 (с, 3H), 4.06 (дд, $^3J = 10.7$, 6.9 Гц, 1H), 6.43 (с, 1H), 7.06 (с, 1H), 7.21 (д, $^3J = 7.3$ Гц, 2H), 7.27-7.37 (м, 8H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 101 МГц) δ , м.д.: 47.9 (кв, $J = 0.5$ Гц), 48.3, 56.1, 56.4, 60.8 (кв, $J = 26.1$ Гц), 108.0, 108.5 (кв, $J = 1.3$ Гц), 127.1, 127.8 (кв, $J = 281.8$ Гц), 127.9, 128.4 (кв, $J = 0.9$ Гц), 128.5, 128.6, 128.9, 132.4 (кв, $J = 1.4$ Гц), 138.4, 139.7, 143.3, 148.8, 150.2. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м.д.: -69.01 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{24}\text{H}_{22}\text{F}_3\text{O}_2^+ [\text{M}+\text{H}]^+$ 399.1566, найдено 399.1571.

(1RS,3RS)-5,6-Диметокси-1-трифторметил-1,3-дифенилиндан (9eb). Получен в смеси 1:10 с инданом **9ea**, общий выход 13 мг (34%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м.д.: 2.41

(дд, $^2J = 14.3$, $^3J = 8.3$ Гц, 1H), 3.38 (дд, $^2J = 14.3$, $^3J = 8.3$ Гц, 1H), 3.78 (с, 3H), 3.83 (с, 3H), 4.54 (т, $^3J = 8.3$ Гц, 1H), 6.52 (с, 1H), 6.76 (с, 1H), 7.13 (д, $^3J = 7.4$ Гц, 2H), 7.19-7.36 (м, 6H), 7.47 (д, $^3J = 7.6$ Гц, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 101 МГц) δ , м.д.: 49.0, 50.1, 56.1, 56.4, 107.7, 109.3, 126.8, 127.4, 128.3, 128.8, 133.1, 140.6, 141.4, 144.7, 150.6. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м.д.: -69.28 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{24}\text{H}_{22}\text{F}_3\text{O}_2^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 399.1566, найдено 399.1571.

(1RS, 3SR)-5-Метокси-3-(4-метоксифенил)-1-трифторметил-1-фенилиндан (9f). Выход 19 мг (50%). Твердое вещество, Т. пл. 110-112°C. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м.д.: 2.74 (дд, $^2J = 12.4$, $^3J = 11.3$ Гц, 1H), 2.98 (дд, $^2J = 12.4$, $^3J = 6.9$ Гц, 1H), 3.74 (с, 3H), 3.81 (с, 3H), 4.00 (дд, $^3J = 11.3$, 6.9 Гц, 1H), 6.44 (д, $^4J = 1.7$ Гц, 1H), 6.88 (д, $^3J = 8.6$ Гц, 2H), 6.92 (дд, $^3J = 8.6$, $^4J = 1.7$ Гц, 1H), 7.12 (д, $^3J = 8.6$ Гц, 2H), 7.28-7.36 (м, 5H), 7.50 (д, $^3J = 8.5$ Гц, 1H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 101 МГц) δ , м.д.: 47.4 (кв, $J = 0.7$ Гц), 47.6, 55.4, 55.6, 60.1 (кв, $J = 26.4$ Гц), 110.6, 113.4, 114.3, 126.6 (кв, $J = 0.7$ Гц), 127.7 (кв, $J = 281.5$ Гц), 127.9, 128.4, 128.6 (кв, $J = 0.6$ Гц), 129.6, 132.7 (кв, $J = 1.4$ Гц), 134.7, 138.0, 149.5, 158.8, 160.6. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м.д.: -69.45 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{24}\text{H}_{22}\text{F}_3\text{O}_2^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 399.1566, найдено 399.1571.

(1RS, 3SR)-5,6-Диметил-1-трифторметил-1,3-дифенилиндан (9g). Выход 5 мг (12%). Твердое вещество, Т. пл. 170-173°C. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м.д.: 2.22 (с, 3H), 2.35 (с, 3H), 2.74 (дд, $^2J = 12.6$, $^3J = 11.0$ Гц, 1H), 2.98 (дд, $^2J = 12.6$, $^3J = 6.8$ Гц, 1H), 4.02 (дд, $^3J = 11.0$, 6.8 Гц, 1H), 6.69 (с, 1H), 7.22-7.18 (м, 2H), 7.38-7.28 (м, 9H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 101 МГц) δ , м.д.: 20.1, 20.2, 47.2 (кв, $J = 0.9$ Гц), 48.0, 60.4 (кв, $J = 25.7$ Гц), 126.5, 126.7, 127.0, 127.9, 128.4, 128.6, 128.8, 135.7, 137.5, 138.0, 138.3, 143.3, 145.1. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м.д.: -69.12 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{24}\text{H}_{21}\text{F}_3\text{Na}^+$ $[\text{M}+\text{Na}]^+$ 389.1488, найдено 389.1492.

(1RS, 3SR)-5,7-Диметил-1-трифторметил-1,3-дифенилиндан (9h). Выход 13 мг (33%). Твердое вещество, Т. пл. 141-143°C. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м.д.: 2.24 (кв, $J_{\text{C-F}} = 1.0$ Гц, 3H), 2.28 (с, 3H), 2.78 (дд, $^2J = 12.9$, $^3J = 10.3$ Гц, 1H), 2.84 (дд, $^2J = 12.9$, $^3J = 8.0$ Гц, 1H), 3.96 (дд, $^3J = 10.3$, 8.0 Гц,

1H), 6.59 (с, 1H), 6.99 (с, 1H), 7.23-7.16 (м, 4H), 7.36-7.26 (м, 6H). ЯМР ¹³C (CDCl₃, 101 МГц) δ, м.д.: 20.8 (кв, *J* = 4.6 Гц), 21.2, 47.6, 49.5 (кв, *J* = 2.1 Гц), 62.5 (кв, *J* = 26.7 Гц), 123.9, 127.0, 128.1 (кв, *J* = 282.4 Гц), 127.5 (кв, *J* = 1.3 Гц), 127.7, 128.7, 128.8, 131.6, 136.0, 136.4 (кв, *J* = 1.7 Гц), 138.5, 139.0, 143.4, 149.0. ЯМР ¹⁹F (CDCl₃, 376 МГц) δ, м.д.: -64.03 (с). HRMS (MALDI): вычислено для C₂₄H₂₂F₃⁺ [M+H]⁺ 367.1668, найдено 367.1663.

(1RS, 3SR)-4,7-Диметил-1-трифторметил-1,3-дифенилиндан (9ia).

Получен в смеси 1:1 с инданом **9ib**, общий выход 15 мг (39%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ¹H (CDCl₃, 400 МГц) δ, м.д.: 1.78 (с, 6H), 2.34 (дкв, ²*J* = 14.7, ³*J* = 8.9, *J*_{C-F} = 1.2 Гц, 1H), 3.40 (дд, ²*J* = 14.7, ³*J* = 8.9 Гц, 1H), 4.55 (т, ³*J* = 8.9 Гц, 1H), 6.98 (д, ³*J* = 7.6 Гц, 1H), 7.03 (д, ³*J* = 7.6 Гц, 1H), 7.16-7.25 (м, 3H), 7.27-7.36 (м, 5H), 7.43 (д, ³*J* = 8.2 Гц, 2H). ЯМР ¹³C (CDCl₃, 126 МГц) δ, м.д.: 19.3 (кв, *J* = 3.1 Гц), 19.6, 50.0, 51.8 (кв, *J* = 1.5 Гц), 62.7 (кв, *J* = 25.0 Гц), 126.5, 127.4 (кв, *J* = 2.0 Гц), 127.9, 128.6, 128.9, 131.2, 131.5, 133.0, 134.1, 140.4, 142.0, 144.9, 146.0. ЯМР ¹⁹F (CDCl₃, 376 МГц) δ, м.д.: -66.82 (с). HRMS (MALDI): вычислено для C₂₄H₂₂F₃⁺ [M+H]⁺ 367.1668, найдено 367.1663.

(1RS, 3RS)-4,7-Диметил-1-трифторметил-1,3-дифенилиндан (9ib).

Получен в смеси 1:1 с инданом **9ia**, общий выход 15 мг (39%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ¹H (CDCl₃, 400 МГц) δ, м.д.: 1.79 (с, 2H), 2.10 (д, ⁴*J* = 1.5 Гц, 3H), 2.78 (дд, ²*J* = 14.0, ³*J* = 8.4 Гц, 1H), 2.93 (дд, ²*J* = 14.0, ³*J* = 8.4 Гц, 1H), 4.28 (т, ³*J* = 8.4 Гц, 1H), 7.06 (д, ³*J* = 7.9 Гц, 1H), 7.08 (д, ³*J* = 7.9 Гц, 1H), 7.10-7.16 (м, 4H), 7.16-7.25 (м, 1H), 7.27-7.35 (м, 3H). ЯМР ¹³C (CDCl₃, 126 МГц) δ, м.д.: 19.8, 20.4 (кв, *J* = 4.6 Гц), 48.0, 49.9 (кв, *J* = 2.3 Гц), 62.9 (кв, *J* = 26.3 Гц), 126.9, 127.1 (кв, *J* = 1.6 Гц), 127.3, 128.0, 128.7, 128.7, 131.2, 131.4, 133.2, 134.0, 140.2 (кв, *J* = 1.4 Гц), 140.5, 145.8, 146.7. ЯМР ¹⁹F (CDCl₃, 376 МГц) δ, м.д.: -63.75 (с). HRMS (MALDI): вычислено для C₂₄H₂₂F₃⁺ [M+H]⁺ 367.1668, найдено 367.1663.

(1RS, 3SR)-3-(3,4-Диметоксифенил)-1-трифторметил-1-фенил-5-фториндан (9k). Выход 16 мг (42%). Твердое вещество, Т. пл. 120-122°C.

ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м.д.: 2.79 (дд, $^2J = 12.5$, $^3J = 11.2$ Гц, 1H), 3.02 (дд, $^2J = 12.5$, $^3J = 6.9$ Гц, 1H), 3.83 (с, 3H), 3.89 (с, 3H), 4.00 (дд, $^3J = 11.2$, 6.9 Гц, 1H), 6.63-6.69 (м, 1H), 6.67 (д, $J = 2.0$ Гц, 1H), 6.75 (дд, $^3J = 8.2$, $J = 2.0$ Гц, 1H), 6.85 (д, $^3J = 8.2$ Гц, 1H), 7.08 (тдд, $J = 8.5$, $J = 2.4$, 0.6 Гц, 1H), 7.29-7.37 (м, 5H), 7.56 (дд, $J = 8.5$, 5.1 Гц, 1H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 101 МГц) δ , м.д.: 47.3, 48.0 (д, $J = 1.8$ Гц), 56.1, 56.1, 60.2 (кв, $J = 26.6$ Гц), 111.54, 111.62, 112.7 (д, $J = 22.5$ Гц), 114.6 (д, $J = 22.9$ Гц), 120.7, 127.2 (дкв, $J = 8.7$, 1.0 Гц), 127.5 (кв, $J = 281.6$ Гц), 128.2, 128.5, 128.6, 134.4, 136.1 (дкв, $J = 3.7$, 1.5 Гц), 137.3, 148.5, 149.4, 150.3 (д, $J = 7.7$ Гц), 163.6 (д, $J = 247.2$ Гц). ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м.д.: -113.11 (с), -69.44 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{24}\text{H}_{21}\text{F}_4\text{O}_2^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 417.1472, найдено 417.1469.

(1RS, 3SR)-3-(3,4-Дихлорфенил)-1-(трифторметил)-1-фенилиндан (9l). Выход 16 мг (38%). Твердое вещество, Т. пл. 126-128°C. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м.д.: 2.70 (дд, $^2J = 12.6$, $^3J = 11.1$ Гц, 1H), 3.03 (дд, $^2J = 12.6$, $^3J = 6.8$ Гц, 1H), 4.05 (дд, $^3J = 11.1$, 6.8 Гц, 1H), 6.93 (д, $^3J = 7.5$ Гц, 1H), 7.04 (дд, $^3J = 8.3$, $^4J = 2.1$ Гц, 1H), 7.30 (д, $^4J = 2.1$ Гц, 1H), 7.28-7.39 (м, 6H), 7.41 (д, $^3J = 8.3$ Гц, 1H), 7.42 (т, $^3J = 7.5$ Гц, 1H), 7.63 (д, $^3J = 7.5$ Гц, 1H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 101 МГц) δ , м.д.: 46.8 (кв, $J = 0.9$ Гц), 47.5, 60.8 (кв, $J = 26.7$ Гц), 125.5, 126.1 (кв, $J = 0.7$ Гц), 127.7, 128.0, 128.2, 128.5 (кв, $J = 1.2$ Гц), 128.6, 128.9 (кв, $J = 278.9$ Гц), 129.2, 130.6, 130.9, 131.3, 132.9, 137.2, 140.7 (кв, $J = 0.9$ Гц), 143.2, 146.3. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м.д.: -69.19 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{22}\text{H}_{16}\text{Cl}_2\text{F}_3^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 407.0576, найдено 407.0572.

(1RS, 3SR)-4,5,7-Триметил-1-трифторметил-1,3-дифенилиндан (9ma). Получен в смеси 1:1 с инданом **9mb**, общий выход 16 мг (46%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м.д.: 1.72 (с, 3H), 1.75 (с, 3H), 2.21 (с, 3H), 2.31 (ддк, $^2J = 14.7$, $^3J = 8.7$, $^4J = 0.9$ Гц, 1H), 3.39 (дд, $^2J = 14.7$, $^3J = 8.7$ Гц, 1H), 4.58 (т, $^3J = 8.7$ Гц, 1H), 6.90 (с, 1H), 7.11-7.25 (м, 5H), 7.26-7.33 (м, 3H), 7.42 (д, $^3J = 8.0$ Гц, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 101 МГц) δ , м.д.: 16.3, 19.2 (кв, $J = 3.0$ Гц), 19.8, 50.0, 51.8, 62.4 (кв, $J = 25.2$ Гц), 126.3, 126.8, 127.4 (кв, $J = 1.8$ Гц), 127.7, 128.6, 128.9, 129.1 (кв, $J =$

280.6 Гц), 131.4, 133.1, 133.4, 138.3, 138.4, 142.0, 146.7, 146.9. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м.д.: -66.99 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{25}\text{H}_{24}\text{F}_3^+ [\text{M}+\text{H}]^+$ 381.1825, найдено 381.1826.

(1RS, 3RS)-4,5,7-Триметил-1-(трифторметил)-1,3-дифенилиндан (9mb). Получен в смеси 1:1 с инданом **9ma**, общий выход 16 мг (46%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м.д.: 1.75 (с, 3H), 2.04 (с, 3H), 2.25 (с, 3H), 2.76 (дд, $^2J = 14.0$, $^3J = 8.3$ Гц, 1H), 2.93 (дд, $^2J = 14.0$, $^3J = 8.3$ Гц, 1H), 4.36 (т, $^3J = 8.3$ Гц, 1H), 6.99 (с, 1H), 7.10 (д, $^3J = 7.2$ Гц, 2H), 7.12-7.19 (м, 3H), 7.25-7.31 (м, 5H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 101 МГц) δ , м.д.: 16.4, 19.8, 20.2 (кв, $J = 4.5$ Гц), 48.2, 50.1 (кв, $J = 2.0$ Гц), 62.6 (кв, $J = 26.2$ Гц), 126.3, 127.1 (кв, $J = 1.7$ Гц), 127.2, 127.9, 128.6, 128.7, 131.6, 133.3, 133.3, 138.1, 141.0, 145.6, 146.0. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м.д.: -63.97 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{25}\text{H}_{24}\text{F}_3^+ [\text{M}+\text{H}]^+$ 381.1825, найдено 381.1829.

(1RS, 3SR)-5,6-Диметокси-1-трифторметил-1-фенил-3-(4-хлорфенил)индан (9n). Выход 16 мг (40%). Твердое вещество, Т. пл. 173-175°C. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м.д.: 2.68 (дд, $^2J = 12.6$, $^3J = 10.5$ Гц, 1H), 2.94 (дд, $^2J = 12.6$, $^3J = 6.9$ Гц, 1H), 3.76 (с, 3H), 3.95 (с, 3H), 4.04 (дд, $^3J = 10.5$, 6.9 Гц, 1H), 6.38 (с, 1H), 7.05 (с, 1H), 7.14 (д, $^3J = 8.4$ Гц, 2H), 7.27-7.37 (м, 7H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 101 МГц) δ , м.д.: 47.7, 47.9 (кв, $J = 0.9$ Гц), 56.1, 56.4, 60.8 (кв, $J = 26.3$ Гц), 107.8, 108.5 (кв, $J = 0.9$ Гц), 127.7 (кв, $J = 281.8$ Гц), 128.0, 128.3 (кв, $J = 0.9$ Гц), 128.5, 129.0, 129.9, 132.4 (кв, $J = 1.2$ Гц), 132.9, 138.2, 139.2, 141.8, 149.0, 150.3. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м.д.: -69.04 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{24}\text{H}_{21}\text{ClF}_3\text{O}_2^+ [\text{M}+\text{H}]^+$ 433.1177, найдено 433.1183.

(1RS, 3SR)-3-(3,4-Диметоксифенил)-1-трифторметил-1-фенил-5-хлориндан (9o). Получен в смеси 3:1 с инденом **10ca**, общий выход 16 мг (37%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м.д.: 2.78 (дд, $^2J = 12.5$, $^3J = 11.3$ Гц, 1H), 3.01 (дд, $^2J = 12.5$, $^3J = 6.8$ Гц, 1H), 3.83 (с, 3H), 3.89 (с, 3H), 4.00 (дд, $^3J = 11.3$, 6.8 Гц, 1H), 6.66 (д, $^4J =$

1.9 Гц, 1H), 6.74 (дд, $^3J = 8.2$, $^4J = 1.9$ Гц, 1H), 6.85 (д, $^3J = 8.2$ Гц, 1H), 6.92-6.95 (м, 1H), 7.28-7.41 (м, 6H), 7.50-7.59 (м, 1H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 126 МГц) δ , м.д.: 47.0, 47.9, 56.10, 56.11, 60.4 (кв, $J = 26.6$ Гц), 111.55, 111.63, 120.7, 125.9, 126.0 (кв, $J = 278.3$ Гц), 127.0, 127.6, 128.3, 128.5, 128.6, 134.2, 135.1, 137.0, 139.1 (кв, $J = 0.8$ Гц), 148.5, 149.4, 149.8. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м.д.: -69.35 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{24}\text{H}_{21}\text{ClF}_3\text{O}_2^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 433.1177, найдено 433.1181.

(1RS, 3SR)-3-(3,4-Дихлорфенил)-5,6-диметокси-1-трифторметил-1-фенилиндан (9p). Выход 17 мг (40%). Твердое вещество, Т. пл. 171-173°C. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м.д.: 2.66 (дд, $^2J = 12.7$, $^3J = 10.5$ Гц, 1H), 2.95 (дд, $^2J = 12.7$, $^3J = 7.0$ Гц, 1H), 3.78 (с, 3H), 3.95 (с, 3H), 4.02 (дд, $^3J = 10.5$, 7.0 Гц, 1H), 6.38 (с, 1H), 7.01-7.06 (м, 1H), 7.05 (с, 1H), 7.27-7.35 (м, 6H), 7.41 (д, $^3J = 8.3$ Гц, 1H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 101 МГц) δ , м.д.: 47.6, 47.8 (кв, $J = 1.2$ Гц), 56.2, 56.4, 60.8 (кв, $J = 26.4$ Гц), 107.7, 108.5 (кв, $J = 1.0$ Гц), 127.6 (кв, $J = 281.7$ Гц), 127.9, 128.1, 128.3 (кв, $J = 1.1$ Гц), 128.6, 130.6, 130.9, 131.2, 132.5 (кв, $J = 1.1$ Гц), 132.9, 138.1, 138.4, 143.7, 149.2, 150.4. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м.д.: -69.04 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{24}\text{H}_{20}\text{Cl}_2\text{F}_3\text{O}_2^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 467.0787, найдено 467.0792.

(1RS, 3SR)-1-(4-Бромфенил)-1-трифторметил-3-фенилиндан (9q). Выход 33 мг (88%). Твердое вещество, Т. пл. 125–127°C. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м.д.: 2.77 (дд, $^2J = 12.6$, $^3J = 11.2$ Гц, 1H), 2.95 (дд, $^2J = 12.6$, $^3J = 6.9$ Гц, 1H), 4.06 (дд, $^3J = 11.2$, 6.9 Гц, 1H), 6.95 (д, $^3J = 7.5$ Гц, 1H), 7.14-7.23 (м, 4H), 7.27-7.37 (м, 4H), 7.39 (т, $^3J = 7.4$ Гц, 1H), 7.45 (д, $^3J = 8.7$ Гц, 2H), 7.59 (д, $^3J = 7.5$ Гц, 1H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 101 МГц) δ , м.д.: 46.9 (кв, $J = 0.9$ Гц), 48.3, 60.6 (кв, $J = 26.7$ Гц), 122.5, 125.7 (кв, $J = 1.1$ Гц), 125.8, 127.3, 127.4 (кв, $J = 281.5$ Гц), 127.4, 128.6, 128.9, 129.2, 130.4, 131.7, 136.7, 140.20 (кв, $J = 1.1$ Гц), 142.5, 147.5. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м.д.: -69.26 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{22}\text{H}_{17}\text{BrF}_3^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 417.0460, найдено 417.0461.

(1RS, 3SR)-1-(3,5-Диметилфенил)-1-трифторметил-3-фенилиндан (9r). Выход 38 мг (99%). Твердое вещество, Т. пл. 119–121°C. ЯМР ^1H

(CDCl₃, 400 МГц) δ, м.д.: 2.31 (с, 6H), 2.78 (дд, ²J = 12.5, ³J = 11.2 Гц, 1H), 3.05 (дд, ²J = 12.5, ³J = 6.9 Гц, 1H), 4.12 (дд, ³J = 11.2, 6.9 Гц, 1H), 6.95 (с, 2H), 6.97 (д, ⁴J = 4.0 Гц, 1H), 7.20-7.25 (м, 2H), 7.28-7.43 (м, 5H), 7.64 (д, ³J = 7.5 Гц, 1H). ЯМР ¹³C (CDCl₃, 101 МГц) δ, м.д.: 21.7, 46.9, 48.3, 60.7 (кв, J = 26.0 Гц), 125.6, 125.9 (кв, J = 0.4 Гц), 126.5, 127.10, 127.11, 127.7 (кв, J = 281.6 Гц), 128.7, 128.7, 128.8, 129.8, 137.4, 137.9, 140.9 (кв, J = 0.9 Гц), 143.0, 147.5. ЯМР ¹⁹F (CDCl₃, 376 МГц) δ, м.д.: -69.03 (с). HRMS (MALDI): вычислено для C₂₄H₂₂F₃⁺ [M+H]⁺ 367.1668, найдено 367.1663.

(1RS, 3SR)-1-(3,4-Диметоксифенил)-5-метил-1-трифторметил-3-фенилиндан (9s). Выход 19 мг (53%). Твердое вещество, Т. пл. 131-133°C. ЯМР ¹H (CDCl₃, 400 МГц) δ, м.д.: 2.32 (с, 3H), 2.76 (т, ²J = 11.7, ³J = 11.7 Гц, 1H), 2.98 (дд, ²J = 11.7, ³J = 6.8 Гц, 1H), 3.82 (с, 3H), 3.87 (с, 3H), 4.06 (дд, ³J = 11.7, 6.8 Гц, 1H), 6.74 (с, 1H), 6.79 (с, 2H), 6.93 (с, 1H), 7.16-7.25 (м, 3H), 7.27-7.39 (м, 3H), 7.49 (д, ³J = 7.8 Гц, 1H). ЯМР ¹³C (CDCl₃, 101 МГц) δ, м.д.: 21.5, 47.1 (кв, J = 0.5 Гц), 48.2, 56.0, 56.0, 60.1 (кв, J = 26.5 Гц), 110.7, 112.2 (кв, J = 1.1 Гц), 121.4, 125.4 (кв, J = 1.1 Гц), 126.2, 127.1, 127.8 (кв, J = 281.2 Гц), 128.0, 128.7, 128.8, 130.1, 137.9, 138.8, 142.9, 147.6, 148.8, 148.8. ЯМР ¹⁹F (CDCl₃, 376 МГц) δ, м.д.: -69.48 (с). HRMS (MALDI): вычислено для C₂₅H₂₄F₃O₂⁺ [M+H]⁺ 413.1723, найдено 413.1725.

3-(3,4-Дихлорфенил)-1-трифторметил-1H-инден (10a). Выход 9 мг (22%). Твердое вещество, Т. пл. 101–103°C. ЯМР ¹H (CDCl₃, 400 МГц) δ, м.д.: 4.26 (квд, J_{C-F} = 9.3, ³J = 1.8 Гц, 1H), 6.46 (д, ³J = 1.8 Гц, 1H), 7.36 (тд, ³J = 7.4, ⁴J = 0.8 Гц, 1H), 7.46-7.41 (м, 2H), 7.49 (д, ³J = 7.4 Гц, 1H), 7.55 (д, ³J = 8.3 Гц, 1H), 7.71-7.66 (м, 2H). ЯМР ¹³C (CDCl₃, 101 МГц) δ, м.д.: 52.9 (кв, J = 29.7 Гц), 121.0, 125.2, 126.0 (кв, J = 278.5 Гц), 126.1 (кв, J = 2.7 Гц), 126.9, 127.2, 128.8, 129.7, 130.9, 132.8, 133.2, 134.6, 138.6 (кв, J = 1.9 Гц), 143.4, 147.3. ЯМР ¹⁹F (CDCl₃, 376 МГц) δ, м.д.: -67.19 (с). HRMS (MALDI): вычислено для C₁₆H₁₀Cl₂F₃⁺ [M+H]⁺ 329.0106, найдено 329.0104.

3-(3,4-Диметоксифенил)-1-трифторметил-5-хлор-1H-инден (10b). Получен в смеси 1:3 с инданом **9o**, общий выход 16 мг (37%). Отдельные

сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м.д.: 3.95 (с, 6H), 4.22 (квд, $J_{\text{C-F}} = 9.2$, $^3J = 2.1$ Гц, 1H), 6.41 (д, $^3J = 2.1$ Гц, 1H), 6.98 (д, $^3J = 8.2$ Гц, 1H), 7.05 (д, $^4J = 1.9$ Гц, 1H), 7.15 (дд, $^3J = 8.2$, $^4J = 1.9$ Гц, 1H), 7.28-7.39 (м, 1H), 7.48-7.59 (м, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 126 МГц) δ , м.д.: 52.4 (кв, $J = 29.8$ Гц), 56.2, 56.3, 111.0, 111.5, 120.4, 121.8, 125.4 (кв, $J = 2.8$ Гц), 125.8, 126.3, 126.4, 126.7, 137.0 (кв, $J = 1.8$ Гц), 146.3, 149.8. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м.д.: -67.34 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{18}\text{H}_{13}\text{ClF}_3\text{O}_2^- [\text{M-H}]^-$ 353.0551, найдено 353.0539.

1-Трифторметил-3-фенил-5,6-дихлор-1H-инден (10ca). Получен в смеси 2:1 с инденом **10cb**, общий выход 16 мг (37%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м.д.: 4.25 (квд, $J_{\text{C-F}} = 8.9$, $^3J = 2.0$ Гц, 1H), 6.47 (д, $^3J = 2.0$ Гц, 1H), 7.46-7.56 (м, 5H), 7.61 (с, 1H), 7.72 (с, 1H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 101 МГц) δ , м.д.: 52.5 (кв, $J = 30.2$ Гц), 123.1, 126.3 (кв, $J = 2.5$ Гц), 126.9, 127.7, 129.1, 129.2, 130.7, 133.3, 133.6, 138.2 (кв, $J = 1.9$ Гц), 144.3, 148.4. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м.д.: -67.28 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{16}\text{H}_{10}\text{Cl}_2\text{F}_3^+ [\text{M+H}]^+$ 329.0106, найдено 329.0104.

1-Трифторметил-3-фенил-6,7-дихлор-1H-инден (10cb). Получен в смеси 1:2 с инденом **10cb**, общий выход 16 мг (37%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м.д.: 4.23 (квд, $J_{\text{C-F}} = 8.8$, $^3J = 1.7$ Гц, 1H), 6.37 (д, $^3J = 1.7$ Гц, 1H), 7.35-7.42 (м, 4H), 7.44 (д, $^3J = 8.1$ Гц, 15), 7.48 (д, $^3J = 8.1$ Гц, 1H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 101 МГц) δ , м.д.: 52.3 (кв, $J = 30.0$ Гц), 123.5 (кв, $J = 0.6$ Гц), 125.6 (кв, $J = 278.7$ Гц), 127.9, 128.2, 128.3, 128.4, 129.1, 129.2, 130.0 (кв, $J = 2.5$ Гц), 134.6, 135.5, 138.7 (кв, $J = 1.7$ Гц), 150.3. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м.д.: -67.23 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{16}\text{H}_{10}\text{Cl}_2\text{F}_3^+ [\text{M+H}]^+$ 329.0106, найдено 329.0104.

6-Трифторметил-4-фенил-6H-циклопента[b]тиофен (10d). Выход 10 мг (30%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м.д.: 4.29 (квд, $J_{\text{C-F}} = 8.8$, $^3J = 2.0$ Гц, 1H), 6.50 (дд, $^3J = 2.0$, $^4J = 0.9$ Гц, 1H), 7.26 (д, $^3J = 5.1$ Гц, 1H), 7.37-7.43 (м, 1H), 7.43-7.49 (м, 3H), 7.67-7.72 (м, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 126 МГц) δ , м.д.: 51.2 (кв, $J = 31.3$ Гц), 119.8, 124.66 (кв, $J = 2.4$ Гц), 125.4 (кв, $J = 278.3$

Гц), 126.9, 128.8, 129.0, 130.3, 134.5, 138.1 (кв, $J = 2.3$ Гц), 146.1, 150.8. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м.д.: -68.59 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{14}\text{H}_{10}\text{F}_3\text{S}^+ [\text{M}+\text{H}]^+$ 267.0450, найдено 267.0457.

(E)-3-(3,4-Дихлорфенил)-1,1-дифенил-4,4,4-трифторбут-2-ен (E-11).

Получен в смеси 1:2 с алкеном **Z-11**, общий выход 16 мг (28%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м.д.: 4.61 (д, $^3J = 10.8$ Гц, 1H), 6.95 (дкв, $^3J = 10.8$, $J_{\text{C-F}} = 1.4$ Гц, 1H), 7.04-7.38 (м, 12H), 7.48 (д, $^3J = 8.2$ Гц, 1H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 101 МГц) δ , м.д.: 49.5, 123.1 (кв, $J = 265.4$ Гц), 127.3, 128.2, 128.3, 129.0, 129.1, 130.8, 131.8, 133.1, 133.7, 139.0 (кв, $J = 5.2$ Гц), 142.0, 144.1 (кв, $J = 2.8$ Гц). ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м.д.: -65.66 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{22}\text{H}_{16}\text{Cl}_2\text{F}_3^+ [\text{M}+\text{H}]^+$ 407.0576, найдено 407.0578.

(Z)-3-(3,4-Дихлорфенил)-1,1-дифенил-4,4,4-трифторбут-2-ен (Z-11).

Получен в смеси 2:1 с алкеном **E-11**, общий выход 16 мг (28%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м.д.: 5.40 (д, $^3J = 11.5$ Гц, 1H), 6.49 (дкв, $^3J = 11.5$, $J_{\text{C-F}} = 0.6$ Гц, 1H), 7.04-7.38 (м, 11H), 7.42 (д, $^4J = 1.9$ Гц, 1H), 7.43 (д, $^3J = 8.2$ Гц, 1H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 101 МГц) δ , м.д.: 49.6 (кв, $J = 2.1$ Гц), 123.5 (кв, $J = 276.1$ Гц), 127.2, 129.2, 130.4, 130.5, 131.7, 132.7, 133.0, 142.1. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м.д.: -56.35 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{22}\text{H}_{16}\text{Cl}_2\text{F}_3^+ [\text{M}+\text{H}]^+$ 407.0576, найдено 407.0578.

3.5 Синтез (2E)-1,1,5-триарил-3-(трифторметил)пент-2-ен-4-инов 12, ((2E)-3-(Трифторметил)-1,5-дифенилпент-2-ен-4-ин-1-ил)-2,2,2-трифторацетата 13 и (2-E, 2'-Z)-ди-3-(трифторметил)-1,5-дифенилпент-2-ен-4-инилового эфира 14a

Метод А. К раствору TfOH (23 мг, 0.15 ммоль) в дихлорметане (0.5 мл) при 0°C добавили смесь TMS-эфира **3a,b,i** (0.1 ммоль) и бензола (0.2 мл, 2.2 ммоль) или другого арена (0.11 ммоль) в дихлорметане (0.2 мл) при интенсивном перемешивании. Смесь перемешивали при 0-5°C 30 мин, затем вылили в воду (50 мл) и экстрагировали хлороформом (3×30 мл). Объединенные экстракты промывали водой (50 мл), водным раствором NaHCO₃ (25 мл), вновь водой (50 мл), сушили Na₂SO₄. Растворитель удаляли в вакууме, продукт выделяли методом препаративной ТСХ на пластинах с силикагелем ЛС 5/40 мкм (элюент – петролейный эфир (фракция с т. кип. 40-70°C)). Разделенные фракции смывали с сорбента дихлорметаном. Выходы составили 16-76%.

Метод В. К раствору TMS-эфира **3c-h** (0.1 ммоль) в арене (0.3 мл) при 20°C добавили TfOH (23 мг, 0.15 ммоль) при интенсивном перемешивании. Смесь перемешивали 5 мин, затем вылили в воду (50 мл) и экстрагировали хлороформом (3×30 мл). Объединенные экстракты промывали водой (50 мл), водным раствором NaHCO₃ (25 мл), вновь водой (50 мл), сушили Na₂SO₄. Растворитель удаляли в вакууме, продукт выделяли методом препаративной ТСХ на пластинах с силикагелем ЛС 5/40 мкм (элюент – петролейный эфир (фракция с т. кип. 40-70°C)). Разделенные фракции смывали с сорбента дихлорметаном. Выходы составили 15-93%.

Метод С. К раствору TMS-эфира **3a** (0.08 ммоль, 30 мг) в дихлорметане (0.1 мл) при интенсивном перемешивании добавили трифторуксусную кислоту (0.5 мл). Смесь перемешивали 1 мин, затем вылили в воду (50 мл) и экстрагировали хлороформом (3×30 мл).

Объединенные экстракты промывали водой (50 мл), сушили Na_2SO_4 . Растворитель удаляли в вакууме. Масса сухого остатка (соединение **13**) 32 мг. После очистки методом препаративной ТСХ на пластинах с силикагелем ЛС 5/40 мкм (элюент – петролейный эфир (фракция с т. кип. 40-70°C) – этилацетат в соотношении 19:1); разделенные фракции смывали с сорбента (дихлорметаном) было выделено соединение **14a**. Выход 87% (18 мг).

Метод D. К раствору TMS-эфира **3a** (0.11 ммоль, 40 мг) в дихлорметане (0.5 мл) при интенсивном перемешивании при 0-5°C добавили TfOH (0.11 ммоль, 16 мг). Смесь перемешивали 30 мин, затем вылили в воду (50 мл) и экстрагировали хлороформом (3×30 мл). Объединенные экстракты промывали водой (50 мл), сушили Na_2SO_4 . Растворитель удаляли в вакууме. Продукт выделяли методом препаративной ТСХ на пластинах с силикагелем ЛС 5/40 мкм (элюент – петролейный эфир (фракция с т. кип. 40-70°C) – этилацетат в соотношении 19:1); разделенные фракции смывали с сорбента (дихлорметаном). Выход **14a** 70% (22 мг).

(2E)-3-Трифторметил-1,1,5-трифенилпент-2-ен-4-ин (12aa). Получен по методу А. Выход 15 мг (52%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 5.43 (д, $^3J = 10.3$ Гц, 1H), 7.05 (дкв, $^3J = 10.3$ Гц, $J_{\text{H-F}} = 1.2$ Гц, 1H), 7.24 (д, $^3J = 7.2$ Гц, 4H), 7.29 (д, $^3J = 7.3$ Гц, 2H), 7.33-7.41 (м, 7H), 7.49-7.53 (м, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 51.1, 80.1 (кв, $J = 1.7$ Гц), 97.6, 115.9 (кв, $J = 34.3$ Гц), 122.0 (кв, $J = 273.3$ Гц), 122.1, 127.3, 128.4, 128.6, 129.0, 129.4, 132.0, 141.6, 144.6 (кв, $J = 4.3$ Гц). ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -66.03 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{24}\text{H}_{17}\text{F}_3\text{Na}^+$ $[\text{M}+\text{Na}]^+$ 385.1175, найдено 385.1191.

(2E)-1-(4-Метилфенил)-3-трифторметил-1,5-дифенилпент-2-ен-4-ин (12ab). Получен по методу А. Выход 16 мг (52%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 2.34 (с, 3H), 5.38 (д, $^3J = 10.3$ Гц, 1H), 7.02 (дкв, $^3J = 10.3$ Гц, $J_{\text{H-F}} = 1.3$ Гц, 1H), 7.11 (д, $^3J = 8.1$ Гц, 2H), 7.16 (д, $^3J = 8.1$ Гц, 2H), 7.21-7.24 (м, 2H), 7.26-7.29 (м, 1H), 7.31-7.39 (м, 5H), 7.48-7.52 (м, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 21.2, 50.8, 80.1 (кв, $J = 1.6$ Гц), 97.4, 115.6 (кв, $J =$

34.2 Гц), 122.0 (кв, $J = 273.3$ Гц), 122.1, 127.2, 128.3, 128.4, 128.6, 129.0, 129.4, 129.7, 132.0, 137.0, 138.6, 141.8, 144.8 (кв, $J = 4.2$ Гц). ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -66.03 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{25}\text{H}_{20}\text{F}_3^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 377.1512, найдено 377.1489.

(2E)-1-(3,4-Диметилфенил)-3-трифторметил-1,5-дифенилпент-2-ен-4-ин (12ac). Получен по методу А. Выход 21 мг (67%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 2.25 (с, 3H), 2.26 (с, 3H), 5.35 (д, $^3J = 10.4$ Гц, 1H), 6.97 (д, $^3J = 7.7$ Гц, 1H), 6.99 (с, 1H), 6.97 (дкв, $^3J = 10.4$ Гц, $J_{\text{H-F}} = 1.2$ Гц, 1H), 7.11 (д, $^3J = 7.7$ Гц, 1H), 7.21-7.25 (м, 2H), 7.26-7.29 (м, 1H), 7.31-7.40 (м, 5H), 7.49-7.53 (м, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 19.5, 20.0, 50.8, 80.2 (кв, $J = 1.7$ Гц), 97.4, 115.5 (кв, $J = 34.2$ Гц), 122.0 (кв, $J = 273.2$ Гц), 122.2, 125.8, 127.1, 128.3, 128.6, 128.9, 129.3, 129.7, 130.2, 132.0, 135.6, 137.2, 139.0, 141.9, 144.9 (кв, $J = 4.3$ Гц). ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -66.00 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{26}\text{H}_{21}\text{F}_3\text{Na}^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 391.1668, найдено 391.1655.

(2E)-1-(2,4-Диметилфенил)-3-трифторметил-1,5-дифенилпент-2-ен-4-ин (12ad). Получен по методу А. Выход 16 мг (51%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 2.35 (с, 3H), 2.35 (с, 3H), 5.59 (д, $^3J = 10.3$ Гц, 1H), 7.03 (дкв, $^3J = 10.3$ Гц, $J_{\text{H-F}} = 1.3$ Гц, 1H), 7.02-7.07 (м, 3H), 7.16 (д, $^3J = 7.5$ Гц, 2H), 7.21-7.27 (м, 1H), 7.29-7.39 (м, 5H), 7.45-7.50 (м, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 20.0, 21.1, 47.3, 80.3 (кв, $J = 1.8$ Гц), 97.4, 115.5 (кв, $J = 34.2$ Гц), 122.0 (кв, $J = 273.3$ Гц), 122.1, 127.0, 127.3, 128.1, 128.1, 128.6, 128.9, 129.3, 131.0, 131.9, 136.5, 136.8, 136.8, 141.9, 145.1 (кв, $J = 4.5$ Гц). ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -65.95 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{26}\text{H}_{21}\text{F}_3\text{Ag}^+$ $[\text{M}+\text{Ag}]^+$ 497.0641, найдено 497.0655.

(2E)-1-(2,5-Диметилфенил)-3-трифторметил-1,5-дифенилпент-2-ен-4-ин (12ae). Получен по методу А. Выход 15 мг (48%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 2.13 (с, 6H), 5.59 (д, $^3J = 10.3$ Гц, 1H), 6.96 (д, $^4J = 1.4$ Гц, 1H), 6.99-7.02 (м, 1H), 7.04 (дкв, $^3J = 10.3$ Гц, $J_{\text{H-F}} = 1.4$ Гц, 1H), 7.10 (д, $^3J = 7.6$ Гц, 1H), 7.16 (д, $^3J = 7.5$ Гц, 2H), 7.21-7.27 (м, 1H), 7.29-7.39 (м, 5H), 7.45-7.49 (м, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 19.7, 21.3, 47.5, 80.3 (кв,

$J = 1.7$ Гц), 97.5, 115.6 (кв, $J = 34.2$ Гц), 122.0 (кв, $J = 273.3$ Гц), 122.1, 127.0, 128.0, 128.1, 128.6, 128.9, 129.3, 46 131.0, 131.9, 133.5, 136.0, 139.5, 141.8, 145.1 (кв, $J = 4.3$ Гц). ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -65.93 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{26}\text{H}_{21}\text{F}_3\text{Ag}^+ [\text{M}+\text{Ag}]^+$ 497.0641, найдено 497.0615.

(2E)-1-(2,4,5-Триметилфенил)-3-трифторметил-1,5-дифенилпент-2-ен-4-ин (12af). Получен по методу А. Выход 22 мг (76%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 2.23 (с, 3H), 2.25 (с, 3H), 2.31 (с, 3H), 5.59 (д, $^3J = 10.3$ Гц, 1H), 6.92 (с, 1H), 7.00 (с, 1H), 7.05 (дкв, $^3J = 10.3$ Гц, $J_{\text{H-F}} = 0.8$ Гц, 1H), 7.18 (д, $^3J = 7.4$ Гц, 1H), 7.22-7.28 (м, 1H), 7.32 (д, $^3J = 7.6$ Гц, 2H), 7.34-7.40 (м, 3H), 7.47-7.51 (м, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 19.4, 19.5, 19.6, 47.2, 80.4 (кв, $J = 1.6$ Гц), 97.3, 115.4 (кв, $J = 34.3$ Гц), 122.1 (кв, $J = 273.3$ Гц), 122.1, 126.9, 128.1, 128.6, 128.9, 129.3, 129.5, 131.9, 132.5, 133.8, 134.6, 135.4, 137.0, 142.0, 145.2 (кв, $J = 4.3$ Гц). ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -65.89 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{27}\text{H}_{23}\text{F}_3\text{Ag}^+ [\text{M}+\text{Ag}]^+$ 511.0797, найдено 511.0811.

(2E)-1-(2,4,6-Триметилфенил)-3-трифторметил-1,5-дифенилпент-2-ен-4-ин (12ag). Получен по методу А. Выход 21 мг (65%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 2.24 (с, 6H), 2.31 (с, 3H), 5.87 (д, $^3J = 9.6$ Гц, 1H), 6.91 (с, 2H), 7.03-7.09 (м, 2H), 7.19 (дкв, $^3J = 9.6$ Гц, $J_{\text{H-F}} = 1.4$ Гц, 1H), 7.21-7.26 (м, 1H), 7.28-7.37 (м, 5H), 7.39-7.44 (м, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 21.0, 21.7, 45.5, 80.5 (кв, $J = 1.6$ Гц), 97.5, 117.0 (кв, $J = 34.0$ Гц), 122.1, 122.1 (кв, $J = 273.2$ Гц), 126.6, 126.9, 128.5, 128.8, 129.3, 130.4, 131.9, 134.5, 136.9, 137.3, 141.3, 144.4 (кв, $J = 4.3$ Гц). ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -65.75 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{27}\text{H}_{23}\text{F}_3\text{Ag}^+ [\text{M}+\text{Ag}]^+$ 511.0797, найдено 511.0796.

(2E)-1-(2,3,5,6-Тетраметилфенил)-3-трифторметил-1,5-дифенилпент-2-ен-4-ин (12aha). Получен по методу А. Выход 16 мг (48%). Твердое вещество, Т. пл. 75-77°C. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 2.13 (с, 6H), 2.24 (с, 6H), 5.98 (д, $^3J = 9.3$ Гц, 1H), 6.98 (с, 1H), 7.05-7.09 (м, 2H), 7.20 (дкв, $^3J = 9.3$ Гц, $J_{\text{H-F}} = 1.2$ Гц, 1H), 7.22-7.25 (м, 1H), 7.28-7.36 (м, 5H), 7.37-

7.41 (м, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 17.5, 21.0, 46.0, 80.6 (кв, $J = 1.6$ Гц), 97.4, 117.1 (кв, $J = 33.9$ Гц), 122.1 (кв, $J = 273.3$ Гц), 122.1, 126.5, 126.8, 128.5, 128.8, 129.3, 131.3, 131.8, 133.4, 134.9, 137.4, 141.8, 145.2 (кв, $J = 4.4$ Гц). ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -65.71 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{28}\text{H}_{25}\text{F}_3\text{Ag}^+ [\text{M}+\text{Ag}]^+$ 525.0954, найдено 525.0947.

(2E)-1-(2,3,5,6-Тетраметилфенил)-3-трифторметил-1,5-дифенилпент-1,2,4-триен (12ahb). Получен по методу А. Выход 16 мг (48%). Твердое вещество, Т. пл. 144-146°C. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 2.13 (с, 3H), 2.23 (с, 3H), 2.27 (с, 6H), 6.49 (д, 1H, C5H, 3J 16.4 Гц), 6.89 (д, 1H, C4H, 3J 16.4 Гц), 7.04 (с, 1H), 7.19- 7.24 (м, 2H), 7.27-7.30 (м, 1H), 7.30-7.37 (м, 5H), 7.37-7.42 (м, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 16.7, 17.5, 20.3, 102.9 (кв, $J = 34.2$ Гц), 115.4, 117.1, 123.6 (кв, $J = 275.3$ Гц), 126.7, 127.0, 128.4, 128.5, 128.9, 129.1, 131.7, 132.4, 133.0, 133.2, 133.7, 134.2, 134.6, 136.7, 205.2 (кв, $J = 3.9$ Гц). ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -61.38 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{28}\text{H}_{25}\text{F}_3\text{Ag}^+ [\text{M}+\text{Ag}]^+$ рассчитано 525.0954, найдено 525.0970.

(2E)-1-(4-Метоксифенил)-3-трифторметил-1,5-дифенилпент-2-ен-4-ин (12ai). Получен по методу А. Выход 9 мг (29%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 3.80 (с, 3H), 5.36 (д, $^3J = 10.3$ Гц, 1H), 6.85-6.91 (м, 2H), 7.00 (дкв, $^3J = 10.4$ Гц, $J_{\text{H-F}} = 1.3$ Гц, 1H), 7.11-7.16 (м, 2H), 7.19-7.24 (м, 2H), 7.24-7.29 (м, 2H), 7.31-7.39 (м, 5H), 7.47-7.53 (м, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 50.3, 55.4, 80.1 (кв, $J = 1.7$ Гц), 97.4, 114.4, 115.5 (кв, $J = 34.3$ Гц), 122.0 (кв, $J = 273.3$ Гц), 122.1, 127.2, 128.3, 128.6, 129.0, 129.4, 132.0, 133.7, 141.9, 144.9 (кв, $J = 4.3$ Гц), 158.82. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -66.02 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{25}\text{H}_{19}\text{F}_3\text{OAg}^+ [\text{M}+\text{Ag}]^+$ 499.0433, найдено 499.0423.

(2E)-1-(3,4-Диметоксифенил)-3-трифторметил-1,5-дифенилпент-2-ен-4-ин (12aj). Получен по методу А. Выход 6 мг (16%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 3.80 (с, 3H), 3.87 (с, 3H), 5.34 (д, $^3J = 10.3$ Гц, 1H), 6.71 (д, $^4J = 1.9$ Гц, 1H), 6.76 (дд, $^3J = 8.3$, $^4J = 1.9$ Гц, 1H), 6.84 (д, $^3J = 8.3$ Гц, 1H), 7.00 (дкв, $^3J = 10.3$ Гц, $J_{\text{H-F}} = 1.3$ Гц, 1H), 7.21-7.25 (м, 2H), 7.26-7.30 (м,

1H), 7.32-7.39 (м, 5H), 7.47-7.52 (м, 2H). ЯМР ¹³C (CDCl₃, 100 МГц) δ, м. д.: 50.7, 56.0, 56.1, 80.1 (кв, *J* = 1.7 Гц), 97.5, 111.6, 111.8, 115.6 (кв, *J* = 34.3 Гц), 120.5, 122.0 (кв, *J* = 273.2 Гц), 122.1, 127.3, 128.4, 128.6, 129.0, 129.4, 132.0, 134.1, 141.7, 144.8 (кв, *J* = 4.3 Гц), 148.4, 149.4. ЯМР ¹⁹F (CDCl₃, 376 МГц) δ, м. д.: -66.02 (с). HRMS (ESI): вычислено для C₂₆H₂₁F₃O₂Na⁺ [M+Na]⁺ 445.1386, найдено 445.1392.

(2E)-3-Трифторметил-1,5-дифенил-1-(4-хлорфенил)пент-2-ен-4-ин (12ba). Получен по методу В. Выход 30 мг (93%). Масло. ЯМР ¹H (CDCl₃, 400 МГц) δ, м. д.: 5.37 (д, ³*J* = 10.2 Гц, 1H), 6.97 (дкв, ³*J* = 10.2 Гц, *J*_{H-F} = 1.3 Гц, 1H), 7.15 (д, ³*J* = 8.4 Гц, 2H), 7.20 (д, ³*J* = 7.2 Гц, 2H), 7.26-7.30 (м, 1H), 7.30-7.40 (м, 7H), 7.47-7.51 (м, 2H). ЯМР ¹³C (CDCl₃, 100 МГц) δ, м. д.: 50.4, 79.7 (кв, *J* = 1.8 Гц), 97.8, 116.2 (кв, *J* = 34.3 Гц), 121.7 (кв, *J* = 273.5 Гц), 121.8, 127.3, 128.2, 128.5, 129.0, 129.0, 129.4, 129.6, 131.8, 133.0, 140.0, 141.0, 143.7 (кв, *J* = 4.3 Гц). ЯМР ¹⁹F (CDCl₃, 376 МГц) δ, м. д.: -66.10 (с). HRMS (ESI): вычислено для C₂₄H₁₆F₃ClAg⁺ [M+Ag]⁺ 502.9938, найдено 502.9945.

(2E)-1-(2,4-Диметилфенил)-3-трифторметил-5-фенил-1-(4-хлорфенил)-пент-2-ен-4-ин (12bb). Получен по методу В. Выход 32 мг (87%). Масло. ЯМР ¹H (CDCl₃, 400 МГц) δ, м. д.: 2.30 (с, 3H), 2.32 (с, 3H), 5.53 (д, ³*J* = 10.2 Гц, 1H), 6.95 (дкв, ³*J* = 10.2 Гц, *J*_{H-F} = 1.3 Гц, 1H), 6.99-7.05 (м, 3H), 7.06-7.10 (м, 2H), 7.25-7.30 (м, 2H), 7.32-7.39 (м, 3H), 7.44-7.49 (м, 2H). ЯМР ¹³C (CDCl₃, 100 МГц) δ, м. д.: 20.0, 21.1, 46.7, 80.1 (кв, *J* = 1.6 Гц), 97.8, 116.0 (кв, *J* = 34.3 Гц), 121.9 (кв, *J* = 273.4 Гц), 122.0, 127.4, 128.0, 128.6, 129.0, 129.5, 131.9, 132.0, 132.9, 136.3, 136.5, 137.1, 140.4, 144.4 (кв, *J* = 4.3 Гц). ЯМР ¹⁹F (CDCl₃, 376 МГц) δ, м. д.: -66.00 (с). HRMS (ESI): вычислено для C₂₄H₁₇F₃Cl⁺ [M+H]⁺ 425.1278, найдено 425.1273.

(2E)-1-(4-Нитрофенил)-3-трифторметил-1,5-дифенилпент-2-ен-4-ин (E-12c). Получен по методу В. Получен в смеси 6.4:1 с енином **Z-12c**, общий выход 19 мг (65%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ¹H (CDCl₃, 400 МГц) δ, м. д.: 5.48 (д, ³*J* = 10.1 Гц, 1H), 6.99 (дкв, ³*J* = 10.1 Гц, *J*_{H-F} = 1.3 Гц, 1H), 7.18-7.22 (м, 2H), 7.29-7.43 (м, 8H), 7.45-7.51 (м, 2H), 8.17-8.23

(м, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 50.9, 79.6 (кв, $J = 1.8$ Гц), 98.6, 117.4 (кв, $J = 34.6$ Гц), 121.6, 121.7 (кв, $J = 273.6$ Гц), 124.2, 127.9, 128.3, 128.7, 129.3, 129.4, 129.7, 132.0, 140.2, 142.6 (кв, $J = 4.3$ Гц), 147.2, 149.1. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -66.18 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{24}\text{H}_{16}\text{F}_3\text{NO}_2\text{Ag}^+ [\text{M}+\text{Ag}]^+$ 514.0179, найдено 514.0198.

(2Z)-1-(4-Нитрофенил)-3-трифторметил-1,5-дифенилпент-2-ен-4-ин (Z-12c). Получен по методу В. Получен в смеси 1:6.4 с енином **E-12c**, общий выход 19 мг (65%). Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 5.44 (д, $^3J = 11.6$ Гц, 1H), 6.80 (дкв, $^3J = 11.6$ Гц, $J_{\text{H-F}} = 0.5$ Гц, 1H), 7.18-7.22 (м, 2H), 7.29-7.43 (м, 8H), 7.45-7.51 (м, 2H), 8.17-8.23 (м, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 49.6 (кв, $J = 1.9$ Гц), 79.6 (кв, $J = 1.8$ Гц), 93.2, 116.8 (кв, $J = 34.3$ Гц), 121.7 (кв, $J = 273.6$ Гц), 121.9, 124.2, 127.9, 128.6, 129.4, 131.9, 140.5, 145.8 (кв, $J = 2.0$ Гц), 147.2, 149.2. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -58.69 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{24}\text{H}_{16}\text{F}_3\text{NO}_2\text{Ag}^+ [\text{M}+\text{Ag}]^+$ 514.0179, найдено 514.0198.

(2E)-3-Трифторметил-1,5-дифенил-1-(2-фторфенил)пент-2-ен-4-ин (12da). Получен по методу В. Выход 5 мг (15%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 5.66 (д, $^3J = 10.1$ Гц, 1H), 7.06-7.12 (м, 1H), 7.06-7.12 (м, 1H), 7.15 (тд, $J_{\text{H-F}} = 5.0$ Гц, $^4J = 1.1$ Гц, 1H), 7.19-7.23 (м, 2H), 7.23-7.27 (м, 2H), 7.27-7.30 (м, 1H), 7.30-7.39 (м, 5H), 7.47-7.51 (м, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 45.1 (д, $J = 2.4$ Гц), 79.8 (кв, $J = 1.7$ Гц), 98.2, 116.2 (д, $J = 22.0$ Гц), 116.7 (кв, $J = 34.3$ Гц), 121.9 (кв, $J = 273.3$ Гц), 122.0, 124.7 (д, $J = 3.6$ Гц), 127.3, 127.8, 128.6, 129.0, 129.1 (д, $J = 8.3$ Гц), 129.4, 129.9 (д, $J = 4.1$ Гц), 132.0, 140.8, 143.3 (квд, $J = 4.3$ Гц, 1.3 Гц), 160.9 (д, $J = 247.3$ Гц). ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -115.62 – -115.74 (м), -66.12 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{24}\text{H}_{16}\text{F}_4\text{Na}^+ [\text{M}+\text{Na}]^+$ 403.1080, найдено 403.1083.

(2E)-1-(3,4-Диметоксифенил)-3-трифторметил-5-фенил-1-(2-фторфенил)пент-2-ен-4-ин (12db). Получен по методу В. Выход 18 мг (52%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 3.80 (с, 3H), 3.85 (с, 3H), 5.59 (д, $^3J = 10.0$ Гц), 6.72 (с, 1H), 6.71-6.76 (м, 1H), 6.82 (д, $^3J = 8.1$ Гц, 1H),

7.04-7.07 (м, 1H), 7.08-7.13 (м, 1H), 7.14-7.18 (м, 1H), 7.22-7.26 (м, 1H), 7.26-7.31 (м, 1H), 7.33-7.39 (м, 3H), 7.47-7.51 (м, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 44.6 (д, $J = 2.2$ Гц), 56.0, 56.1, 79.8 (кв, $J = 1.5$ Гц), 98.2, 111.3, 111.5, 116.1, 116.3, 116.4 (кв, $J = 34.3$ Гц), 119.8, 121.9 (кв, $J = 273.3$ Гц), 122.0, 124.6 (д, $J = 3.5$ Гц), 128.6, 129.1 (д, $J = 8.3$ Гц), 129.4, 129.8 (д, $J = 4.1$ Гц), 132.0, 133.3, 143.5 (кв, $J = 4.0$ Гц), 148.4, 149.4, 160.9 (д, $J = 247.2$ Гц). ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -115.82 – -115.75 (м), -66.09 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{26}\text{H}_{21}\text{F}_4\text{O}_2^+ [\text{M}+\text{H}]^+$ 441.1472, найдено 441.1470.

(2E)-3-Трифторметил-1,5-дифенил-1-(3-фторфенил)пент-2-ен-4-ин (12e). Получен по методу В. Выход 14 мг (41%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 5.39 (д, $^3J = 10.2$ Гц, 1H), 6.88-6.94 (м, 1H), 6.94-7.04 (м, 3H), 7.20-7.24 (м, 2H), 7.27-7.33 (м, 2H), 7.33-7.41 (м, 5H), 7.47-7.53 (м, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 50.8 (д, $J = 1.5$ Гц), 79.8 (кв, $J = 1.7$ Гц), 97.9, 114.3 (д, $J = 21.1$ Гц), 115.4 (д, $J = 22.0$ Гц), 116.4 (кв, $J = 34.3$ Гц), 121.9 (кв, $J = 273.3$ Гц), 121.9, 124.0 (д, $J = 2.9$ Гц), 127.5, 128.4, 128.6, 129.2, 129.5, 130.5 (д, $J = 8.3$ Гц), 132.0, 141.0, 143.7 (кв, $J = 4.3$ Гц), 144.2 (д, $J = 6.9$ Гц), 163.2 (д, $J = 246.7$ Гц). ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -112.31 – -112.22 (м), -66.12 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{24}\text{H}_{17}\text{F}_4^+ [\text{M}+\text{H}]^+$ 381,1261, найдено 381,1260.

(2E)-3-Трифторметил-1,5-дифенил-1-(4-фторфенил)пент-2-ен-4-ин (12f). Получен по методу В. Выход 12 мг (34%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 5.38 (д, $^3J = 10.3$ Гц, 1H), (дкв, $^3J = 10.3$ Гц, $J_{\text{H-F}} = 1.2$ Гц, 1H), 7.03 (т, $^3J = 8.7$ Гц, 2H), 7.15-7.24 (м, 4H), 7.27-7.31 (м, 1H), 7.32-7.42 (м, 5H), 7.47-7.52 (м, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 50.4, 79.9 (кв, $J = 1.6$ Гц), 97.8, 115.9 (д, $J = 21.4$ Гц), 116.0 (кв, $J = 34.3$ Гц), 121.9 (кв, $J = 273.3$ Гц), 122.0, 127.4, 128.3, 128.6, 129.1, 129.5, 129.9 (д, $J = 8.0$ Гц), 132.0, 137.4 (д, $J = 3.1$ Гц), 141.4, 144.2 (кв, $J = 4.3$ Гц), 162.0 (д, $J = 246.0$ Гц). ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -115.52 – -115.42 (м), -66.09 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{24}\text{H}_{17}\text{F}_4^+ [\text{M}+\text{H}]^+$ 381,1261, найдено 381,1265.

(2E)-1-(2,4-Дифторфенил)-3-трифторметил-1,5-дифенилпент-2-ен-4-ин (12g). Получен по методу В. Выход 13 мг (45%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 5.61 (д, $^3J = 10.0$ Гц, 1H), 6.82- 6.91 (м, 2H), 7.01-7.06 (м, 1H), 7.16-7.23 (м, 3H), 7.25-7.30 (м, 1H), 7.31-7.42 (м, 5H), 7.45-7.51 (м, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 44.6 (д, $J = 1.8$ Гц), 79.6 (кв, $J = 1.6$ Гц), 98.5, 104.6 (т, $J = 25.7$ Гц), 111.8 (дд, $J = 21.2$ Гц, 3.7 Гц), 116.9 (кв, $J = 34.4$ Гц), 121.8 (кв, $J = 273.4$ Гц), 121.9, 124.6 (дд, $J = 14.5$ Гц, 3.5 Гц), 127.4, 127.8, 128.6, 129.1, 129.5, 130.6 (дд, $J = 9.6$ Гц, 5.8 Гц), 132.0, 140.5, 142.9 (кв, $J = 3.9$ Гц), 160.9 (дд, $J = 251.5$ Гц, 13.3 Гц), 162.3 (дд, $J = 249.1$ Гц, 12.4 Гц). ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -111.53 – -111.43 (м), -111.28 – -111.18 (м), -66.16 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{24}\text{H}_{15}\text{F}_5\text{Ag}^+$ $[\text{M}+\text{Ag}]^+$ 505.0139, найдено 505.0134.

(2E)-5-(4-Метилфенил)-3-трифторметил-1,1-дифенилпент-2-ен-4-ин (12h). Получен по методу А. Выход 7 мг (24%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 2.38 (с, 3H), 5.40 (д, $^3J = 10.3$ Гц, 1H), 7.01 (дкв, $^3J = 10.3$ Гц, $J_{\text{H-F}} = 1.3$ Гц, 1H), 7.16 (д, $^3J = 7.9$ Гц, 2H), 7.19-7.24 (м, 4H), 7.24-7.30 (м, 2H), 7.31-7.35 (м, 3H), 7.35-7.42 (м, 3H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 21.7, 51.1, 79.5 (кв, $J = 1.7$ Гц), 97.8, 116.0 (кв, $J = 34.1$ Гц), 119.0, 122.0 (кв, $J = 273.3$ Гц), 127.2, 128.4, 129.0, 129.4, 131.9, 139.7, 141.7, 144.1 (кв, $J = 4.3$ Гц). ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -66.08 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{25}\text{H}_{20}\text{F}_3^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 377.1512, найдено 377.1508.

((2E)-3-Трифторметил-1,5-дифенилпент-2-ен-4-ин-1-ил)-2,2,2-трифторацетат (13). Получен по методу С. Индивидуально выделен не был. Из спектров реакционной смеси: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 6.78 (дкв, $^3J = 8.6$ Гц, $J_{\text{H-F}} = 1.0$ Гц, 1H), 6.95 (д, $^3J = 8.6$ Гц, 1H), 7.37-7.49 (м, 8H), 7.53-7.58 (м, 2H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 77.0, 78.6 (кв, $J = 1.6$ Гц), 100.8, 114.6 (кв, $J = 285.8$ Гц), 119.2 (кв, $J = 35.5$ Гц), 121.2 (кв, $J = 274.1$ Гц), 121.2, 127.0, 128.8, 129.5, 129.9, 130.1, 132.1, 135.5, 136.9 (кв, $J = 4.3$ Гц), 156.5 (кв, $J = 43.2$ Гц). ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -74.83 (с, CF_3CO), -

66.91 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $C_{20}H_{13}F_6O_2^+$ $[M+H]^+$ 339.0814, найдено 339.0809.

(2E, 2'Z)-Ди-3-трифторметил-1,5-дифенилпент-2-ен-4-иниловый эфир (14a). Получен по методу D. Выход 25 мг (87%). Твердое вещество, Т. пл. 86-88°C. ЯМР 1H ($CDCl_3$, 400 МГц) δ , м. д.: 5.60 (д, $^3J = 9.0$ Гц, 1H), 5.62 (д, $^3J = 9.1$ Гц, 1H), 6.68 (дкв, $^3J = 9.0$ Гц, $J_{H-F} = 1.2$ Гц, 1H), 6.76 (дкв, $^3J = 9.1$ Гц, $J_{H-F} = 0.9$ Гц, 1H), 7.27-7.34 (м, 8H), 7.34-7.38 (м, 6H), 7.38-7.42 (м, 2H), 7.43-7.48 (м, 4H). ЯМР ^{13}C ($CDCl_3$, 100 МГц) δ , м. д.: 76.8, 77.0, 79.4 (кв, $J = 1.7$ Гц), 79.5 (кв, $J = 1.5$ Гц), 98.66, 98.73, 116.6 (кв, $J = 34.9$ Гц), 117.0 (кв, $J = 34.9$ Гц), 121.5 (кв, $J = 273.7$ Гц), 121.6 (кв, $J = 273.8$ Гц), 121.6, 121.7, 126.89, 126.93, 128.47, 128.52, 128.7, 128.8, 129.0, 129.1, 129.47, 129.53, 131.9, 132.0, 138.7, 138.8, 142.18 (кв, $J = 4.1$ Гц), 142.24 (кв, $J = 4.1$ Гц). ЯМР ^{19}F ($CDCl_3$, 376 МГц) δ , м. д.: -66.58 (с), -66.57 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $C_{36}H_{25}F_6O^+$ $[M+H]^+$ 587.1804, найдено 587.1802.

(2E, 2'Z)-Ди-3-трифторметил-5-фенил-1-(2-фторфенил)пент-2-ен-4-иниловый эфир (14b). Получен по методу D. Выход 14 мг (44%). Масло. ЯМР 1H ($CDCl_3$, 400 МГц) δ , м. д.: 5.86 (д, $^3J = 9.7$ Гц, 1H), 5.89 (д, $^3J = 10.1$ Гц, 1H), 6.67-6.72 (м, 1H), 6.75-6.79 (м, 1H), 6.96 (ддд, $J_{H-F} = 10.0$ Гц, $^3J = 8.5$ Гц, $^4J = 1.1$ Гц, 1H), 7.05 (ддд, $J_{H-F} = 10.0$ Гц, $^3J = 8.5$ Гц, $^4J = 1.1$ Гц, 1H), 7.12 (тд, $^3J = 7.6$ Гц, $^4J = 1.1$ Гц, 1H), 7.15 (тд, $^3J = 7.6$ Гц, $^4J = 1.1$ Гц, 1H), 7.19-7.26 (м, 2H), 7.27-7.39 (м, 10H), 7.46-7.53 (м, 2H). ЯМР ^{13}C ($CDCl_3$, 100 МГц) δ , м. д.: 71.3 (д, $J = 2.7$ Гц), 71.6 (д, $J = 2.5$ Гц), 78.9 (кв, $J = 1.4$ Гц), 79.0 (кв, $J = 1.2$ Гц), 91.1, 91.3, 116.0 (д, $J = 21.4$ Гц), 116.0 (д, $J_{C-F} = 21.4$ Гц), 117.2 (кв, $J = 34.8$ Гц), 117.7 (кв, $J = 35.0$ Гц), 121.5 (кв, $J = 273.7$ Гц), 121.5 (кв, $J = 273.7$ Гц), 121.7, 124.7 (д, $J = 3.5$ Гц), 124.9 (д, $J = 3.5$ Гц), 125.6 (д, $J = 13.5$ Гц), 125.8 (д, $J = 13.7$ Гц), 128.4, 128.5, 128.9 (д, $J = 3.7$ Гц), 128.9 (д, $J = 3.6$ Гц), 129.5 (д, $J = 7.9$ Гц), 130.4 (д, $J = 8.2$ Гц), 130.5 (д, $J = 8.3$ Гц), 131.9, 132.0, 53 140.4 (кв, $J = 3.0$ Гц), 140.5 (кв, $J = 3.8$ Гц), 160.5 (д, $J = 249.4$ Гц), 160.7 (д, $J = 249.2$ Гц). ЯМР ^{19}F ($CDCl_3$, 376 МГц) δ , м. д.: -116.64 – -116.74 м, -116.17 – -

116.29 м, -66.69 (с), -66.72 (с). HRMS (ESI): вычислено для $C_{36}H_{22}F_8ONa$
[M+Na]⁺ 645.1435, найдено 645.1449.

3.6 Синтез 5,9-диарил-7-(трифторметил)-5*H*-бензо[7]аннуленов 15

К раствору TfOH (23 мг, 0.15 ммоль) в дихлорметане (0.5 мл) при 0-5°C добавили смесь TMS-эфира **3** (0.1 ммоль) и бензола (0.2 мл) или вератрола (21 мг, 0.15 ммоль) в дихлорметане (0.2 мл) при интенсивном перемешивании. Смесь перемешивали 30 мин, затем добавили TfOH (23 мг, 0.15 ммоль), нагрели до комнатной температуры и перемешивали еще 3 ч. Затем вылили в воду (50 мл) и экстрагировали хлороформом (3×30 мл). Объединенные экстракты промывали водой (50 мл), водным раствором NaHCO₃ (25 мл), вновь водой (50 мл), сушили Na₂SO₄. Растворитель удаляли в вакууме, продукт выделяли методом препаративной ТСХ на пластинах с силикагелем ЛС 5/40 мкм (элюент – петролейный эфир (фракция с т. кип. 40-70°C)). Разделенные фракции смывали с сорбента дихлорметаном. Выходы составили 40-90%.

К раствору TfOH (47 мг, 0.31 ммоль) в дихлорметане (0.5 мл) при комнатной температуре добавили раствор енина **12aa** (38 мг, 0.10 ммоль) в дихлорметане (0.2 мл) при интенсивном перемешивании. Смесь перемешивали 4 ч, затем вылили в воду (50 мл) и экстрагировали хлороформом (3×30 мл). Объединенные экстракты промывали водой (50 мл), водным раствором NaHCO₃ (25 мл), вновь водой (50 мл), сушили Na₂SO₄. Растворитель удаляли в вакууме, продукт выделяли методом препаративной ТСХ на пластинах с силикагелем ЛС 5/40 мкм (элюент – петролейный эфир (фракция с т. кип. 40-70°C)). Разделенные фракции смывали с сорбента дихлорметаном. Выход **15a** 79% (30 мг).

7-Трифторметил-5,9-дифенил-5*H*-бензо[7]аннулен (15a). Выход 30 мг (79%). Твердое вещество, Т. пл. 115-117°C. ЯМР ¹H (CDCl₃, 400 МГц, 23°C) δ, м. д.: 4.25 (с, 1H), 6.74-7.05 (м, 3H), 7.12-7.20 (м, 2H), 7.30-7.50 (м, 10H). ЯМР ¹³C (CDCl₃, 100 МГц, 23°C) δ, м. д.: 48.3, 120.9 (кв, *J* = 1.9 Гц), 123.8 (кв, *J* = 273.4 Гц), 125.9, 127.4, 128.3, 128.6, 128.9, 129.3, 129.9, 130.2,

133.9 (кв, $J = 4.5$ Гц), 136.5, 139.5, 141.9 (кв, $J = 0.4$ Гц), 143.2, 149.5. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц, 23°C) δ , м. д.: -65.24 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{24}\text{H}_{17}\text{F}_3\text{Na}^+ [\text{M}+\text{Na}]^+$ 385.1175, найдено 385.1190.

9-(4-Метилфенил)-2,3-диметокси-7-трифторметил-5-фенил-5H-бензо[7]аннулен (15b). Выход 39 мг (90%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц, 23°C) δ , м. д.: 2.40 (с, 3H), 3.63 (с, 3H), 3.70 (с, 3H), 4.23 (с, 1H), 6.42 (с, 1H), 6.63 (с, 1H), 6.66-6.81 (м, 2H), 7.15-7.23 (м, 2H), 7.25-7.52 (м, 7H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 21.3, 29.8, 47.8, 55.8, 56.1, 113.0, 119.4, 123.9 (кв, $J = 273.4$ Гц), 126.7, 127.3, 129.0, 129.1, 132.6, 134.9, 138.2, 139.8, 140.2, 146.9, 148.8, 150.9. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц, 23°C) δ , м. д.: -65.08 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{27}\text{H}_{24}\text{F}_3\text{O}_2^+ [\text{M}+\text{H}]^+$ 437.1723, найдено 437.1721.

3.7 Синтез 10-арил-12-(трифторметил)-9,10-дигидро-9,10-проп[1]еноантраценов **16** и 3-арил-1-(2,2-диарилэтил)-1-трифторметил-1*H*-инденов **17**

Метод А. К раствору TMS-эфира **3a,b,e,g,i** (0.1 ммоль) в арене (0.2 мл) при интенсивном перемешивании добавили TfOH (0.5 мл). Смесь перемешивали 5 мин, затем вылили в воду (50 мл) и экстрагировали хлороформом (3×30 мл). Объединенные экстракты промывали водой (50 мл), водным раствором NaHCO₃ (25 мл), вновь водой (50 мл), сушили Na₂SO₄. Растворитель удаляли в вакууме, продукт выделяли методом препаративной ТСХ на пластинах с силикагелем ЛС 5/40 мкм (элюент – петролейный эфир (фракция с т. кип. 40-70°C)). Разделенные фракции смывали с сорбента дихлорметаном. Выходы соединений **16** составили 8-44%, соединений **17** – 15-30%, соединений **18** – 6-13%.

Метод В. К смеси TMS-эфира **1a,c,f** (0.1 ммоль) и арена (0.11 ммоль) в дихлорметане (0.3 мл) при 0-5°C при интенсивном перемешивании добавили TfOH (0.15 ммоль). Смесь перемешивали 30 мин, затем добавили по каплям к смеси TfOH (0.5 мл) и дихлорметана (0.2 мл) при -40°C и перемешивали 1-1.5 ч до -10°C. Смесь вылили в воду (50 мл) и экстрагировали хлороформом (3×30 мл). Объединенные экстракты промывали водой (50 мл), водным раствором NaHCO₃ (25 мл), вновь водой (50 мл), сушили Na₂SO₄. Растворитель удаляли в вакууме, продукт выделяли методом препаративной ТСХ на пластинах с силикагелем ЛС 5/40 мкм (элюент – петролейный эфир (фракция с т. кип. 40-70°C)). Разделенные фракции смывали с сорбента дихлорметаном. Выходы соединений **16** составили 7-39%, соединений **17** – 7-29%.

Метод С. К раствору енина **12aa** (16 мг, 0.044 ммоль) в дихлорметане (0.2 мл) при интенсивном перемешивании добавили TfOH (0.5 мл). Смесь перемешивали 1 мин, затем вылили в воду (50 мл) и экстрагировали

хлороформом (3×30 мл). Объединенные экстракты промывали водой (50 мл), водным раствором NaHCO_3 (25 мл), вновь водой (50 мл), сушили Na_2SO_4 . Растворитель удаляли в вакууме, продукт выделяли методом препаративной ТСХ на пластинах с силикагелем ЛС 5/40 мкм (элюент – петролейный эфир (фракция с т. кип. 40-70°C)). Разделенные фракции смывали с сорбента дихлорметаном. Выход соединения **16aa** 56% (9 мг).

Метод D. Раствор енина **12ca** (15 мг, 0.038 ммоль) в дихлорметане (0.2 мл) при интенсивном перемешивании прикапывали к смеси TfOH (0.5 мл) и дихлорметана (0.4 мл) при -40°C. Смесь перемешивали 1.5 ч до температуры -10°C, затем вылили в воду (50 мл) и экстрагировали хлороформом (3×30 мл). Объединенные экстракты промывали водой (50 мл), водным раствором NaHCO_3 (25 мл), вновь водой (50 мл), сушили Na_2SO_4 . Растворитель удаляли в вакууме, продукт выделяли методом препаративной ТСХ на пластинах с силикагелем ЛС 5/40 мкм (элюент – петролейный эфир (фракция с т. кип. 40-70°C)). Разделенные фракции смывали с сорбента дихлорметаном. Выход соединения **16fa** 27%.

Метод E. К раствору бензоаннулена **15a** (14 мг, 0.039 ммоль) в дихлорметане (0.2 мл) при интенсивном перемешивании добавили TfOH (0.5 мл). Смесь перемешивали 1 мин, затем вылили в воду (50 мл) и экстрагировали хлороформом (3×30 мл). Объединенные экстракты промывали водой (50 мл), водным раствором NaHCO_3 (25 мл), вновь водой (50 мл), сушили Na_2SO_4 . Растворитель удаляли в вакууме, продукт выделяли методом препаративной ТСХ на пластинах с силикагелем ЛС 5/40 мкм (элюент – петролейный эфир (фракция с т. кип. 40-70°C)). Разделенные фракции смывали с сорбента дихлорметаном. Выход **16aa** 43% (6 мг).

Метод F. К раствору эфира **14a** (20 мг, 0.034 ммоль) в бензоле (0.3 мл) в при интенсивном перемешивании добавили TfOH (50 мг, 0.34 ммоль). Смесь перемешивали 1 мин, затем вылили в воду (50 мл) и экстрагировали хлороформом (3×30 мл). Объединенные экстракты промывали водой (50 мл), водным раствором NaHCO_3 (25 мл), вновь водой (50 мл), сушили Na_2SO_4 .

Растворитель удаляли в вакууме, продукт выделяли методом ТСХ на пластинах с силикагелем ЛС 5/40 мкм (элюент – петролейный эфир (фракция с т. кип. 40-70°C)). Разделенные фракции смывали с сорбента дихлорметаном. Выход: 53% **15a** (13 мг), 4% **16aa** (1 мг), 20% **17aa** (6 мг).

12-Трифторметил-10-фенил-9,10-дигидро-9,10-проп[1]еноантрацен (16aa). Получен по методу А. Выход 9 мг (23%). Твердое вещество, Т. пл. 214-216°C. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 2.94 (с, 2H), 4.55 (д, $^3J = 8.8$ Гц, 1H), 6.68 (д, $^3J = 7.5$ Гц, 2H), 6.98 (дкв, $^3J = 8.8$ Гц, $J_{\text{H-F}} = 1.6$ Гц, 1H), 7.01 (д, $^3J = 7.5$ Гц, 1H), 7.08 (тд, $^3J = 7.5$ Гц, $^4J = 1.2$ Гц, 2H), 7.18 (тд, $^3J = 7.5$ Гц, $^4J = 1.2$ Гц, 2H), 7.28 (дд, $^3J = 7.5$ Гц, $^4J = 1.2$ Гц, 2H), 7.36 (т, $^3J = 7.5$ Гц, 1H), 7.44 (т, $^3J = 7.5$ Гц, 1H), 7.58 (т, $^3J = 7.5$ Гц, 1H), 7.76 (д, $^3J = 7.5$ Гц, 1H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 34.5, 45.2, 50.9, 123.8 (кв, $J = 273.3$ Гц), 124.3, 126.8, 126.8, 126.9 (кв, $J = 28.7$ Гц), 127.5, 127.8, 128.1, 128.4, 132.8, 134.4 (кв, $J = 5.8$ Гц), 142.7, 143.5, 144.0. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -69.05 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{24}\text{H}_{17}\text{F}_3\text{Ag}^+$ $[\text{M}+\text{Ag}]^+$ 469.0328, найдено 469.0347.

2-Метил-12-трифторметил-10-фенил-9,10-дигидро-9,10-проп[1]еноантрацен (16ab). Получен по методу В. Выход 2 мг (7%). Твердое вещество, Т. пл. 159-161°C. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 2.16 (с, 3H), 2.92 (с, 2H), 4.50 (д, $^3J = 8.7$ Гц, 1H), 6.47 (с, 1H), 6.64 (д, $^3J = 7.5$ Гц, 1H), 6.94-6.98 (м, 1H), 6.98-7.03 (м, 2H), 7.06 (тд, $^3J = 7.5$ Гц, $^4J = 1.3$ Гц, 1H), 7.14-7.19 (м, 2H), 7.24-7.27 (м, 1H), 7.36 (т, $^3J = 7.5$ Гц, 1H), 7.44 (т, $^3J = 7.5$ Гц, 1H), 7.58 (т, $^3J = 7.5$ Гц, 1H), 7.75 (д, $^3J = 7.5$ Гц, 1H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 21.5, 34.5, 44.8, 50.9, 123.8 (кв, $J = 272.8$ Гц), 124.1, 124.2, 126.69, 126.70, 126.8, 127.0 (кв, $J = 28.7$ Гц), 127.3, 127.4, 127.8, 128.1, 128.3, 128.5, 132.8, 134.7 (кв, $J = 5.6$ Гц), 136.3, 139.9, 143.0, 143.4, 143.7. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -69.00 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{25}\text{H}_{19}\text{F}_3\text{K}^+$ $[\text{M}+\text{K}]^+$ 415.1070, найдено 415.1079.

2,3-Диметил-12-трифторметил-10-фенил-9,10-дигидро-9,10-проп[1]еноантрацен (16ac). Получен по методу В. Выход 10 мг (31%).

Твердое вещество, Т. пл. 139-141°C. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 2.07 (с, 3H), 2.23 (с, 3H), 2.92 (с, 2H), 4.46 (д, $^3J = 8.7$ Гц, 1H), 6.41 (с, 1H), 6.63 (дд, $^3J = 7.6$ Гц, $^4J = 1.0$ Гц, 1H), 6.96 (дкв, $^3J = 8.7$ Гц, $J_{\text{H-F}} = 1.4$ Гц, 1H), 6.99-7.08 (м, 3H), 7.15 (тд, $^3J = 7.6$ Гц, $^4J = 1.0$ Гц, 1H), 7.25 (дд, $^3J = 7.6$ Гц, $^4J = 1.0$ Гц, 1H), 7.35 (т, $^3J = 7.4$ Гц, 1H), 7.43 (т, $^3J = 7.4$ Гц, 1H), 7.58 (т, $^3J = 7.4$ Гц, 1H), 7.74 (д, $^3J = 7.4$ Гц, 1H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 19.4, 19.8, 34.6, 44.8, 50.6, 123.8 (кв, $J = 273.3$ Гц), 126.59, 126.63, 126.8, 126.8 (кв, $J = 28.6$ Гц), 127.4, 127.7, 128.1, 128.3, 129.0, 132.8, 134.7, 134.8 (кв, $J = 5.9$ Гц), 134.9, 140.3, 140.9, 143.1, 143.9, 144.2. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -68.97 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{26}\text{H}_{22}\text{F}_3^+ [\text{M}+\text{H}]^+$ 391.1668, найдено 391.1678.

2,3-Диметокси-12-трифторметил-10-фенил-9,10-дигидро-9,10-проп[1]еноантрацен (16ad). Получен по методу А. Выход 7 мг (18%). Твердое вещество, Т. пл. 81-83°C. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 2.91 (с, 2H), 3.53 (с, 3H), 3.89 (с, 3H), 4.45 (д, $^3J = 8.6$ Гц, 1H), 6.19 (с, 1H), 6.65 (д, $^3J = 7.6$ Гц, 1H), 6.83 (с, 1H), 6.99 (дкв, $^3J = 8.6$ Гц, $J_{\text{H-F}} = 1.4$ Гц, 1H), 7.04 (д, $^3J = 7.5$, 1H), 7.06 (тд, $^3J = 7.6$ Гц, $^4J = 1.4$ Гц, 1H), 7.17 (тд, $^3J = 7.6$ Гц, $^4J = 1.4$ Гц, 1H), 7.24-7.27 (м, 1H), 7.36 (т, $^3J = 7.5$ Гц, 1H), 7.41-7.45 (м, 1H), 7.58 (т, $^3J = 7.5$ Гц, 1H), 7.75 (д, $^3J = 7.5$ Гц, 1H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 34.3, 44.8, 50.6, 56.1, 56.2, 108.1, 112.2, 123.8 (кв, $J = 273.2$ Гц), 124.1, 126.6, 126.7, 126.8, 127.0 (кв, $J = 28.3$ Гц), 127.55, 127.6, 128.0, 128.4, 132.8, 134.7 (кв, $J = 5.9$ Гц), 135.5, 135.6, 143.0, 143.8, 144.0, 147.4, 147.6. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -68.98 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{26}\text{H}_{21}\text{F}_3\text{O}_2\text{Na}^+ [\text{M}+\text{Na}]^+$ 445.1386, найдено 445.1408.

6-Метил-2,3-диметокси-12-трифторметил-10-фенил-9,10-дигидро-9,10-проп[1]еноантрацен (16ba). Получен по методу А. Выход 3 мг (11%). Твердое вещество, Т. пл. 81-83°C. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 2.18 (с, 3H), 2.92 (с, 2H), 3.55 (с, 3H), 3.91 (с, 3H), 4.43 (д, $^3J = 8.6$ Гц, 1H), 6.19 (с, 1H), 6.47 (с, 1H), 6.84 (с, 1H), 6.97-7.11 (м, 3H), 7.16 (д, $^3J = 7.5$ Гц, 1H), 7.39 (т, $^3J = 7.2$ Гц, 1H), 7.46 (т, $^3J = 7.2$ Гц, 1H), 7.60 (т, $^3J = 7.2$ Гц, 1H), 7.76 (д, $^3J = 7.2$ Гц, 1H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 21.5, 34.4, 44.4, 50.6, 56.0,

56.2, 108.1, 112.2, 123.9, 123.9 (кв, $J = 273.4$ Гц), 126.8, 127.0 (кв, $J = 28.7$ Гц), 127.2, 127.5, 128.0, 128.3, 132.8, 135.0 (кв, $J = 5.8$ Гц), 135.6, 135.9, 136.2, 140.2, 143.7, 144.1, 147.3, 147.5. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -68.93 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{27}\text{H}_{23}\text{F}_3\text{O}_2\text{Na}^+$ $[\text{M}+\text{Na}]^+$ 459.1542, найдено 459.1555.

12-Трифторметил-10-фенил-1-фтор-9,10-дигидро-9,10-проп[1]еноантрацен (16ca). Получен по методу А. Выход 3 мг (8%). Твердое вещество, Т. пл. 148-150°C. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 2.94 (с, 2H), 5.00 (д, $^3J = 8.7$ Гц, 1H), 6.45 (д, $^3J = 7.5$ Гц, 1H), 6.67 (д, $^3J = 7.5$ Гц, 1H), 6.93-7.04 (м, 3H), 6.96-7.02 (м, 1H), 7.07-7.13 (м, 1H), 7.21 (т, $^3J = 7.5$ Гц, 1H), 7.31 (д, $^3J = 7.5$ Гц, 1H), 7.37 (т, $^3J = 7.5$ Гц, 1H), 7.44 (т, $^3J = 7.5$ Гц, 1H), 7.58 (т, $^3J = 7.5$ Гц, 1H), 7.74 (д, $^3J = 7.5$ Гц, 1H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 34.4, 36.2 (д, $J = 3.8$ Гц), 51.0 (д, $J = 1.9$ Гц), 113.6 (д, $J = 21.8$ Гц), 123.3 (д, $J = 3.1$ Гц), 123.7 (кв, $J = 273.2$ Гц), 124.6, 126.3 (кв, $J = 30.7$ Гц), 126.7, 127.0 (д, $J = 9.5$ Гц), 127.5 (д, $J = 8.0$ Гц), 127.7, 127.9, 128.2, 128.5, 129.6, 132.7, 133.6 (кв, $J = 5.9$ Гц), 141.5, 143.4 (д, $J = 29.7$ Гц), 146.5 (д, $J = 3.2$ Гц), 157.2 (д, $J = 244.4$ Гц). ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -124.82 (дд, $^3J_{\text{H-F}} = 8.7$ Гц, $^4J_{\text{H-F}} = 5.9$ Гц), -69.14 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{24}\text{H}_{17}\text{F}_4^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 381.1261, найдено 381.1257.

12-Трифторметил-10-фенил-2-фтор-9,10-дигидро-9,10-проп[1]еноантрацен (16da). Получен по методу В. Выход 15 мг (39%). Твердое вещество, Т. пл. 144-146°C. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 2.93 (с, 2H), 4.51 (д, $^3J = 8.7$ Гц, 1H), 6.62 (дд, $^3J = 8.6$ Гц, $J_{\text{H-F}} = 5.5$ Гц, 2H), 6.66 (д, $^3J = 7.7$ Гц, $J_{\text{H-F}} = 1.6$ Гц, 1H), 6.76 (ддд, $^3J = 8.6$ Гц, $J_{\text{H-F}} = 8.6$ Гц, $^4J = 2.5$ Гц, 1H), 6.94-6.98 (м, 1H), 6.97-7.02 (м, 1H), 7.02 (дд, $^3J_{\text{H-F}} = 8.6$ Гц, $^4J = 2.5$ Гц), 7.09 (тд, $^3J = 7.7$, $^4J = 1.1$ Гц, 1H), 7.19 (т, $^3J = 7.4$ Гц, 1H), 7.25-7.29 (м, 1H), 7.37 (т, $^3J = 7.5$ Гц, 1H), 7.44 (т, $^3J = 7.5$ Гц, 1H), 7.58 (т, $^3J = 7.5$ Гц, 1H), 7.75 (д, $^3J = 7.5$ Гц, 1H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 34.4, 44.9, 50.3, 111.3 (д, $J = 22.2$ Гц), 113.0 (д, $J = 21.0$ Гц), 123.5 (кв, $J = 273.3$ Гц), 124.1, 126.6, 126.8 (д, $J = 13.4$ Гц), 127.2 (кв, $J = 28.9$ Гц), 127.6 (д, $J = 13.8$ Гц), 128.2,

128.3, 129.2 (д, $J = 8.2$ Гц), 132.4, 133.7 (кв, $J = 5.9$ Гц), 139.1 (д, $J = 3.1$ Гц), 141.9, 143.3, 143.7, 144.4 (д, $J = 7.4$ Гц), 161.4 (д, $J = 246.4$ Гц). ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -116.58 (ддд, $^3J_{\text{H-F}} = 8.6$ Гц, $^4J_{\text{H-F}} = 5.5$ Гц, $J_{\text{H-F}} = 1.6$ Гц), -69.12 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{24}\text{H}_{16}\text{F}_4\text{Ag}^+ [\text{M}+\text{Ag}]^+$ 487.0234, найдено 487.0252.

12-Трифторметил-10-фенил-4-фтор-9,10-дигидро-9,10-проп[1]еноантрацен (16db). Получен по методу В. Выход 4 мг (10%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 2.96 (д, $^2J = 17.3$ Гц, 1H), 3.10 (д, $^2J = 17.3$ Гц, 1H), 4.56 (д, $^3J = 8.7$ Гц, 1H), 6.51 (д, $^3J = 7.6$ Гц, 1H), 8.81 (ддд, $J_{\text{H-F}} = 11.8$ Гц, $^3J = 8.1$ Гц, $^4J = 1.0$ Гц, 1H), 6.92 (дкв, $^3J = 8.7$, $J_{\text{H-F}} = 1.5$ Гц, 1H), 7.07 (тд, $^3J = 7.6$ Гц, $^4J = 1.3$ Гц, 1H), 7.07 (д, $^3J = 7.7$ Гц, 1H), 7.11 (дд, $^3J = 7.3$ Гц, $^4J = 1.0$ Гц, 1H), 7.15-7.20 (м, 1H), 7.19 (т, $^3J = 7.6$ Гц, 1H), 7.26 (дд, $^3J = 7.6$ Гц, $^4J = 1.3$ Гц, 1H), 7.32 (тд, $^3J = 7.7$ Гц, $^4J = 1.3$ Гц, 1H), 7.40 (т, $^3J = 7.7$ Гц, 1H), 7.55 (тд, $^3J = 7.7$ Гц, $^4J = 1.3$ Гц, 1H), 7.70 (д, $^3J = 7.7$ Гц, 1H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 33.2, 45.2, 48.3, 116.0 (д, $J = 24.5$ Гц), 120.4 (д, $J = 3.0$ Гц), 123.7 (кв, $J = 273.3$ Гц), 124.0, 124.8 (д, $J = 2.1$ Гц), 127.0, 127.1, 127.1 (кв, $J = 29.0$ Гц), 128.1, 128.2, 128.3, 128.5 (д, $J = 8.2$ Гц), 128.6 (д, $J = 9.2$ Гц), 131.0 (д, $J = 4.4$ Гц), 134.3 (кв, $J = 5.9$ Гц), 141.5, 143.7, 145.1 (д, $J = 3.7$ Гц), 145.9 (д, $J = 1.8$ Гц), 160.3 (д, $J = 251.7$ Гц). ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -104.35 (дд, $^3J_{\text{H-F}} = 11.8$ Гц, $^4J_{\text{H-F}} = 4.4$ Гц), -69.04 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{24}\text{H}_{16}\text{F}_4\text{Na}^+ [\text{M}+\text{Na}]^+$ 403.1080, найдено 403.1092.

10-(4-Метилфенил)-12-трифторметил-9,10-дигидро-9,10-проп[1]еноантрацен (16ea). Получен по методу А. Выход 4 мг (10%). Твердое вещество, Т. пл. 101-103°C. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 2.46 (с, 3H), 2.91 (с, 2H), 4.53 (д, $^3J = 8.7$ Гц, 1H), 6.70 (д, $^3J = 7.7$ Гц, 2H), 6.88 (дд, $^3J = 7.9$, $^4J = 0.9$ Гц, 1H), 6.96 (дкв, $^3J = 8.7$ Гц, $J_{\text{H-F}} = 1.3$ Гц, 1H), 7.07 (тд, $^3J = 7.7$ Гц, 2H), 7.14-7.21 (м, 3H), 7.26-7.30 (м, 2H), 7.37 (д, $^3J = 7.9$ Гц, 2H), 7.62 (дд, $^3J = 7.9$ Гц, $^4J = 1.2$ Гц, 1H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 21.3, 34.5, 45.2, 50.6, 123.8 (кв, $J = 272.9$ Гц), 124.2, 126.7, 126.8, 127.0 (кв, $J = 28.7$ Гц), 127.8, 128.7, 129.2, 132.5, 134.4 (кв, $J = 5.9$ Гц), 137.1, 140.9, 142.7, 143.7. ЯМР

^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -69.04 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{25}\text{H}_{19}\text{F}_3\text{Ag}^+ [\text{M}+\text{Ag}]^+$ 483.0490, найдено 483.0501.

10-(4-Метилфенил)-2,3-диметокси-12-трифторметил-9,10-дигидро-9,10-проп[1]еноантрацен (16eb). Получен по методу А. Выход 11 мг (44%). Твердое вещество, Т. пл. 143-145°C. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 2.45 (с, 3H), 2.89 (с, 2H), 3.55 (с, 3H), 3.89 (с, 3H), 4.44 (д, $^3J = 8.6$ Гц, 1H), 6.25 (с, 1H), 6.66 (д, $^3J = 7.7$ Гц, 1H), 6.82 (с, 1H), 6.91 (д, $^3J = 7.6$ Гц, 1H), 6.98 (дкв, $^3J = 8.6$ Гц, $J_{\text{H-F}} = 1.3$ Гц, 1H), 7.06 (тд, $^3J = 7.7$ Гц, $^4J = 1.3$ Гц, 1H), 7.16 (тд, $^3J = 7.4$ Гц, $^4J = 1.1$ Гц, 1H), 7.15-7.20 (м, 1H), 7.23-7.26 (м, 1H), 7.36 (д, $^3J = 7.6$ Гц, 1H), 7.61 (д, $^3J = 7.6$ Гц, 1H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 21.3, 34.3, 44.8, 50.3, 56.2, 108.1, 112.3, 123.8 (кв, $J = 273.2$ Гц), 124.0, 126.6, 126.6, 127.0 (кв, $J = 28.6$ Гц), 127.6, 128.7, 129.0, 132.5, 134.7 (кв, $J = 5.8$ Гц), 135.6, 135.7, 137.1, 140.9, 143.0, 144.0, 147.4, 147.6. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -68.96 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{27}\text{H}_{23}\text{F}_3\text{O}_2\text{Na}^+ [\text{M}+\text{Na}]^+$ 459.1542, найдено 459.1547.

12-Трифторметил-10-фенил-3-хлор-9,10-дигидро-9,10-проп[1]еноантрацен (16fa). Получен по методу D. Выход 11 мг (27%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 2.93 (с, 2H), 4.53 (д, $^3J = 8.6$ Гц, 1H), 6.62-6.66 (м, 2H), 6.92-6.97 (м, 1H), 6.97-7.01 (м, 1H), 7.09 (тд, $^3J = 7.5$ Гц, $^4J = 1.3$ Гц, 1H), 7.16 (дд, $^3J = 8.0$ Гц, $^4J = 1.9$ Гц, 1H), 7.20 (дд, $^3J = 7.5$ Гц, $^4J = 0.9$ Гц, 1H), 7.21 (д, $^3J = 8.0$ Гц, 1H), 7.26-7.31 (м, 1H), 7.36-7.43 (м, 1H), 7.46 (т, $^3J = 7.8$ Гц, 1H), 7.59 (т, $^3J = 7.8$ Гц, 1H), 7.73 (д, $^3J = 7.8$ Гц, 1H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 34.3, 44.5, 51.0, 123.6 (кв, $J = 273.3$ Гц), 124.3, 125.5, 126.8, 126.9, 126.9 (кв, $J = 29.0$ Гц), 127.0, 127.1, 127.8, 127.9, 128.0, 128.5, 128.6, 132.5, 132.6, 134.1 (кв, $J = 5.9$ Гц), 141.2, 142.2, 142.9, 143.1, 145.5. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -69.12 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{24}\text{H}_{17}\text{ClF}_3^+ [\text{M}+\text{H}]^+$ 397.0965, найдено 397.0971.

1-(2,2-Дифенилэтил)-1-трифторметил-3-фенил-1H-инден (17aa). Получен по методу F. Выход: 18 мг (20%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 2.94 (дд, $^2J = 13.8$ Гц, $^3J = 4.7$ Гц, 1H), 3.26 (дд, $^2J = 13.8$ Гц, $^3J = 8.8$

Гц, 1H), 3.74 (дд, $^3J = 8.8$ Гц, 4.7 Гц, 1H), 5.76 (с, 1H), 6.92-6.98 (м, 2H), 7.04-7.09 (м, 1H), 7.09-7.15 (м, 4H), 7.15-7.19 (м, 2H), 7.19-7.25 (м, 2H), 7.25-7.29 (м, 2H), 7.33-7.41 (м, 4H), 7.47 (д, $^3J = 7.5$ Гц, 1H), 7.50 (д, $^3J = 7.5$ Гц, 1H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 37.3, 46.7, 60.6 (кв, $J = 25.6$ Гц), 121.3, 124.2, 126.2, 126.5, 127.3 (кв, $J = 282.3$ Гц), 127.4, 127.7, 128.4, 128.5, 128.7, 128.8, 131.0, 134.5, 142.6, 144.3, 144.6, 145.4, 147.3. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -71.59 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{30}\text{H}_{24}\text{F}_3^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 441.1825, найдено 441.1827.

1-(2-(2,4-Диметилфенил)-2-фенилэтил)-5,7-диметил-1-трифторметил-3-фенил-1H-инден (17ab). Получен по методу В. Общий выход 6 мг (15%), смесь диастереомеров в соотношении 1:1. Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 1.91 (с, 3H), 1.92 (с, 3H), 2.17 (с, 6H), 2.23 (с, 6H), 2.28 (с, 3H), 2.29 (с, 3H), 2.84-2.93 (м, 2H), 3.08-3.17 (м, 2H), 3.40-3.50 (м, 2H), 5.65 (с, 1H), 5.69 (с, 1H), 6.55 (с, 2H), 6.67 (с, 1H), 6.76 (с, 2H), 6.78 (с, 1H), 6.84 (д, $^3J = 6.0$ Гц, 2H), 6.96-7.18 (м, 13H), 7.21-7.26 (м, 3H), 7.20-7.34 (м, 6H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 20.2, 21.3, 21.37, 21.42, 21.5, 37.1, 37.3, 46.70, 46.73, 59.80 (кв, $J = 25.4$ Гц), 59.83 (кв, $J = 25.3$ Гц), 122.8, 122.9, 125.2 (кв, $J = 278.7$ Гц), 125.4, 125.6, 126.0, 126.3, 127.5, 127.57, 127.61, 127.7, 127.8, 127.89, 127.91, 128.2, 128.3, 128.49, 128.50, 128.7, 131.6, 131.7, 131.75, 131.82, 132.3, 132.4, 136.0, 136.2, 137.66, 137.70, 137.73, 138.1, 139.87, 139.94, 142.9, 144.9, 145.17, 145.22, 145.6, 149.4, 149.7. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -71.77 (с), -71.72 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{34}\text{H}_{32}\text{F}_3^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 497.2451, найдено 497.2453.

1-(2-(2,5-Диметилфенил)-2-фенилэтил)-4,7-диметил-1-трифторметил-3-фенил-1H-инден (17ac). Получен по методу А. Общий выход 24 мг (60%), смесь диастереомеров в соотношении 1:1. Отдельные сигналы из спектров смеси изомеров: ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 1.74 (с, 3H), 1.86 (с, 3H), 1.88 (с, 3H), 1.92 (с, 3H), 2.31 (с, 6H), 2.34 (с, 3H), 2.40 (с, 3H), 3.14-3.21 (м, 2H), 3.74 (дд, $^3J = 8.5$ Гц, 5.0 Гц, 1H), 3.78 (т, $^3J = 6.6$ Гц, 1H), 5.73 (с, 1H), 5.76 (с, 1H), 6.85 (с, 1H), 6.90-6.97 (м, 7H), 6.98-7.05 (м, 9H),

7.06-7.21 (м, 10H), 7.27-7.33 (м, 9H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 18.9, 19.1, 19.76 (кв, $J = 3.9$ Гц), 19.80 (кв, $J = 3.8$ Гц), 20.2, 20.3, 21.4, 21.5, 34.4, 34.7, 41.9, 42.0, 61.4 (кв, $J = 25.4$ Гц), 61.6 (кв, $J = 25.4$ Гц), 126.1, 126.3, 126.9, 127.05, 127.12, 127.3, 127.4, 127.5, 127.7 (кв, $J = 278.7$ Гц), 127.79, 127.8 (кв, $J = 283.5$ Гц), 127.82, 128.0, 128.45, 128.48, 128.53, 129.7, 129.9, 130.03, 130.05, 130.4, 130.6, 132.12, 132.14, 132.2, 132.90, 132.94, 133.0, 134.2 (кв, $J = 1.9$ Гц), 134.5 (кв, $J = 1.9$ Гц), 135.48, 135.50, 137.80, 137.84, 139.1, 139.2, 142.1, 143.7, 144.5, 144.9, 148.4, 149.0. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -67.97 (с), -67.96 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{34}\text{H}_{31}\text{F}_3\text{Na}^+$ $[\text{M}+\text{Na}]^+$ 519.2270, найдено 519.2272.

1-Трифторметил-3-фенил-1-(2-фенил-2-(4-хлорфенил)этил)-1H-инден (17b). Получен по методу В. Выход 10 мг (29%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 2.92 (дд, $^2J = 13.8$ Гц, $^3J = 4.2$ Гц, 1H), 3.27 (дд, $^2J = 13.8$ Гц, $^3J = 9.3$ Гц, 1H), 3.38 (дд, $^3J = 9.3$ Гц, 4.2 Гц, 1H), 5.84 (с, 1H), 6.93-6.99 (м, 2H), 7.03-7.11 (м, 5H), 7.11-7.18 (м, 3H), 7.19-7.25 (м, 2H), 7.28-7.35 (м, 3H), 7.40 (тд, $^3J = 7.5$ Гц, $^4J = 1.0$ Гц, 1H), 7.45 (д, $^3J = 7.2$ Гц, 1H), 7.51 (д, $^3J = 7.5$ Гц, 1H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 37.1 (кв, $J = 1.0$ Гц), 46.6, 60.5 (кв, $J = 25.8$ Гц), 120.9, 124.1, 126.2, 126.4, 126.6, 127.2, 127.5 (кв, $J = 272.6$ Гц), 127.6, 128.4, 128.6, 128.65, 128.70, 128.9, 131.4 (кв, $J = 1.2$ Гц), 132.7, 134.1, 142.4, 143.7, 144.3, 145.2, 145.9. ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -71.57 (с). HRMS (MALDI): вычислено для $\text{C}_{30}\text{H}_{23}\text{ClF}_3^+$ $[\text{M}+\text{H}]^+$ 475,1435, найдено 475.1440.

1-Трифторметил-3-фенил-1-(2-фенил-2-(2-фторфенил)этил)-1H-инден (17c). Получен по методу А. Выход 5 мг (15%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 3.01 (дд, $^2J = 13.9$ Гц, $^3J = 5.7$ Гц, 1H), 3.23 (дд, $^2J = 13.9$ Гц, $^3J = 7.6$ Гц, 1H), 3.48 (дд, $^3J = 7.6$ Гц, 5.7 Гц, 1H), 5.98 (с, 1H), 6.92-6.96 (м, 2H), 6.96-7.06 (м, 2H), 7.06-7.24 (м, 10H), 7.24-7.41 (м, 4H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 37.2 (кв, $J = 1.0$ Гц), 46.6, 61.0 (кв, $J = 25.8$ Гц), 116.0 (д, $J = 21.9$ Гц), 121.7 (д, $J = 3.8$ Гц), 124.0, 124.2 (д, $J = 3.5$ Гц), 126.2, 126.4 (д, $J = 2.3$ Гц), 127.2 (кв, $J = 280.2$ Гц), 127.4, 127.8, 128.5, 128.6, 128.7,

130.1 (д, $J = 8.1$ Гц), 130.7 (д, $J = 3.9$ Гц), 133.3, 141.6 (кв, $J = 0.5$ Гц), 142.7, 144.2, 144.8, 145.4, 160.0 (д, $J = 249.3$ Гц). ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -111.56 (дддд, $^3J_{\text{H-F}} = 10.0$ Гц, $^4J_{\text{H-F}} = 7.5$ Гц, $^4J_{\text{H-F}} = 5.2$ Гц, $^5J_{\text{H-F}} = 2.7$ Гц), -71.57 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{30}\text{H}_{22}\text{F}_4\text{Na}^+$ $[\text{M}+\text{Na}]^+$ 481.1550, найдено 481.1552.

1-Трифторметил-3-фенил-1-(2-фенил-2-(4-фторфенил)этил)-1H-инден (17d). Получен по методу А. Выход 7 мг (19%). Масло. ЯМР ^1H (CDCl_3 , 400 МГц) δ , м. д.: 2.92 (дд, $^2J = 13.8$ Гц, $^3J = 4.4$ Гц, 1H), 3.27 (дд, $^2J = 13.8$ Гц, $^3J = 9.2$ Гц, 1H), 3.39 (дд, $^3J = 9.2$ Гц, 4.4 Гц, 1H), 5.81 (с, 1H), 6.94-6.99 (м, 2H), 7.01-7.07 (м, 2H), 7.07-7.18 (м, 8H), 7.19-7.25 (м, 2H), 7.29 (тд, $^3J = 7.5$ Гц, $^4J = 1.0$ Гц, 1H), 7.40 (тд, $^3J = 7.5$ Гц, $^4J = 1.0$ Гц, 1H), 7.46 (д, $^3J = 7.5$ Гц, 1H), 7.50 (д, $^3J = 7.5$ Гц, 1H). ЯМР ^{13}C (CDCl_3 , 100 МГц) δ , м. д.: 37.2 (кв, $J = 0.9$ Гц), 46.7, 60.5 (кв, $J = 25.8$ Гц), 115.5 (д, $J = 21.4$ Гц), 121.1, 124.2, 126.3, 126.5, 126.6, 127.1 (кв, $J = 281.9$ Гц), 127.4, 127.8, 128.6, 128.8, 128.8, 129.4 (д, $J = 8.0$ Гц), 130.5 (д, $J = 3.3$ Гц), 131.1, 142.5 (кв, $J = 0.6$ Гц), 144.1, 144.5, 145.4, 146.2, 162.8 (д, $J = 247.6$ Гц). ЯМР ^{19}F (CDCl_3 , 376 МГц) δ , м. д.: -113.37 (тт, $J_{\text{H-F}} = 8.6$ Гц, 5.5 Гц), -71.60 (с). HRMS (ESI): вычислено для $\text{C}_{30}\text{H}_{22}\text{F}_4\text{Ag}^+$ $[\text{M}+\text{Ag}]^+$ 565.0703, найдено 565.0712.

Заключение

1. 2,4-Диарил-1,1,1-трифторбут-3-ин-2-олы в реакции с аренами под действием трифторметансульфоновой кислоты $\text{CF}_3\text{SO}_3\text{H}$ (1.5 экв.) при комнатной температуре дают 1,3-диарил-1-трифторметил-1*H*-индены с выходами до 84%. Реакции протекают через промежуточное генерирование CF_3 -замещенных пропаргильных-алленильных карбокатионов.

2. Реакции 2,4-диарил-1,1,1-трифторбут-3-ен-2-олов и их триметилсилиловых эфиров с аренами в избытке $\text{CF}_3\text{SO}_3\text{H}$ при комнатной температуре приводят к получению диастереомерных 1,3-диарил-1-трифторметилинданов с выходами до 99%. В большинстве случаев имеет место стереоселективное образование инданов с транс-расположением арильных заместителей. Реакции протекают через промежуточное образование CF_3 -замещенных аллильных карбокатионов.

3. 1,5-Диарил-3-трифторметилпент-1-ен-4-ин-3-олы и их триметилсилиловые эфиры под действием $\text{CF}_3\text{SO}_3\text{H}$ (1.5 экв.) реагируют с аренами (при 0 или 25 °C) с образованием (2*E*)-1,1,5-триарил-3-(трифторметил)пент-2-ен-4-инов с выходами до 93%. Реакционными интермедиатами являются CF_3 -замещенные пропаргильные-аллильные карбокатионы.

4. 1,5-Диарил-3-трифторметилпент-1-ен-4-ин-3-олы и их триметилсилиловые эфиры в избытке $\text{CF}_3\text{SO}_3\text{H}$ реагируют с аренами, приводя к кабоциклическим производным – 10-арил-12-(трифторметил)-9,10-дигидро-9,10-проп[1]еноантраценам и/или 3-арил-1-(2,2-диарилэтил)-1-трифторметил-1*H*-инденам с выходами до 60%. Реакции протекают через промежуточное образование (2*E*)-1,1,5-триарил-3-(трифторметил)пент-2-ен-4-инов.

5. Протонирование различных трифторметил-замещенных пропаргильных или аллиловых спиртов, а также их триметилсилиловых

эфиров, под действием суперкислоты Бренстеда $\text{CF}_3\text{SO}_3\text{H}$ приводит к промежуточному генерированию CF_3 -замещенных пропаргильных-алленильных или аллильных карбокатионов соответственно. Реакционную способность CF_3 -замещенных пропаргильных-алленильных карбокатионов можно объяснить бóльшим вкладом в гибридную структуру алленильной резонансной формы, в которой электрофильный реакционноспособный центр расположен на атоме углерода, максимально удаленном от группы CF_3 . Аналогично, в CF_3 -замещенных аллильных карбокатионах бóльший вклад вносит резонансная аллильная форма, в которой положительный заряд локализован на атоме углерода, удаленном от группы CF_3 .

Список литературы

1. Noda, H. Catalytic Asymmetric Synthesis of α -Trifluoromethylated Carbinols: A Case Study of Tertiary Propargylic Alcohols / N. Kumagai, M. Shibasaki // *Asian J. Org. Chem.* – 2018. – Vol. 7. – P. 599-612;
2. Nishibayashi, Y. Transition-Metal-Catalyzed Enantioselective Propargylic Substitution Reactions of Propargylic Alcohol Derivatives with Nucleophiles // *Synthesis.* – 2012. – Vol. 44. – P. 489-503.
3. Swamy, K. C. K. Exploring allene chemistry using phosphorus-based allenes as scaffolds / M. Anitha, G. Gangadhararao, R. R. Suresh // *Pure Appl. Chem.* – 2017. – Vol. 89. – P. 367-377.
4. Gil, A. Role of the Nozaki-Hiyama-Takai-Kishi Reaction in the Synthesis of Natural Products / F. Albericio, M. Alvarez // *Chem. Rev.* – 2017. – Vol. 117. – P. 8420-8446.
5. Roy, R. Scope and advances in the catalytic propargylic substitution reaction / S. Saha // *RSC Adv.* – 2018. – Vol. 8. – P. 31129-31193.
6. Dryzhakov, M. Recent Advances in Direct Catalytic Dehydrative Substitution of Alcohols / E. Richmond, J. Moran // *Synthesis.* – 2016. – Vol. 48. – P. 935-959.
7. Sakata, K. Mechanism and reactivity of catalytic propargylic substitution reactions via metal-allenylidene intermediates: a theoretical perspective / Y. Nishibayashi // *Catal. Sci. Technol.* – 2018. – Vol. 8. – P. 12-25.
8. Zhu, H. Recent Advances on the Lewis Acid-Catalyzed Cascade Rearrangements of Propargylic Alcohols and Their Derivatives / L. Sun, P. Lu, Y. Wang // *ACS Catal.* – 2014. – Vol. 4. – P. 1911-1925.
9. Engel, D. A. The Meyer–Schuster rearrangement for the synthesis of α,β -unsaturated carbonyl compounds / G. B. Dudley // *Org. Biomol. Chem.* – 2009. – Vol. 7. – P. 4149-4158.
10. Cadierno, V. Metal-catalyzed transformations of propargylic alcohols into α,β -unsaturated carbonyl compounds: from the Meyer–Schuster and Rupe

- rearrangements to redoxisomerizations / P. Crochet, S. E. Garc&a-Garrido, J. Gimeno // Dalton Trans. – 2010. – Vol. 39. – P. 4015-4031.
11. Baire, B. Intercepted Meyer–Schuster Rearrangements in Organic Synthesis / P. Tharra, D. Roy // Asian J. Org. Chem. – 2018. – Vol. 7. – P. 1015-1032.
12. Swaminathan, S. Rupe and Meyer-Schuster rearrangements / K. V. Narayanan // Chem. Rev. – 1971. – Vol. 71. – P. 429-438.
13. Masahiro, E. Transition Metal-Catalyzed Intramolecular Cyclization of Propargyl Alcohols and Their Derivatives for the Synthesis of Highly Substituted Five-Membered Oxygen Heterocycles / A. Shuji // Heterocycles. – 2015 – Vol. 91. – P. 931-958.
14. Wang, L. Cycloisomerization of Pyridine-Substituted Propargylic Alcohols or Esters To Construct Indolizines and Indolizinones / Y. Tang // Eur. J. Org. Chem. – 2017. – P. 2207-2213.
15. Zhang, D. Recent advances in copper-catalyzed propargylic substitution / X. Hu // Tetrahedron Lett. – 2015. – Vol. 56. – P. 283-295.
16. Adeleke, A. F. Recent Advances in Catalytic Transformations Involving Copper Acetylides / A. P. N. Brown, L. Cheng, K. A. M. Mosleh, C. J. Cordier // Synthesis. – 2017. – Vol. 49. – P. 790-801.
17. Chen, X. Recent advances in chiral imino-containing ligands for metal-catalyzed asymmetric transformations / Z. Lu // Org. Biomol. Chem. – 2017. – Vol. 15. – P. 2280-2306.
18. Zhang, L. Coinage-Metal-Catalyzed Reactions of Propargylic Alcohols / G. Fang, R. K. Kumar, X. Bi // Synthesis. – 2015. – Vol. 47. – P. 2317-2346.
19. Zhang, X. Progress of the Research on the Lewis/Brønsted Acid-Catalyzed Nucleophilic Substitution of Propargyl Alcohols / C. Lg, P. Li, F. Bo, W. Yao // Chin. J. Org. Chem. – 2016. – Vol. 36. – P. 1287-1298.
20. Olah, G. A. Superacid Chemistry, 2nd ed. / G. K. S. Prakash, A. Molnar, J. Sommer // Wiley. - New York. – 2009.
21. Olah, G. A. Superelectrophiles and Their Chemistry / D. A. Klumpp // Wiley. – New York. – 2008.

22. Naredla, R. R. Contemporary Carbocation Chemistry: Applications in Organic Synthesis / D. A. Klumpp // Chem. Rev. – 2013. – Vol. 113. – P. 6905-6948.
23. Olah, G. A. Long-lived cyclopropylcarbinyl cations / V. P. Reddy, G. K. S. Prakash // Chem. Rev. – 1992. – Vol. 92. – P. 69-95.
24. Hiyama, T. Organofluorine Compounds: Chemistry and Applications / H. Yamamoto // Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag. – 2000. – P. 280.
25. Tressaud, A. Fluorine and Health: Molecular Imaging, Biomedical Materials and Pharmaceuticals / G. Haufe // Elsevier. – Amsterdam. – 2008.
26. Petrov, V. A. Fluorinated Heterocyclic Compounds: Synthesis, Chemistry, and Applications // Wiley. – Hoboken. – 2009.
27. Liang, T. Introduction of Fluorine and Fluorine-Containing Functional Groups / C. N. Neumann, T. Ritter // Angew. Chem., Int. Ed. – 2013. – Vol. 52. – P. 8214-8264.
28. Champagne, P. A. Monofluorination of Organic Compounds: 10 Years of Innovation / J. Desroches, J.-D. Hamel, M. Vandamme, J.-F. Paquin // Chem. Rev. – 2015. – Vol. 115. – P. 9073-9174.
29. Neumann, C. N. Late-Stage Fluorination: Fancy Novelty or Useful Tool? / T. Ritter // Angew. Chem., Int. Ed. – 2015. – Vol. 54. – P. 3216-3221.
30. Ma, J.-A. Update 1 of: Asymmetric Fluorination, Trifluoromethylation, and Perfluoroalkylation Reactions / D. Cahard // Chem. Rev. – 2008. – Vol. 108. – P. PR1-PR43.
31. Pupo, G. Asymmetric nucleophilic fluorination under hydrogen bonding phase-transfer catalysis / F. Ibba, D. M. H. Ascough, A. C. Vicini, P. Ricci, K. E. Christensen, L. Pfeifer, J. R. Morphy, J. M. Brown, R. S. Paton, V. Gouverneur // Science. – 2018. – Vol. 360. – P. 638-642.
32. Commare, B. Fluoroalkyl Amino Reagents (FARs): A General Approach towards the Synthesis of Heterocyclic Compounds Bearing Emergent Fluorinated Substituents / E. Schmitt, F. Aribi, A. Panossian, J.-P. Vors, S. Pazenok, F. R. Leroux // Molecules. – 2017. – Vol. 22. – P. 977-1003.

33. Fernandes, A. J. CF₃-substituted carbocations: underexploited intermediates with great potential in modern synthetic chemistry / A. Panossian, B. Michelet, A. Martin-Mingot, F. R. Leroux, S. Thibaudeau // *Beilstein J. Org. Chem.* – 2021. – Vol. 17. – P. 343-378.
34. Shimizu, M. 1,4-Bis(alkenyl)-2,5-dipiperidinobenzenes: Minimal Fluorophores Exhibiting Highly Efficient Emission in the Solid State / Y. Takeda, M. Higashi, T. Hiyama // *Angew. Chem., Int. Ed.* – 2009. – Vol. 48. – P. 3653–3656.
35. Begue, J. P. *Bioorganic and Medicinal Chemistry of Fluorine* / D. Bonnet-Delpon // Wiley. – Hoboken. – 2008.
36. Uneyama, K. *Organofluorine Chemistry* // Oxford: Wiley-Blackwell. – 2006. – P. 339.
37. Nenajdenko, V. G. *Fluorine in Heterocyclic Chemistry* // Springer. – Berlin. – 2014.
38. Prakash, R. V. *Organofluorine Compounds in Biology and Medicine* // Elsevier. – Amsterdam. – 2015.
39. O'Hagan, D. Understanding organofluorine chemistry. An introduction to the C–F bond // *Chem. Soc. Rev.* – 2008. – Vol. 37. – P. 308-319.
40. Meanwell, N. A. Fluorine and Fluorinated Motifs in the Design and Application of Bioisosteres for Drug Design // *J. Med. Chem.* – 2018. – Vol. 61. – P. 5822-5880.
41. Gillis, E. P. Applications of Fluorine in Medicinal Chemistry / K. J. Eastman, M. D. Hill, D. J. Donnelly, N. A. Meanwell // *J. Med. Chem.* – 2015. – Vol. 58. – P. 8315-8359.
42. Zhou, Y. Next Generation of Fluorine-Containing Pharmaceuticals, Compounds Currently in Phase II–III Clinical Trials of Major Pharmaceutical Companies: New Structural Trends and Therapeutic Areas / J. Wang, Z. Gu, S. Wang, W. Zhu, J. L. Aceña, V. A. Soloshonok, K. Izawa, H. Liu // *Chem. Rev.* – 2016. – Vol. 116. – P. 422-518.
43. Ojima, I. Exploration of Fluorine Chemistry at the Multidisciplinary Interface of Chemistry and Biology // *J. Org. Chem.* – 2013. – Vol. 78. – P. 6358-6383.

- 44) Olah, G.A. Stable Carbocations. CLXXIII.' Carbon-13 Nuclear Magnetic Resonance Studies of Alkynylcarbenium Ions and Alkynoyl Cations: the Relative Importance of Mesomeric Vinylic (Allenlyic) Cation Forms / R. J. Spear, P. W. Westerman, J.-M. Denis // *J. Am. Chem. Soc.* – 1974. – Vol. 96. – № 18. – P. 5855-5859.
- 45) Nitsch, D. Chiral Propargylic Cations as Intermediates in SN1-Type Reactions: Substitution Pattern, Nuclear Magnetic Resonance Studies, and Origin of the Diastereoselectivity / S. M. Huber, A. Pöthig, A. Narayanan, G. A. Olah, G. K. S. Prakash, T. Bach // *J. Am. Chem. Soc.* – 2014. – Vol. 136. – P. 2851-2857.
46. Thorley, K. J. Cyanine-Like Dyes with Large Bond-Length Alternation / J. M. Hales, H. Kim, S. Ohira, J.-L. Bredas, J. W. Perry, H. L. Anderson // *Chem. Eur. J.* – 2013. – Vol. 19. – P. 10370-10377.
47. Olah, G. A. Stable Carbonium Ions. XXIV. Trifluoromethylcarbonium Ions, Protonated Trifluoromethyl Alcohols, and Protonated Fluoro Ketones / C. U. Pittman Jr. // *J. Am. Chem. Soc.* – 1966. – Vol. 88. – №14. – P. 3310-3312.
48. Olah, G. A. α -Nitrodiarylmethyl Cations / G. K. S. Prakash, M. Arvanaghi, V. V. Krishnamurthy, S. C. Narang // *J. Am. Chem. Soc.* – 1984. – Vol. 106. – № 8. – P. 2380-2387.
49. Ohwada, T. Reaction of Diphenylmethyl Cations in a Strong Acid. Participation of Carbocations with Positive Charge Substantially Delocalized over the Aromatic Rings / K. Shudo // *J. Am. Chem. Soc.* – 1988. – Vol. 110. – № 6. – P. 1862-1870.
50. Prakash, G. K. S. Preparation, ^{13}C NMR and IGLO/DFT studies of trifluoromethyl substituted allyl cations / S. Kantamani, V. P. Reddy, G. Rasul // *Res. Chem. Intermed.* – 1996. – Vol. 22. – P. 717-724.
51. Sasaki, S. Brønsted Acid Catalyzed Friedel-Crafts Alkylation Reactions of Trifluoro-methyl- α,β -ynones with Indoles / Y. Ikekame, M. Tanayama, T. Yamauchi, K. Higashiyama // *Synlett.* – 2012. – Vol. 23. – P. 2699-2703.
52. Kumar, G. G. K. S. N. Condensation of propargylic alcohols with N-methylcarbazole and carbazole in [bmim]PF₆ ionic liquid; synthesis of novel

- dipropargylic carbazoles using TfOH or $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ as catalyst / K. K. Laali // *Tetrahedron Letters*. – 2013. – Vol. 54. – P. 965-969.
53. Sanz, R. Metal-Free Catalytic Nucleophilic Substitution of Propargylic Alcohols / A. Martinez, J. M. Alvarez-Gutierrez, F. Rodriguez // *Eur. J. Org. Chem.* – 2006. – P. 1383-1386.
54. Sanz, R. Brønsted Acid Catalyzed Alkylation of Indoles with Tertiary Propargylic Alcohols: Scope and Limitations / D. Miguel, A. Martinez, M. Gohain, P. Garcia-Garcia, M. A. Fernandez-Rodriguez, E. Alvarez, F. Rodriguez // *Eur. J. Org. Chem.* – 2010. – P. 7027-7039.
55. Savarimuthu, S. A. Nucleophilic substitution of propargyl alcohols with aliphatic alcohols, aliphatic amines and heterocycles catalyzed by 4-nitrobenzenesulfonic acid: a scalable and metal-free process / D. G. L. Prakash, S. A. Thomas // *Tetrahedron Letters*. – 2014. – № 55. – P. 3213-3217.
56. Gujarathi, S. Amberlite IR-120H as an efficient and versatile solid phase catalyst for nucleophilic substitution of propargylic alcohols / H. P. Hendrickson, G. Zheng // *Tetrahedron Letters*. – 2013. – № 54. – P. 3550-3553.
57. Srihari, P. PMA-Silica Gel Catalyzed Propargylation of Aromatic Compounds with Arylpropargyl Alcohols under Solvent-Free Conditions / J. S. S. Reddy, S. S. Mandal, K. Satyanarayana, J. S. Yadan // *Synthesis*. – 2008. – № 12. – P. 1853-1860.
58. Zhan, Z.-P. A General and Efficient FeCl_3 -Catalyzed Nucleophilic Substitution of Propargylic Alcohols / J.-L. Yu, H.-J. Liu, Y.-Y. Cui, R.-F. Yang, W.-Z. Yang, J.-P. Li // *J. Org. Chem.* – 2006. – № 71. – P. 8298-8301.
59. Yan, W. Iron-Catalyzed C-O Bond Activation for the Synthesis of Propargyl-1,2,3-triazoles and 1,1-Bis-triazoles / Q. Wang, Y. Chen, J. L. Petersen, X. Shi // *Org. Lett.* – 2010. – Vol. 12. – № 15. – P. 3308-3311.
60. Liu, J. Alkylation of Arenes with Benzylic and Propargylic Alcohols - Classical versus Fancy Catalysts / E. Muth, U. Flörke, G. Henkel, K. Merz, J. Sauvageau, E. Schwake, G. Dyker // *Adv. Synth. Catal.* – 2006. – № 348. – P. 456-462.

61. Georgy, M. Gold(III)-Catalyzed Nucleophilic Substitution of Propargylic Alcohols / V. Boucard, J.-M. Campagne // *J. Am. Chem. Soc.* – 2005. – № 127. – P. 14180-14181.
62. Yadan, J. S. Indium(III) Bromide Catalyzed Rapid Propargylation of Heteroaromatic Systems by α -Aryl-Substituted Propargyl Alcohols / B. V. S. Reddy, K. V. R. Rao, G. G. K. S. N. Kumar // *Synthesis*. – 2007. – № 20. – P. 3205-3210.
63. Masuyama, Y. SnCl₂-Catalyzed Propargylic Substitution of Propargylic Alcohols with Carbon and Nitrogen Nucleophiles / M. Hayashi, N. Suzuki // *Eur. J. Org. Chem.* – 2013. – P. 2914-2921.
64. Zhan, Z.-P. BiCl₃-Catalyzed propargylic substitution reaction of propargylic alcohols with C-, O-, S- and N-centered nucleophiles / W.-F. Yang, J.-L. Yu, J.-P. Li, H.-J. Liu // *Chem. Commun.* – 2006. – P. 3352-3354.
65. Gohain, M. Al(OTf)₃: an efficient recyclable catalyst for direct nucleophilic substitution of the hydroxy group of propargylic alcohols with carbon- and heteroatom-centered nucleophiles to construct C-C, C-O, C-N and C-S bonds / C. Marais, B. C. B. Bezuidenhout // *Tetrahedron Letters*. – 2012. – № 53. – P. 1048-1050.
66. Gohain, M. An Al(OTf)₃-catalyzed environmentally benign process for the propargylation of indoles / C. Marais, B. C. B. Bezuidenhout // *Tetrahedron Letters*. – 2012. – № 53. – P. 4704-4707.
67. Ponra, S. Al(OTf)₃-Catalyzed Preparation of 4-Hydroxy-3-propargylic-Coumarins and Subsequent Regioselective Cyclization towards Furo- or Pyrano[3,2-c]coumarins / M. Gohain, J. H. Tonder, B. C. B. Bezuidenhout // *Synlett*. – 2015. – Vol. 26. – P. 745-750.
68. Yadav, J. S. Sc(OTf)₃-catalyzed alkylation of indoles with propargyl alcohols: an expeditious synthesis of 3-substituted indoles / B. V. S. Reddy, K. V. R. Rao, G. G. K. S. N. Kumar // *Tetrahedron Letters*. – 2007. – № 48. – P. 5573-5576.
69. Zhang, L. 3-Alkenylation or 3-Alkylation of Indole with Propargylic Alcohols: Construction of 3,4-Dihydrocyclopenta[b]indole and 1,4-

- Dihydrocyclopenta[b]indole in the Presence of Different Catalysts / Y. Zhu, G. Yin, P. Lu, Y. Wang // *J. Org. Chem.* – 2012. – Vol. 77. – P. 9510-9520.
70. Silveira, C. C. Propargylation of aromatic compounds using $\text{Ce}(\text{OTf})_3$ as catalyst / S. R. Mendes, G. M. Martins // *Tetrahedron Letters.* – 2012. – Vol. 53. – P. 1567-1570.
71. Silveria, C. C. Anhydrous CeCl_3 catalyzed C3-selective propargylation of indoles with tertiary alcohols / S. R. Mendes, L. Wolf, G. M. Martins // *Tetrahedron Letters.* – 2010. – № 51. – P. 4560-4562.
72. Kumar, G. G. K. S. N. Condensation of propargylic alcohols with indoles and carbazole in $[\text{bmim}][\text{PF}_6]/\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$: a simple high yielding propargylation method with recycling and reuse of the ionic liquid / G. Aridoss, K. K. Laali // *Tetrahedron Letters.* – 2012. – Vol. 53. – P. 3066-3069.
73. Aridoss, G. Electrophilic chemistry of propargylic alcohols in imidazolium ionic liquids: Propargylation of arenes and synthesis of propargylic ethers catalyzed by metallic triflates $[\text{Bi}(\text{OTf})_3, \text{Sc}(\text{OTf})_3, \text{Yb}(\text{OTf})_3]$, TfOH , or $\text{B}(\text{C}_6\text{F}_5)_3$ / V. D. Sarca, J. F. Ponder, J. Crowe, K. K. Laali // *Org. Biomol. Chem.* – 2011. – № 9. – P. 2518-2529.
74. Kennedy-Smith, J. J. Rhenium-Catalyzed Aromatic Propargylation / L. A. Young, F. D. Toste // *Org. Lett.* – 2009. – Vol. 6. – № 8. – P. 1325-1327.
75. Bustelo, E. Activation of Mononuclear Arene Ruthenium Complexes for Catalytic Propargylation Directly with Propargyl Alcohols / P. H. Dixneuf // *Adv. Synth. Catal.* – 2007. – № 349. – P. 933-942.
76. Nishibayashi, Y. Propargylation of Aromatic Compounds with Propargylic Alcohols Catalyzed by a Cationic Diruthenium Complex / Y. Inada, M. Yoshikawa, S. Uemura // *Angew. Chem. Int. Ed.* – 2003. – № 42. – P. 1495-1498.
77. Chatterjee, P. N. Propargylic Activation Across a Heterobimetallic Ir-Sn Catalyst: Nucleophilic Substitution and Indene Formation with Propargylic Alcohols / S. Roy // *J. Org. Chem.* – 2010. – № 75. – P. 4413-4423.
78. Kumar, G. G. K. S. N. Facile coupling of propargylic, allylic and benzylic alcohols with allylsilane and alkynylsilane, and their deoxygenation with Et_3SiH ,

- catalyzed by $\text{Bi}(\text{OTf})_3$ in $[\text{BMIM}][\text{BF}_4]$ ionic liquid (IL), with recycling and reuse of the IL / K. K. Laali // *Org. Biomol. Chem.* – 2012. – Vol. 10. – P. 7347-7355.
79. Georgy, M. Gold(III)-catalyzed direct nucleophilic substitution of propargylic alcohols / V. Boucard, O. Debleds, C. D. Zotto, J. Campagne // *Tetrahedron.* – 2009. – Vol. 65. – P. 1758-1766.
80. Weng, S.-S. $\text{PhI}(\text{OCOCF}_3)_2$ -catalyzed nucleophilic substitution of aromatic propargyl alcohols / K.-Y.Hsieh, Z.-J. Zeng // *Tetrahedron.* – 2015. – № 71. – P. 2549-2554.
81. Yadav, J. S. The first example of alkynylation of propargylic alcohols with alkynylsilanes catalyzed by molecular iodine / B. V. S. Reddy, N. Thrimurtulu, N. M. Reddy, A. R. Prasad // *Tetrahedron Lett.* – 2008. – Vol. 49. – P. 2031-2033.
82. Wang, T. Atom-Economical Chemoselective Synthesis of 1,4-Diynes and Polysubstituted Furans/Pyrroles from Propargyl Alcohols and Terminal Alkynes / X. Chen, L. Chen, Z. Zhan // *Org. Lett.* – 2011. – Vol. 13. – P. 3324-3327.
83. Huang, G. Atom-Economical Chemoselective Synthesis of 1,4-Enynes from Terminal Alkenes and Propargylic Alcohols Catalyzed by $\text{Cu}(\text{OTf})_2$ / X. Wang, Y. Pan, H. Wang, G. Yao, Y. Zhang // *J. Org. Chem.* – 2013. – Vol. 78. – P. 2742-2745.
84. Peng, S. Iron-catalyzed ene-type propargylation of diarylethylenes with propargyl Alcohols / L. Wang, J. Wang // *Org. Biomol. Chem.* – 2012. – № 10. – P. 225-228.
85. Maiti, S. Inexpensive and Efficient Synthesis of Propargylic Substituted Active Methylene Compounds Catalyzed by FeCl_3 / S. Biswas, U. Jana // *Synth. Commun.* – 2011. – Vol. 41. – P. 243-254.
86. Chatterjee, P. N. Alkylation of 1,3-dicarbonyl compounds with benzylic and propargylic alcohols using Ir–Sn bimetallic catalyst: synthesis of fully decorated furans and pyrroles / S. Roy // *Tetrahedron.* – 2011. – Vol. 67. – P. 4569- 4577.
87. Teng, Q. TfOH-Catalyzed Reaction of Bispropargyl Alcohols with 1,3-Dicarbonyl Compounds / S. Mo, J. Pan, N. Wu, H. Wang, Y. Pan // *Synthesis.* – 2016. – № 48. – P. 455-461.

88. Song, J. Fe(III)-Catalyzed Intermolecular C(sp²)-C(sp³) Dehydration Coupling Reaction of Ketene Dithioacetals and Propargyl Alcohols: Synthesis of Novel gem-Dialkylthiopenten-4-yne and Further Conversion into Methyl Pent-4-ynoates / Z. Fang, Y. Liu, R. Li, L. Xu, B. Barry, Q. Liu, X. Bi, P. Liao // *Synlett.* – 2011. – Vol. 17. – P. 2551-2554.
89. Madabhushi, S. An efficient and simple method for synthesis of 2,2-disubstituted-2*H*-chromenes by condensation of a phenol with a 1,1-disubstituted propargyl alcohol using BF₃·Et₂O as the catalyst / R. Jullella, K. R. Godala, K. K. R. Mallu, C. R. Beeram, N. Chinthala // *Tetrahedron Letters.* – 2012. – № 53. – P. 5275-5279.
90. Zhang, S. Sulfuric Acid Catalyzed Rapid Nucleophilic Substitution of Propargyl Alcohols / H. Liu // *Chin. J. Org. Chem.* – 2020. – Vol. 40. – P. 1257-1265.
91. Maraval, V. The Intricate Assembling of gem-Diphenylpropargylic Units / C. Duhayon, Y. Coppel, R. Chauvin // *Eur. J. Org. Chem.* – 2008. – P. 5144-5156.
92. Chen, L. Relay Cu(I)/Brønsted Base Catalysis for Phospha-Michael Addition/5-exo-dig Cyclization/Isomerization of in situ Formed aza-Alkynyl o-quinone methides with P(O)-H compounds to C3- Phosphorylated Indoles / X.-Y. Liu, J. Zhang, L. Duan, Z. Wen, H.-L. Nib // *Adv. Synth. Catal.* – 2021. – Vol. 363. – P. 1-8.
93. Li, X. Direct Nucleophilic Substitution of Propargyl Alcohols with Enoxysilanes / H. Liu, S. Zhang // *Chin. J. Org. Chem.* – 2021. – Vol. 41. – P. 407-411.
94. Gangadhararao, G. Brønsted Acid Mediated Alkenylation and Copper-Catalyzed Aerobic Oxidative Ring Expansion/Intramolecular Electrophilic Substitution of Indoles with Propargyl Alcohols: A Novel One-Pot Approach to Cyclopenta[*c*]quinolines / A. Uruvakilli, K. C. S. Kumara // *Org. Lett.* – 2014. – № 16. – P. 6060-6063.

95. Xu, C.-F. Synthesis of Allenes via Gold-Catalyzed Intermolecular Reaction of Propargylic Alcohols and Aromatic Compounds / M. Xu, L.-Q. Ying, C.-Y. Li // *J. Org. Chem.* – 2012. – № 77. – P. 3010-3016.
96. Sen, M. Isolation of Cp*Co^{III}-Alkenyl Intermediate in Efficient Cobalt-Catalyzed C–H Alkenylation with Alkynes / N. Rajesh, B. Emayavaramban, J. R. Premkumar, B. Sundararaju // *Chem. Eur. J.* – 2018. – Vol. 24. – P. 342-346.
97. Jana, S. Zn(OTf)₂-Catalyzed Synthesis of Imidazole-Substituted Allenes / A. Dey, M. Singsardar, A. K. Bagdi, A. Hajra // *J. Org. Chem.* – 2016. – Vol. 81. – P. 9489-9493.
98. Yan, W. Synthesis of allene triazole through iron catalyzed regioselective addition to propargyl alcohols / X. Ye, K. Weise, J. L. Petersen, X. Shi // *Chem. Commun.* – 2012. – № 48. – P. 3521-3523.
99. Huang, K. From 1-Sulfonyl-4-aryl-1,2,3-triazoles to 1-Allenyl-5-aryl-1,2,3-triazoles / G. Sheng, P. Lu, Y. Wang // *J. Org. Chem.* – 2017. – Vol. 82. – P. 5294-5300.
100. Wang, S. Lewis Acid Catalyzed Cascade Reaction to Carbazoles and Naphthalenes via Dehydrative [3 + 3]-Annulation / Z. Chai, Y. Wei, X. Zhu, S. Zhou, S. Wang // *Org. Lett.* – 2014. – № 16. – P. 3592-3595.
101. Zhang, X. Ytterbium(III) Triflate Catalyzed Tandem Friedel-Crafts Alkylation/Hydroarylation of Propargylic Alcohols with Phenols as an Expedient Route to Indenols / W. T. Teo, P. W. H. Chan // *Org. Lett.* – 2009. – Vol. 11. – № 21. – P. 4990-4993.
102. Mothe, S. R. Brønsted Acid-Catalyzed Cycloisomerization of But-2-yne-1,4-diols with or without 1,3-Dicarbonyl Compounds to Tri- and Tetrasubstituted Furans / S. J. L. Luaw, P. Kothandaraman, P. W. H. Chan // *J. Org. Chem.* – 2012. – № 77. – P. 6937-6947.
103. Srinivasarao, Y. In Situ Generation of Allenes and their Application to One-Pot Assembly of Functionalized Fluoreno[3,2-b]furans by Calcium-Catalyzed, Regioselective, 3-Component Reactions / R. Pallava // *Eur. J. Org. Chem.* – 2020. – P. 7243-7251.

104. Li, Q. Iron(III)-Catalyzed Dehydration C(sp²)-C(sp²) Coupling of Tertiary Propargyl Alcohols and α -Oxo Ketene Dithioacetals: A New Route to gem-Bis(alkylthio)-Substituted Vinylallenes / Y. Wang, Z. Fang, P. Liao, B. Barry, G. Che, X. Bi // *Synthesis*. – 2013. – Vol. 45. – P. 609-614.
105. Mao, L. Silver-catalyzed phosphonylation of unprotected propargylic alcohols for the synthesis of allenylphosphoryl compounds / Y. Li, S. Yang // *Org. Chem. Front.* – 2017. – Vol. 4 – P. 608-611.
106. Yang, J. Cadmium(II) Chloride-Catalyzed Dehydrative C-P Coupling of Propargyl Alcohols with Diarylphosphine Oxides to Afford Allenylphosphine Oxides / M. Zhang, K. Qiu, L. Wang, J. Yu, Z. Xia, R. Shen, L. Han // *Adv. Synth. Catal.* – 2017. – Vol. 359. – P. 4417-4426.
107. Hu, G. Copper-Catalyzed Direct Coupling of Unprotected Propargylic Alcohols with P(O)H Compounds: Access to Allenylphosphoryl Compounds under Ligand- and Base-Free Conditions / C. Shan, W. Chen, P. Xu, Y. Gao, Y. Zhao // *Org. Lett.* – 2016. – Vol. 18. – P. 6066-6069.
108. Liu, X.-Y. Copper-catalyzed tandem phosphorylative allenylation/cyclization of 1-(*o*-aminophenyl)prop-2-ynols with the P(O)-H species: access to C2-phosphorylmethylindoles / Y.-X. Zou, H.-L. Ni, J. Zhang, H.-B. Dong, L. Chen // *Org. Chem. Front.* – 2020. – Vol. 7. – P. 980-986.
109. Yin, G. Lewis acid-promoted cascade reaction of primary amine, 2-butynedioate, and propargylic alcohol: a convenient approach to 1,2-dihydropyridines and 1*H*-pyrrolo[3,4-*b*]pyridine-5,7(2*H*,6*H*)-diones / Y. Zhu, N. Wang, P. Lu, Y. Wang // *Tetrahedron*. – 2013. – № 69. – P. 8353-8359.
110. Yin, G. Lewis Acid-Promoted Three-Component Reactions of Propargylic Alcohols with 2-Butynedioates and Secondary Amines / Y. Zhu, Y. Wang // *J. Org. Chem.* – 2011. – № 76. – P. 8922-8929.
111. Muthusamy, S. Atom-Economical Access to Highly Substituted Indenes and Furan-2-ones via Tandem Reaction of Diazo Compounds and Propargyl Alcohols / M. Sivaguru // *Org. Lett.* – 2014. – № 16. – P. 4248-4251.

112. Zhang, H. Regioselective Rapid Synthesis of Fully Substituted 1,2,3-Triazoles Mediated by Propargyl Cations / H. Tanimoto, T. Morimoto, Y. Nishiyama, K. Kakiuchi // *Org. Lett.* – 2013. – Vol. 15. – № 20. – P. 5222-3225.
113. Zhibin, L. Trifluoroborane catalyzed chemoselective synthesis of highly functionalized 1,3-thiazin-2-ylidenes / B. Sangepu, S. Avula, S. R. Narra, V. Anil, K. Imran, X. Yin, L. Bin, X. Jimin // *J. Heterocyclic Chem.* – 2020. – Vol. 57. – P. 3334-3341.
114. Wen, B. Synthesis of 1,4-Naphthoquinone Methides via Acid-Catalyzed Cascade Cyclizations of Benzannulated Enediynyl Alcohols / J. L. Petersen, K. K. Wang // *Org. Lett.* – 2011. – Vol. 13. – № 1. – P. 168-171.
115. Huang, W. Controllable One-Step Synthesis of Spirocycles, Polycycles, and Di- and Tetrahydronaphthalenes from Aryl-Substituted Propargylic Alcohols / P. Zheng, Z. Zhang, R. Liu, Z. Chen, X. Zhou // *J. Org. Chem.* – 2008. – № 73. – P. 6845-6848.
116. Huang, W. One-Step Synthesis of Substituted Dihydro- and Tetrahydroisoquinolines by $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ Catalyzed Intramolecular Friedel-Crafts Reaction of Benzylamino-Substituted Propargylic Alcohols / Q. Shen, J. Wang, X. Zhou // *J. Org. Chem.* – 2008. – № 73. – P. 1586-1589.
117. Mothe, S. R. Silver Triflate Catalyzed Tandem Heterocyclization/Alkynylation of 1-((2-Tosylamino)aryl)but-2-yne-1,4-diols to 2-Alkynyl Indoles / P. Kothandaraman, S. J. L. Lauw, S. M. W. Chin, P. W. H. Chan // *Chem. Eur. J.* – 2012. – № 18. – P. 6133-6137.
118. Shchukin, A. O. Different reactivities of acetylene carbonyl compounds under the catalysis by Bronsted superacids and Lewis acids / A. V. Vasilyev // *Applied Catalysis A: General.* – 2008. – № 336. – P. 140-147.
119. Щукин, А. О. Реакции арилацетиленовых соединений с аренами под действием галогенидов алюминия / А. В. Васильев, Е. В. Гриненко // *Журнал органической химии.* – 2010. – Т. 46. – № 1. – С. 81-97.

120. Zhang, J. Recent Advance of Allylic Alcohol Reagents in Organic Synthesis / J. Liao, Y.-F. Wei, G. Cheng, R. Luo // *Mini-Reviews in Organic Chemistry*. – 2018. – Vol. 15. – № 6. – P. 476-487.
121. Sundararaju, B. Transition metal catalyzed nucleophilic allylic substitution: activation of allylic alcohols via p-allylic species / M. Achard, C. Bruneau // *Chem. Soc. Rev.* – 2012. – Vol. 41. – P. 4467-4483.
122. Butta, N. A. Transition metal-catalyzed allylic substitution reactions with unactivated allylic substrates / W. Zhang // *Chem. Soc. Rev.* – 2015. – Vol. 44. – P. 7929-7967.
123. Fan, G.P. Efficient ZnBr₂-catalyzed reactions of allylic alcohols with indoles, sulfamides and anilines under high-speed vibration milling conditions / Z. Liu, G.W. Wang // *Green Chem.* – 2013. – Vol. 15. – № 6. – P. 1659-1664.
124. Motokura, K. Efficient C-N bond formations catalyzed by a proton-exchanged montmorillonite as a heterogeneous brønsted acid / N. Nakagiri, K. Mori, T. Mizugaki, K. Ebitani, K. Jitsukawa, K. Kaneda // *Org. Lett.* – 2006. – Vol. 8. – № 20. – P. 4617-4620.
125. Motokura, K. Nucleophilic substitution reactions of alcohols with use of montmorillonite catalysts as solid Brønsted acids / N. Nakagiri, T. Mizugaki, K. Ebitani, K. Kaneda // *J. Org. Chem.* – 2007. – Vol. 72. - № 16. – P. 6006-6015.
126. Yamashita, Y. Iridium-catalyzed, asymmetric amination of allylic alcohols activated by Lewis acids / A. Gopalarathnam, J. F. Hartwig // *J. Am. Chem. Soc.* – 2007. – Vol. 129. – № 24. – P. 7508-7509.
127. Ozawa, F. Catalytic C-O bond cleavage of allylic alcohols using diphosphinidene-cyclobutene-coordinated Palladium complexes. A mechanistic study / T. Ishiyama, S. Yamamoto, S. Kawagishi, H. Murakami // *Organometallics*. – 2004. – Vol. 23. - № 8. – P. 1698-1707.
128. Ghosh, R. Palladium-catalyzed amination of allyl alcohols / A. Sarkar // *J. Org. Chem.* – 2011. – Vol. 76. - № 20. – P. 8508-8512.

129. Yang, S. Direct palladium/carboxylic acid-catalyzed allylation of anilines with allylic alcohols in water / Y. Hsu, K. Gan // *Tetrahedron*. – 2006. – Vol. 62. № 17. – P. 3949-3958.
130. Shue, Y. Direct palladium (0)-catalyzed amination of allylic alcohols with aminonaphthalenes / S. Yang, H. Lai // *Tetrahedron Lett.* – 2003. – Vol. 44. - № 7. – P. 1481-1485.
131. Komine, N. Palladium-catalyzed mono-Nallylation of unprotected anthranilic acids with allylic alcohols in aqueous media / A. Sako, S. Hirahara // *J. Org. Chem.* – 2011. – Vol. 76. – № 20. – P. 8433-8439.
132. Ozawa, F. (π -Allyl) palladium complexes bearing diphosphinidene-cyclobutene ligands (DPCB): highly active catalysts for direct conversion of allylic alcohols / H. Okamoto, S. Kawagishi, S. Yamamoto, T. Minami, M. Yoshifuji // *J. Am. Chem. Soc.* – 2002. – Vol. 124. – № 37. – P. 10968-10969.
133. Gumrukcu, Y. Hydrogen-bond-assisted activation of allylic alcohols for Palladium-catalyzed coupling reactions / B. Bruin, J. N. H. Reek // *Chem. Sus. Chem.* – 2014. – Vol. 7. – № 3. – P. 890-896.
134. Yang, H. An efficient molybdenum(VI)-catalyzed direct substitution of allylic alcohols with nitrogen, oxygen, and carbon nucleophiles / L. Fang, M. Zhang, C. Zhu // *Eur. J. Org. Chem.* – 2009. – Vol. 2009. – № 5. – P. 666-672.
135. Tšupova, S. Pd-catalyzed regioselective allylation of mono- and disubstituted hydrazines / U. Mäeorg // *Org. Lett.* – 2013. – Vol. 15. – № 13. – P. 3381-3383.
136. Guo, S. Gold-catalyzed direct amination of allylic alcohols / F. Song, Y. Liu // *Synlett.* – 2007. – Vol. 6. – P. 964-968.
137. Wang, G.W. Phosphotungstic acid catalyzed amidation of alcohols / Y. B. Shen, X. L. Wu // *Eur. J. Org. Chem.* – 2008. – Vol. 25. – P. 4367-4371.
138. Chu, X. Q. One-Pot Synthesis of Allylic Sulfones, Ketosulfones, and Triflyl Allylic Alcohols from Domino Reactions of Allylic Alcohols with Sulfinic Acid under Metal-Free Conditions / H. Meng, X. P. Xu, S. J. Ji // *Chem. Eur. J.* – 2015. – Vol. 21. – P. 11359-11368.

139. Liao, J. Metal-free catalyzed regioselective allylic trifluoromethanesulfonylation of aromatic allylic alcohols with sodium trifluoromethanesulfinate / W. Guo, Z. Zhang, X. Tang, W. Wu, H. Jiang // *J. Org. Chem.* – 2016. – Vol. 81. – № 3. – P. 1304-1309.
140. Hikawa, H. Selective allylation of arenethiols using water-soluble palladium complex catalyst in recyclable water/ hexane biphasic media / Y. Yokoyama // *Chem. Lett.* – 2005. – Vol. 34. – № 2. – P. 246-247.
141. Kayaki, Y. Halide-free dehydrative allylation using allylic alcohols promoted by a palladium-triphenyl phosphite catalyst / T. Koda, T. Ikariya // *J. Org. Chem.* – 2004. – Vol. 69. – № 7. – P. 2595-2597.
142. Miscione, P. Gold(I)-assisted α -allylation of enals and enones with alcohols / A. Bottoni, M. Bandini // *Angew. Chem.* – 2015. – Vol. 127. – № 49. – P. 15098-15102.
143. Rueping, M. Chiral organic contact ion pairs in metal-free catalytic asymmetric allylic substitutions / U. Uria, M.-Y. Lin, I. Atodiresei // *J. Am. Chem. Soc.* – 2011. – Vol. 133. – № 11. – P. 3732-3735.
144. Yang, B. Nickel-catalyzed cross-coupling of allyl alcohols with aryl-or alkenylzinc reagents / Z. X. Wang // *J. Org. Chem.* – 2017. – Vol. 82. – № 9. – P. 4542-4549.
145. Kang, K. Palladium-catalyzed dehydrative cross-coupling of allylic alcohols and N-heterocycles promoted by a bicyclic bridgehead phosphoramidite ligand and an acid additive / J. Kim, A. Lee, W. Y. Kim, H. Kim // *Org. Lett.* – 2016. – Vol. 18. – № 3. – P. 616-619.
146. Suzuki, Y. Intramolecular Tsuji-Trost-type allylation of carboxylic acids: Asymmetric synthesis of highly π -allyl donative lactones / T. Seki, S. Tanaka, M. Kitamura // *J. Am. Chem. Soc.* – 2015. – Vol. 137. – № 30. – P. 9539-9542.
147. Kayaki, Y. A highly effective (Triphenyl phosphite) palladium catalyst for a cross-coupling reaction of allylic alcohols with organoboronic acids / T. Koda, T. Ikariya // *Eur. J. Org. Chem.* – 2004. – Vol. 2004. – № 24. – P. 4989-4993.

148. Yadav, J.S. Copper (II)- catalyzed allylation of propargylic and allylic alcohols by allylsilanes: A facile synthesis of 1,5-enynes / B. V. S. Reddy, T. S. Rao, K. V. R. Rao // *Tetrahedron Lett.* – 2008. – Vol. 49. – № 4. – P. 614-618.
149. Kaur, G. Bis(fluorosulfonyl)imide: A Brønsted acid catalyst for the coupling of allylic and benzylic alcohols with allyltrimethylsilane / M. Kaushik, S. Trehan // *Tetrahedron Letters.* – 1997. – Vol. 38. – P. 2521-2524.
150. Gumrukcu, Y. Dehydrative cross-coupling reactions of allylic alcohols with olefins / B. de Bruin, J. N. H. Reek // *Chem. Eur. J.* – 2014. – Vol. 20. – № 35. – P. 10905-10909.
151. Krautwald, S. Enantio- and diastereodivergent dual catalysis: α -allylation of branched aldehydes / D. Sarlah, M. Schafroth, E. M. Carreira // *Science.* – 2013. – Vol. 340. – № 6. – P. 1065-1068.
152. Mo, X. Dual catalysis using boronic acid and chiral amine: acyclic quaternary carbons via enantioselective alkylation of branched aldehydes with allylic alcohols / D. G. Hall // *J. Am. Chem. Soc.* – 2016. – Vol. 138. – № 34. – P. 10762-10765.
153. Huo, X. Palladium-catalyzed allylic alkylation of simple ketones with allylic alcohols and its mechanistic study / G. Yang, D. Liu, Y. Liu, I. D. Gridnev, W. Zhang // *Angew. Chem., Int. Ed.* – 2014. – Vol. 53. – № 26. – P. 6776-6780.
154. Zhou, H. Brønsted acid accelerated Pd-catalyzed direct asymmetric allylic alkylation of azlactones with simple allylic alcohols: A practical access to quaternary allylic amino acid derivatives / H. Yang, M. Liu, C. Xia, G. Jiang // *Org. Lett.* – 2014. – Vol. 16. – № 20. – P. 5350-5353.
155. Yasuda, M. Direct carbon-carbon bond formation from alcohols and active methylenes, alkoxyketones, or indoles catalyzed by indium trichloride / T. Somyo, A. Baba // *Angew. Chem., Int. Ed.* – 2006. – Vol. 45. – № 5. – P. 793-796.
156. Huang, W. An efficient Yb(OTf)₃ catalyzed alkylation of 1, 3-dicarbonyl compounds using alcohols as substrates / J. Wang, Q. Shen, X. Zhou // *Tetrahedron Lett.* – 2007. – Vol. 48. – № 23. – P. 3969-3973.
157. Huang, W. Yb(OTf)₃-catalyzed propargylation and allenylation of 1, 3-dicarbonyl derivatives with propargylic alcohols: One-pot synthesis of multi-

- substituted furocoumarin / J. Wang, Q. Shen, X. Zhou // *Tetrahedron*. – 2007. – Vol. 63. – № 47. – P. 11636-11643.
158. Liu, P.N. The Lewis acidic rutheniumcomplex- catalyzed addition of β -diketones to alcohols and styrenes is in fact Brønsted acid catalyzed / Z. Y. Zhou, C. P. Lau // *Chem. Eur. J.* – 2007. – Vol. 13. – № 30. – P. 8610-8619.
159. Jana, U. An FeCl₃-catalyzed highly C3- selective Friedel-Crafts alkylation of indoles with alcohols / S. Maiti, S. Biswas // *Tetrahedron Lett.* – 2007. – Vol. 48. – № 40. – P. 7160-7163.
160. Shirakawa, S. Surfactant-type Brønsted acid catalyzed dehydrative nucleophilic substitutions of alcohols in water / S. Kobayashi // *Org. Lett.* – 2007. – Vol. 9. – № 2. – P. 311-314.
161. Yadav, J. S. Phosphomolybdic acidsupported silica gel as efficient and cost-effective solid acid for the benzylation of indoles with benzylic alcohols / B. V. S. Reddy, A. S. Reddy // *J. Mol. Catal. A: Chem.* – 2008. – Vol. 280. – P. 219-223.
162. Kumar, G. S. Ruthenium-catalyzed, site-selective C-H allylation of indoles with allyl alcohols as coupling partners / M. Kapur // *Org. Lett.* – 2016. – Vol. 18. – № 5. – P. 1112-1115.
163. Zaitsev, A. B. Fast, efficient Ru(IV)-catalysed regioselective allylation of indoles using allyl alcohol (without additives) under mild conditions / S. Gruber, P. S. Pregosin // *Chem. Commun.* – 2007. – Vol. 44. – P. 4692-4693.
164. Zaitsev, A. B. Fast and highly regioselective allylation of indole and pyrrole compounds by allyl alcohols using Rusulfonate catalysts / S. Gruber, P. A. Plüss, P. S. Pregosin, L. F. Veiros, M. Wörle // *J. Am. Chem. Soc.* – 2008. – Vol. 130. – № 35. – P. 11604-11605.
165. Trost, B.M. Palladium-catalyzed enantioselective C-3 allylation of 3-substituted-1 H-indoles using trialkylboranes / J. Quancard // *J. Am. Chem. Soc.* – 2006. – Vol. 128. – № 19. – P. 6314-6315.
166. Suzuki, Y. Dehydrative direct C-H allylation with allylic alcohols under [Cp*Co^{III}] catalysis / B. Sun, K. Sakata, T. Yoshino, S. Matsunaga, M. Kanai // *Angew. Chem., Int. Ed.* – 2015. – Vol. 54. – № 34. – P. 9944-9947.

167. Bras, J. L. Brønsted-acid-catalyzed coupling of electron-rich arenes with substituted allylic and secondary benzylic alcohols / J. Muzart // *Tetrahedron*. – 2007. – Vol. 63. – № 33. – P. 7942-7948.
168. Jansen, M. P. Solvolysis of 2-(trifluoromethyl)-2-propyl trifluoromethanesulfonate. Solvent, salt, and β -deuterium isotope effects. Substituent effect of a strongly deactivating group and rate-limiting solvent-assisted elimination / K. M. Koshy, N. N. Mangru, T. T. Tidwell // *J. Am. Chem. Soc.* – 1981. – Vol. 103. – P. 3863-3867.
169. Koshy, K. M. Solvolytic reactivity of α -trifluoromethylcarbinyl sulfonates. Correlation of rate retardation by electron-withdrawing substituents and solvent participation in tertiary substrates / T. T. Tidwell // *J. Am. Chem. Soc.* – 1980. – Vol. 102. – P. 1216-1218.
170. Liu, K. T. Solvolytic studies of the highly deactivated 1-aryl-1-(trifluoromethyl)ethyl tosylates / M. Y. Kuo, C. F. Sheu // *J. Am. Chem. Soc.* – 1982. – Vol. 104. – P. 211-215.
171. Allen, A. D. Solvolysis of 1-aryl-2,2,2-trifluoroethyl sulfonates. Kinetic and stereochemical effects in the generation of highly electron-deficient carbocations / I. C. Ambidge, C. Che, H. Micheal, R. J. Muir, T. Tidwell // *J. Am. Chem. Soc.* – 1983. – Vol. 105. – P. 2343-2350.
172. Allen, A. D. CF_3 -substituted carbocations: underexploited intermediates with great potential in modern synthetic chemistry / R. Girdhar, M. P. Jansen, J. D. Mayo, T. T. Tidwell // *J. Org. Chem.* – 1986. – Vol. 51. – P. 1324-1329.
173. Liu, K.-T. Solvolytic studies of the highly crowded 1-aryl-1-phenyl-1-(trifluoromethyl)methyl bromide and tosylates / M.-Y. Kuo // *Tetrahedron Lett.* – 1985. – Vol. 26. – P. 355-358.
174. Poulter, C. D. Prenyltransferase. The mechanism of the reaction / D. M. Satterwhite, H. C. Rilling // *J. Am. Chem. Soc.* – 1976. – Vol. 98. – P. 3376-3377.
175. Poulter, C. D. The prenyl transfer reaction. Enzymic and mechanistic studies of the 1'-4 coupling reaction in the terpene biosynthetic pathway / H. C. Rilling // *Acc. Chem. Res.* – 1978. – Vol. 11. – P. 307-313.

176. Prakash, G. K. S. Preparation, ^{13}C NMR and IGLO/DFT studies of trifluoromethyl substituted allyl cations / S. Kantamani, V. P. Reddy, G. Rasul // *Res. Chem. Intermed.* – 1996. – Vol. 22. – P. 717-724.
177. Gassman, P. G. Synthesis of perfluoroalkylated indenenes / J. A. Ray, P. G. Wenthold, J. W. Mickelson // *J. Org. Chem.* – 1991. – Vol. 56. – № 17. – P. 5143-5146.
178. Martynov, M. Yu. Acid-promoted cyclization of 2,4-diaryl-1,1,1-trifluorobut-3-en-2-oles and their TMS-ethers into CF_3 -indenenes / R. O. Iakovenko, A. N. Kazakova, I. A. Boyarskaya, A. V. Vasilyev // *Org. Biomol. Chem.* – 2017. – Vol. 15. – P. 2541-2550.
179. Iakovenko, R. O. Synthesis of various arylated trifluoromethyl substituted indanes and indenenes, and study of their biological activity / A. Chicca, D. Nieri, I. Reynoso-Moreno, J. Gertsch, M. Krasavin, A. V. Vasilyev // *Tetrahedron*. 2019. – Vol. 75. – P. 624-632.
180. Kazakova, A. N. Brominated CF_3 -allyl alcohols as multicentered electrophiles in TfOH promoted reactions with arenes / R. O. Iakovenko, I. A. Boyarskaya, A. Yu. Ivanov, M. S. Avdontceva, A. A. Zolotarev, T. L. Panikorovsky, G. L. Starova, V. G. Nenajdenko, A. V. Vasilyev // *Org. Chem. Front.* – 2017. – Vol. 4. – P. 255-265.
181. Radix-Large, S. Trifluoromethylated Vinylic and Aromatic Compounds from α -(Trifluoro-methyl)allyl Alcohols / S. Kucharski, B. R. Langlois // *Synthesis*. – 2004. – Vol. 3. – P. 456-465.
182. Liu, X. Efficient synthesis of trifluoromethylated cyclopentadienes/fulvenes/norbornenes from divinyl ketones / X. Xu, L. Pan, Q. Zhang, Q. Liu // *Org. Biomol. Chem.* – 2013. – Vol. 11. – P. 6703-6706.
183. Kazakova, A. N. Trifluoromethylated allyl alcohols: acid-promoted reactions with arenes and unusual ‘dimerization’ / R. O. Iakovenko, V. M. Muzalevskiy, I. A. Boyarskaya, M. S. Avdontceva, G. L. Starova, A. V. Vasilyev, V. G. Nenajdenko // *Tetrahedron Letters*. – 2014. – Vol. 55. – P. 6851-6855.

184. Kazakova, A. N. Acid Promoted Reaction of Trifluoromethylated Allyl Alcohols with Arenes. Stereoselective Synthesis of CF₃-Alkenes and CF₃-Indanes / R. O. Iakovenko, I. A. Boyarskaya, V. G. Nenajdenko, A. V. Vasilyev // *J. Org. Chem.* – 2015. – Vol. 80. – № 19. – P. 9506-9517.
185. Nursahedova, S. K. HUSY zeolite-promoted reactions of trifluoromethylated propargyl alcohols with arenes: synthesis of CF₃-indenes and DFT study of intermediate carbocations / A. V. Zerov, I. A. Boyarskaya, E. V. Grinenko, V. G. Nenajdenko, A. V. Vasilyev // *Org. Biomol. Chem.* – 2019. – Vol. 17. – P. 1215-1224.
186. Noël, F. Catalytic Synthesis of Trifluoromethylated Allenes, Indenes, Chromenes, and Olefins from Propargylic Alcohols in HFIP / V. D. Vuković, J. Yi, E. Richmond, P. Kravljanić, J. Moran // *J. Org. Chem.* – 2019. – Vol. 84. – P. 15926–15947.
187. Sasaki, S. Brønsted Acid Catalyzed Friedel-Crafts Alkylation Reactions of Trifluoromethyl- α,β -ynones with Indoles / Y. Ikekame, M. Tanayama, T. Yamauchi, K. Higashiyama // *Synlett.* – 2012. – Vol. 23. – № 18. – P. 2699-2703.
188. Madabhushi, S. An efficient and simple method for synthesis of 2,2-disubstituted-2H-chromenes by condensation of a phenol with a 1,1-disubstituted propargyl alcohol using BF₃·Et₂O as the catalyst / R. Jillella, K. R. Godala, K. K. R. Mallu, C. R. Beeram, N. Chinthala // *Tetrahedron Letters.* – 2012. – Vol. 53. – P. 5275-5279.
189. Zerov, A. V. Reactions of 1,5-diaryl-3-(trifluoromethyl)pent-1-en-4-yn-3-yl cations with benzene in TfOH. Synthesis of CF₃-“helicopter”-like molecules / G. L. Starova, V. V. Suslonov, O. V. Khoroshilova, A. V. Vasilyev // *Organic Letters.* – 2018. – Vol. 20. – № 3. – P. 784-787.
190. Zerov, A. V. TfOH-promoted reactions of 2,4-diaryl-1,1,1-trifluorobut-3-yn-2-oles with arenes: synthesis of 1,3-diaryl-1-CF₃-indenes and versatility of reaction mechanisms / A. N. Kazakova, I. A. Boyarskaya, T. L. Panikorovskii, V. V. Suslonov, O. V. Khoroshilova, A. V. Vasilyev // *Molecules.* – 2018. – Vol. 23. – № 12. – P. 3079-3100.

191. Zerov, A. V. TfOH-promoted transformations of TMS-ethers of diarylsubstituted CF₃-allyl alcohols with arenes into CF₃-indanes / A. A. Bulova, O. V. Khoroshilova, A. V. Vasilyev // *Organic Chemistry Frontiers*. – 2019. – Vol. 6. – P. 3264-3268.
192. Zerov, A. V. TfOH-promoted reactions of TMS-ethers of CF₃-pentenynols with arenes. Synthesis of CF₃-substituted pentenynes, indenenes, and other carbocyclic structures / I. A. Boyarskaya, O. V. Khoroshilova, I. N. Lavrentieva, A. V. Slita, E. O. Sinegubova, V. V. Zarubaev, A. V. Vasilyev // *Journal of Organic Chemistry*. – 2021. – Vol. 86. – № 2. – P. 1489-1504.
193. Зеров, А. В. Реакции ТМС-эфиров 1,5-диарил-3-(трифторметил)пент-1-ен-4-ин-3-илов в Присутствии CF₃SO₃H / А. В. Васильев // Сборник тезисов докладов V Всероссийская конференция с международным участием по органической химии (Владикавказ, Северная Осетия, 10-14 сентября 2018 г.) - Северо-Осетинский Государственный Университет, 2018. – С. 332.
194. Prakash, G. K. S. Perfluoroalkylation with Organosilicon Reagents / A. K. Yudin // *Chem. Rev.* – 1997. – № 97. – P. 757-786.
195. Armarego, W. L. F. *Purification of Laboratory Chemicals* // Elsevier. – 2017.
196. Sheldrick, G. M. A short history of SHELX / G. M. Sheldrick // *Acta Crystallographica Section C*. – 2008. – Vol. 64. – № 1. – P. 112-122.
197. Wang, H. Modulation of Silver-Titania Nanoparticles on PolymethylhydroSiloxane-based Semi-Interpenetrating Networks for Catalytic Alkynylation of Trifluoromethyl Ketones and Apomatic Aldehydes in Water / K.-F. Yang, L. Li, Y. Bai, Z.-J. Zheng, W.-Q. Zhang, Z.-W. Gao, L.-W. Xu // *ChemCatChem*. – 2014. – Vol. 6. – № 2. – P. 580-591.
198. Correia, C. A. Copper (I)/N-Heterocyclic Carbene (NHC)-Catalyzed Addition of Terminal Alkynes to Trifluoromethyl Ketones for Use in Continuous Reactors / D. T. McQuade, P. H. Seeberger // *Adv. Synth. Catal.* – 2013. – № 355. – P. 3517-3521.

199. Motoki, R. Copper(I) Alkoxide-Catalyzed Alkynylation of Trifluoromethyl Ketones / M. Kanai, M. Shibasaki // *Org. Lett.* – 2007. – Vol. 9. – № 16. – P. 2997-3000.
200. Zhang, G.-W. Catalytic Enantioselective Alkynylation of Trifluoromethyl Ketones: Pronounced Metal Fluoride Effects and Implications of Zinc-to-Titanium Transmetalation / W. Meng, H. Ma, J. Nie, W.-Q. Zhang, J.-A. Ma // *Angew. Chem. Int. Ed.* – 2011. – № 50. – P. 3538-3542.
201. Wang, L. A ligand-free strategy for the copper-catalysed direct alkynylation of trifluoromethyl ketones / N. Liu, B. Dai, X. Ma, L. Shi // *RSC Adv.* – 2015. – № 5. – P. 10089-10093.