

На правах рукописи

ЗОНОВ

Ярослав Викторович

**СИНТЕЗ И ПРЕВРАЩЕНИЯ
КАРБОНИЛЬНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ПЕРФТОРИРОВАННЫХ
БЕНЗОЦИКЛОАЛКЕНОВ И АЛКИЛБЕНЗОЦИКЛОАЛКЕНОВ
В СИСТЕМАХ, СОДЕРЖАЩИХ ПЯТИФТОРИСТУЮ СУРЬМУ**

(02.00.03 – Органическая химия)

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата химических наук

Новосибирск – 2008 г

Работа выполнена в Новосибирском институте органической химии
им. Н.Н. Ворожцова СО РАН

| | |
|-----------------------|---|
| Научный руководитель | доктор химических наук, старший научный сотрудник Карпов В.М. |
| Официальные оппоненты | доктор химических наук, профессор Бородкин Г.И. кандидат химических наук, доцент Колтунов К.Ю. |
| Ведущая организация | Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН, г. Москва |

Защита состоится " 10 " октября 2008 года в 14⁰⁰ часов на заседании
диссертационного совета Д 003.049.01 при Новосибирском институте
органической химии им. Н.Н. Ворожцова СО РАН – 630090, г. Новосибирск,
проспект Академика Лаврентьева, 9

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Новосибирского
института органической химии им. Н.Н. Ворожцова СО РАН

Автореферат разослан " " июля 2008 года

Ученый секретарь диссертационного совета

доктор химических наук

Т.Д. Петрова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Химия фторорганических соединений начала интенсивно развиваться с середины прошлого века. К настоящему времени фторсодержащие органические продукты благодаря их уникальным свойствам нашли широкое применение в науке, технике, медицине, сельском хозяйстве и других областях деятельности человека. Важным классом фторорганических соединений являются полифторарены. Соединения такого типа, в том числе содержащие алициклический фрагмент, конденсированный с ароматическим кольцом, изучаются в НИОХ СО РАН. В ходе исследований этих соединений были обнаружены и изучены неизвестные ранее для перфторуглеродов карбокатионоидные перегруппировки перфторированных бензоциклоалкенов (бензоциклобутен, индан, тетралин) и их перфторалкил- и перфторарил-производных в реакциях с кислотами Льюиса. Подобные трансформации полифторбензоциклоалкенов, содержащих карбонильную группу, не были известны. Следует отметить, что карбонильные производные некоторых перфторбензоциклоалкенов и практически всех перфторалкилбензоциклоалкенов не были описаны в литературе, а для известных кетонов методы синтеза из доступных в препаративных количествах перфторированных бензоциклоалкенов имели существенные недостатки.

В связи с этим поиск новых методов синтеза карбонильных производных полифторбензоциклоалкенов и изучение их поведения в кислотных системах является актуальной задачей, направленной на получение принципиально новой информации фундаментального характера о свойствах этих соединений, что, в конечном итоге, может способствовать развитию теоретических представлений органической химии, а также расширению возможностей направленного синтеза фторорганических соединений.

Целью работы является разработка новых методов синтеза карбонильных производных из перфторированных бензоциклоалкенов и алкилбензоциклоалкенов, а также изучение поведения карбонильных производных полифтор-

бензоциклоалкенов в электрофильных системах, содержащих пятифтористую сурьму, с целью выяснения возможности их карбокатионоидных скелетных превращений и установления закономерностей этих реакций.

Научная новизна и практическая ценность. В результате проведенного исследования разработан новый эффективный способ получения карбонильных производных полифторбензоциклоалкенов, основанный на реакции перфторбензоциклоалкенов и их перфторалкилпроизводных с CF_3COOH или SiO_2 в среде пятифтористой сурьмы.

Обнаружены и изучены неизвестные для перфторкетонов карбокатионоидные скелетные превращения карбонильных производных полифторбензоциклоалкенов, протекающие в системах, содержащих пятифтористую сурьму. Показано, что поведение кетонов зависит от размера карбонилсодержащего цикла, а также от наличия и расположения в нем перфторалкильной группы. На основе этих реакций найдены новые подходы к синтезу различных полифторированных кислородсодержащих соединений (фталиды, изохромен-1-оны, изохроман-1-оны, *орто*-алкил- и *орто*-алкенилбензойные кислоты).

Впервые показано, что при нагревании перфторароматических соединений в системе HF/SbF_5 карбонильная группа, связанная с ароматическим кольцом, превращается в дифторметиленовую.

Апробация работы. Материалы диссертации были представлены на 7-й Всероссийской конференции “Химия фтора” (Москва, 2006 г) и на Всероссийской научной конференции “Современные проблемы органической химии” (Новосибирск, 2007 г).

Публикации. По теме диссертации опубликованы 6 статей и тезисы 2 докладов.

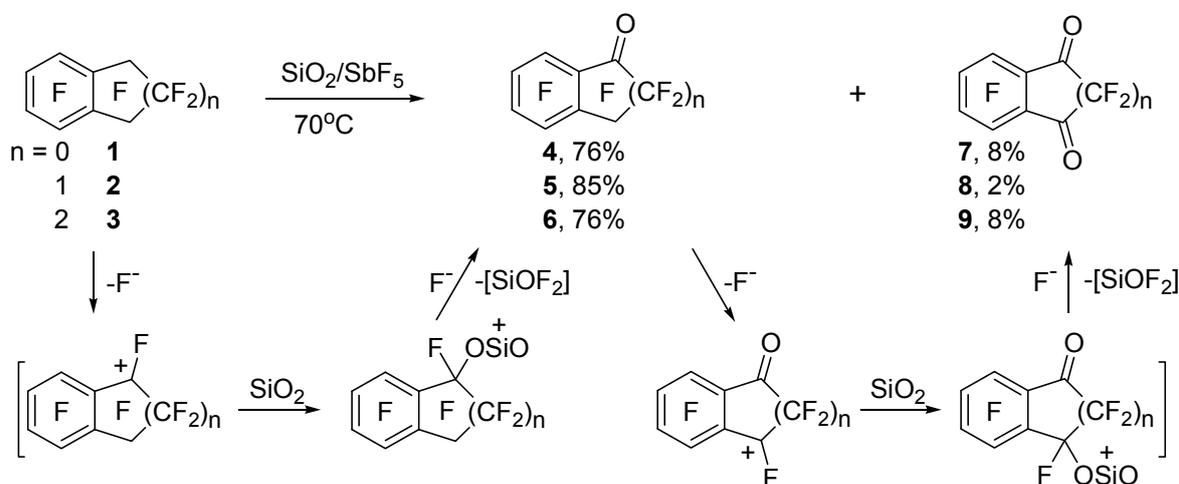
Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения (5 стр.), двух глав обзора литературы (44 стр.), трех глав (72 стр.), посвященных обсуждению полученных результатов, экспериментальной части (37 стр.), выводов и списка литературы, включающего 105 наименований. Диссертация изложена на 178 страницах и содержит 10 таблиц и 2 рисунка.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 06-03-32170).

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. Получение карбонильных производных полифторбензоциклоалкенов в системах, содержащих пятифтористую сурьму

Найдено, что при взаимодействии перфторированных бензоциклобутена (1), индана (2) и тетралина (3) с SiO_2^* в среде SbF_5 (мольное соотношение бензоциклоалкен: SiO_2 : $\text{SbF}_5 = 1:0.9:1.5$) при 70°C образуются преимущественно соответствующие бензоциклоалкен-1-оны 4-6 наряду с небольшим количеством дикарбонильных производных 7-9. Образование кетонов, по-видимому, может быть представлено как результат взаимодействия первоначально генерируемых перфторбензоциклоалкен-1-ильных и перфторбензоциклоалкенон-1-ильных катионов с SiO_2 по схеме:



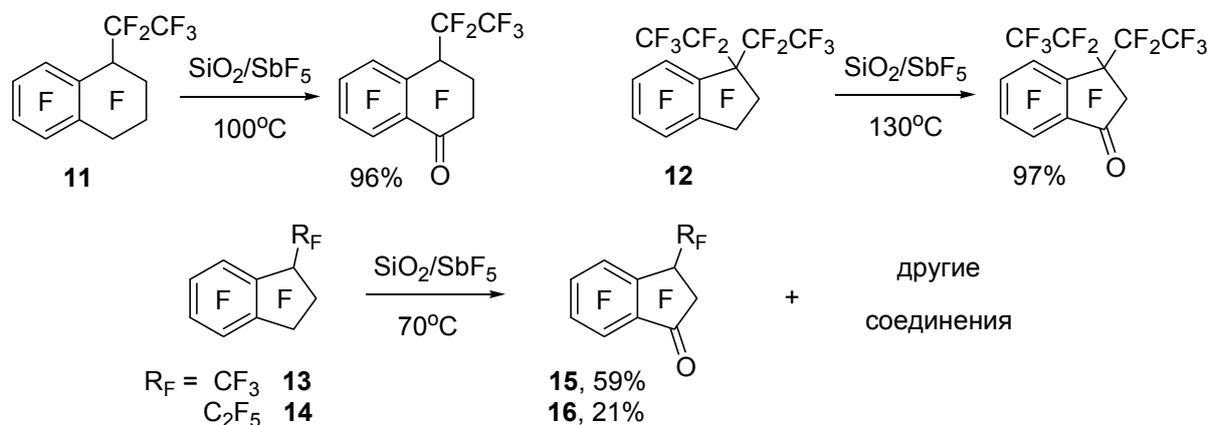
Селективность данной реакции может быть объяснена тем фактом, что кетоны 4-6 дают с пятифтористой сурьмой катионоидные комплексы, образование которых зафиксировано с помощью спектроскопии ЯМР ^{19}F .

Взаимодействие бензоциклобутена 1 при 70°C и тетралина 3 при 120°C с большим количеством $\text{SiO}_2/\text{SbF}_5$ приводит к соответствующим дикарбониль-

* Использовали силикагель марки Л 40/100, прокаленный при 450°C .

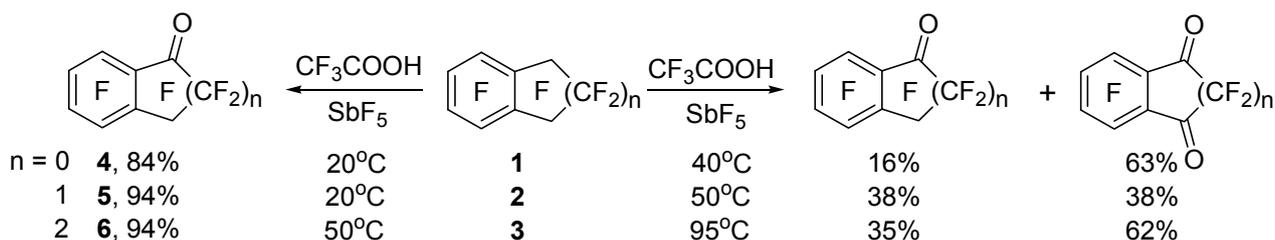
ным производным **7** и **9** с выходом ~85%, в то время как из индана **37** перфториндан-1,3-дион (**8**) может быть получен лишь в смеси с перфториндан-1-оном (**5**) и 3-гидроксиперфтор-3-метилфталидом (**10**).

Перфтор-1-этилтетралин (**11**) и перфтор-1,1-диэтилиндан (**12**) в реакции с $\text{SiO}_2/\text{SbF}_5$ гладко дают монокарбонильные производные. В отличие от этого при взаимодействии перфторированных 1-метил- (**13**) и 1-этилинданов (**14**) с $\text{SiO}_2/\text{SbF}_5$ при 70°C соответствующие алкилинданоны **15** и **16** получаются лишь в смеси с исходным соединением и продуктами их дальнейших превращений.

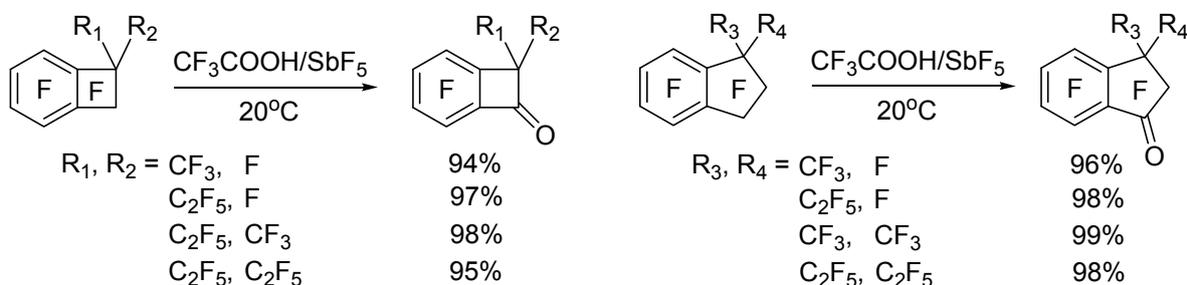


В связи с этим для синтеза кетонов **15**, **16** и других карбонильных производных полифторбензоциклоалкенов, необходимых для изучения катионоидных скелетных перегруппировок, вместо SiO_2 в качестве источника нуклеофильного кислорода были испытаны тетрафторпропанол, уксусная и трифторуксусная кислоты. На примере реакции с перфторинданом (**2**) показана наибольшая эффективность системы $\text{CF}_3\text{COOH}/\text{SbF}_5$.

Перфторбензоциклоалкены **1-3** при взаимодействии с $\text{CF}_3\text{COOH}/\text{SbF}_5$ дают монокарбонильные производные **4-6** с высоким выходом, а в более жестких условиях образуются смеси соответствующих моно- и дикетонов.

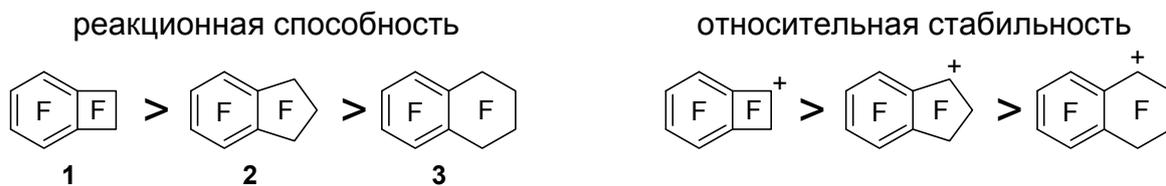


Различные перфторированные 1-алкил- и 1,1-диалкилзамещенные бензоциклобутены и инданы в реакции с CF_3COOH в присутствии пятифтористой сурьмы при комнатной температуре гладко превращаются в соответствующие бензоциклоалкен-1-оны.



Перфторированные 4- и 5-метилинданы реагируют с $\text{CF}_3\text{COOH}/\text{SbF}_5$ при 50°C , давая соответственно перфтор-4- и -6-метилиндан-1-оны с выходом 92%.

Методом конкурентных реакций установлено, что реакционная способность перфторбензоциклоалкенов **1-3** при взаимодействии как с $\text{SiO}_2/\text{SbF}_5$, так и с $\text{CF}_3\text{COOH}/\text{SbF}_5$ зависит от размера алициклического фрагмента молекулы субстрата и понижается при переходе от бензоциклобутена **1** к индану **2** и затем к тетралину **3**.



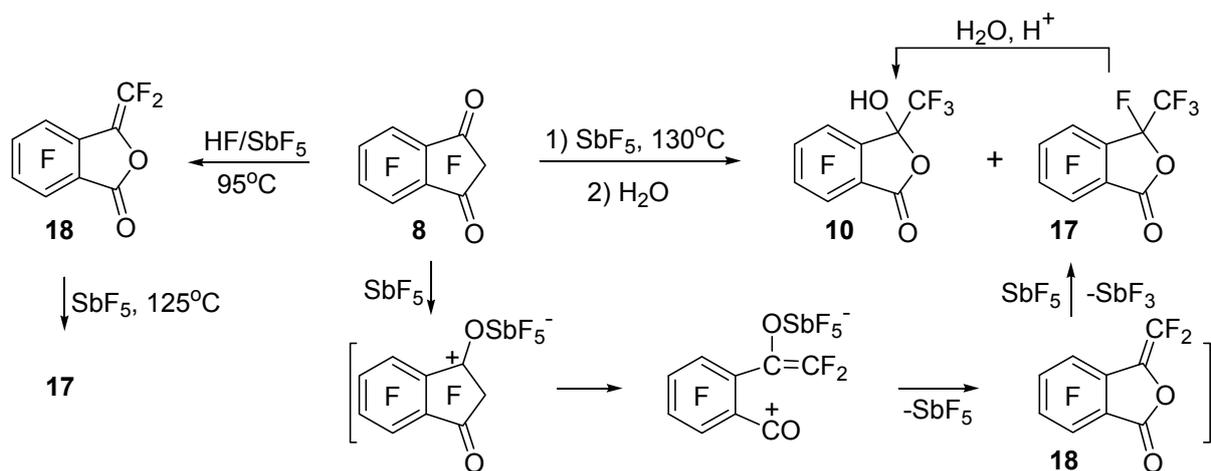
Данная последовательность согласуется с рядом уменьшения относительной стабильности соответствующих перфторбензоциклоалкен-1-ильных катионов, генерация которых под действием SbF_5 , по-видимому, происходит на первой стадии реакции.

2. Превращения карбонильных производных полифторбензоциклоалкенов в кислотных системах

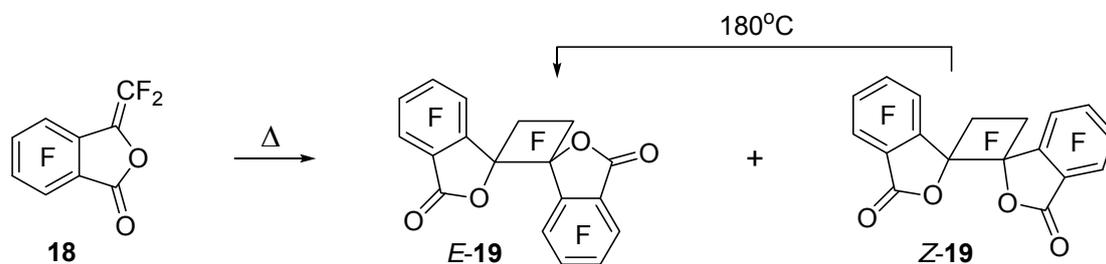
Карбонильные производные полифторбензоциклоалкенов могут претерпевать катионоидные скелетные превращения. Так, при нагревании

перфториндандиона **8** с пятифтористой сурьмой при 130°C после гидролиза реакционной массы получается смесь перфтор-3-метилфталида (**17**) и гидроксифталида **10**. Данное превращение, вероятно, протекает путем раскрытия пятичленного цикла в комплексе кетона **8** со SbF₅ и последующей циклизации с образованием перфтор-3-метилфталида (**18**), который затем фторируется до метилфталида **17**. Последний при гидролизе частично превращается в продукт **10**.

Зафиксировать промежуточное образование метилфталида **18** в реакции индандиона **8** со SbF₅ не удастся. В то же время в среде HF/SbF₅ при 95°C дикетон **8** гладко изомеризуется в соединение **18**. Последнее при нагревании со SbF₅ при 125°C фторируется, давая фталид **17**.

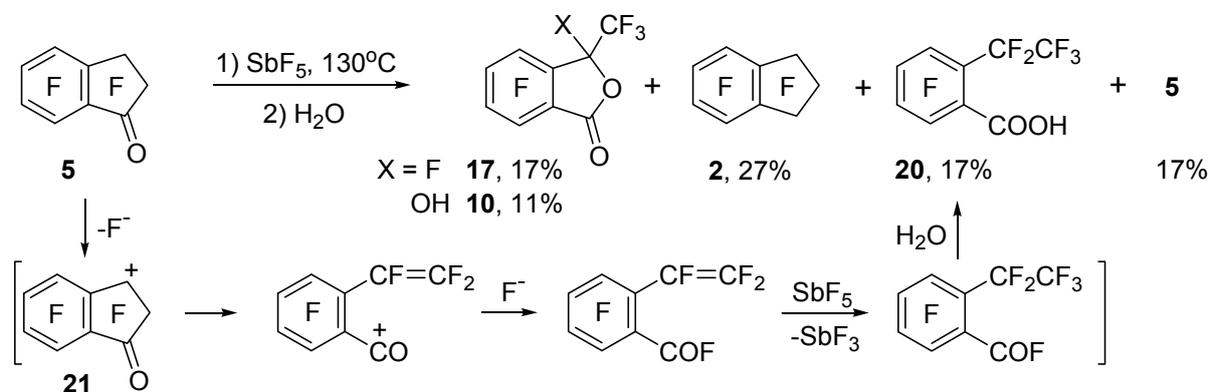


В отсутствие растворителя продукт **18** циклодимеризуется, превращаясь в перфтордиспиро[фталид-3,1'-циклобутан-2',3''-фталид] (**19**) в виде смеси *E*- и *Z*-изомеров. При 180°C *Z*-изомер превращается в *E*-изомер.



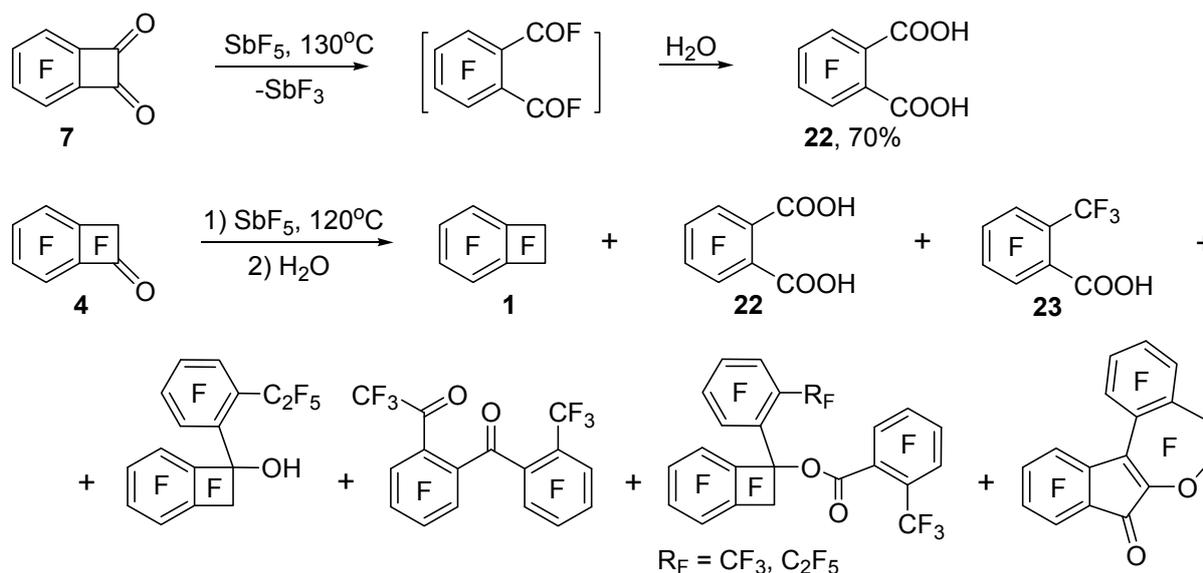
Взаимодействие инданона **5** с пятифтористой сурьмой при 130°C и последующий гидролиз реакционной массы приводят к смеси перфтор-2-этилбензойной кислоты (**20**), индана **2** и фталидов **10** и **17**. Кислота **20** является

продуктом раскрытия пятичленного цикла кетона **5** под действием SbF_5 , которое, по-видимому, протекает в генерируемом из него катионе **21** по приведенной ниже схеме:



Образование продуктов **2**, **10** и **17** в реакции инданона **5** со SbF_5 можно объяснить диспропорционированием кетона **5** на индан **2** и дикетон **8**, последний в условиях реакции дает продукты **10** и **17**.

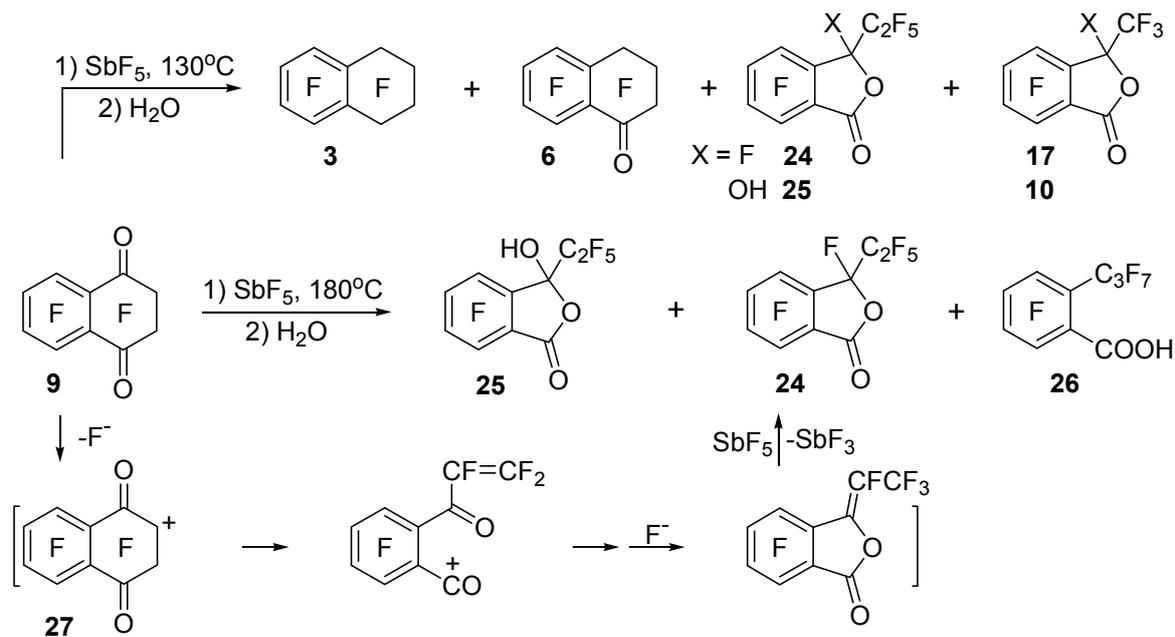
Карбонильные производные других перфторбензоциклоалкенов также претерпевают скелетные превращения под действием SbF_5 . Так, в бензоциклобутендионе **7** при 130°C происходит раскрытие четырехчленного цикла с образованием после гидролиза тетрафторфталевой кислоты (**22**).



Перфторбензоциклобутенон (**4**) при нагревании с пятифтористой сурьмой при 120°C , по-видимому, подвергается диспропорционированию подобно инданону **5**, в пользу чего свидетельствует наличие бензоциклобутена **1** и фталевой кислоты **22** среди продуктов реакции. Кроме них в реакционной

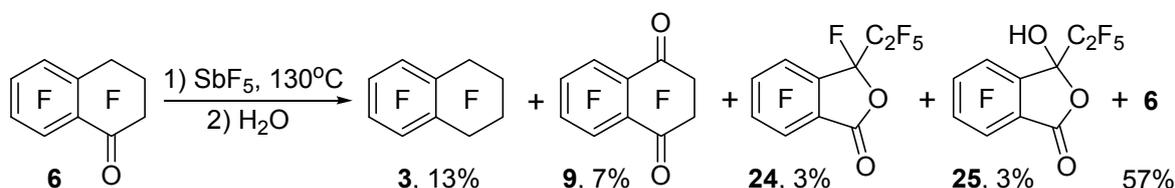
смеси присутствует перфтор-2-метилбензойная кислота (**23**) наряду с продуктами с бóльшим, чем в исходном кетоне, числом атомов углерода. В диссертации обсуждаются вероятные пути происходящих превращений.

Перфтортетралин-1,4-дион (**9**) при взаимодействии со SbF_5 при 130°C после обработки реакционной массы водой дает смесь перфторированных тетралина (**3**), тетралин-1-она (**6**), метилфталидов **10** и **17**, 3-этил- (**24**) и 3-гидрокси-3-этилфталидов (**25**).

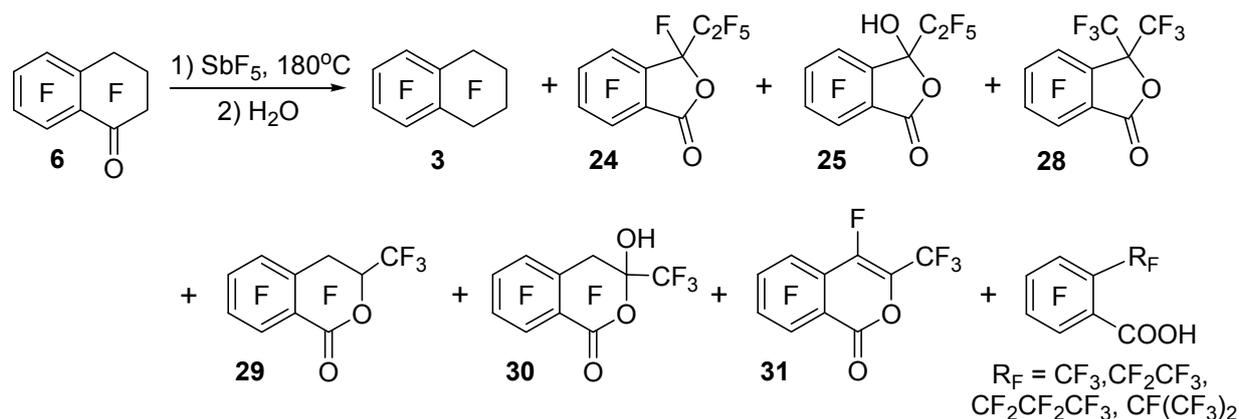


При увеличении температуры реакции преимущественно образуются этилфталиды **24** и **25**. В реакционной смеси также содержится перфтор-2-пропилбензойная кислота (**26**). Для превращения дикетона **9** во фталид **24** предложен механизм, включающий раскрытие шестичленного карбонилсодержащего цикла в тетралин-2-ильном катионе **27** и последующие трансформации продукта раскрытия в соответствии с приведенной выше схемой.

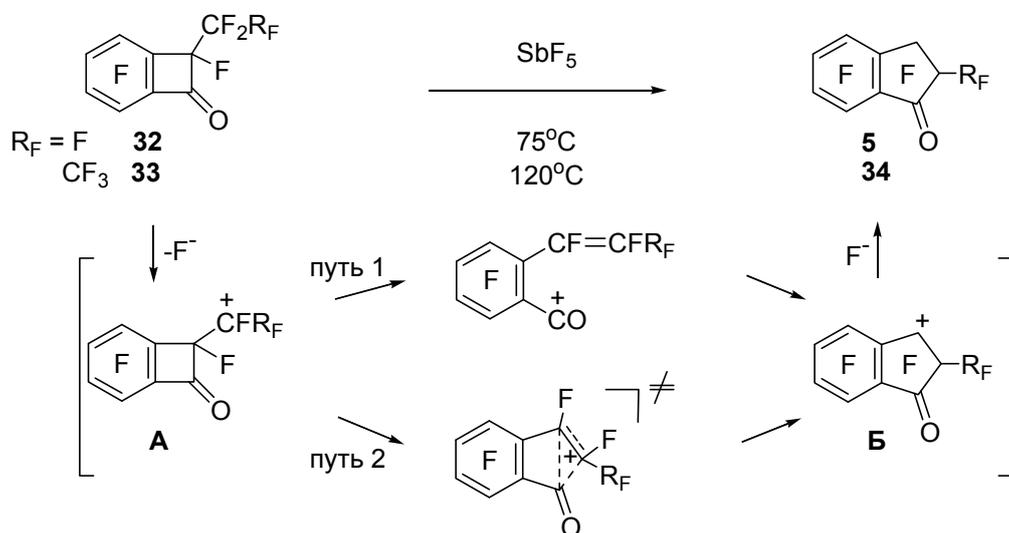
Тетралон **6** при нагревании со SbF_5 при 130°C диспропорционирует, давая смесь тетралина **3**, дикетона **9** и исходного соединения. Кроме того, в смеси присутствуют небольшие количества фталидов **24** и **25**.



В более жестких условиях из тетралона **6** в среде пятифтористой сурьмы в результате скелетных превращений как самого кетона **6**, так и продуктов его диспропорционирования получается сложная смесь, содержащая тетралин **3**, фталиды **24**, **25**, перфторированные 3,3-диметилфталид (**28**), 3-метил- (**29**) и 3-гидрокси-3-метилизохромен-1-он (**30**), 3-метилизохромен-1-он (**31**), а также алкилбензойные кислоты. В диссертации обсуждаются пути происходящих превращений.

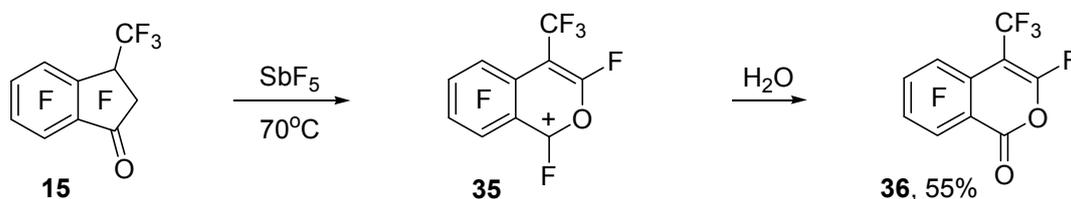


Перфторированные 2-алкилбензоциклобутеноны под действием пятифтористой сурьмы претерпевают расширение четырехчленного цикла до пятичленного. Так, перфтор-2-метилбензоциклобутенон (**32**) при нагревании со SbF_5 при 75°C превращается в инданон **5**. Аналогичная изомеризация перфтор-2-этилбензоциклобутенона (**33**) протекает в более жестких условиях и приводит к перфтор-2-метилиндан-1-ону (**34**).

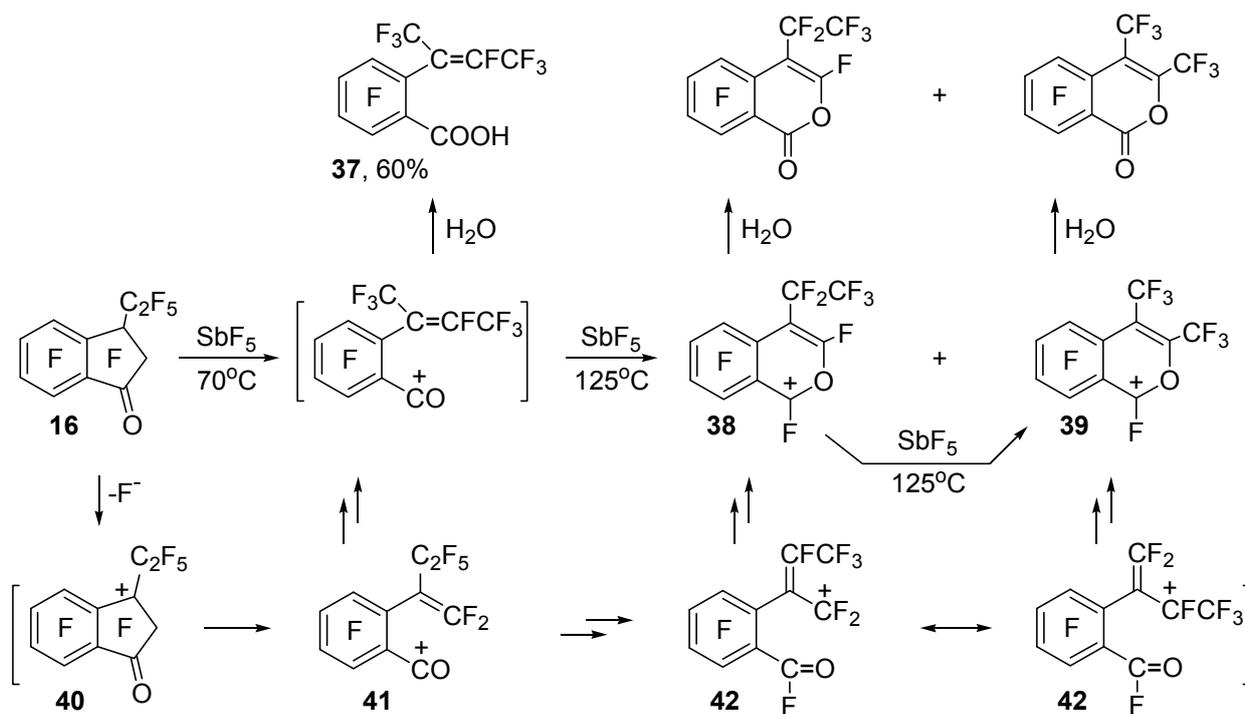


Расширение четырехчленного кольца алкилбензоциклобутенонов **32** и **33**, по-видимому, протекает через раскрытие четырехчленного цикла в катионах **A** с последующей внутримолекулярной циклизацией образующихся интермедиатов в катионы **B** (путь 1), присоединение фторид-иона к которым приводит к соответствующим инданонам. Кроме того, нельзя исключить согласованный механизм изомеризации катионов **A** в **B** (путь 2). Более жесткие условия, требуемые для изомеризации кетона **33** по сравнению с соединением **32**, по-видимому, связаны с меньшей относительной стабильностью соответствующего катиона **A** из-за наличия в нем у катионного центра трифторметильной группы, понижающей по сравнению с атомом фтора относительную стабильность карбокатионов.

Перфторированные 3-алкилинданоны **15** и **16** под действием SbF_5 превращаются в соли полифторизохроменильных катионов. Так, при взаимодействии метилинданона **15** с пятифтористой сурьмой при 70°C образуется раствор соли перфтор-4-метилизохроменильного катиона (**35**), гидролиз которой дает перфтор-4-метилизохромен-1-он (**36**).

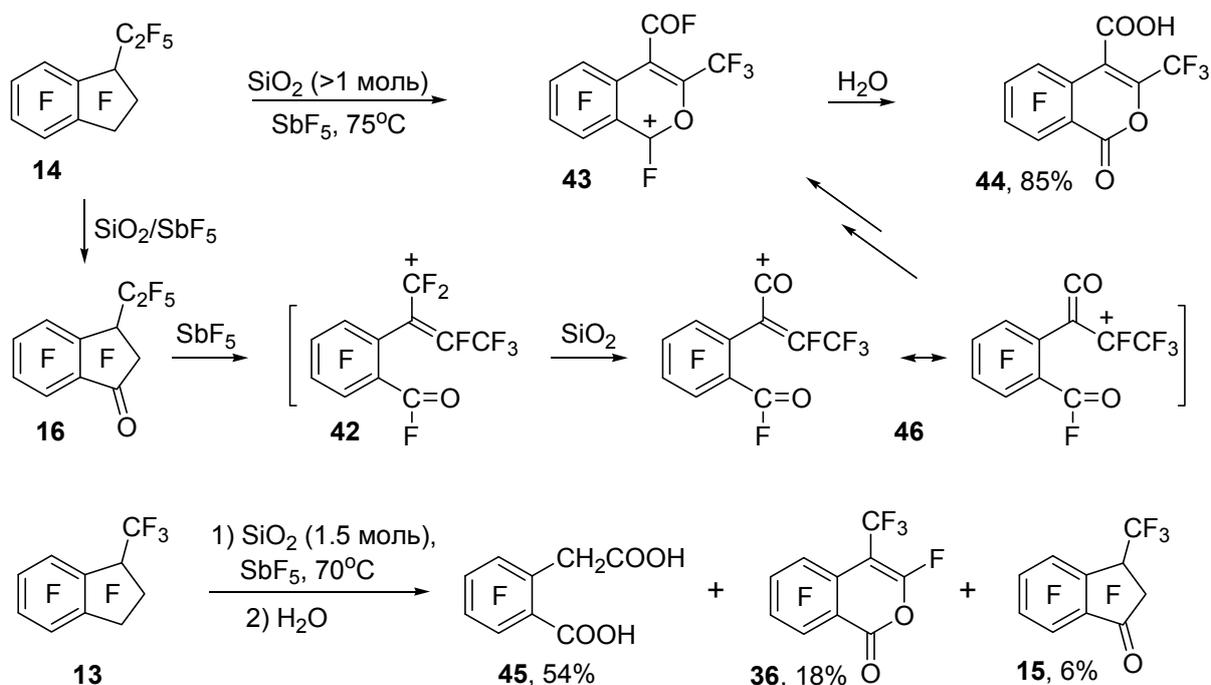


Реакция этилинданона **16** с пятифтористой сурьмой в аналогичных условиях приводит после гидролиза реакционной массы к перфтор-2-(бут-2-ен-2-ил)бензойной кислоте (**37**). При повышении температуры реакции кетона **16** с пятифтористой сурьмой до 125°C (7 ч) образуется раствор солей перфтор-4-этилизохроменильного (**38**) и перфтор-3,4-диметилизохроменильного (**39**) катионов. При увеличении времени проведения процесса происходит изомеризация катиона **38** в **39**. Гидролиз этих катионов приводит к соответствующим изохромен-1-онам.



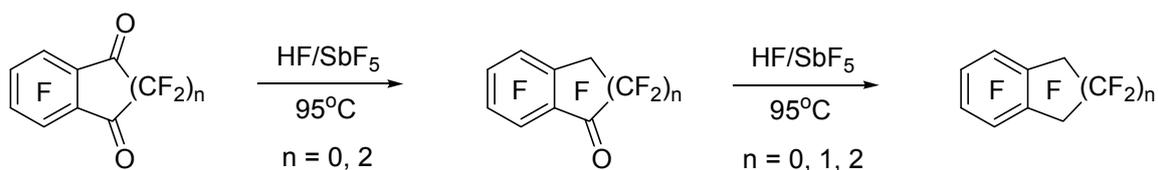
Предложенная схема превращения кетона **16** в соли катионов **38** и **39**, включает первоначальное раскрытие пятичленного цикла в генерируемом из него катионе **40** с образованием иона **41**, который после присоединения-отщепления фторид-иона дает катион **42**. Внутримолекулярная циклизация последнего с участием одного или другого зарядового центра аллильной системы и последующее перемещение кратной связи внутрь циклов приводят к катионам **38** и **39**.

Как уже отмечалось, при взаимодействии алкилинданов **13** и **14** с SiO_2 (мольное соотношение бензоциклоалкен: $\text{SiO}_2 = 1:0.6$) в среде SbF_5 при 70°C образуются кетоны **15** и **16**, которые претерпевают дальнейшие превращения в условиях реакции. При нагревании этилиндана **14** с избытком SiO_2 в присутствии SbF_5 образуется раствор соли 4-фторкарбонилперфтор-3-метил-изохроменильного катиона (**43**), гидролиз которой дает 4-карбоксиверфтор-3-метилизохромен-1-он (**44**). В аналогичной реакции индана **13** получается преимущественно 6-(карбоксиметил)-2,3,4,5-тетрафторбензойная кислота (**45**) наряду с соединениями **15** и **36**.



На основе совокупности экспериментальных данных предложена следующая схема протекания реакции этилиндана **14** с $\text{SiO}_2/\text{SbF}_5$. Вначале из соединения **14** образуется кетон **16**. Затем из него под действием SbF_5 получается катион **42** (стр. 11), который реагирует с SiO_2 , давая катион **46**. Внутримолекулярная циклизация этого иона и последующее перемещение кратной связи внутрь цикла приводят к катиону **43**. В диссертации также обсуждаются возможные пути трансформаций метилндана **13** в системе $\text{SiO}_2/\text{SbF}_5$.

Как уже отмечалось выше, индандион **8** при нагревании в среде HF/SbF_5 изомеризуется в метилентфалид **18**. В отличие от этого в других карбонильных производных перфторбензоциклоалкенов под действием HF/SbF_5 происходит замена карбонильного атома кислорода на фтор без изменения углеродного скелета субстрата. Так, из дикетонов в среде HF/SbF_5 образуются монокарбонильные производные, которые затем превращаются в соответствующие перфторбензоциклоалкены. Конверсия субстратов в данных реакциях составляет 50-90%.



Показано, что помимо перфторбензоциклоалкенонов в рассматриваемую реакцию могут вступать и другие полифторароматические соединения, содержащие карбонильную группу. Следует отметить, что в литературе нет сведений о том, чтобы система HF/SbF₅ использовалась в качестве реагента для замены карбонильного атома кислорода на фтор.

ВЫВОДЫ

1. Разработан новый эффективный способ получения карбонильных производных из перфторированных бензоциклоалкенов и алкилбензоциклоалкенов, основанный на их взаимодействии с CF₃COOH или SiO₂ в присутствии пятифтористой сурьмы. Установлено, что реакционная способность перфторбензоциклоалкенов в обоих случаях уменьшается при переходе от бензоциклобутена к индану и тетралину.

Показано, что из перфторбензоциклоалкенов и их перфторалкилпроизводных в реакции с CF₃COOH/SbF₅ гладко получают соответствующие бензоциклоалкен-1-оны.

Из перфторированных бензоциклоалкенов, 1,1-диэтилиндана и 1-этилтетралина в реакции с SiO₂/SbF₅ селективно образуются перфторбензоциклоалкен-1-оны. В более жестких условиях перфторбензоциклобутен и перфтортетралин превращаются в их дикарбонильные производные, а перфториндан – в перфтор-3-метилфталид.

2. Обнаружены и изучены неизвестные для перфторкетонов карбокатионоидные скелетные превращения карбонильных производных полифторбензоциклоалкенов. Выяснено, что поведение субстрата зависит от размера его карбонилсодержащего цикла, а также от наличия и расположения в нем перфторалкильных групп.

3. Показано, что в реакции перфтор-3-алкилиндан-1-онов с пятифтористой сурьмой образуются соли изохроменильных катионов.

Из перфтор-3-метилиндан-1-она генерирован перфтор-4-метилизохроменильный катион, а из перфтор-3-этилиндан-1-она – перфтор-3,4-диметил- и перфтор-4-этилизохроменильные катионы, гидролиз которых приводит к соответствующим изохромен-1-онам. На примере перфтор-3-этилиндан-1-она показано, что реакция протекает путем раскрытия пятичленного цикла субстрата с последующей внутримолекулярной циклизацией образующегося продукта с участием атома кислорода.

4. Установлено, что из перфтор-3-этилиндан-1-она в системе $\text{SiO}_2/\text{SbF}_5$ генерируется 4-фторкарбонилперфтор-3-метилизохроменильный катион, при гидролизе которого получается 4-карбоксиперфтор-3-метилизохромен-1-он. В аналогичных условиях перфтор-3-метилиндан-1-он преимущественно дает 6-(карбоксиметил)-2,3,4,5-тетрафторбензойную кислоту.

5. Найдено, что в перфторированных 2-метил- и 2-этилбензоциклобутенонах в присутствии пятифтористой сурьмы происходит расширение четырехчленного кольца до пятичленного с образованием перфторированных индан-1-она и 2-метилиндан-1-она соответственно.

6. Показано, что в реакции перфторбензоциклоалкен-1-онов с пятифтористой сурьмой наряду со скелетными превращениями кетонов происходит их диспропорционирование на бензоциклоалкены и бензоциклоалкендионы, которые в условиях реакции также претерпевают скелетные превращения.

При нагревании перфториндан-1-она со SbF_5 после гидролиза образуются перфторированные 2-этилбензойная кислота, индан, 3-метилфталид и 3-гидрокси-3-метилфталид.

Перфторбензоциклобутенон в аналогичной реакции дает смесь перфторированных бензоциклобутена, фталевой и 2-метилбензойной кислот наряду с продуктами с бóльшим, чем в исходном кетоне, числом атомов углерода.

Из перфтортетралин-1-она образуется смесь, содержащая перфторированные тетралин, бензоконденсированные пяти- и шестичленные кислородсодержащие гетероциклические соединения, а также алкилбензойные кислоты.

7. Установлено, что перфторбензоциклобутендион под действием SbF_5 претерпевает раскрытие четырехчленного цикла с образованием после гидролиза тетрафторфталевой кислоты.

Перфториндан-1,3-дион в реакции с пятифтористой сурьмой превращается в перфтор-3-метилфталид, а в среде HF/SbF_5 изомеризуется в перфтор-3-метиленфталид, который при нагревании со SbF_5 фторируется до перфтор-3-метиленфталида.

Перфтортералин-1,4-дион при взаимодействии со SbF_5 дает преимущественно перфтор-3-этилфталид.

8. Впервые показано, что при нагревании перфторароматических соединений в системе HF/SbF_5 карбонильная группа, связанная с ароматическим кольцом, превращается в дифторметиленовую группу.

В частности, из перфторированных бензоциклоалкендионов в среде HF/SbF_5 образуются монокарбонильные производные, которые затем превращаются в соответствующие перфторбензоциклоалкены.

Основное содержание диссертационной работы изложено в следующих публикациях:

1. Zonov, Ya.V., Karpov, V.M., Platonov, V.E. Formation and skeletal transformations of perfluoroindan-1-one and perfluoroindan-1,3-dione in the reaction of perfluoroindan with $\text{SiO}_2/\text{SbF}_5$ // J. Fluorine Chem. – 2005. – Vol. 126. – N 4. – P. 437-443.
2. Zonov, Ya.V., Karpov, V.M., Platonov, V.E. Transformation of perfluoroindan-1-one and perfluoroindan-1,3-dione in the HF-SbF_5 system // Mendeleev Commun. – 2006. – N 3. – P. 167-168.
3. Zonov, Ya.V., Karpov, V.M., Platonov, V.E., Rybalova, T.V., Gatilov, Yu.V. Oxygen replacement by fluorine in carbonyl derivatives of perfluoroaromatic compounds and isomerization of perfluoroindan-1,3-dione to perfluoro-3-methylenephthalide under the action of HF/SbF_5 // J. Fluorine Chem. – 2006. – Vol. 127. – N 12. – P. 1574-1583.

4. Zonov, Ya.V., Karpov, V.M., Platonov, V.E. Transformation of perfluorinated benzocycloalkenes and alkylbenzenes to their carbonyl derivatives under the action of $\text{CF}_3\text{COOH/SbF}_5$ // J. Fluorine Chem. – 2007. – Vol. 128. – N 9. – P. 1058-1064.
5. Zonov, Ya.V., Karpov, V.M., Platonov, V.E. Reaction of perfluoro-1-ethylindan with $\text{SiO}_2/\text{SbF}_5$ and skeletal transformations of perfluoro-3-ethylindan-1-one under the action of SbF_5 and $\text{SiO}_2/\text{SbF}_5$ // J. Fluorine Chem. – 2007. – Vol. 128. – N 9. – P. 1065-1074.
6. Зонов, Я.В., Карпов, В.М., Платонов, В.Е., Гатиллов, Ю.В. Взаимодействие перфторбензоциклоалкенов с $\text{SiO}_2/\text{SbF}_5$ и скелетные превращения их карбонильных производных в среде SbF_5 // Журн. орган. химии. – 2008. – Т. 44. – Вып. 2. – С. 212-226.

Результаты диссертационной работы доложены на всероссийских конференциях:

7. Зонов, Я.В., Карпов, В.М., Платонов, В.Е. Скелетные превращения перфтор-3-этилиндан-1-она в реакции с SbF_5 и $\text{SiO}_2/\text{SbF}_5$ // 7 Всероссийская конференция “Химия фтора”: Тезисы докладов. – Москва, 2006. – С. Р-58.
8. Зонов, Я.В., Карпов, В.М., Платонов, В.Е. Превращение перфтор-ароматических соединений в карбонильные производные в реакции с $\text{CF}_3\text{COOH/SbF}_5$ // Всероссийская научная конференция “Современные проблемы органической химии”: Тезисы докладов. – Новосибирск, 2007. – С. 111.

Формат бумаги 60x84 1/16. Объем 1 печ.л.

Тираж 100 экз.

Отпечатано на ротапинтере Новосибирского института
Органической химии им. Н.Н.Ворожцова СО РАН
630090, Новосибирск, 90, пр. акад. Лаврентьева, 9