

УДК 547.412

© 1992 г.

ИОДПЕРФТОРАЛКАНЫ

*Деев Л. Е., Назаренко Т. И., Пашкевич К. И.,
Пономарев В. Г.*

В обзоре рассмотрены методы получения иодперфторалканов и их химические свойства, а именно радикальное присоединение к кратным углерод-углеродным связям ненасыщенных соединений с функциональными группами, реакции с элементами IV–VI групп и их соединениями, разрыв одинарных связей радикалом $R\cdot$, окисление иодоперфторалканов с деструкцией перфторалкильной цепи или образованием иодовиевых производных, образование КПЗ, реакции α -галогендефторирования. Описано применение иодперфторалканов.

Библиография – 285 ссылок.

ОГЛАВЛЕНИЕ

I. Введение	75
II. Получение иодперфторалканов	76
III. Химические свойства иодперфторалканов	83
IV. Применение иодперфторалканов и перфторированных подсодержащих эфиров	92
V. Заключение	95

I. ВВЕДЕНИЕ

Впервые иодперфторалканы (ИПФА) CF_3I и C_2F_5I были получены в конце 40-х годов с целью их использования для синтеза ртутьорганических соединений [1]. Это положило начало обширным исследованиям перфторалкилпроизводных. Использование ИПФА в синтезах органических и элементорганических соединений показало их перспективность как перфторалкилирующих агентов [2–6] и реагентов для теломеризации [7]. Постепенно были установлены области самостоятельного применения ИПФА в лазерной [8–15], электронной [16] и других областях техники [17–19], что стимулировало дальнейший поиск способов получения и изучение их реакционной способности. В настоящее время ИПФА в ряде стран являются ключевыми продуктами для промышленного синтеза фторорганических соединений и для получения исходных соединений в технологии лекарственных, поверхностно-активных веществ и компонентов искусственной крови [16].

Особое место среди ИПФА занимают третичные иодперфторалканы [20, 21], которые перспективны в качестве рабочих тел газовых лазеров [11].

Однако имеющиеся в настоящее время монографии по химии фторорганических соединений [6, 7, 16, 22–24] не дают достаточно полного представления о современных методах синтеза, реакционной способности и применении иодперфторалканов.

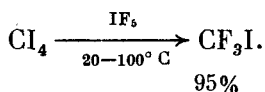
В предлагаемом обзоре сделана попытка дать обобщенное представление о препаративных и синтетических методах получения ИПФА, их химических свойствах и применении.

Реакции ИПФА с алкенами, за исключением алкенов с функциональными группами, достаточно полно описанные в монографии [7], в настоящем обзоре не рассматриваются. Реакции перфторалкилирования, имеющие огромное синтетическое значение и охватывающие обширный литературный материал, вынесены нами в самостоятельный обзор.

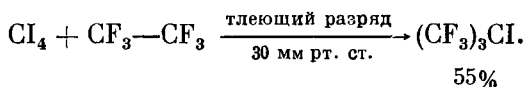
II. ПОЛУЧЕНИЕ ИОДПЕРФТОРАЛКАНОВ

1. Реакции обмена или присоединения галогенов

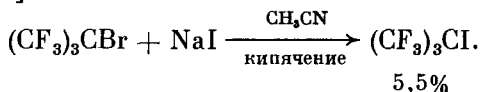
Впервые иодперфторалканы, в частности CF_3I , получены фторированием тетраидометана [1]. Из-за труднодоступности периодидов метод имеет скорее историческое, нежели препаративное значение.



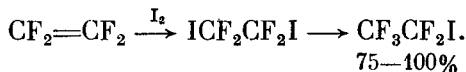
Значительно позднее трифторметилированием Cl_4 в тлеющем разряде удалось получить 2-иодперфтор-2-метилпропан [25]:



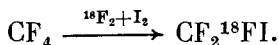
С незначительным выходом $(\text{CF}_3)_3\text{CI}$ синтезирован из 2-бромперфтор-2-метилпропана [27].



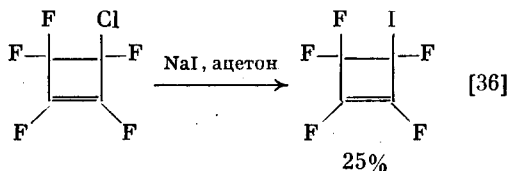
Несколько большее значение имеет замещение иода в диодполифторалканах. Обычно реакция сводится к получению α, β -диодперфторуглерода иодированием соответствующего перфторалкена и последующему замещению одного атома иода на фтор. Для замещения применяют пентафторид иода [1], смешанные галогенфториды пятивалентной сурьмы или тетрафторид серы [28, 29], электрохимическое фторирование в среде безводного HF [30, 31], а также фторирование фтористым водородом в присутствии катализаторов $\text{HF}-\text{H}_2\text{SO}_4$, I_2-HNO_3 , $\text{I}_2-\text{SO}_2\text{Cl}_2$ [32] или оксидов металлов [33, 34].



Иодтрифторметан, меченный изотопом ^{18}F , получен с 3%-ным выходом при обработке тетрафторметана смесью I_2 с $^{18}\text{F}_2$ [35]:

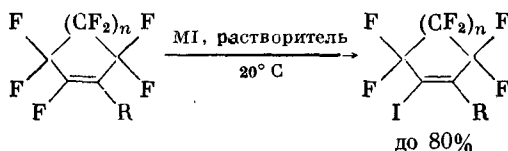


Замещение хлора в аллильном положении на иод в циклических и алифатических хлорперфторалканах осуществляют действием иодида натрия в растворителе при комнатной температуре. Замещения фтора у sp^2 -гибридизированного углерода при этом не происходит [36—39].



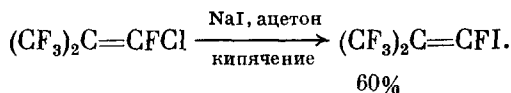


В то же время в случае перфторированных циклоалкенов в первую очередь замещается атом фтора в винильном положении [40–42]. На этом основано получение иодперфторалкенов при обработке соответствующих перфторалкенов иодидом калия [40] или натрия [41–43] в полярном растворителе. При повышенной температуре наряду с монозамещенным производным возможно образование диодперфторциклоалкенов [43].

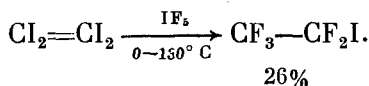


$n=1, 2$; $\text{R}=\text{CF}_3$, F ; $\text{M}=\text{Na}$, K .

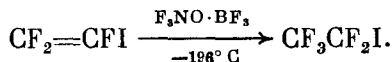
В то же время при наличии атомов фтора и хлора у sp^2 -гибридизованного углерода замещению подвергается атом хлора [44, 56], что согласуется с порядком замещения в аллильном положении.



При обработке тетраиодэтилена пентафторидом иода наряду с замещением трех атомов иода на фтор имеет место присоединение фтора по двойной связи с образованием иодпентафторэтана [1]. Препаративного значения метод не имеет.



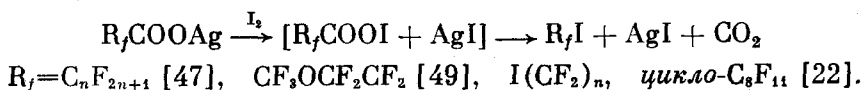
Интересный случай образования иодпентафторэтана при обработке иодтрифторэтилена комплексом $\text{F}_3\text{NO} \cdot \text{BF}_3$ при криогенных температурах описан в патенте [46].



2. Получение из производных перфторкарбоновых кислот

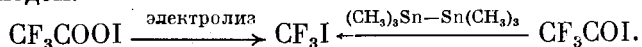
Медленное нагревание безводных перфторалканкарбоксилатов серебра с небольшим избытком иода (реакция Бородина – Хундиккера) дает соответствующие иодперфторалканы с высокими выходами [47, 48]. Реакция универсальна и позволяет синтезировать не только алифатические [47], но и циклические [22], и перфторалкоксильные иодиды [49], а также диодперфторуглероды (в случае солей двухосновных кислот) [22]. Метод имеет промышленное значение, например, для производства CF_3I .

Полагают [50], что реакция Бородина – Хундиккера протекает через стадию образования ацилгипоидитов.

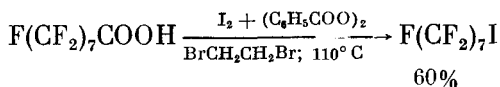


Иодперфторалканы могут быть получены также из солей щелочных металлов [51] или ртути [52], хотя и с меньшими выходами. Как правило, реакцию проводят в апротонном полярном растворителе. При замене в этой реакции иода на более полярный монохлорид иода выход ИПФА не возрастает [53]. Двухстадийность процесса, длительность упаривания и сушки промежуточных солей затрудняют применение этого способа в промышленности.

Иодперфторалканы образуются и при разложении других производных перфторкарбоновых кислот. Так, электролиз трифторацетилгипоiodита [54] или разложение трифторацетилиодидата при комнатной температуре в присутствии гексаметилдистаннана [55] приводит к иодтриформетану с низким выходом.



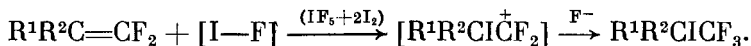
Разработан метод синтеза высших иодперфторалканов взаимодействием соответствующих кислот с иодом и пероксидом бензоила [56–59]. Реакция носит радикальный характер и проходит в неполярном растворителе (дибром- или дихлорэтано, дибромпропане). Промышленное значение имеет способ получения ИПФА, описанный в патенте [56].



3. Получение из перфторалкенов

В настоящее время благодаря доступности низших перфторалкенов, иодтриформетана и иодфторирующих агентов синтез ИПФА из перфторалкенов приобретает все большее значение и развивается в трех направлениях: электрофильное иодфторирование, нуклеофильное иодфторирование, теломеризация перфторалкенов с иодтриформетаном и иодпентафторэтаном.

Электрофильное иодфторирование смесью иода с пентафторидом иода впервые описано на примере тетрафторэтилена (ТФЭ) [60–62]. Реакция протекает через образование карбкатиона при присоединении иода к алкену. Реакция применима к алкенам различного строения [63, 64], включая перфторизобутен [65, 66] и перфторметилвиниловый эфир [67]. Выходы продуктов высокие (таблица).



Выходы продуктов иодфторирования полифторалкенов $\text{R}^1\text{R}^2\text{C}=\text{CF}_2$

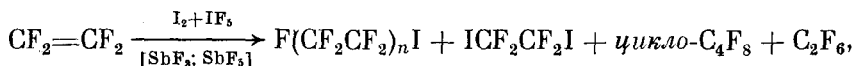
R ¹	R ²	Выход, %	R ¹	R ²	Выход, %
H	F	76 *	F	CF ₃ O	94
Cl	F	95 *	CF ₃	CF ₃	69
F	F	99	F	F	90
F	CF ₃	69	F	F	70

* Дан суммарный выход изомеров.

Иодпентафторэтан получают при 60–80°С и атмосферном давлении с выходом 90%. Конверсия тетрафторэтилена составляет 40% [68]. Последняя возрастает при введении в иодфторирующую смесь катализато-

ров — металлов [73] или их солей [69–72]. Наиболее эффективными катализаторами электрофильного иодфторирования ТФЭ признаны фториды металлов [69–71]. Методики, описанные в патентах [70, 71], используются в промышленном производстве иодпентафторэтана.

Электрофильное иодфторирование избытка ТФЭ смесью иода с пентафторидом иода в присутствии фторидов сурьмы дает смесь теломерных ИПФА [74–77] с небольшой примесью C_2F_6 .

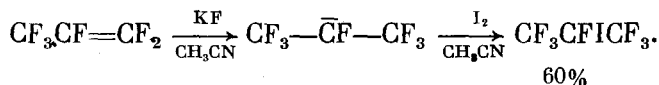


$$n=1 \div 8.$$

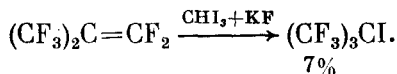
Для электрофильного иодфторирования гексафторпропена (ГФП) предложены полифториды иодперфторалканов [78].

Принципы электрофильного присоединения межгалогенных соединений рассмотрены в [79].

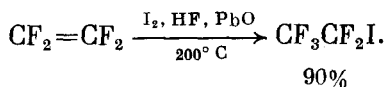
Нуклеофильное иодфторирование впервые предложено в работах [80–82] и осуществляется в апротонных полярных растворителях при нагревании. Реакция начинается присоединением аниона фтора к перфторалкену. Так, например, 2-иодперфторпропан получают взаимодействием ГФП с иодом и фторидом калия в ацетонитриле при 100°С в автоклаве [80].



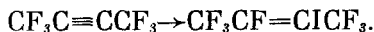
В подобных условиях в реакцию вступает даже чрезвычайно устойчивый [63] к иодфторированию перфторбутен-2 [80]. Наиболее легко протекает нуклеофильное иодфторирование перфторизобутена [82–84], приводящее к 2-иодперфтор-2-метилпропану с высоким выходом. В этом случае к образовавшемуся промежуточному перфтор-трет-бутилкарбаниону присоединяется даже связанный иод (из органического соединения) [85–87].



В реакции нуклеофильного иодфторирования перфторциклобутен образует иодперфторциклобутан [80]. Нуклеофильное сопряженное присоединение (IF) к перфторметилвинилому эфиру проходит лишь в жестких условиях, давая 1-иодперфтор-1-метоксиэтан с ничтожным выходом [67]. Авторы связывают это с дестабилизацией промежуточно образующегося карбаниона $CF_3OCF_2CF_3$ электронной парой соседнего кислорода. Промышленный способ иодфторирования ТФЭ с использованием фтористого водорода и оксида свинца(II) описан в патенте [88].

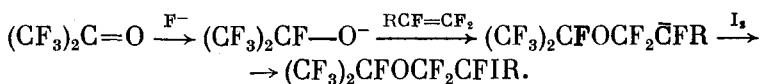


Аналогично из перфторбутина-2 получен 2-иодперфторбутен-2 [89].



Разновидностью реакции является получение иодперфторалкоксиялканов с разветвленной цепью [90, 91] взаимодействием гексафторацетона с соответствующим алкеном и I_2 в присутствии избытка фторида щелоч-

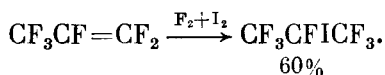
ного металла в растворителе [90–95].



R=F (17%), CF₃ (13%) [89].

Более подробно нуклеофильное иодфторирование перфторалкенов рассмотрено в обзоре [96], а механизм взаимодействия алколюлят-аниона с фторсодержащими алкенами в присутствии иода в докладе [97].

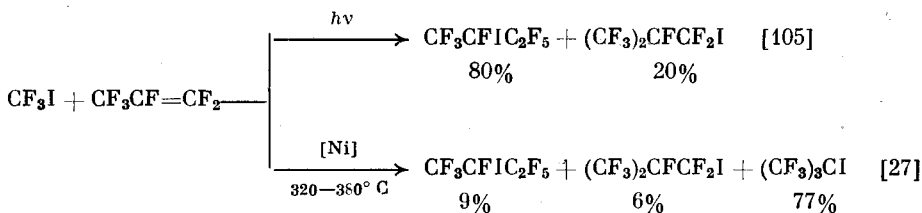
Радикальное иодфторирование перфторалкенов не получило широкого распространения. Описано лишь получение 2-иодперфторпропана из гексафторпропена [98].



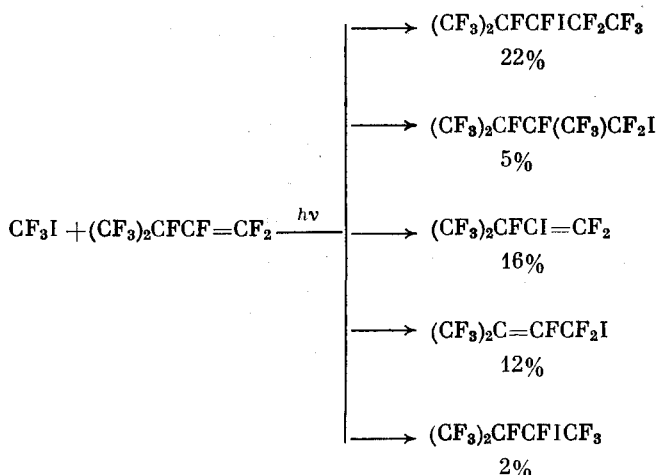
Рассмотренные ранее способы получения иодперфторалканов и иодперфторалкоксиалканов позволяют получать в основном соединения с короткой углеродной цепью, включающей до восьми углеродных атомов. Для синтеза высших ИПФА применяют обычно *реакции радикального присоединения* низших иодперфторалканов и иодперфторалкоксиалканов к перфторалкенам, часто с одновременной олигомеризацией последних. Как правило, процесс проводят в растворах под давлением в присутствии солей металлов [99–102].

Так, присоединением CF₃I к ТФЭ получены ИПФА с 5–29 углеродными атомами в цепи [102]. Этот способ имеет промышленное значение. Однако при воздействии облучения образуются ИПФА, содержащие не более 11 атомов углерода в цепи [103]. При электрофильном иодфторировании ТФЭ наряду с C₂F₅I образуются также высшие ИПФА [76] (см. выше). Эти методы перспективны для производства высших перфторкарбоновых кислот из соответствующих ИПФА [104].

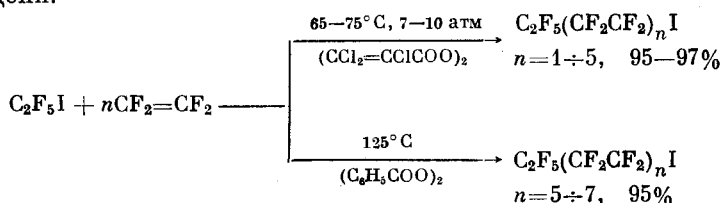
Присоединение CF₃I к ГФП протекает нерегиоспецифично с малой конверсией. Образование тех или иных продуктов зависит от условий. Так, авторам работы [27] при проведении реакции в никелевой трубе при температуре до 380°С удалось получить до 77% 2-иодперфтор-2-метилпропана.



При олигомеризации под воздействием излучения из ГФП и высших ИПФА удалось получить трифторметилзамещенные ИПФА, содержащие более 33 атомов углерода [106]. Разветвленные перфторалкены, содержащие более трех атомов углерода, при облучении с иодтрифторметаном наряду с продуктами присоединения дают продукты замещения фтора в винильном и аллильном положениях [107].

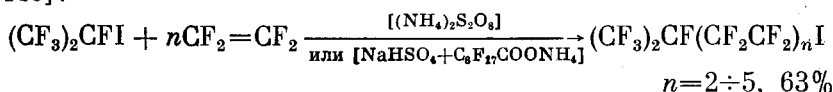


Олигомеризацией тетрафторэтилена с $\text{C}_2\text{F}_5\text{I}$ в присутствии пентафторида сурьмы или органических перекисей под давлением и при повышенной температуре [108, 109] получают ИПФА с четным числом атомов углерода в цепи.



В подобную реакцию вступают и оба изомерных иодперфторпропана, образуя ИПФА с 21–25 атомами углерода [110, 111]. При олигомеризации $(\text{CF}_3)_2\text{CFI}$ с ТФЭ в присутствии пероксидов [110, 112, 113] получены ИПФА изостроения, содержащие от 5 до 23 атомов углерода. В отсутствие катализаторов ИПФА получают под давлением [114].

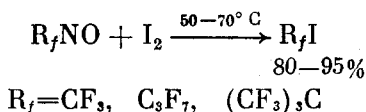
Описана водоэмульсионная олигомеризация ТФЭ с $(\text{CF}_3)_2\text{CFI}$ или $\text{C}_2\text{F}_5\text{I}$ при 15–30°С в присутствии персульфата аммония или эмульгаторов [115].



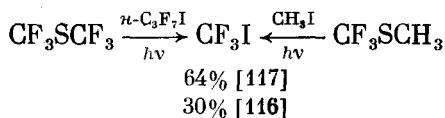
Таким образом, варьируя исходные реагенты и их соотношение, применяя различные катализаторы, растворители и изменяя условия проведения процесса, можно получать иодперфторалканы и иодперфторалканоалканы с достаточно длинной углеродной цепью. И хотя при использовании процесса теломеризации образуется широкий набор трудно разделяемых продуктов, производство иодперфторалканов с семью и более атомами углерода в цепи базируется именно на этом процессе.

4. Прочие методы получения иодперфторалканов

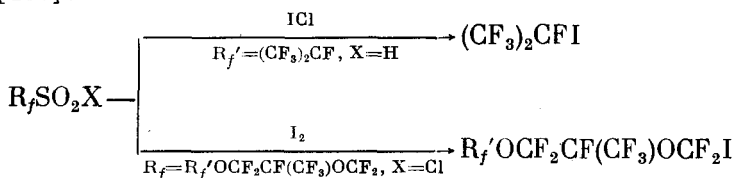
Кнуныяцем с сотр. [26] показано, что взаимодействие нитрозоперфторалканов с иодом в апротонном полярном растворителе приводит к ИПФА с высокими выходами



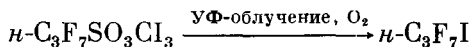
При длительном УФ-облучении метилтрифторметил- [116] и бис-(трифторметил)сульфидов [117] в присутствии источников радикального иода образуется иодтрифторметан.



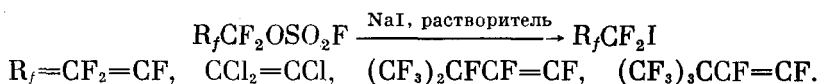
При обработке перфторпропан-2-сульфиновой кислоты монохлоридом иода с выходом 33% образуется 2-иодперфторпропан [118]. Действие спиртового раствора иода на перфторалкансульфохлориды при повышенной температуре приводит к замещению сульфохлоридной группы на иод [119].



Окисление трииодметилового эфира *n*-перфторпропансульфокислоты при УФ-облучении приводит к 1-иодперфторпропану за счет отрыва иода от трииодметильной группы [120].

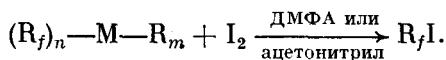


Развитие в 80-е годы различными исследователями [121, 122, 122а, б] работ по химии перфторалкенилфторсульфатов привело к созданию препаративного метода синтеза 1-иодперфторпропена-2 и других 1-иодперфторалкенов-2 замещением фторсульфатной группы на иод и сделало вполне доступным этот ранее малоизученный, но весьма перспективный в синтетическом плане класс соединений.

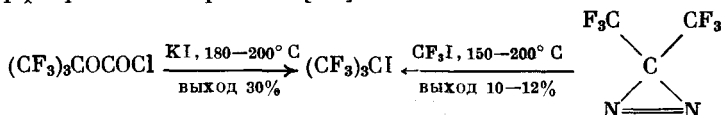


Иодперфторалканы образуются также при взаимодействии перфторалкилсодержащих элементоорганических соединений с иодом [123–129] или монохлоридом иода [130]. Так, взаимодействие иода с $(\text{CF}_3)(\text{CH}_3)_2\text{Bi}$ или хлорида иода с $(\text{CF}_3)_3\text{Bi}$ [123] дает иодтрифторметан, а взаимодействие иода с бис-(перфторизопропил)ртутью — 2-иодперфторпропан [124]. Вариацией этого метода является замещение галогенов в галогенперфторциклоалкенах на иод в присутствии этилмагнийбромид [45].

Аналогично ведут себя смешанные алкилполифторалкилсиланы [125], а также литийорганические соединения. Последние получают при достаточно низких температурах [126, 129]. Показано, что по отношению к иоду реакция имеет нуклеофильный характер [126].



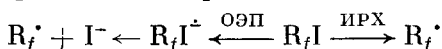
Из перфтор-трет-бутилхлорформиата и иодида калия или бис-(трифторметил)диазирина и иодтрифторметана получают небольшие количества 2-иодперфтор-2-метилпропана [26].



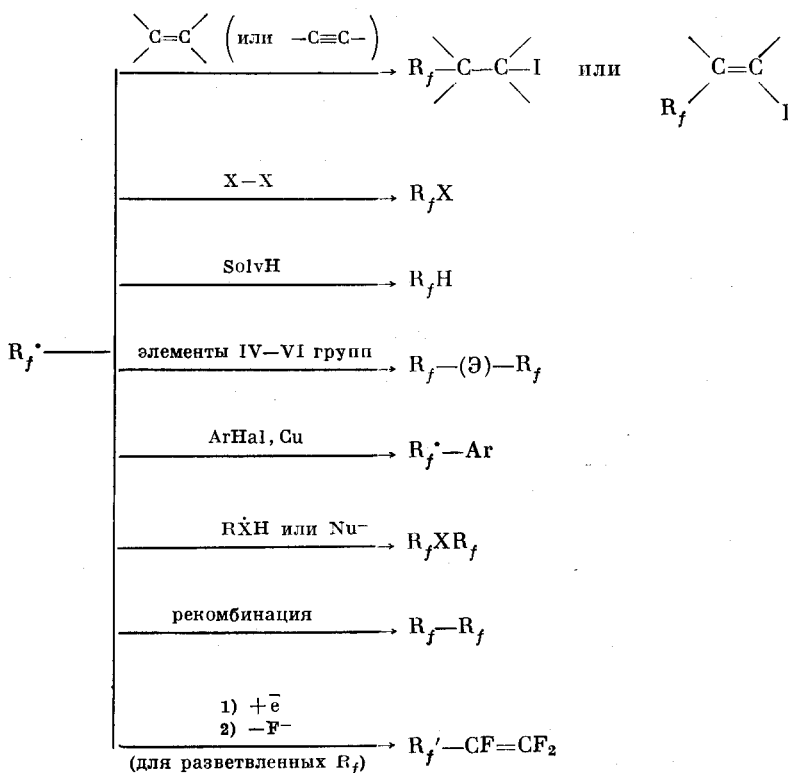
Таким образом, можно по-разному подойти к получению ИПФА, однако лишь немногие из рассмотренных методов могут быть использованы в промышленности. К ним относятся взаимодействие перфторкарбоксилатов металлов I группы с иодом, каталитическое электрофильное иодфторирование перфторалкенов, фторирование диодперфторалканов и олигомеризация ТФЭ и ГФП с иодтрифторметаном, иодпентафторэтаном и иодперфторпропанами. По-видимому, весьма перспективным является также взаимодействие полифторалкилфторсульфатов с иодидом натрия.

III. ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ИОДПЕРФТОРАЛКАНОВ

Энергия связи C—I в иодперфторалканах невелика, и они легко подвергаются гомолитической диссоциации с образованием радикалов $R_f\cdot$ и $I\cdot$ при термическом или фотохимическом возбуждении, дают радикал $R_f\cdot$ при воздействии инициаторов радикального характера (ИРХ) или $R_f\cdot$ и $I\cdot$ при захвате электрона от донора электронов (ОЭП), хотя далеко не всегда удается строго разделить эти реакции.



Образующиеся перфторалкильные радикалы $R_f\cdot$ высокореакционноспособны и стабилизируются за счет присоединения к кратным углерод-углеродным связям, гомолитического разрыва связей молекул субстрата или растворителя, в результате реакции перфторалкилирования ароматических соединений, нуклеофилов, некоторых элементов, и в меньшей степени — за счет рекомбинации или восстановления до перфторкарбаниона с последующим выбросом F^- и образованием алкена:



В целом предложенная схема практически полностью определяет химические свойства и направления синтетического использования ИПФА,

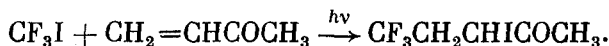
для которых характерны исключительно радикальные или анион-радикальные процессы, но не ионные, как предполагалось в ранних работах [22, 84, 131]. За рамками нашего рассмотрения остается незначительный круг реакций, отчасти тоже радикального характера, связанных с окислительными превращениями самого иода в молекуле ИПФА, окислительной деструкцией R_i^{\cdot} , образованием донорно-акцепторных комплексов и галогенодефторированием группы CF_2I , которые также рассматриваются в настоящем обзоре.

Из-за ограниченности объема мы не рассматриваем реакции радикального присоединения ИПФА к кратным связям, проанализированные в монографии [7], за исключением реакций с ненасыщенными соединениями, включающими, помимо кратной связи, другие функциональные группы. Из рассмотрения исключены также реакции, инициируемые одноэлектронным переносом.

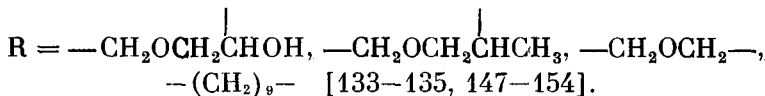
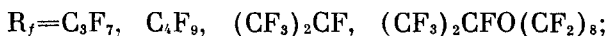
1. Присоединение к функциональным ненасыщенным соединениям

Радикальное взаимодействие иодперфторалканов с алкенами, содержащими функциональные группы, протекает исключительно как присоединение по связи $C=C$, не затрагивая функциональные группы [132, 133], тогда как ион-радикальные реакции могут проходить и по функциональным группам. Как правило, реакции проводят под действием обычных инициаторов радикального типа: азосоединений [134, 135], углеводородных [136] и фторированных [137] пероксидов. В некоторых случаях инициирование осуществляют фотохимически, проводя реакцию в растворителе [132].

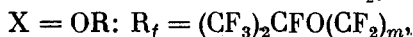
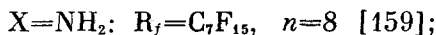
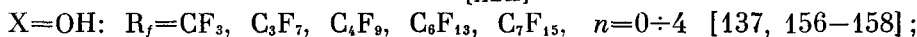
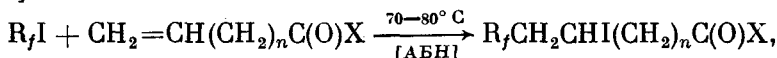
Так, CF_3I присоединяется к метилвинилкетону по связи $C=C$ с ориентацией против правила Марковникова [138].



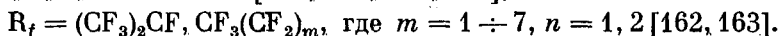
Аналогично проходит радикальное взаимодействие других иодперфторалканов [133–135, 139–153] и иодперфторэфиров [154, 155] с ненасыщенными спиртами [133–135, 139–144], алкоксиспиртами [134, 147–152], диолами [153]. Чаще всего реакции проводят в присутствии азобис-изобутиронитрила (АБН) при температуре его разложения 70–85°C [134, 135], реже используют пероксиды [136] или УФ-облучение при нагревании [155].

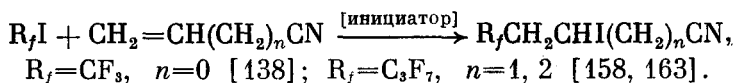


Подобным образом ведут себя ненасыщенные карбоновые кислоты [137, 156–158], их амиды [159], нитрилы и эфиры [137, 138, 158, 160–164].

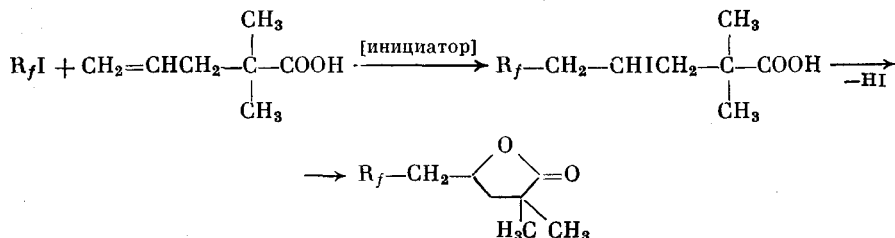


где $m = 2, 5, 6, n = 8 \div 18$ [160, 162, 163, 165];

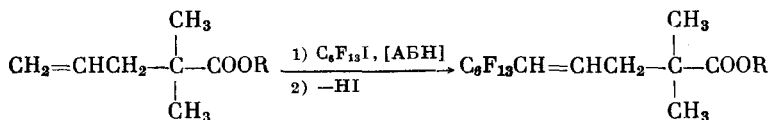




Исключение составляют карбоновые кислоты с двумя или тремя CH_2 -группами между карбоксилем и двойной связью, которые после присоединения R_fI по двойной связи лактонизируются за счет внутримолекулярного нуклеофильного дегидроидирования. Процесс облегчается *гем*-диметильным замещением [137].



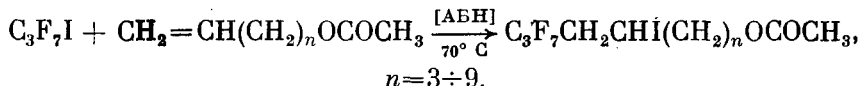
Предварительная этерификация карбоксильной группы позволяет получать из таких кислот эфиры ненасыщенных карбоновых кислот с перфторалкильными заместителями [137].



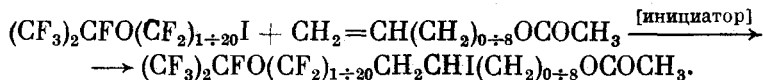
Информация о присоединении ИПФА к ненасыщенным функциональным соединениям с трифторвинильной группой отсутствует.

Перечисленные выше продукты присоединения ИПФА к ненасыщенным соединениям имеют важное промышленное значение, поскольку являются основой синтеза фторсодержащих поверхностно-активных и текстильно-вспомогательных материалов (см., например, [133–136, 147–163, 166–168]).

Аналогично проходит радикальное присоединение ИПФА к виниловым и аллиловым эфирам карбоновых кислот [161, 166–170]. В реакцию с винилацетатом вступают все члены гомологического ряда иодперфторалканов до $n=14$ [166, 170]. Реакция является препаративным методом получения высших гомологов эфиров карбоновых кислот с концевым полифторалкильным радикалом и атомом иода в β -положении к заместителю R_f [168, 171].



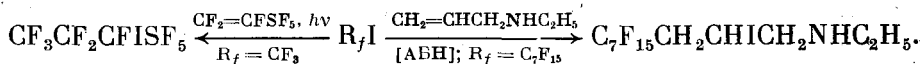
Особенности взаимодействия винил- и аллилацетатов с ИПФА в присутствии пероксидов рассмотрены в монографии [7]. Иодперфторизопропилалкиловые эфиры [160, 162] реагируют с винилацетатами, образуя мономеры для синтеза фторсодержащих полимеров с уникальными свойствами.



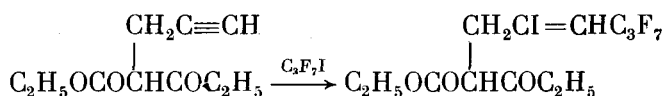
Присоединение неразветвленных ИПФА к карбоциклическим ненасыщенным кислотам протекает стереоспецифично (образуется до 97%

экзо-изомера), тогда как разветвленные ИПФА образуют эндо- и экзо-изомеры в соотношении, близком к 1:1 [171].

Радикальное присоединение ИПФА к аминам, имеющим двойную связь в углеродной цепи [147], и перфторвинилпентафториду серы [172] также приводит к насыщению C=C-связи.



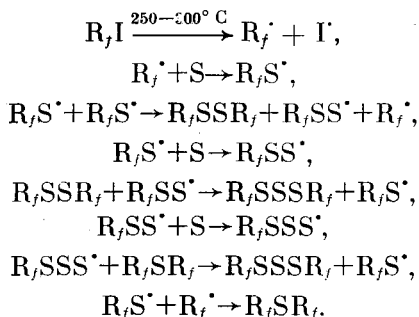
Радикальное взаимодействие иодперфторалканов с ацетиленовыми соединениями, содержащими другие функциональные группы, [164], в том числе атомы кремния [173], германия [174], как правило, проходит аналогично, не затрагивая эти группы. Особенностью этих реакций является неспособность образующихся перфторалкилзамещенных алкенов вступать в дальнейшее взаимодействие с ИПФА, по-видимому, из-за индуктивного влияния R_f^\cdot , пассивирующего двойную связь. Например, присоединение 1-иодперфторпропана к диэтиловому эфиру пропаргилмалоновой кислоты [164] останавливается на образовании моноаддукта.



Радикальное присоединение ИПФА к функционально замещенным олефинам и ацетиленам является удобным методом получения полифторалкилзамещенных соединений.

2. Стабилизация радикалов R_f^\cdot присоединением к элементам IV—VI групп и их производным

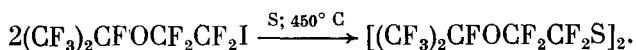
Кроме присоединения по ненасыщенным углерод-углеродным связям, для ИПФА характерен круг реакций радикального взаимодействия с элементами IV—VI групп (S, Se, P, As) и их соединениями, протекающего за счет незаполненности внешних электронных оболочек этих элементов. Так, взаимодействие иодперфторалканов с серой при 250°С приводит к смеси ди- и трисульфидов [175, 176], а при 300°С — к смеси моно-, ди- и трисульфидов. Аналогично проходит взаимодействие с серой разветвленных ИПФА [177].



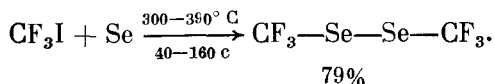
В то же время при взаимодействии ИПФА с HgS [177] образуется только 22% бис-(перфторизопропил)дисульфида при 74%-ной конверсии 2-иодперфторпропана, расходующегося на образование 2,3-перфтордиметилбутана за счет рекомбинации перфторизопропильных радикалов.

В более жестких условиях в реакцию с серой вступают и перфторированные подсодержащие эфиры, давая главным образом ди-

сульфиды [178].

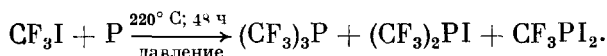


Реакции ИПФА с селеном могут быть осуществлены в проточных системах [179], при этом с хорошими выходами образуются преимущественно диселениды.



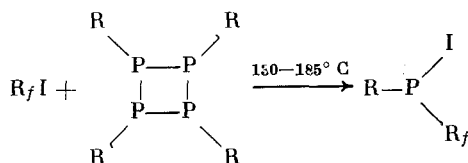
Особенностью реакций ИПФА с серой и селеном является участие образующихся I^\cdot -радикалов только в процессе обрыва цепи.

В реакциях ИПФА с фосфором и мышьяком [180–185] в зависимости от строения перфторалкильных радикалов получают различного рода фосфины и арсины. Для реакции иодтрифторметана зафиксировано образование всех трех возможных иодтрифторметилфосфинов [181, 182], по-видимому, за счет участия в стадии обрыва цепи наряду с R_f^\cdot также атомов иода.



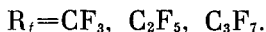
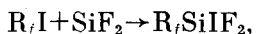
Для более длинных перфторалкильных радикалов (C_2-C_{10}) образование *трис*-(перфторалкил)фосфинов и -арсинов не наблюдается [183–185].

Несимметричные иодфосфины получены в реакциях ИПФА с *тетра-кис*-(алкил- или перфторалкил)циклотетрафосфинами [186–188].



Кинетически установлено, что при переходе от $n\text{-C}_3\text{F}_7\text{I}$ к $(\text{CF}_3)_2\text{CFI}$ константа скорости и энергия активации реакции снижаются, т. е. реакционная способность иодперфторалканов уменьшается по мере увеличения разветвленности цепи, по-видимому, как из-за возрастающей электроотрицательности фторалкильной группы, так и из-за стерических затруднений.

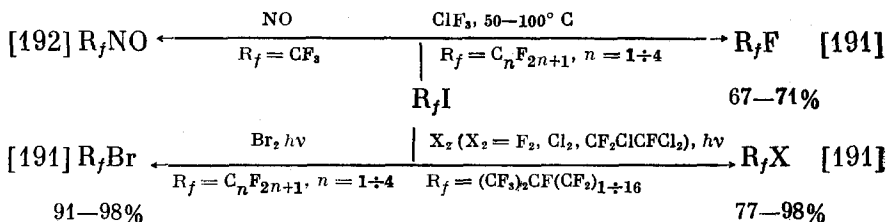
Общей реакцией неразветвленных иодперфторалканов является их присоединение к дифториду кремния [189].



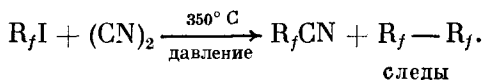
3. Стабилизация радикалов R_f^\cdot за счет разрыва одинарных связей

Помимо реакций радикального присоединения к кратным углерод-углеродным связям для ИПФА характерен обширный круг реакций со стабилизацией R_f^\cdot за счет разрыва одинарных связей органических и неорганических молекул и дальнейшим образованием продуктов, более устойчивых в условиях радикального распада, чем исходные ИПФА. В условиях радикального инициирования атом иода ИПФА легко замещается более электроотрицательными галогенами или группировками [190–194], что приводит к образованию более устойчивых полифторалкилсо-

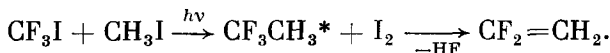
державших соединений. При этом первичным источником радикалов может быть и молекула галогена [192, 193], если энергия гомолитической диссоциации у нее ниже, чем у ИПФА.



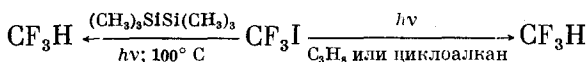
Напротив, при радикальном взаимодействии ИПФА с дицианом, позволяющим получить с количественным выходом нитрилы соответствующих перфторкарбоновых кислот, источником радикалов являются ИПФА [194]. Радикальный характер реакции подтверждается присутствием в реакционной смеси небольшого количества продукта сдвоявания полифторалкильных радикалов:



При реакции с водородом ИПФА превращаются в моногидроперфторалканы [195]. Возможно вовлечение в радикальные реакции и углеводородных подалканов. Так, из подметана образуются 1,1,1-трифторэтан и 1,1-дифторэтилен. Последний образуется в результате стабилизации возбужденного состояния 1,1,1-трифторэтана за счет элиминирования HF [198, 199].



Стабилизация радикала $R_f\cdot$ может достигаться и отрывом протона от C—H-связи спиртов [152], алканов, циклоалканов [200–202] и алкилсиланов [203].



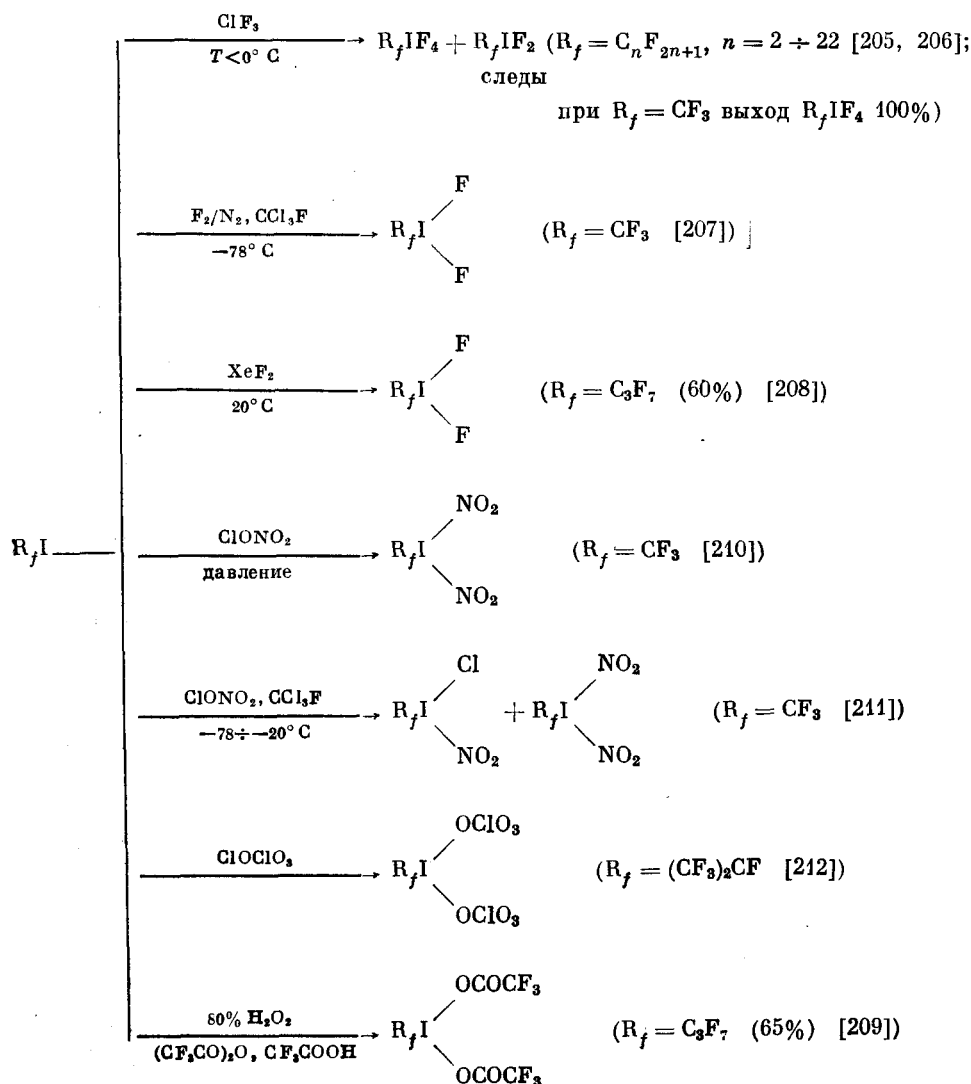
Протекание реакций ИПФА по радикальному механизму во многом зависит от условий процесса и прежде всего определяется иницированием (термическое, фотохимическое, с помощью инициаторов). Чаще всего по такому механизму осуществляются присоединение ИПФА к кратным связям и элементам IV–VI групп, а также реакции с разрывом X—X-связей (X=CN, Hal). Варьируя способы генерирования радикалов, длину и разветвление углеродной цепи ИПФА, можно влиять на направление реакций, добиваясь образования тех или иных продуктов. Особенностью всех этих процессов является устойчивость к действию ИПФА в условиях реакции имеющихся в молекуле других функциональных групп, например нитрильной, а также образующейся из алкинов перфторалкилзамещенной двойной связи.

Радикальный механизм приведенных реакций вызывает в некоторых случаях сомнения, так как помимо энергетического возбуждения молекул имеется принципиальная возможность переноса электрона, а это, в свою очередь, может изменять механизм процесса [204].

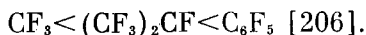
4. Окисление иодперфторалканов

Окисление ИПФА является одной из немногих реакций, проходящих в зависимости от условий и природы окислительного агента либо по атому иода, либо по перфторалкильному фрагменту с его деструкцией.

Окисление ИПФА по атому иода приводит к перфторалкильным соединениям поливалентного иода и протекает с сохранением всех связей в молекуле. Среди реакций этого типа следует выделить окислительное галогенирование. Впервые такая реакция была осуществлена при действии трифторида хлора [205, 206], а в дальнейшем — фтора, разбавленного азотом [207], и дифторида ксенона [208]. В зависимости от реагента окислительное фторирование протекает с преимущественным образованием перфторалкилиодтетрафторидов или перфторалкилиоддифторидов. Аналогичная реакция может быть осуществлена и при использовании других окислителей — перхлората или нитрата хлора [210–212], трифторнадуксусной кислоты [209]. Соотношение соответствующих продуктов окисления иода зависит от условий проведения процесса:



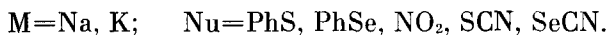
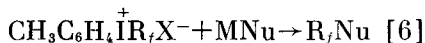
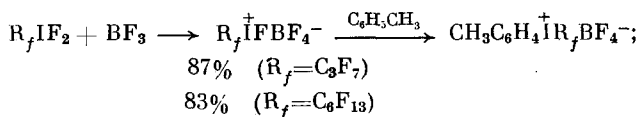
Образующиеся перфторалкилиоддифториды и -тетрафториды чувствительны к гидролизу. Устойчивость тетрафторидов при 20° С возрастает в ряду



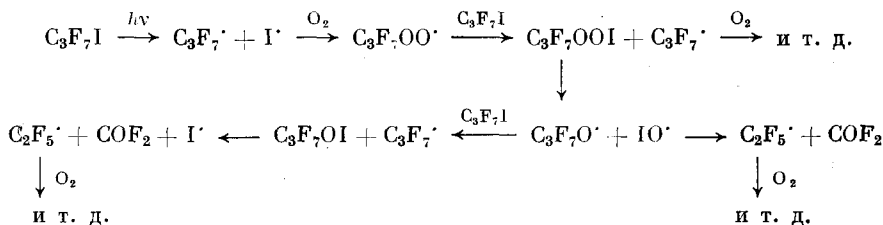
Перфторалкилиоддинитраты и -перхлораты получают с небольшими выходами, вероятно, вследствие их малой стабильности при комнатной температуре по сравнению с соответствующими полифторидами. По-видимому, разложение перфторалкилиоддинитратов может протекать по следующей схеме [210, 211]:



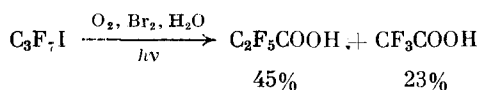
На базе перфторалкилиоддифторидов и ацетатов Л. М. Ягупольским с сотр. [6, 209, 213] разработано получение ранее недоступных арилперфторалкилиодониевых солей — удобных реагентов для препаративного перфторалкилирования различных нуклеофилов, что определяет большое синтетическое значение этих соединений.



Окисление с деструкцией перфторалкильной цепи. Фотохимическое окисление иодперфторалканов кислородом протекает достаточно быстро и сопровождается ступенчатой деструкцией и образованием карбонилфторида. При проведении окисления в кварцевом сосуде в продуктах реакции найден еще и тетрафторид кремния. Полагают, что расщепление перфторалкильного фрагмента протекает через образование перфторалкоксирадикала. Последний, отщепляя COF_2 , образует новый перфторалкильный радикал, содержащий на одну CF_2 -группу меньше, который подвергается дальнейшему окислению [22, 214].

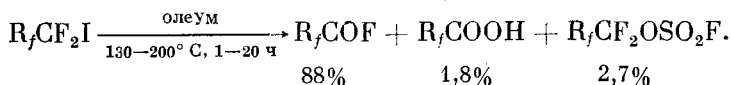


В присутствии воды, а лучше смеси воды с хлором или бромом, образующиеся в процессе окисления радикалы вступают в побочные реакции, давая перфторалканкарбоновые кислоты. Так, при фотохимическом окислении 1-иодперфторпропана кислородом в присутствии влажного брома получена смесь кислот [22].

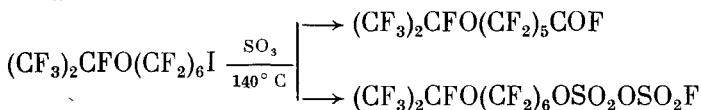


При действии других окислителей, например олеума, расщепления углеродного скелета, как правило, не наблюдается, а образуется фторангидрид полифторкарбоновой кислоты и небольшое количество перфтор-

алкилфторсульфата. Оба продукта содержат на одну CF_2 -группу меньше, чем исходный ИПФА [215].



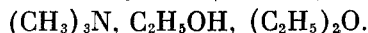
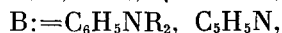
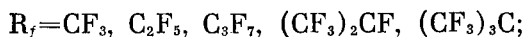
При окислении олеумом подперфторизопропоксиалканов наряду с обычным фторангидридом обнаружен продукт замещения атома фтора фторсульфатной группы в побочно образующемся фторсульфате на вторую фторсульфатную группу [216]:



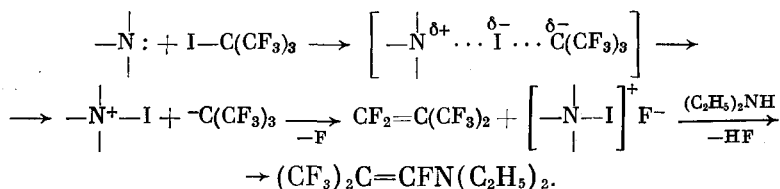
Добавление в олеум хлора и сульфатов цинка или ртути позволяет снизить температуру процесса [217]. В настоящее время существует ряд способов окисления ИПФА до фторангидридов перфторкарбоновых кислот с хорошими выходами. Можно полагать, что процесс получения фторангидридов кислот окислением ИПФА (при условии возвращения иода в технологический цикл) может успешно конкурировать с традиционным методом их получения — электрохимическим фторированием в безводном фтористом водороде. Для последнего характерны сложное аппаратное оформление, энергоемкость и низкие выходы фторангидридов из-за деструкции углеродного скелета исходной молекулы [16].

5. Образование комплексов с переносом заряда

Обратная по сравнению с CH_3I поляризация связи C—I в ИПФА обуславливает их способность к образованию молекулярных комплексов (1:1) с электронодонорными растворителями, в которых атом иода играет роль акцептора [218–225]. Экспериментально это подтверждено сдвигом характерных для ИПФА полос поглощения в УФ-спектрах [218, 219], а также изменениями химических сдвигов в спектрах ЯМР ^{19}F [219].



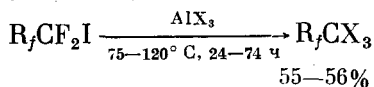
В комплексах связь C—I в ИПФА меняет свой характер и приближается к соответствующей связи в углеводородных иодалканах. По реакционной способности комплексы несколько отличаются от ИПФА. Так, $(\text{CF}_3)_3\text{CI}$ в растворе диэтилового эфира реагирует с диэтиламино, образуя соответствующий енамин [84]:



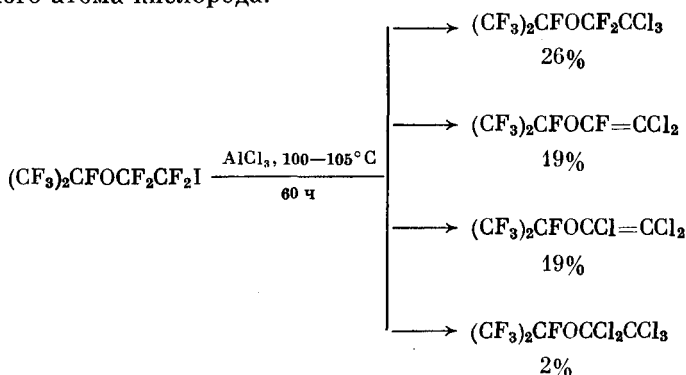
Следует отметить, что в УФ-спектрах смеси 2-идперфтор-2-метилпропана с этиловым эфиром и с этанолом наблюдаются наибольшие сдвиги полос поглощения.

6. Взаимодействие иодперфторалканов с галогенидами алюминия

Иодтрифторметан легко вступает во взаимодействие с галогенидами алюминия, образуя при этом смесь продуктов замещения [226]. Авторы [227] обнаружили, что такому превращению в присутствии (1,5–3)-кратного избытка AlCl_3 или AlBr_3 подвергаются также и его высшие гомологи и иодперфторалкоксиалканы.



Из экспериментальных данных следует, что образование трихлорпроизводных происходит через промежуточное соединение $\text{R}_f\text{CCl}_2\text{I}$. Последнее удается выделить при более низкой температуре с выходом до 15%. По нашему мнению, разрыв более прочной связи $\text{C}-\text{F}$ здесь имеет место из-за большей термодинамической выгодности образования AlF_3 по сравнению с AlX_3 ($\text{X} = \text{Cl, Br}$). Реакция с разветвленными иодперфторалкоксиалканами осложняется дехлорофторированием и более глубоким замещением атомов фтора, по-видимому, из-за близкого соседства электронодонорного атома кислорода.



IV. ПРИМЕНЕНИЕ ИОДПЕРФТОРАЛКАНОВ И ПЕРФТОРИРОВАННЫХ ИОДСОДЕРЖАЩИХ ЭФИРОВ

Иодперфторалканы и перфторированные иодсодержащие эфиры находят широкое применение в химической технологии и различных областях науки и техники: в лазерной технике, травлении диэлектриков, разделении изотопов углерода, а также в качестве промежуточных соединений в синтезе поверхностно-активных веществ, текстильно-вспомогательных материалов и биологически активных соединений.

1. Применение ИПФА в химической технологии и технике

В 1971 г. в качестве источника радикалов для инициирования процессов полимеризации [228, 229] предложено использовать иодпентафторэтан на носителе. Позднее полимеризацией тетрафторэтилена [230] и других перфторалкенов [231] в присутствии $\text{C}_2\text{F}_5\text{I}$ получены высокофторированные масла. Следует заметить, что в процессах полимеризации ИПФА могут применяться не только для инициирования, но и для модификации получаемых полимеров [232].

Разветвленные длинноцепные ИПФА общей формулы $(\text{CF}_3)_2\text{CF}(\text{CF}_2\text{CF}_2)_n\text{I}$ ($n=6\div 16$) используют в качестве компонентов самосмазывающихся композиций (в количестве 5–30%) [233, 234].

За прошедшие 20 лет всесторонне изучены процессы, происходящие во время импульсного фотолиза CF_3I и после него, параметры лазера на CF_3I . Для улучшения энергетических характеристик ФИЛ, упрощения его эксплуатации, в том числе для многократного использования активной среды, предложено применять аналоги гидриформетана: $n\text{-C}_3\text{F}_7\text{I}$, $n\text{-C}_5\text{F}_{11}\text{I}$, $n\text{-C}_8\text{F}_{13}\text{I}$ и их изомеры, а также $\text{C}_2\text{F}_5\text{CFICF}_3$ и $(\text{CF}_3)_3\text{CI}$ [9–11, 235–238]. Среди перечисленных соединений немалый интерес вызывает 2-иодперфтор-2-метилпропан из-за того, что в отличие от других ИПФА образующийся при его фотохимическом разложении радикал $(\text{CF}_3)_3\text{C}^\bullet$ вследствие особенностей структуры и высокой стабильности в процессах рекомбинации дает преимущественно исходное соединение, предотвращая тем самым процесс образования молекулярного иода и обеспечивая принципиальную возможность создания частотного ФИЛ [11].

Соответствие спектра поглощения иодтрифторметана, содержащего примесь $^{13}\text{CF}_3\text{I}$, длине волны CO_2 -лазера лежит в основе применения иодтрифторметана в разделении изотопов углерода путем многофотонной диссоциации CF_3I при -80°C в поле CO_2 -лазера [17]. Эффективность метода очень высока (коэффициент обогащения 600); по-видимому, в дальнейшем он будет развиваться как основной метод обогащения изотопом ^{13}C .

Еще в начале 60-х годов Брэйс [156, 159], а затем Лит и Блогел [93, 240] установили, что на основе 1-под-1,1,2,2-тетрагидроперфторалканов или иодперфторалкоксиалканов могут быть получены соединения, способные резко изменять поверхностное натяжение растворов и существенно превосходящие известные поверхностно-активные вещества (ПАВ). Исследования в этом направлении получили широкое развитие [168, 178, 195, 241–250]. Современные пути синтеза ПАВ на основе ИПФА иллюстрирует схема, приведенная в монографии [16]. Эта схема может быть дополнена приведенной ниже:



На основе иодперфторалкоксиалканов также синтезированы кислоты, соли которых обладают свойствами ПАВ. Такими же свойствами обладают полученные из этих соединений сульфокислоты [178], сульфотригидриды и сульфохлориды [241]. Фторсодержащие ПАВ проявляют ряд специфических особенностей, прежде всего устойчивость к кислотам, щелочам, а также высокую термостабильность. Они эффективны при очень малых концентрациях и пригодны к использованию не только в водных, но и в органических средах.

3. Текстильно-вспомогательные материалы

Придание полимерам гидро- и олеофобности при введении перфторалкильных групп легло в основу широкого использования ИПФА в синтезе текстильно-вспомогательных материалов, используемых для пропитки тканей, целлюлозных изделий и других волокнистых материалов, в том числе искусственных волокон [133—136, 150, 155, 162, 166, 167, 170, 216, 251]. Наиболее эффективные текстильно-вспомогательные материалы получены из высших ИПФА с числом атомом $C \geq 7$ [147—150]. На основе 1-иодперфторгептана получены насыщенные полифторалкоксиспирты и амины, фосфорорганические соединения, применяющиеся для придания водо- и маслоотталкивающих свойств целлюлозным и текстильным изделиям [147, 252, 253]. 1-Иодперфтороктан используется в синтезе грязезащитных веществ для тканей [149—152, 156]. Более широкая группа иодперфторалканов R_fI (R_f — перфторалкилы C_{4+16}) применяется в синтезе полиоксисилселеновых солей аммония и их производных, придающих текстильным волокнам масло- и водостойкость [150]. Реже используются в этих целях члены гомологического ряда ИПФА с числом атомов $C \leq 4$ [133, 135, 254—256].

На основе иодперфторалкоксиалканов получены [162, 163, 257] сложные эфиры, применяющиеся в синтезе соответствующих кислот и их комплексов с гинохлоритом хрома, которые являются эффективными водомаслоотталкивающими агентами.

На основе ИПФА и иодперфторалкоксиалканов синтезированы новые мономеры и полимеры [134, 153, 154, 258, 259], например фторсодержащие полиуретаны [153, 260] с пыле- и грязеотталкивающими свойствами. Мономеры, полученные с использованием ИПФА с числом атомов углерода от 1 до 10, оказались перспективными для синтеза новых полимерных материалов, обладающих свойствами каучуков [261], резины [262] и других вулканизирующихся материалов [263], а также и вулканизаторов [139].

Применяя 1-иодперфторпропан в синтезе фторсодержащих бензоксазолов, авторы [264] нашли новые противокоррозионные добавки к смазкам.

4. Биологически активные соединения

Особое место занимает использование ИПФА в синтезе биологически активных соединений. Взаимодействием CF_3I и некоторых его гомологов с органическими субстратами получены циклические, ароматические, гетероциклические перфторалкилированные соединения, обладающие разнообразной биологической активностью [265—282] (схема). Чаще всего в синтезах биологически активных соединений используют иодтрифторметан из-за наибольшей активности получаемых на его основе соединений, а также из-за большой стабильности CF_3I , вследствие чего реакции трифторметилирования, проводимые, как правило, при температуре не ниже $110^\circ C$, не сопровождаются побочными процессами, связанными с деструкцией перфторалкильного заместителя, а это является немаловажным преимуществом в синтезе фармакологических препаратов.

Спектр биологического действия перфторалкилсодержащих препаратов, получаемых перфторалкилированием ароматических и гетероароматических субстратов



В последнее время предпринят поиск новых алкилирующих агентов для получения фторсодержащих биологически активных соединений. Для этих целей были использованы, в частности, галогендифторуксусные кислоты и их производные. Так, авторы работы [283] подчеркивали их способность к нуклеофильному замещению, а в последующих синтезах с метилиоддифторацетатом было показано, что для него характерны обычные для ИПФА реакции присоединения и замещения, в том числе алкилирование ароматических и гетероциклических соединений [284]. Благодаря этим работам стало возможным введение в сложные органические молекулы группы $\text{CH}_3\text{OOSCF}_2$, значительно расширяющей синтетические возможности получаемых соединений.

5. Другие области применения

Кроме традиционных областей, ИПФА и иодперфторалкоксиялканы используются как промежуточные вещества в синтезе различных материалов с полезными свойствами [16], в том числе в производстве красителей [262]. Иодперфторалканы применяют в качестве источников фтора при травлении стеклянных поверхностей для повышения их устойчивости к воде и водным растворам [18]. Проведена оценка возможности применения CF_3I в радиационной дозиметрии [19]. В некоторых случаях ИПФА являются удобными растворителями в ИК-спектроскопии [285].

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наличие в ИПФА высокофторированного фрагмента R_f обуславливает кардинальное отличие их от углеводородных аналогов, заключающееся в стягивании электронной плотности со связи $\text{C}-\text{I}$. Это практически полностью лишает молекулу способности участвовать в реакциях нуклеофильного замещения. Характерными оказываются радикальные и ион-радикальные реакции. Тем не менее ИПФА, как и их нефторированные аналоги, являются удобными алкилирующими агентами и позволяют простыми способами вводить фторсодержащие заместители в сложные органические молекулы, не вызывая их деструкции, что и определяет их основное применение в органическом синтезе.

Самостоятельное практическое значение ИПФА обусловлено применением их в таких областях современной техники, как машиностроение, лазерная техника, разделение изотопов и т. д.

Недостатками ИПФА (и особенно CF_3I и $n\text{-C}_3\text{F}_7\text{I}$) с точки зрения практического применения является их относительно высокая стоимость, так как для их синтеза в настоящее время не разработано технологий, конкурентоспособных методу Бородина — Хунсдиккера. В связи с этим целесообразным и перспективным направлением является разработка альтернативных и кислородсодержащих иодперфторалканов на основе доступных продуктов.

Мы не претендуем на исчерпывающую полноту библиографии, представленной в данном обзоре. Однако в нем в полной мере отражены основные направления исследований как в области способов получения, так и реакционной способности иодперфторалканов. Надеемся, что содержание обзора будет полезно не только исследователям, работающим в области органической химии фтора, но и более широкому кругу химиков-синтетиков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Banks A. A., Emeleus H. J., Haszeldine R. N. // J. Chem. Soc. 1948. P. 2188.
2. Coe P. L., Milner N. E. // J. Fluor. Chem. 1972. V. 2. P. 167.
3. Кондратенко Н. В., Юрченко Л. Г., Матюшечева Г. И. // Укр. хим. журн. 1981. Т. 47. С. 871.
4. Заявка 54—22371 Япония // РЖХим. 1980. 60383.
5. Kobayashi Y. // J. Chem. Soc. Perkin Trans. Pt 1. 1980. P. 2755.
6. Язупольский Л. М. Ароматические и гетероциклические соединения с фторсодержащими заместителями. Киев: Наук. думка, 1988. 320 с.
7. Рахимов А. И. Химия и технология фторорганических соединений. М.: Химия, 1986. 271 с.
8. Kasper J. V. V., Pimentel G. C. // Appl. Phys. Lett. 1964. V. 5. P. 231.
9. Скоробагагов Г. А., Хоменко В. Е. // Вестн. Ленинград. ун-та, 1970. Т. 2. С. 170.
10. Скоробагагов Г. А., Селезнев В. Г. // Журн. тех. физики. 1975. Т. 45. С. 2454.
11. Козлов А. С., Правилон А. М. // Химия высоких энергий. 1981. Т. 15. С. 514.
12. Гаерилина Л. К., Катуплин В. А., Коржавина Н. Н. и др. // Квантовая электроника. 1979. Т. 6. С. 1495.
13. Berry M. J. // Chem. Phys. Lett. 1972. V. 15. P. 269.
14. Coombe R. D., Pimentel G. C. // J. Chem. Phys. 1973. V. 59. P. 535.
15. Оравский А. Н. // Химия высоких энергий. 1974. Т. 8. С. 3.
16. Новое в технологии соединений фтора/Под ред. Н. Исикавы. М.: Мир, 1984. 591 с.
17. Bittenson S., Houston P. L. // J. Chem. Phys. 1977. V. 67. P. 4819.
18. Пат. 3314772 США // РЖХим. 1968. 19M98.
19. Seltzer S. M., Berger M. J. // Intern. J. Appl. Radiat. Isotop. 1982. V. 33. P. 1189.
20. Probst A., Raab K., Ulm K., von Werner K. // J. Fluor. Chem. 1987. V. 37. P. 223.
21. Плетнев С. И., Изумнов С. М., Рожков И. Н. и др. // Изв. АН СССР. Сер. хим. 1989. С. 2057.
22. Banks R. E. Fluorocarbons and their Derivatives. L.: Oldbourne Press, 1964. 161 p.
23. Шенпард У., Шартс К. Органическая химия фтора. М.: Мир, 1972. 480 с.
24. Ловлейс А., Роуч Д., Постельнек У. Алифатические фторсодержащие соединения. М.: Изд-во иностр. лит., 1961. 345 с.
25. Пат. 3992424 США // РЖХим. 1977, 14N117.
26. Дяткин Б. Л., Геворкян А. А., Кнулянц И. Л. // Изв. АН СССР. Сер. хим. 1965. С. 1873.
27. Деев Л. Е., Назаренко Т. И., Пашкевич К. И. // Изв. АН СССР. Сер. хим. 1988. С. 402.
28. Пат. 3351671 США // РЖХим. 1969, 2P460.
29. Пат. 3072730 США // РЖХим. 1964, 20H43.
30. Пат. 2343824 Франция // РЖХим. 1978, 6C219.
31. Пат. 2610148 ФРГ // РЖХим. 1978, 15L332.
32. Millauer H. // Angew. Chem. 1973. B. 85. S. 988.
33. Пат. 3133125 США // РЖХим. 1965, 23H9.
34. Пат. 96082 Франция // РЖХим. 1973, 18H20.
35. Colebourne N., Wolfgang R. // J. Chem. Phys. 1963. V. 38. P. 2782.
36. Пат. 3682876 США // РЖХим. 1973, 10C363.
37. Grayston M. W., Lemal D. M. // J. Amer. Chem. Soc. 1976. V. 98. P. 1278.

38. Stanley K., McBride D. W. // Can. J. Chem. 1975. V. 53. P. 2537.
39. Amimoto Y. // 7th Eur. Symp. Fluor. Chem. Venice, 1980. P. 40. // РЖХим. 1981, 16Ж417.
40. Дворникова К. В., Платонов В. Е., Пушкина Л. Н. и др. // Журн. орг. химии. 1972. Т. 8. С. 1042.
41. Cataggi G., Gozzo F. // Тез. докл. Международного симпозиума по химии фтора. М.: Наука, 1969. С. 49.
42. Cataggi G., Gozzo F. // J. Chem. Soc. C. 1971. P. 925.
43. Cataggi G. // Ibid. 1971. P. 2382.
44. Постовой С. А., Зейфман Ю. В., Кнуляну И. Л. // Изв. АН СССР. Сер. хим. 1982. С. 2826.
45. Hagele G., Bauer G. // Z. Naturforsch. 1979. B. 34. S. 1252.
46. Пат. 3346652 США // С. А. 1968, P. 21500g.
47. Henne A. L., Finnegan W. G. // J. Amer. Chem. Soc. 1950. V. 72. P. 3806.
48. Emeleus H. J., Haszeldine R. N. // J. Chem. Soc. 1949. P. 2948.
49. Туманова А. В., Губанов В. А., Долгопольский И. М. // Журн. общ. химии. 1965. Т. 35. С. 587.
50. Henne A. L., Zimmer W. F. // J. Amer. Chem. Soc. 1951. V. 73. P. 1362.
51. Paskovich D., Gaspar P., Hammond G. S. // J. Org. Chem. 1967. V. 32. P. 833.
52. Feist H.-R., Naumann D. // J. Fluor. Chem. 1980. V. 16. P. 571.
53. Назаренко Т. И., Деев Л. Е., Пашкевич К. И. // Тез. докл. Всесоюз. конф. по химии фтора. Москва, 1986. С. 171.
54. Petit G., Bessiere J. // J. Elektroanal. Chem. 1970. V. 25. P. 317.
55. Cullen W. R., Styann G. E. // Can. J. Chem. 1966. V. 44. P. 1225.
56. Пат. 3716592 США // РЖХим. 1974, 2Н233.
57. Пат. 3666820 США // РЖХим. 1973, 6Н39.
58. Sildert L. S. // J. Amer. Oil. Chem. Soc. 1969. V. 46. P. 615.
59. Пат. 3531535 США // С. А. 1971. 88243 p.
60. Пат. 2614131 США.
62. Chambers R. D., Musgrave W. K. R., Savory J. // J. Chem. Soc. 1961. P. 3779.
63. Sartori P., Lehnen A. J. // Chem. Ber. 1971. B. 104. S. 2813.
64. Fielding H. C. Organofluorine Chemicals and their Industrial Applications. L.: Chichester. 1979. 250 p.
65. Young J. A., Reed T. M. // J. Org. Chem. 1967. V. 32. P. 1682.
66. Такэуги Тору // Юки госэй кагаку кекайси. 1970. Т. 32. С. 580.
67. Лурье Э. П., Кнуляну И. Л., Дяткин Б. Л. // Журн. орг. химии. 1971. Т. 7. С. 1835.
68. Пат. 340621 США // РЖХим. 1970, 4Н31.
69. Пат. 2033755 ФРГ // РЖХим. 1975, 20Н21.
70. Пат. 49-41402 Япония // РЖХим. 1975, 15Н23.
71. Пат. 49-41401 Япония // РЖХим. 1975, 15Н22.
72. Пат. 56-2054 Япония // РЖХим. 1982, 4Н19.
73. Пат. 3933931 США // РЖХим. 1976, 21Н29.
74. Пат. 998235 Великобритания // РЖХим. 1966, 17Н21.
75. Пат. 477385 Швейцария // РЖХим. 1970, 13Н38.
76. Пат. 486402 Швейцария // РЖХим. 1971, 5Н22.
77. Пат. 3283020 США // РЖХим. 1968, 9Н31.
78. Oates G., Winfield J. M. // J. Chem. Soc. Dalton Trans. 1974. P. 119.
79. Успехи химии фтора. Т. III, IV. Л.: Химия, 1970. 448 с.
80. Krespan C. G. // J. Org. Chem. 1962. V. 27. P. 1813.
81. Пат. 3052732 США // РЖХим. 1964, 2Н63.
82. Кнуляну И. Л., Кочарян С. Т., Рошлин Е. М. // Изв. АН СССР. Сер. хим. 1965. С. 1910.
83. Мочалина Е. П., Дяткин Б. Л., Галахов И. В., Кнуляну И. Л. // Докл. АН СССР. 1966. Т. 169. № 6. С. 1346.
84. Chen Ching-Yun, Jiang Hsi-Kwei, Chen Bing-qu, Liang Meng-lan. // Sci. sinica. 1966. V. 15. P. 498.
85. Делягина Н. И., Мысов Е. И. // Докл. АН СССР. 1974. Т. 217. С. 836.
86. Delyagina N. I., Dyatkin B. L. // Tetrahedron. 1974. V. 30. P. 4031.
87. Постовой С. А., Ланцева Л. Т., Зейфман Ю. В., Кнуляну И. Л. // Изв. АН СССР. Сер. хим. 1982. С. 2531.
88. Пат. 1540866 Франция // РЖХим. 1970, 3Н29.
89. Chambers R. D., Partington S. // 7th Intern. Symp. Fluor Chem. California, 1973.
90. Пат. 3501534 США // РЖХим. 1971, 10Н35.
91. Пат. 3542859 США // РЖХим. 1971, 15Р482.
92. Пат. 3409512 США // РЖХим. 1970, 4Н66.
93. Пат. 3453333 США // РЖХим. 1970, 16Н45.
94. Пат. 3558721 США // РЖХим. 1971, 20Н150.
95. Пат. 3758538 США // РЖХим. 1974, 15Н505.
96. Joung J. A. // Fluor. Chem. Rev. 1967. V. 1. P. 359.
97. Evans F., Litt M., Avonda F. // IV Intern. Symp. Fluor. Chem. Munchen, 1968. P. 66.

98. Пат. 148092 Франция.
99. Пат. 484207 Швейцария // РЖХим. 1970, 24Н33.
100. Пат. 498163 Швейцария // РЖХим. 1971, 10Н27.
101. Пат. 518247 Швейцария // РЖХим. 1972, 17Н25.
102. Пат. 535729 Швейцария // РЖХим. 1973, 22Н29.
103. Ashton D. S., Tedder J. M. // J. Chem. Soc. Faraday Trans. Pt 1. 1974. V. 70. P. 299.
104. Ужигасу Х., Утино Т. // Кагаку когаку. 1978. Т. 42. № 6. С. 330 // РЖХим. 1978, 23Н73.
105. Gregori R., Haszeldine R. N. // J. Chem. Soc. C. 1971. P. 1216.
106. Пат. 20282 Япония // РЖХим. 1969, 17Н35.
107. Haszeldine R. N., Mir I. D. // J. Chem. Soc. Perkin Trans. Pt 1. 1976. P. 1170.
108. Пат. 1915395 ФРГ // РЖХим. 1971, 18С230.
109. Moore L. O. // Can. J. Chem. 1971. V. 49. P. 666.
110. Пат. 56-8013 Япония // РЖХим. 1982, 7Н16.
111. Пат. 48-42852 Япония // РЖХим. 1974, 17Р497.
112. Пат. 20283 Япония // РЖХим. 1969, 17Н36.
113. Пат. 3525758 США // РЖХим. 1971, 13С400.
114. Пат. 3345424 США // РЖХим. 1969, 3Н35.
115. Пат. 2235885 ФРГ // РЖХим. 1971, 10Н35.
116. Haszeldine R. N., Hewitson B., Tipping A. E. // J. Chem. Soc. Perkin Trans. Pt 1. 1974. P. 1706.
117. Haszeldine R. N., Rigby R. B. // Ibid. 1972. P. 1506.
118. Радченко О. А., Ильченко А. Н. // Тез. докл. III Всесоюз. конф. по химии фторорганических соединений. Одесса, 1978. С. 153.
119. Пат. 57-159805 Япония.
120. Haszeldine R. N., Rigby R. B., Tipping A. E. // J. Chem. Soc. Perkin Trans. Pt 1. 1973. P. 676.
121. Krespan C. G., England D. C. // J. Amer. Chem. Soc. 1981. V. 103. P. 5598; Banks R. E., Birchall J. M., Haszeldine R. N., Nicholson W. J. // J. Fluor. Chem. 1982. V. 20. P. 133.
122. Черсков В. Ф., Стерлин С. Р., Герман Л. С., Кнуныantz И. Л. // Изв. АН СССР. Сер. хим. 1985. С. 220; Cherstkov V. P., Sterlin S. R., Knunyants I. L. // J. Fluor. Chem. 1985. V. 29. P. 2.
123. Bell T. N., Pullman B. J., West B. O. // Austral. J. Chem. 1963. V. 16. P. 636; Naumann D., Tyrre W. // J. Organometal. Chem. 1987. V. 334. P. 323.
124. Miller W. T., Freedman M. B. // J. Amer. Chem. Soc. 1963. V. 85. P. 180.
125. Clark H. C., Kwon J. T., Whyman D. // Can. J. Chem. 1963. V. 41. P. 2628.
126. Dyatkin B. L., Sterlin S. R., Martynov B. I., Knunyants I. L. // Tetrahedron Lett. 1971. P. 345.
127. Dyatkin B. L., Martynov B. I., Knunyants I. L. // J. Organometal. Chem. 1973. V. 57. P. 423.
128. Adcock J. L., Renk E. B. // J. Org. Chem. 1979. V. 44. № 19. P. 3431.
129. Dodman P., Tatlow J. C. // J. Fluor. Chem. 1976. V. 8. P. 263.
130. Naumann D., Walter R. // 9th Intern. Symp. Fluor. Chem. Avinyon, 1979. P. 43.
131. Banks J., Emeleus H. J., Haszeldine R. N. // J. Chem. Soc. 1951. V. 1. P. 60.
132. Pascual A. P., Wolff M. E. // J. Med. Chem. 1971. V. 14. P. 164.
133. Пат. 3285975 США // РЖХим. 1968, 17Н124.
134. Пат. 3794623 США // РЖХим. 1975, 5С214.
135. Пат. 3786089 США // РЖХим. 1974, 24С244.
136. Пат. 3384627 США // РЖХим. 1969, 16С237.
137. Brace N. O. // J. Org. Chem. 1964. V. 29. P. 1247.
138. Low H. C., Tedder J. M. // Intern. J. Chem. Kinet. 1978. V. 10. P. 325.
139. Пат. 4243770 США // РЖХим. 1981, 14С267.
140. Haufe G., Muhlstadt M. // Z. Chem. 1979. B. 19. S. 170.
141. Meunir H. G., Abell P. J. // J. Phys. Chem. 1967. V. 71. P. 1430.
142. El Soueni A., Tedder J. M., Walton J. C. // J. Fluor. Chem. 1981. V. 17. P. 51.
143. Brace N. O., Van Elswyk J. E. // J. Org. Chem. 1976. V. 41. P. 766.
144. Brace N. O. // Ibid. 1966. V. 31. P. 2879.
145. Brace N. O. // Ibid. 1973. V. 38. P. 3167.
146. Piccardi P., Modena M. // J. Chem. Soc. 1971. C. P. 3959.
147. Пат. 730819 Бельгия // РЖХим. 1973, 24С1468.
148. Пат. 3625929 США // РЖХим. 1972, 19С315.
149. Пат. 3734687 США // РЖХим. 1974, 5С1125.
150. Пат. 3622590 США.
151. Пат. 3872058 США.
152. Пат. 4080507 США // РЖХим. 1978, 22Н67.
153. Пат. 3759874 США // РЖХим. 1974, 16С500.
154. Пат. 3388078 США // РЖХим. 1969, 23С323.
155. Пат. 3781370 США // РЖХим. 1975, 1Н51.
156. Пат. 3231604 США // РЖХим. 1967, 11Н140.

157. Пат. 3274081 США // РЖХим. 1968, 4Л332.
158. *Brace N. O.* // J. Org. Chem. 1971. V. 36. P. 1904.
159. Пат. 3257407 США // РЖХим. 1967, 21Р403.
160. Пат. 3575890 США // РЖХим. 1972, 4С377.
161. Пат. 1570174 Франция // РЖХим. 1970, 15Н44.
162. Пат. 3641083 США // РЖХим. 1973, 3Н134.
163. Пат. 3674800 США // РЖХим. 1973, 6Н224.
164. *Brace N. O.* // J. Org. Chem. 1975. V. 40. P. 851.
165. Пат. 3514487 США // РЖХим. 1971, 18Н50.
166. Пат. 3277039 США // РЖХим. 1968, 17Р440.
167. Пат. 3282905 США // РЖХим. 1968, 6С253.
168. *Kiwamura T., Takahashi H.* // J. Chem. Soc. Jap. Chem. and Ind. Chem. 1974. P. 1731.
169. *Рахимов А. И., Калуга В. И.* // Журн. орг. химии. 1980. Т. 16. С. 223.
170. Пат. 3378609 США // РЖХим. 1969, 20С146.
171. *Brace N. O.* // J. Org. Chem. 1979. V. 44. P. 1964.
172. *Banks R. E., Barlow M. G.* // J. Chem. Soc. Perkin Trans. Pt 1. 1974. P. 126.
173. *Ярош О. Г., Воронков М. Г.* // Тех. докл. III Всесоюз. конф. по химии фторорганических соединений. Одесса, 1978. С. 115.
174. *Воронков М. Г., Мирсков Р. Г., Кузнецов А. Л.* // Журн. общ. химии. 1979. Т. 49. С. 720.
175. *Tiers G. V. D.* // J. Org. Chem. 1961. V. 26. P. 3515.
176. *Hauptschein M., Grosse A. V.* // J. Amer. Chem. Soc. 1951. V. 73. P. 5461.
177. *Chambers R. D., Musgrave W. K. R., Savory J.* // J. Chem. Soc. 1962. P. 1993.
178. Пат. 3821290 США // РЖХим. 1975, 8Н80.
179. *Кощеева Л. С., Лаврентьев А. Н.* // Журн. общ. химии. 1974. Т. 44. С. 2108.
180. *Sharp K. G., Schwager J.* // Inorg. Chem. 1976. V. 15. P. 1697.
181. *Von Horn H.-G.* // Chem.-Ztg. 1971. B. 95. S. 742.
182. *Doty L. F., Cavell R. G.* // Inorg. Chem. 1974. V. 13. P. 2722.
183. *Ang H. G., Redwood M. E., West B. O.* // Austral. J. Chem. 1972. V. 25. P. 493.
184. Пат. 2110769 ФРГ // РЖХим. 1975, 3Н78.
185. *Thompson J. W., Witt J. D., Durig J. R.* // Inorg. Chem. 1973. V. 12. P. 2124.
186. *Масленников И. Г., Лаврентьев А. Н., Шибеев В. И., Сочилини Е. Г.* // Журн. общ. химии. 1976. Т. 46. С. 1904.
187. *Лаврентьев А. Н., Масленников И. Г., Сочилини Е. Г.* // Журн. общ. химии. 1975. Т. 45. С. 1702.
188. А. с. 423788 СССР. Б. И. 1974. № 44. С. 81 // РЖХим. 1976, 2Н19.
189. *Kenneth G. S.* // 7th Intern. Symp. Fluor. Chem. California, 1973. P. 1.
190. *Okafo E. N., Whittle E.* // Intern. J. Chem. Kinet. 1973. V. 5. P. 1047.
191. *Haszeldine R. N.* // J. Chem. Soc. 1953. P. 3761.
192. *Студзинский О. П., Ельцов А. В.* // Журн. Всесоюз. хим. о-ва им. Д. И. Менделеева. 1974. Т. 19. С. 376.
193. *Pearson G., Songstad J.* // J. Amer. Chem. Soc. 1967. V. 8. P. 1827.
194. Пат. 3234267 США // РЖХим. 1967, 14Н112.
195. Пат. 3697564 США // РЖХим. 1973, 18Р366.
196. *Гурвич Л. В., Караченцев Г. В., Кондратьев В. Н. и др.* Энергии разрыва химических связей. Потенциал ионизации и сродство к электрону. М.: Наука, 1974. 351 с.
197. *Shack G. J., Christie K. O.* // J. Fluor. Chem. 1980. V. 16. P. 63.
198. *Berry M. J., Pimentel G. C.* // J. Chem. Phys. 1968. V. 49. P. 5190.
199. *Cuellar E., Parker J. H.* // Ibid. 1974. V. 61. P. 422.
200. *Arican M. H., Potter E.* // J. Chem. Soc. Faraday Trans. Pt 1. 1973. V. 69. P. 1811.
201. *Whytock D. A., Clarke E. D.* // Ibid. 1974. P1. V. 70. P. 411.
202. *McCleverty J. A.* // J. Organometal. Chem. 1976. V. 119. P. 261.
203. *Bevan W. J., Haszeldine R. N.* // J. Chem. Soc. Dalton Trans. 1975. P. 620.
204. *Оглобыстин О. Ю.* Перенос электрона в органических реакциях. Ростов н/Д: Изд-во Ростов. ун-та, 1974. 122 с.
205. Пат. 3377390 США // РЖХим. 1969, 17Н34.
206. *Chambers O. R., Oates G., Winfield J. M.* // J. Chem. Soc. Chem. Commun. 1972. V. 14. P. 839.
207. *Baumanns J., Deneken L.* // J. Fluor. Chem. 1974. V. 3. P. 323.
208. *Малегина И. И., Орда В. В., Ягупольский Л. М. и др.* // Журн. орг. химии. 1976. Т. 12. С. 1371.
209. *Лялин В. В., Орда В. В., Алексеева Л. А., Ягупольский Л. М.* // Там же. 1970. Т. 6. С. 329.
210. *Christe K. O., Schack C. J., Wilson R. D.* // Inorg. Chem. 1974. V. 13. P. 2811.
211. *Nauman D., Heinsen H. H., Lehmann E.* // J. Fluor. Chem. 1976. V. 8. P. 243.
212. *Schack C. J.* // 7th International Symp. Fluor. Chem. California, 1973. P. 25.

213. Яегупольский Л. М., Миронова А. А., Малетина И. И., Орда В. В. // Журн. орг. химии. 1980. Т. 16. С. 232.
214. Haszeldine R. N. // J. Chem. Soc. 1955. P. 2151.
215. Пат. 3351644 США // РЖХим. 1969. 13Н89.
216. Пат. 3706773 США // РЖХим. 1973. 21Р412.
217. Пат. 2207177 ФРГ // РЖХим. 1974. 6Н122.
218. Haszeldine R. N. // J. Chem. Soc. 1953. P. 2662.
219. Chen Qing, Yang Zhen-Yu // J. Fluor. Chem. 1987. V. 37. P. 171.
220. Шибеев В. И., Коцеева Л. С. // Журн. общ. химии. 1977. Т. 47. С. 2601.
221. Cheetham N. F., Pullin A. D. E. // Austral. J. Chem. 1971. V. 24. P. 479.
222. Cheetham N. F., Pullin A. D. E. // J. Chem. Soc. Chem. Commun. 1965. P. 418.
223. Cheetham N. F., McNaught I. J., Pullin A. D. // Austral. J. Chem. 1974. V. 27. P. 987.
224. Cheetham N. F., Pullin A. D. E. // J. Chem. Soc. Chem. Commun. 1967. P. 233.
225. Larsen D. W., Allred A. L. // J. Phys. Chem. 1965. V. 69. P. 2400.
226. Piccardi P., Modena M., Serboli G. C., Ragazzini M. // J. Chem. Soc. C. 1970. P. 949.
227. Eapen K. C., Eisentraut K. I., Ryan M. T., Tamborski C. // J. Fluor. Chem. 1986. V. 31. P. 405.
228. Пат. 3594358 США // РЖХим. 1972. 8С346.
229. Пат. 1257161 Великобритания // РЖХим. 1972. 12Н144.
230. Mungall W. S., Martin C. L., Borgeson G. C. // Macromolecules. 1975. V. 8. P. 934.
231. Tatemoto M. // 9th Intern. Symp. Fluor. Chem. Avignon. 1979. P. 67.
232. Пат. 3838110 США // РЖХим. 1975. 14Т111.
233. Пат. 3531432 США // РЖХим. 1971. 12С589.
234. Пат. 3575875 США // РЖХим. 1972. 5С671.
235. Hohla K., Kompa K. L. // Naturforschung A. 1972. V. 27. P. 938.
236. Berry M. J. // J. Chem. Phys. 1973. V. 59. P. 6229.
237. Kimel S., Speiser S. // Chem. Revs. 1977. V. 77. P. 437.
238. Gordon E. B., Nadkhin A. I., Sotnichenko S. A., Boriev I. A. // Chem. Phys. Lett. 1982. V. 86. P. 209.
239. Hays A. K., Hoffman J. M., Tisone G. C. // Ibid. 1976. V. 39. P. 353.
240. Пат. 3535393 США // РЖХим. 1971. 12С205.
241. Пат. 3663590 США // РЖХим. 1973. 5Р599.
242. Kuwamura T., Ohshima M., Kameyama E. // J. Chem. Soc. Jap. Chem. and Ind. Chem. 1974. P. 545.
243. Пат. 3937724 США // РЖХим. 1976. 20Т676.
244. Пат. 4283533 США // РЖХим. 1982. 9Р504.
245. Sekya A., Ishikawa N. // Chem. Lett. 1977. P. 81.
246. Moreau P., Dalverny G. // J. Fluor. Chem. 1975. V. 5. P. 265.
247. Пат. 3255228 США // РЖХим. 1967. 17Н79.
248. Пат. 343802 США // РЖХим. 1970. 19Н120.
249. Haszeldine R. N., Hewitson B., Higginbottom B. et al. // J. Chem. Soc. Chem. Commun. 1972. P. 249.
250. Пат. 2305421 Франция // РЖХим. 1978. 3Н154.
251. Пат. 25361 Япония // РЖХим. 1972. 3С361.
252. Пат. 3937724 США // РЖХим. 1976. 20Т676.
253. Пат. 3810939 США // РЖХим. 1975. 7Р384.
254. Пат. 2301511 Франция // РЖХим. 1978. 3Н211.
255. Хаяси Т., Аихара Р. и др. // Кагаку когаку. 1978. Т. 42. С. 330.
256. Пат. 3625929 США // РЖХим. 1972. 19С315.
257. Mares F., Oxenrider B. C. // J. Fluor. Chem. 1976. V. 8. P. 373.
258. Coe P. L., Milner N. E. // J. Organometal. Chem. 1974. V. 70. P. 147.
259. Пат. 1294661 Великобритания // РЖХим. 1973. 12Н11.
260. Пат. 3759874 США // РЖХим. 1974. 16С500.
261. Henry M. C., Griffiths C. G., Stump E. C. // Fluor. Chem. Rev. 1967. V. 1. P. 1.
262. Wolfrum G. // Organofluorine Chem. and Ind. Appl. London: Chichester. 1979. P. 208. // РЖХим. 1981. 4Н184.
263. Пат. 3880949 США // РЖХим. 1976. 6Т367.
264. Пат. 4120863 США // РЖХим. 1979. 19Н301.
265. Пат. 3947408 США // РЖХим. 1976. 24О109.
266. Пат. 3859442 США // РЖХим. 1975. 22О118.
267. Пат. 3821289 США // РЖХим. 1975. 9О191.
268. Пат. 54-22371 Япония // РЖХим. 1980. 6О383.
269. Пат. 3850945 США // РЖХим. 1975. 18О84.
270. Cech D., Herrmann G., Staske R. et al. // J. Pract. Chem. 1979. V. 321. S. 488.
271. Пат. 50-11891 Япония // РЖХим. 1976. 9Н138.
272. Lin F., Gao Y.-S. // J. Med. Chem. 1983. V. 26. P. 598.
273. Пат. 3907897 США // РЖХим. 1976. 13О216.
274. Soloski E. J., Moore G. J., Tamborski C. // J. Fluor. Chem. 1976. V. 8. P. 295.
275. Griffith J. R., O'Rear J. G. // Synthesis. 1974. P. 493.

276. Пат. 57-18638 Япония // РЖХим. 1983. 15Н165.
277. Пат. 1355682 Великобритания // РЖХим. 1975. 7О52.
278. Firestone R. A. // J. Med. Chem. 1982. V. 25. P. 539.
279. Пат. 4371541 США // РЖХим. 1983. 19О117.
280. Пат. 3867435 США // РЖХим. 1976. 1О47.
282. Пат. 4001406 США // РЖХим. 1977. 18О35.
283. Делягина Н. И., Зейфман Ю. В., Герман Л. С., Кнунянц И. Л. // Тез. докл. Всесоюз. конф. по химии фтора. Москва, 1986. С. 10.
284. Taguchi T., Kitagawa O., Kobayashi J. // 6th regular Meeting of Soviet-Japanese Fluorine Chemists. Symposium on fluorine Chemistry in Novosibirsk. 1989. P. V-1.
285. Glew D. N., Rath N. S. // Can. J. Chem. 1971. V. 49. P. 837.

Институт химии БНЦ УрО РАН,
Свердловск
Пермский филиал Государственного
института прикладной химии

Iodperfluoroalkanes

Deev L. E., Nazarenko T. I., Pashkevich K. I., Ponomarev B. G.

The review covers the methods for the preparing of iodperfluoroalkanes and their chemical properties, namely, radical addition of the unsaturated compounds with functional groups to the multiple carbon – carbon bonds; reactions with the elements of IV–VI groups and compounds thereof; cleavage of the single bonds by the R_f radical; iodperfluoroalkanes oxidation involving the degradation of the perfluoroalkane chain and the formation of the iodonic derivatives; the formation of complexes with charge transfer and the reactions of α -halogen defluorination. Iodperfluoroalkanes application is described.

The bibliography includes 285 references.