

НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЖИДКОФАЗНОГО КАТАЛИТИЧЕСКОГО ДИСПРОПОРЦИОНИРОВАНИЯ γ -ТРИФТОРПРОПИЛМЕТИЛДИХЛОРСИЛАНА В ПРИСУТСТВИИ ЭТИЛ- И ФЕНИЛХЛОРСИЛАНОВ

В.Г. Лахтин^{1,*}, начальник лаборатории, М.И. Еремеева¹, младший научный сотрудник, Е.Г. Гордеев², доцент, Н. В. Ушаков³, ведущий научный сотрудник, В.Г. Быковченко¹, старший научный сотрудник, А.Д. Кирилин², заведующий кафедрой, Е.А. Чернышев¹, член-корреспондент РАН, профессор

¹Государственный научный центр РФ «Государственный научно-исследовательский институт химии и технологии элементоорганических соединений», Москва, 105118 Россия

²кафедра Химии и технологии элементоорганических соединений им. К.А. Андрианова

МИТХТ им. М.В. Ломоносова, Москва, 119571 Россия

³Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН, Москва, 119991 Россия

Автор для переписки, e-mail: eos2004@inbox.ru

Исследовано взаимодействие γ -трифторпропилметилдихлорсилана с этил- и фенилхлорсиланами в присутствии хлорида алюминия. Показано, что, помимо ожидаемых реакций обмена $\text{Cl} \leftrightarrow \text{F}$ у атомов кремния, протекают обменные реакции с участием γ -трифто-рпропильного заместителя, приводящие к образованию ряда новых непредельных соединений аллильного типа. Проведены квантово-химические расчеты основных стадий протекающих реакций.

Ключевые слова: диспропорционирование, γ -трифторпропилметилдихлорсилан, этилхлорсиланы, фенилхлорсиланы, хлорид алюминия, дегидрохлорирование, алкенилфторсиланы.

Введение

Жидкофазное каталитическое диспропорционирование элементоорганических соединений представляет собой удобный препаративный метод, позволяющий в одну стадию простым нагреванием исходных реагентов с катализатором получать набор новых соединений с другим, отличным от первоначального, обрамлением у атомов элементов. Подбирая соотношения исходных реагентов и условия проведения реакции можно переводить малоценные соединения в другие, более ценные продукты.

Метод диспропорционирования достаточно широко используется для получения различных кремний- и германийорганических соединений [1–4]. В отличие от метил- и фенилхлорсиланов, поведение кремнийорганических соединений с γ -трифторпропильными заместителями в присутствии AlCl_3 не исследовалось. Поэтому, учитывая возрождающуюся потребность в мономерах, содержащих γ -трифторпропильные заместители, была проведена настоящая работа.

Для исследования реакции диспропорционирования нами были использованы следующие соединения: γ -трифторпропилметилдихлорсилан (ТФПМДХС), этилхлорсиланы (EtSiCl_3 , Et_2SiCl_2 , Et_3SiCl) и фенилхлорсиланы (MePhSiCl_2 , Ph_2SiCl_2). Были изучены реакции обмена заместителями между ТФПМДХС и этил- и фенилхлорсиланами. Реакции проводили в присутствии AlCl_3 .

Экспериментальная часть

Исходные вещества и продукты реакции анализировали методом ГЖХ на хроматографе ЛХМ-80 с детектором-катарометром, газ-носи-

тель – гелий (30 мл/мин). Колонки из нержавеющей стали 0.3×200 см были заполнены твердым носителем Chromaton N-AW-DMCS с размером частиц 0.25–0.31 мм; неподвижная фаза – силиконовый эластомер SE-30 (5% мас.). Анализ проводили с программированием температуры колонок от 30 до 250°C со скоростью 12°C/мин.

Для идентификации соединений использовали хроматомасс-спектрометрический метод. Масс-спектры регистрировали на хроматомасс-спектрометре Hewlett-Packard HP-5971 при ионизирующем напряжении 70 В. Разделение проводили на капиллярной колонке размером 0.032×2500 см. В качестве неподвижной фазы использовали метилфенилсилоксановый эластомер ДВ-5 с толщиной пленки 25 мкм. Анализ проводили в режиме программирования колонок от 50 до 280°C со скоростью 7°C/мин; газ-носитель – гелий (0.8 мл/мин). Значения молекулярных масс приводятся для изотопов ^{28}Si , ^{35}Cl .

Спектры ЯМР ^1H полученных соединений измерены на Фурье-спектрометре Bruker AM-360 на частоте 360 МГц. Жидкие вещества анализировали в виде 15–30% растворов в дейтерохлороформе. Химические сдвиги измерены относительно тетраметилсилана.

Взаимодействие ТФПМДХС с этил- и фенилхлорсиланами

Взаимодействие реагентов проводили в присутствии 30% мол. AlCl_3 при температуре 130°C. Для реакций использовали эквимолекулярную смесь реагентов. Эксперименты проводили по методике, приведенной в работе [1]. Продукты реакций анализировали с помощью

хроматомасс-спектрометрии. Результаты опытов приведены соответственно в табл. 1 и 2. Для непредельных соединений **4** и **5** были также записаны спектры ^1H ЯМР.

Для соединения $\text{MeF}_2\text{SiCH}_2\text{CH}_2\text{CF}_3$ (**1**) масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн.}}$, %): 163 (5) $[\text{M} - \text{CH}_3]^+$, 81 (68) $[\text{F}_2\text{SiCH}_3]^+$, 78 (36) $[\text{M} - \text{F}_2\text{SiCH}_3 - \text{F}]^+$ (36.2), 77 (100) $[\text{M} - \text{F}_2\text{SiCH}_3 - \text{HF}]^+$, 69 (7) $[\text{CF}_3]^+$.

Для соединения $\text{MeFClSiCH}_2\text{CH}_2\text{CF}_3$ (2) масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн.}}$, %): 179 (6) $[\text{M} - \text{CH}_3]^+$, 101 (9) $[\text{F}_2\text{SiCl}]^+$, 97 (69) $[\text{ClFSiCH}_3]^+$, 78 (64) $[\text{M} - \text{ClFSiCH}_3 - \text{F}]^+$, 77 (100) $[\text{M} - \text{ClFSiCH}_3 - \text{HF}]^+$, 69 (9) $[\text{CF}_3]^+$.

Для соединения $\text{MeClFSiCH}_2\text{CH}=\text{CFCl}$ (3) масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн.}}$, %): 190 (20) $[\text{M}]^+$, 155 (4) $[\text{M} - \text{Cl}]^+$, 97 (100) $[\text{ClFSiCH}_3]^+$.

Для соединения $\text{MeCl}_2\text{SiCH}_2\text{CH}=\text{CFCl}$ (4) масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн.}}$, %): 206 (10) $[\text{M}]^+$, 113 (100) $[\text{Cl}_2\text{SiCH}_3]^+$.

Для *цис*-MeCl₂SiC¹H₂C²H=CClF (*цис*-4) ¹H ЯМР-спектр (δ, м.д.): 0.83 (с, 3H (MeSi)); ³J(2H1-CH) = 8.5 Гц, ⁴J(2H1-F) = 8.5 Гц, 2.05 (дд, 2H (CH₂); ³J(H2-CH₂) = 8.5 Гц, ³J(H2-F) = 10.0 Гц, 5.35 (дт, 1H (CH)).

Для *транс*-MeCl₂SiC¹H₂C²H=CClF (*транс*-**4**) ¹H ЯМР-спектр (δ, м.д.): 0.82 (с, 3H (MeSi); ³J(2H1-CH) = 8.4 Гц, ⁴J(2H1-F) = 0.7 Гц, 2.05 (дд, 2H (CH₂); ³J(H2-CH₂) = 8.6 Гц, ³J(H2-F) = 27.7 Гц, 5.35 (дт, 1H (CH)).

Для соединения $\text{MeCl}_2\text{SiCH}_2\text{CH}=\text{CCl}_2$ (5) масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн.}}$, %): 222 (10) $[\text{M}]^+$, 133 (5) $[\text{Cl}_3\text{Si}]^+$, 113 (100) $[\text{Cl}_2\text{SiCH}_3]^+$, 109 (7) $[\text{Cl}_2\text{CCHCH}_2]^+$, 74 (55) $[\text{ClCCHCH}_2]^+$, 63 (23) $[\text{SiCl}]^+$, 39 (28) $[\text{CCHCH}_2]^+$; ^1H ЯМР-спектр (δ , м.д.): 0.84 (с, 3H (MeSi)); $^3\text{J}(2\text{H1-CH}) = 8.5$ Гц, 2.21 (д, 2H(CH₂); $^3\text{J}(\text{H2-CH}_2) = 8.5$ Гц, 5.91 (т, 1H(CH)).

Результаты и их обсуждение

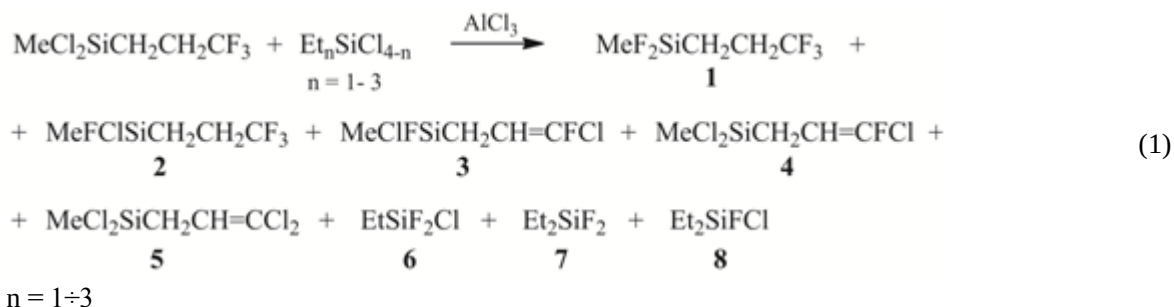
В первую очередь нами была исследована реакционная способность мономера, содержащего γ -трифторпропильный заместитель у атома кремния, по отношению к хлористому алюминию. Было установлено, что при взаимодействии ТФПМДХС с AlCl_3 при температуре 120–140°C наблюдается сильное осмоление реакционной массы, но без образования продуктов диспропорционирования:



Количество AlCl_3 влияет лишь на степень осмоления.

Затем было изучено взаимодействие ТФПМДХС с различными этилхлорсиланами $\text{Et}_n\text{SiCl}_{4-n}$ ($n = 1-4$) в присутствии хлористого алюминия. В отсутствие AlCl_3 никаких изменений с исходными реагентами при длительном кипячении не происходило.

Оказалось, что при взаимодействии ТФПМДХС с этилхлорсиланами (реакция 1) в присутствии хлорида алюминия, наряду с ожидаемыми продуктами, образующимися в результате реакций обмена $\text{Cl} \rightarrow \text{F}$ у атомов кремния: γ -трифторпропилметилдифторсилан (1), γ -трифторпропилметилфторхлорсилан (2), этилдифторхлорсилан (6), диэтилдифторсилан (7), диэтилфенилхлорсилан (8), появляются и неопределенные соединения – фторхлорпропенил-силаны (3–5):



Следует особенно подчеркнуть, что в продуктах реакций не было обнаружено алкенилсиланов с α -положением кратной связи. Образуются алкенилсиланы лишь аллильного типа, что указывает на протекание последовательно-параллельных реакций обмена атомов фтора в пропильном заместителе на атомы хлора и последующего дегидрохлорирования образующихся γ -фторхлорпропилсиланов. Из литературных данных известно [5], что дегидрохлорирования близких по своему строению к ТФПМДХС соединений $\text{RCl}_2\text{SiCHCl-CH}_2\text{-CF}_3$ и $\text{RCl}_2\text{SiCHCl-CHCl-CF}_3$ (где $\text{R} = \text{Cl, Me}$) в присутствии хлористого алюминия не происходит даже при многочасовом кипячении. Из-

вестно также [5], что в ряду фторуглеродов атом галогена, находящийся у углерода, соседнего с CF_2 - и CF_3 -группами, устойчив к реакциям дегидрохлорирования. Из наших опытов следует, что в отличие от атомов хлора в α - и β -положениях, атом хлора, находящийся непосредственно у углерода концевой фторметильной группы, то есть в γ -положении по отношению к кремнию, легко вступает в реакцию дегидрохлорирования под действием AlCl_3 .

Межмолекулярного обмена органическими заместителями в этих реакциях не наблюдается.

Полученные результаты представлены в табл. 1. Количества образующихся продуктов свидетельствуют о том, что наибольшей реак-

ционной способностью в реакциях обмена $\text{Cl} \leftrightarrow \text{F}$ обладают молекулы Et_2SiCl_2 . Так, непредельное соединение **4** образуется в количестве 17%, а общая конверсия ТФПМДХС в этой реакции достигает 63%. Несколько меньшая конверсия ТФПМДХС – 25 и 41% наблюдается при его взаимодействии с Et_3SiCl и EtSiCl_3 соответственно. При этом следует отметить, что

конверсия этилхлорсиланов значительно ниже, чем для ТФПМДХС. Так, конверсия Et_2SiCl_2 в его реакции с ТФПМДХС не превышает 20%.

При проведении реакции ТФПМДХС с диэтилдихлорсиланом в присутствии каталитических количеств AlCl_3 (30% мол.) никаких взаимопревращений не наблюдается – оба жидких реагента остаются неизменными (по данным ГЖХ).

Таблица 1. Взаимодействие ТФПМДХС с этилхлорсиланами (время реакции 6 ч, $T = 130^\circ\text{C}$, 30% мол. AlCl_3 , соотношение ТФПМДХС : этилхлорсилан = 1:1)

Содержание соединений 1–8 в реакционной смеси после прохождения реакции (1), % мас.								
Этилхлорсиланы	1	2	3	4	5	6	7	8
EtSiCl_3	0.4	3.0	2.1	6.7	1.2	1.2	-	-
Et_2SiCl	2.1	3.3	3.4	17.0	10.1	-	1,7	5.9
Et_3SiCl	3.6	2.8	2.3	8.5	5.8	-	3.2	3.1
Et_4Si	-	-	-	-	-	-	-	-

С более активными метилфенилдихлорсиланом и дифенилдихлорсиланом ТФПМДХС реагирует значительно быстрее – он почти полностью исчезает из продуктов реакции через 5 ч. Конверсия самих фенилхлорсиланов также значительно увеличивается. В конечных реакционных смесях остается MePhSiCl_2 – 27.9%, Ph_2SiCl_2 – 19.9%. Число образующихся про-

дуктов увеличивается. Полученные результаты представлены в табл. 2.

Помимо указанных в таблице продуктов зафиксированы также MeSiF_3 , $\text{MeF}_2\text{SiCH}_2\text{CH}_2\text{CF}_3$, $\text{MeFClSiCH}_2\text{CH}_2\text{CF}_3$, (1–2%), PhH (10–22%), MePhSiF_2 (2–3%), MePhSiFCl (2–3%), PhSiF_3 (8%). В данном случае реакции обмена $\text{Cl} \leftrightarrow \text{F}$ и у атомов кремния идут интенсивнее, чем в аналогичных реакциях с участием этилхлорсиланов.

Таблица 2. Взаимодействие ТФПМДХС с фенилхлорсиланами (время реакции 5 ч, $T = 130^\circ\text{C}$, 30% мол. AlCl_3 , соотношение ТФПМДХС : фенилхлорсилан = 1:1)

Продукты реакции	Состав реакционной смеси после прохождения реакции, % мас.	
	с MePhSiCl_2	с Ph_2SiCl_2
$\text{MeCl}_2\text{SiCH}_2\text{CH}_2\text{CF}_3^*$	4.9	0.1
MePhSiCl_2^*	27.9	-
$\text{Ph}_2\text{SiCl}_2^*$	-	19.9
$\text{MeF}_2\text{SiCH}_2\text{CH}=\text{CClF}$	2.4	8.2
$\text{MeF}_2\text{SiCH}_2\text{CH}=\text{CCl}_2$	1.3	4.8
$\text{MeCl}_2\text{SiCH}_2\text{CH}=\text{CF}_2$	1.1	0.6
$\text{MeClFSiCH}_2\text{CH}=\text{CClF}$	4.2	10.8
$\text{MeCl}_2\text{SiCH}_2\text{CH}=\text{CClF}$	27.0	12.5
$\text{MeClFSiCH}_2\text{CH}=\text{CCl}_2$	6.5	13.2
$\text{MeCl}_2\text{SiCH}_2\text{CH}=\text{CCl}_2$	3.4	9.6

* Непрореагировавшие исходные соединения

Для объяснения полученных экспериментальных результатов мы провели ряд квантово-химических расчетов. Вероятно, на первой стадии молекула ТФПМДХС, в зависимости от

направления координации с AlCl_3 , может образовываться либо карбокатион **9**, либо силил-катион **11**:



Расчеты в приближении PBE1PBE/G31-G(d) показали, что полные энергии образования ка-

тионов **9** и **11** близки и составляют соответственно 400 кДж/моль (для реакции 2) и 397

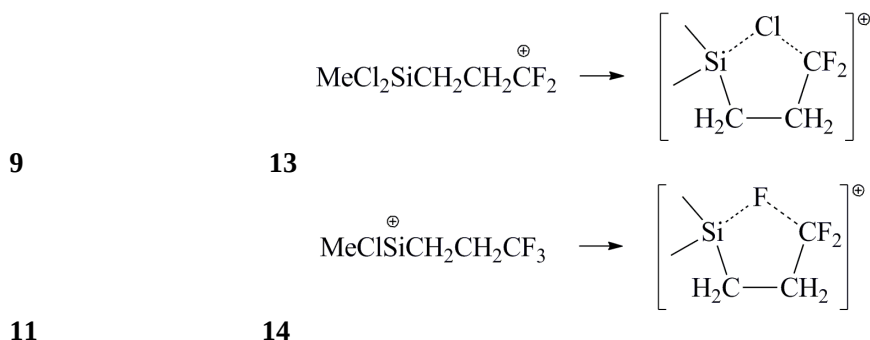
кДж/моль (для реакции 3). Для сравнения: полная энергия образования силилкатона из диэтилдихлорсилана (реакция 4) несколько выше – 436.0 кДж/моль:



В приближении PBE1PBE/G31-G(d) пока-

зано, что образующиеся катионы **9** и **11** могут стабилизироваться в результате внутримолекулярной координации за счет конформационной подвижности, обусловленной наличием CH_2CH_2 -группы (схема 1):

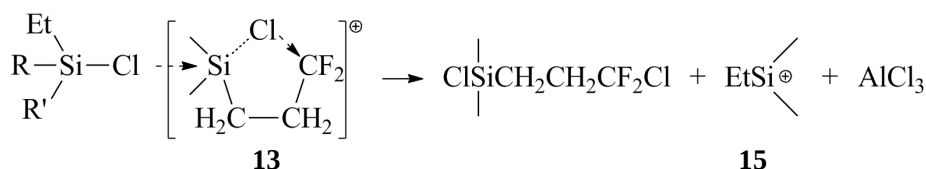
Схема 1



Далее следует атака молекулой этилхлорсилана катионов **9** и **11**, которая может происходить как на атом кремния, так и на γ -углеродный атом. Атака атома кремния может

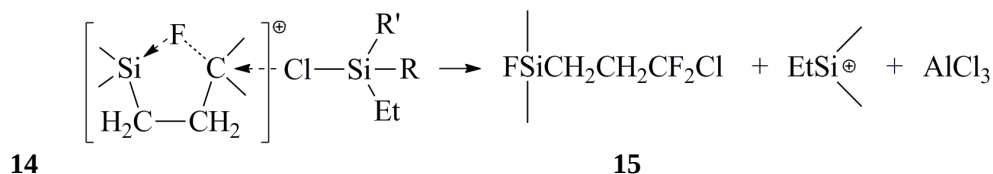
приводить к синхронному перемещению атома хлора от кремния ТФПМДХС к атому углерода CF_2 -группы и атома хлора от этилхлорсилана к атому кремния ТФПМДХС (схема 2):

Схема 2

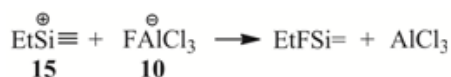


Атака атома углерода CF_2 -группы карбокатиона **14** будет способствовать синхронному перемещению атома хлора к углероду и атома фтора к кремнию (схема 3):

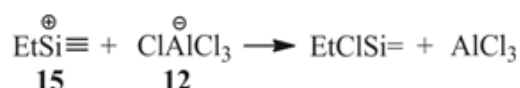
Схема 3



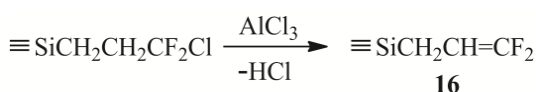
Взаимодействие образующегося при этом силилкатона **15** с анионами **10** и **12** приводит либо к образованию этилфторсилана:



либо к исходному этилхлорсилану:



При появлении атомов хлора у γ -углеродного атома в молекуле ТФПМДХС под действием AlCl_3 начинают проходить процессы дегидрохлорирования, приводящие к образованию фторхлорпропенилсиланов (**16**):



Как показал эксперимент, реакция не ограничивается заменой одного атома фтора в молекуле ТФПМДХС, а проходит дальше по второму и третьему атомам фтора, что в результате последующего дегидрохлорирования приводит к появлению в продуктах реакции соответственно фторхлор- и дихлорпропенилсиланов (табл. 1 и 2).

Отсутствие реакции при использовании в качестве реагента SiEt_4 объясняется тем, что последний не имеет атомов хлора и, следовательно, не может участвовать в реакциях, приведенных на схемах 2 и 3. Отсутствие же реакции при использовании малых количеств хлористого алюминия можно объяснить тем, что избыток AlCl_3 значительно облегчает образование катионов. Это подтверждается и литературными данными [6], и собственными квантово-химическими расчетами. Так, например, энергия реакции (3), в которой участвует только

одна молекула AlCl_3 , составляет +397 кДж/моль. Если в этой реакции будут принимать участие четыре молекулы AlCl_3 , которые одновременно координируются с образующимся хлорид-анионом, то энергия такой реакции составит уже +217 кДж/моль. Естественно, что большее количество молекул хлорида алюминия, ассоциируя с образующимися галогенид-ионами, увеличивает делокализацию заряда и тем самым уменьшает энергию продуктов реакции, способствуя разделению ионов.

Выводы

Исследовано взаимодействие γ -трифторпропилметилдихлорсилана с этил- и фенилхлорсиланами в присутствии хлорида алюминия. Показано, что, помимо ожидаемых реакций обмена $\text{Cl} \leftrightarrow \text{F}$ у атомов кремния, протекают обменные реакции с участием γ -трифторпропильного заместителя, приводящие к образованию

ряда новых непредельных соединений аллильного типа. Межмолекулярного обмена органическими заместителями не происходит.

Установлено, что атомы хлора, находящиеся в углеводородной цепи в γ -положении по отношению к кремнию, активны в реакциях дегидрохлорирования в присутствии хлорида алюминия, в отличие от атомов хлора в α - и β -положениях.

Обнаружено, что тетраэтилсилан, в отличие от этилхлорсиланов, пассивен в изучаемых реакциях.

Предложена схема, объясняющая полученные результаты, и проведены квантово-химические расчеты основных реакций.

Благодарность

Авторы выражают благодарность А.В. Кисину за съемку спектров ^1H ЯМР и их интерпретацию.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Лахтин В.Г., Воробьева М.И., Гордеев Е.Г., Ушаков В.Н., Кирилин А.Д., Быковченко В.Г., Голуб Н.А., Чернышев Е.А. Взаимодействие тетрахлоргермана с тиенил- и фенилхлорсиланами в присутствии хлорида алюминия. Синтез тиенилхлоргерманов // Журн. общ. химии. 2014. Т. 84. Вып. 2. С. 280–284.
2. Жунь В.И., Сбитнева И.В., Чернышев Е.А. Взаимодействие четыреххлористого германия с фенилхлорсиланами в присутствии хлорида алюминия // Журн. общ. химии. 2005. Т. 75. Вып. 6. С. 920–922.
3. Веренинов Г.М. Разработка технологии получения кремнийорганических мономеров со смешанными радикалами на основе реакций каталитического селективного гидрирования и диспропорционирования : автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., ГНИИХТЭОС. 1990. 23 с.
4. Борисов С.Н., Воронков М.Г., Долгов Б.Н. Галогениды алюминия и органические соединения кремния // Успехи химии. 1957. Т. 26. № 12. С. 1388–1433.
5. Кадина М.А., Пономаренко В.А. Фотохимическое хлорирование трифторпропилхлорсиланов и синтез трифторалкилхлорсиланов // Известия АН СССР. Сер. хим. 1965. № 4. С. 654–659.
6. Olah G.A., Klumpp. Superelectrophiles and Their Chemistry. A John Wiley and Sons Inc., 2007. 301 p.
7. Frisch, M. J.; Trucks, G. W.; Schlegel, H. B.; Scuseria, G. E.; Robb, M. A.; Cheeseman, J. R.; Scalmani, G.; Barone, V.; Mennucci, B.; Petersson, G. A.; Nakatsuji, H.; Caricato, M.; Li, X.; Hratchian, H. P.; Izmaylov, A. F.; Bloino, J.; Zheng, G.; Sonnenberg, J. L.; Hada, M.; Ehara, M.; Toyota, K.; Fukuda, R.; Hasegawa, J.; Ishida, M.; Nakajima, T.; Honda, Y.; Kitao, O.; Nakai, H.; Vreven, T.; Montgomery, J. A., Jr.; Peralta, J. E.; Ogliaro, F.; Bearpark, M.; Heyd, J. J.; Brothers, E.; Kudin, K. N.; Staroverov, V. N.; Keith, T.; Kobayashi, R.; Normand, J.; Raghavachari, K.; Rendell, A.; Burant, J. C.; Iyengar, S. S.; Tomasi, J.; Cossi, M.; Rega, N.; Millam, J. M.; Klene, M.; Knox, J. E.; Cross, J. B.; Bakken, V.; Adamo, C.; Jaramillo, J.; Gomperts, R.; Stratmann, R. E.; Yazyev, O.; Austin, A. J.; Cammi, R.; Pomelli, C.; Ochterski, J. W.; Martin, R. L.; Morokuma, K.; Zakrzewski, V. G.; Voth, G. A.; Salvador, P.; Dannenberg, J. J.; Dapprich, S.; Daniels, A. D.; Farkas, O.; Foresman, J. B.; Ortiz, J. V.; Cioslowski, J.; Fox, D. J. Gaussian 09, Revision A.02; Gaussian, Inc., Wallingford CT, 2013.

SOME REGULARITIES OF LIQUID-PHASE CATALYTIC DISPROPORTIONATION OF γ -TRIFLUOROPROPYL-METHYLDICHLOROSILANE IN ETHYL- AND PHENYLCHLOROSILANES PRESENCE

V.G. Lakhtin^{1,@}, M.I. Ereemeeva¹, E.G. Gordeev², N.V. Ushakov³,
V.G. Bykovchenko¹, A.D. Kirilin², E.A. Chernyshev¹

¹State Scientific Center of the Russian Federation «State Research Institute for Chemistry and Technology of Organoelement Compounds», Moscow, 105118 Russia

²M.V. Lomonosov Moscow State University of Fine Chemical Technologies, Moscow, 119571 Russia

³A.V. Topchiev Institute of Petrochemical Synthesis RAS, Moscow, 119991 Russia

@Corresponding author e-mail: eos2004@inbox.ru

γ -Trifluoropropylmethyldichlorosilane interaction with ethyl- and phenylchlorosilanes in aluminum chloride presence was studied. It is demonstrated that besides expected exchange reactions of $\text{Cl} \leftrightarrow \text{F}$ at silicon, exchange reactions proceed with the participation of γ -trifluoropropyl substituent resulting in the formation of a few new unsaturated allyl-type compounds. There is no intermolecular exchange of organic substituents. It is found that chlorine atoms, which are in γ -position towards silicon in a hydrocarbon chain, are active in dehydrochlorination reactions in aluminum chloride presence in contrast to chlorine atoms in α - and β -positions. Tetraethylsilane has been found to be passive in the studied reactions in contrast to ethylchlorosilanes. A scheme explaining the obtained results is proposed, and quantum-chemical calculations of the basic reactions have been made.

Keywords: disproportionation, γ -trifluoropropylmethyldichlorosilane, ethylchlorosilanes, phenylchlorosilanes, aluminum chloride, dehydrochlorination, alkenylfluorosilanes.