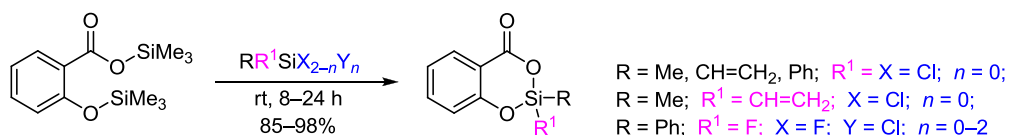


2-Галоген-2-органил-4*H*-бензо[*d*][1,3,2]диоксасилин-4-оны

Сергей В. Басенко^{1*}, Лев Е. Зеленков¹

¹ Иркутский институт химии им. А. Е. Фаворского СО РАН,
ул. Фаворского, 1, Иркутск, 664033, Россия; e-mail: sv_basenko@iirioch.irk.ru

Поступило 10.12.2014
Принято 24.01.2015



Разработан оригинальный метод получения ранее неизвестных циклических кремнийорганических эфиров салициловой кислоты, содержащих галоген при атоме кремния. Он основан на проводимой в мягких условиях реакции триметилсилилового эфира 2-(триметилсилиокси)бензойной кислоты с органилгалогенсиланами RR¹SiXY, где R, R¹ = Cl, Me, CH=CH₂, Ph; X, Y = Cl, F.

Ключевые слова: 4*H*-бензо[*d*][1,3,2]диоксасилин-4-оны, кремнийорганические эфиры, органилфторсиланы, органилхлорсиланы, салициловая кислота, циклические эфиры.

Салициловая кислота, ее эфиры и другие производные представляют огромный теоретический и практический интерес, ввиду их высокой биологической активности и широкого применения в медицинской практике в качестве противовоспалительных, жаропонижающих, анальгезирующих, противомикробных, антисептических, кератолитических и противотуберкулезных препаратов.^{1–4}

Кремнийорганические производные салициловой кислоты, в частности ее циклические эфиры – 4*H*-бензо[*d*][1,3,2]диоксасилин-4-оны, давно^{5–18} и по сей день^{19–31} привлекают внимание исследователей. Это, прежде всего, обусловлено указанными выше полезными свойствами самой салициловой кислоты, а также изменениями этих свойств, вызванными кремнийорганическим заместителем. Действительно, благодаря таким изменениям 4*H*-бензо[*d*][1,3,2]диоксасилин-4-оны было предложено использовать в самых различных областях. Они применяются в медицине как активные компоненты гигиенических средств, косметических композиций и полимерных материалов наружного применения с противовоспалительным, противомикробным, регенерирующим и увлажняющим действием;^{27,28,32,33} в технике – как средства контроля заряда,¹⁹ как компоненты электролитов, повышающих долговечность аккумуляторов,²¹ как главные компоненты при создании пористых мембран для электрохимических ячеек,²² как элементы при создании электростатических чернил,^{34,35} в химии и химической промышленности – как ингредиенты для создания катализаторов полимеризации олефинов,²⁰ как компоненты при создании композитных материалов (в том числе и нанокompозитов)²³ и пр.

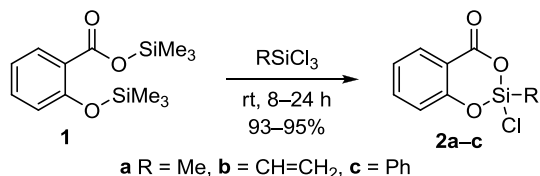
В то же время, несмотря на сказанное выше, циклические кремнийорганические эфиры салициловой кислоты, содержащие галоген у атома кремния, не известны, хотя наличие легко уходящей группы (галогена) открывает перспективы функционализации указанных эфиров.

Синтез 4*H*-бензо[*d*][1,3,2]диоксасилин-4-онов с алкильными, алкоксильными или арильными заместителями при атоме кремния был ранее осуществлен следующими методами: обработкой салициловой кислоты гексаметилциклотрисилтианом,¹⁴ кипячением салициловой кислоты и диорганилдихлорсиланов в присутствии триэтиламина,¹⁷ пиридина,^{12,15,36,37} *N*-метилморфолина,^{7,9,29} обработкой салициловой кислоты алкоксиланами или хлорсиланами,^{5,13,16,18} взаимодействием гидридсиланов с салициловой кислотой,^{24,26} а также взаимодействием салициловой кислоты с дивинилоксиорганил-¹⁰ или диорганилдицианосиланами.⁸ Получить 2-галоген-2-органил-4*H*-бензо[*d*][1,3,2]диоксасилин-4-оны ни одним из представленных методов не удавалось.

В настоящей работе разработан метод синтеза указанных выше соединений реакцией органилтрихлорсилана с триметилсилил-2-(триметилсилиокси)-бензоатом (**1**) (мольное соотношение 1:1, 20–25 °С) с выходами 93–95% (схема 1). Полученные циклические эфиры **2a–c** представляют собой бесцветные масла или аморфные вещества, растворимые в большинстве органических растворителей, легко гидролизующиеся на воздухе.

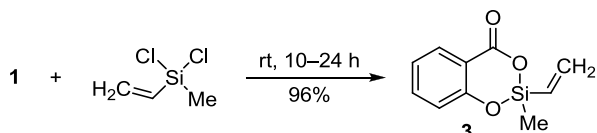
Предложенный метод удобен и для получения 2,2-диорганил-4*H*-бензо[*d*][1,3,2]диоксасилин-4-онов. Так, при

Схема 1



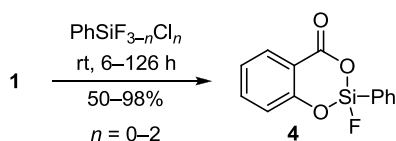
реакции силилового эфира **1** с винил(метил)дихлорсиланом (мольное соотношение 1:1, 20–25 °С) образуется 2-винил-2-метил-4*H*-бензо[*d*][1,3,2]диоксасилин-4-он (**3**) с выходом 96% (схема 2).

Схема 2



При реакции силилового эфира **1** с фенилфтордихлорсиланом (мольное соотношение 1:1, 20–25 °С) за 8 ч выход 2-фенил-2-фтор-4*H*-бензо[*d*][1,3,2]диоксасилин-4-она (**4**) составил 96%. Образование соединения **4** в аналогичных условиях наблюдается и с фенилдифторхлорсиланом (время реакции 24 ч, выход 98%), а также, что довольно удивительно, с фенилтрифторсиланом (выход ~50% за 24 ч и 87% за 126 ч) (схема 3).

Схема 3



Очевидно, что в рассматриваемых случаях взаимодействия фенилдифторхлор- и фенилтрифторсиланов с силиловым эфиром **1** происходит содействие со стороны функциональных групп последнего, что и приводит к наблюдаемым продуктам. В пользу этого говорит тот факт, что в реакции с триметилсилиловыми эфирами карбоновых кислот фенилтрифторсилан проявляет крайне малую активность: при кипячении в колбе с обратным холодильником в течение 7–14 ч продукты реакции не идентифицируются,³⁸ а при длительном выдерживании (несколько недель) реакционной смеси выход ацилокси(фенил)дифторсилана, по данным спектроскопии ЯМР ¹⁹F, не превышает 5–8%. То есть реакции замещения атомов фтора на карбоксильную группу протекают крайне медленно и лишь с участием исключительно одного атома фтора.

С помощью ЯМР-мониторинга реакционных смесей установлено, что соотношение скоростей рассмотренных в настоящей работе реакций может быть отобрано следующим рядом: PhSiFCl₂ > PhSiF₂Cl > SiCl₄ > PhSiCl₃ ≈ VinSiCl₃ > MeVinSiCl₂ ≈ MeSiCl₃ > PhSiF₃. Как видно, прослеживается очевидная зависимость скорости реакции от электронных эффектов заместителей при атоме кремния (а, следовательно, от эффективного заряда на атоме кремния) исходного

силана и природы галогена (прочности и поляризуемости связи Si–Hal).

Образование циклических продуктов **2a–c** при реакции органилтрихлорсиланов с силиловым эфиром **1** также является неожиданным фактом, поскольку органилхлорсиланы, по нашим* и литературным данным,³⁹ не участвуют в реакциях пересилилирования с триметилсилиловыми производными спиртов и фенолов при комнатной температуре и в отсутствие катализаторов (кислот Льюиса).

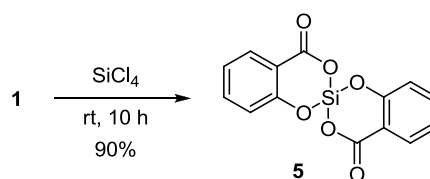
Примеры пересилилирования триметилсилиловых эфиров карбоновых кислот органилтригалогенсиланами известны, хотя и немногочисленны.^{40–42} Так, при взаимодействии триметилсиллилбензоата с фенил(дифтор)хлорсиланом (мольное соотношение 1:1, 20 °С, 52 ч) выход фенил(бензоилокси)дифторсилана составляет 90%, тогда как реакция с фенил(фтор)дихлорсиланом уже за 2–3 ч в тех же условиях дает 36% фенил(бензоилокси)фторхлорсилана наряду со следовыми количествами фенилди(бензоилокси)фторсилана. Выход последнего существенно возрастает при увеличении продолжительности реакции и изменении мольного соотношения реагентов.⁴¹

Хотя нам не удалось зафиксировать ациклический интермедиат изучаемой реакции, однако не вызывает сомнения, что реакция силилового эфира **1** начинается с межмолекулярного взаимодействия органилтригалогенсилана с карбонильным атомом кислорода сложноэфирного фрагмента⁴⁰ с образованием органилдигалогенсиллил-2-(триметилсилокси)бензоата, который далее внутримолекулярно взаимодействует с атомом кислорода триметилсилоксигруппы, приводя к циклическому продукту.

Попытки остановить все приведенные выше реакции на стадии образования ациклического интермедиата успехом не увенчались. Также не удалось зафиксировать его образования методами спектроскопии ЯМР ¹³C, ¹⁹F и ²⁹Si. Согласно данным спектроскопии ЯМР, можно однозначно утверждать, что происходит образование исключительно циклических продуктов – 2-галоген-2-органил-4*H*-бензо[*d*][1,3,2]диоксасилин-4-онов.

Следует отметить, что реакция соединения **1** с тетрахлорсиланом также не останавливается на стадии образования 2,2-дихлор-4*H*-бензо[*d*][1,3,2]диоксасилин-4-она: независимо от мольного соотношения реагентов (1:1 или 1:2) при 20–25 °С в течение 10 ч образуется биспродукт **5** (схема 4).

Схема 4



* Выдерживание PhOSiMe₃ и PhSiCl₃ в запаянной ампуле в течение месяца при 20–25 °С.

Таким образом, предложен эффективный метод получения как уже известных 2,2-диорганил-4*H*-бензо[*d*][1,3,2]диоксасилин-4-онов, так и ранее неизвестных 2-галоген-2-органил-4*H*-бензо[*d*][1,3,2]диоксасилин-4-онов. Этот метод позволяет получать указанные соединения в мягких условиях с практически количественными препаративными выходами, благодаря отсутствию растворителей и катализаторов.

Экспериментальная часть

ИК спектры зарегистрированы на спектрометре Specord IR 75 в KBr (соединение **5**) и в тонком слое (остальные соединения). Спектры ЯМР ^1H , ^{13}C , ^{19}F и ^{29}Si зарегистрированы на приборе Bruker DPX 400 (400, 100, 80 и 162 МГц соответственно) в CDCl_3 , внутренний стандарт для ядер ^1H , ^{13}C и ^{29}Si – TMS, для ядер ^{19}F – CFCl_3 . Масс-спектры зарегистрированы на спектрометре Shimadzu GCMSSQP5050A, температура инжектора 200–250 °С, газ-носитель гелий, температура детектора 200 °С, квадрупольный масс-анализатор, ионизация ЭУ (70 эВ). Элементный анализ (С, Н) проведен на анализаторе FLASH EA 1112 Series. Анализ содержания галогенов и кремния проведен по методике Гельман.⁴³ Температуры плавления определены на приборе Кофлера.

ЯМР-мониторинг реакционных смесей осуществлен на основании интегральных интенсивностей сигналов Me_3SiCl и силилового эфира **1** в спектрах ЯМР ^1H , а также сигналов в спектрах ЯМР ^{29}Si сразу после смешения реагентов, а затем через каждые 0.5–1 ч в течение 8–10 ч.

Тетрахлорсилан, метилтрихлорсилан, винилтрихлорсилан, фенилтрихлорсилан и винил(метил)дихлорсилан – промышленные продукты, очищенные перегонкой. Фенилтрифторсилан получен по известной методике.⁴⁴ Смешанные фенил(хлор)фторсиланы $\text{PhSiF}_{3-n}\text{Cl}_n$ с $n = 1$ –2 получены обменной реакцией PhSiF_3 с PhSiCl_3 .⁴⁵ Триметилсилил-2-(триметилсилокси)бензоат (**1**) синтезирован по литературной методике.⁴⁶

2-Метил-2-хлор-4*H*-бензо[*d*][1,3,2]диоксасилин-4-он (2a). Смесь 1.49 г (0.01 моль) MeSiCl_3 и 2.72 г (0.01 моль) триметилсилил-2-(триметилсилокси)бензоата (**1**) выдерживают при комнатной температуре в течение 24 ч. Из полученной смеси с выходом, близким к количественному, отгоняют Me_3SiCl (т. кип. 57 °С), остаток (продукт реакции) очищают вакуумной перегонкой. Выход 0.20 г (95%), бесцветное масло, т. кип. 104–105 °С (2 мм рт. ст.), n_D^{20} 1.5304. ИК спектр, ν , cm^{-1} : 1743 (C=O). Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д.: 0.86 (3H, с, CH_3); 6.86–7.01 (1H, м, H-8); 7.02–7.13 (1H, м, H-7); 7.40–7.57 (1H, м, H-6); 7.85–8.00 (1H, м, H-5). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 0.2; 116.9; 120.3; 123.6; 132.4; 136.7; 154.8; 158.6. Спектр ЯМР ^{29}Si , δ , м. д.: –17.0. Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 214 [M]⁺ (100), 199 [$\text{M}-\text{CH}_3$]⁺ (3), 186 [$\text{M}-\text{CO}$]⁺ (5), 170 [$\text{M}-\text{COO}$]⁺ (48), 155 [$\text{M}-\text{Me}-\text{COO}$]⁺ (45), 134 (17), 120 [$\text{C}_6\text{H}_4\text{COO}$]⁺ (8), 92 [$\text{C}_6\text{H}_4\text{O}$]⁺ (28). Найдено, %: С 45.00; Н 3.64; Cl 16.02; Si 13.16. $\text{C}_8\text{H}_7\text{ClO}_3\text{Si}$. Вычислено, %: С 44.76; Н 3.29; Cl 16.51; Si 13.08.

2-Винил-2-хлор-4*H*-бензо[*d*][1,3,2]диоксасилин-4-он (2b) получают аналогично из силилового эфира **1** и винилтрихлорсилана. Время реакции 24 ч. Выход 0.21 г (93%), бесцветное масло, т. кип. 117–118 °С (2 мм рт. ст.), n_D^{20} 1.5468. ИК спектр, ν , cm^{-1} : 1745 (C=O). Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J , Hz): 6.35 (1H, д, д, $^3J_{\text{винс}} = 14.6$, $^3J_{\text{транс}} = 20.4$, $\text{SiCH}=\text{CH}_2$); 6.65 (1H, д, д, $^2J_{\text{зем}} = 5.3$, $^3J_{\text{транс}} = 14.1$) и 6.58 (1H, д, д, $^2J_{\text{зем}} = 5.3$, $^3J_{\text{транс}} = 20.3$, $\text{SiCH}=\text{CH}_2$); 7.16–7.29 (4H, м, H Ar). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 117.0; 120.2; 123.5; 125.9; 132.4; 136.4; 143.1; 154.7; 157.3. Спектр ЯМР ^{29}Si , δ , м. д.: –34.0. Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 226 [M]⁺ (53), 198 [$\text{M}-\text{CO}$]⁺ (5), 182 [$\text{M}-\text{COO}$]⁺ (82), 181 (100), 155 [$\text{M}-\text{Vin}-\text{COO}$]⁺ (24), 134 (5), 120 [$\text{C}_6\text{H}_4\text{COO}$]⁺ (6), 92 [$\text{C}_6\text{H}_4\text{O}$]⁺ (39). Найдено, %: С 48.07; Н 3.07; Cl 15.43; Si 12.38. $\text{C}_9\text{H}_7\text{ClO}_3\text{Si}$. Вычислено, %: С 47.69; Н 3.11; Cl 15.64; Si 12.39.

2-Фенил-2-хлор-4*H*-бензо[*d*][1,3,2]диоксасилин-4-он (2c) получают аналогично из силилового эфира **1** и фенилтрихлорсилана. Время реакции 24 ч. Выход 0.26 г (95%), бесцветное масло, т. кип. 168–169 °С (2 мм рт. ст.), n_D^{20} 1.5788. ИК спектр, ν , cm^{-1} : 1743 (C=O). Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д.: 7.10–7.16 (1H, м, H-6); 7.17–7.25 (1H, м, H-8); 7.50–7.68 (4H, м, H-7, H-3,4,5 Ph); 7.82–7.91 (2H, м, H-2,6 Ph); 8.08–8.16 (1H, м, H-5). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 117.3; 120.3; 123.4; 128.8; 132.5; 133.4; 134.5; 134.9; 136.3; 155.1; 157.3. Спектр ЯМР ^{29}Si , δ , м. д.: –32.7. Найдено, %: С 56.44; Н 3.49; Cl 12.54; Si 9.98. $\text{C}_{13}\text{H}_9\text{ClO}_3\text{Si}$. Вычислено, %: С 56.42; Н 3.28; Cl 12.81; Si 10.15.

2-Винил-2-метил-4*H*-бензо[*d*][1,3,2]диоксасилин-4-он (3) получают аналогично из силилового эфира **1** и винил(метил)дихлорсилана. Время реакции 24 ч. Выход 96%, бесцветное масло, т. кип. 114–116 °С (2 мм рт. ст.) (т. кип. 129–131 °С (4 мм рт. ст.)¹⁵). Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д.: 0.44 (3H, с, CH_3); 5.93–6.11 (3H, м, $\text{CH}=\text{CH}_2$); 6.72–6.79 (1H, м, H-8); 6.88–6.91 (1H, м, H-7); 7.25–7.35 (1H, м, H-6); 7.78–7.83 (1H, м, H-5). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: –3.34; 117.4; 120.2; 122.4; 130.7; 132.3; 135.9; 139.2; 156.1; 159.4. Спектр ЯМР ^{29}Si , δ , м. д.: –6.2.

2-Фенил-2-фтор-4*H*-бензо[*d*][1,3,2]диоксасилин-4-он (4) получают аналогично из силилового эфира **1** и фенилфтордихлорсилана (метод I, время реакции 8 ч), фенилдифторхлорсилана (метод II, время реакции 24 ч) или фенилтрифторсилана (метод III, время реакции 126 ч). Выход 96% (метод I), 98% (метод II), 87% (метод III), бесцветное масло, т. кип. 143–144 °С (2 мм рт. ст.), n_D^{20} 1.5607. ИК спектр, ν , cm^{-1} : 1745 (C=O). Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д.: 7.25–7.31 (1H, м, H-6); 7.32–7.39 (1H, м, H-8); 7.67–7.98 (7H, м, H-5,7, H Ph). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 117.2; 120.1; 123.4; 128.8; 132.5; 133.4; 134.5; 134.9; 136.3; 155.1; 157.4. Спектр ЯМР ^{19}F , δ , м. д. (J , Гц): –130.7 (д, $J_{\text{FSi}} = 283.1$). Спектр ЯМР ^{29}Si , δ , м. д.: –59.1. Найдено, %: С 60.41; Н 3.29; F 7.64; Si 10.99. $\text{C}_{13}\text{H}_9\text{FO}_3\text{Si}$. Вычислено, %: С 59.99; Н 3.49; F 7.30; Si 10.79.

4*H*,4'*H*-2,2'-Спиробис[бензо[*d*][1,3,2]диоксасилин]-4,4'-дион (5) получают аналогично из силилового эфира **1** и SiCl_4 . Время реакции 10 ч, продукт очищают промыванием пентаном и последующим вакуумиро-

ванием. Выход 90%, бесцветный аморфный порошок, т. пл. 248–250 °С. ИК спектр, ν , cm^{-1} : 1746 (C=O). Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д.: 6.98–7.04 (1H, м, H-8); 7.22–7.31 (1H, м, H-7); 7.54–7.63 (1H, м, H-6); 7.91–8.03 (1H, м, H-5). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 117.9; 119.3; 127.5; 131.0; 136.5; 162.6; 174.1. Спектр ЯМР ^{29}Si , δ , м. д.: –93.5. Найдено, %: C 55.72; H 2.86; Si 9.68. $\text{C}_{14}\text{H}_8\text{O}_6\text{Si}$. Вычислено, %: C 56.00; H 2.69; Si 9.35.

Работа выполнена при финансовой поддержке Совета по грантам Президента РФ (грант НШ-3649.2014.3). Основные результаты получены с использованием материально-технической базы Байкальского аналитического центра коллективного пользования СО РАН.

Авторы благодарят И. А. Гебель и Д. А. Шабалина за помощь в работе.

Список литературы

- Tilo Grosser, E. S.; FitzGerald, G. A. In *Goodman and Gilman's the Pharmacological Basis of Therapeutics*; Brunton, L. L., Ed.; McGraw-Hill Co.: New York, 2011, p 977.
- Hawley, S. A.; Fullerton, M. D.; Ross, F. A.; Schertzer, J. D.; Chevtzoff, C.; Walker, K. J.; Peggie, M. W.; Zibrova, D.; Green, K. A.; Mustard, K. J.; Kemp, B. E.; Sakamoto, K.; Steinberg, G. R.; Hardie, D. G. *Science* **2012**, 336, 918.
- Madan, R. K.; Levitt, J. J. *Am. Acad. Dermatol.* **2014**, 70, 788.
- Lipster, D.; Kragballe, K.; Saurat, J. H. In *Dermatology*; Bologna, J. L.; Rapini, R. P., Eds.; Elsevier Limited: Philadelphia, 2003, p 2062.
- Arya, P.; Corriu, R. J. P.; Gupta, K.; Lanneau, G. F.; Yu, Z. *J. Organomet. Chem.* **1990**, 399, 11.
- Wang, M.; Zhang, D.; Li, G.; Xie, Q. *Gaodeng Xuexiao Huaxue Xuebao* **1988**, 9, 410; *Chem. Abstr.* **1989**, 110, 114922.
- Brooks, C. J. W.; Cole, W. J. *J. Chromatogr.* **1988**, 441, 13.
- Mai, K.; Patil, G. *J. Org. Chem.* **1986**, 51, 3545.
- Brooks, C. J. W.; Cole, W. J. *Analyst* **1985**, 110, 587.
- Kita, Y.; Yasuda, H.; Sugiyama, Y.; Fukata, F.; Haruta, J.-i.; Tamura, Y. *Tetrahedron Lett.* **1983**, 24, 1273.
- Femi-Onadeko, B. *Niger. J. Pharm.* **1981**, 12, 320.
- Cragg, R. H.; Lane, R. D. *J. Organomet. Chem.* **1981**, 212, 301.
- Narian, R. P.; Kaur, A. *J. Indian Chem. Soc. A* **1978**, 16A, 355.
- Бабурина, В. А.; Лебедев, Е. П. *Журн. общ. химии* **1976**, 46, 1782.
- Lukasiak, J.; Radecki, A.; Halkiewicz, J. *Roczniki Chemii* **1974**, 48, 1099.
- Mehrotra, R. C.; Narian, R. P. *J. Indian Chem. Soc.* **1968**, 6, 110.
- Wieber, M.; Schmidt, M. *Chem. Ber.* **1963**, 96, 1561.
- Mehrotra, R. C.; Pant, B. C. *J. Indian Chem. Soc.* **1963**, 40, 623.
- Yasumatsu, M.; Inoue, K.; Kosaki, S. JP Patent 2013068944; *Chem. Abstr.* **2013**, 158, 581369.
- Yi, J.; Cui, C.; Li, H.; Li, Z.; Yin, B.; Cui, L.; Zhang, J.; Wang, L. WO Patent 2012142733; *Chem. Abstr.* **2012**, 157, 634798.
- Ihara, M.; Yamaguchi, H.; Kubota, T. JP Patent 2009054287; *Chem. Abstr.* **2009**, 150, 286979.
- Hildebrandt, N.; Lange, A.; Leitner, K.; Hanefeld, P.; Staudt, C. WO Patent 2011000858; *Chem. Abstr.* **2011**, 154, 114632.
- Koenig, H. M.; Haehnle, H.-J.; Lange, A.; Nozari, S.; Cox, G.; Dyllick-Brenzinger, R.; Spange, S.; Loeschner, T. WO Patent 2010112581; *Chem. Abstr.* **2010**, 153, 481674.
- Xu, C.; Fang, F. CN Patent 1935813; *Chem. Abstr.* **2007**, 147, 402088.
- Seiler, O.; Burschka, C.; Fenske, T.; Troegel, D.; Tacke, R. *Inorg. Chem.* **2007**, 46, 5419.
- Narula, S. P.; Garg, N.; Puri, J. K.; Chadha, R. K. *Phosphorus, Sulfur Silicon Relat. Elem.* **2007**, 182, 569.
- Benz, M. E. US Patent 20040228902; *Chem. Abstr.* **2004**, 141, 416042.
- Tacke, R.; Richter, I. WO Patent 03061640; *Chem. Abstr.* **2003**, 139, 154995.
- Seiler, O.; Burschka, C.; Penka, M.; Tacke, R. *Silicon Chem.* **2002**, 1, 355.
- Pandey, H.; Joshi, D.; Pant, D.; Chandra, M. *Chem. Environ. Res.* **2001**, 10, 227.
- Narula, S. P.; Meenu; Anand, R. D.; Puri, J. K.; Shankar, R. *Main Group Met. Chem.* **2000**, 23, 405.
- Seguin, M.-C.; Gueyne, J.; Nicolay, J.-F.; Franco, A. WO Patent 9610574; *Chem. Abstr.* **1996**, 125, 67738.
- Zaveri, C. WO Patent 9855082; *Chem. Abstr.* **1999**, 130, 57001.
- Okubo, N.; Toyama, K.; Tamura, O.; Suzuki, S.; Okawa, Y. JP Patent 10010785; *Chem. Abstr.* **1998**, 128, 174106.
- Ishii, Y. JP Patent 03276166; *Chem. Abstr.* **1992**, 116, 224720.
- Narula, S. P.; Shankar, R.; Meenu; Anand, R. D. *Polyhedron* **1999**, 18, 2055.
- Tacke, R.; Heermann, J.; Pülm, M.; Richter, I. *Organometallics* **1998**, 17, 1663.
- Basenko, S. V.; Voronkov, M. G.; Zelenkov, L. E.; Albanov, A. I.; Gebel' I. A. *Russ. J. Gen. Chem.* **2009**, 79, 157. [*Журн. общ. химии* **2009**, 79, 161.]
- Denmark, S. E.; Stavenger, R. A.; Winter, S. B. D.; Wong, K.-T.; Barsanti, P. A. *J. Org. Chem.* **1998**, 63, 9517.
- Mirskov, R. G.; Basenko, S. V.; Vitkovskii, V. Yu.; Gebel', I. A.; Yarosh, N. K.; Voronkov, M. G. *Bull. Acad. Sci. USSR, Div. Chem. Sci.* **1989**, 38, 597. [*Изв. АН СССР, Сер. хим.* **1989**, 671.]
- Basenko, S. V.; Zelenkov, L. E.; Voronkov, M. G.; Albanov, A. I.; Shabalin, D. A. *Russ. J. Gen. Chem.* **2011**, 81, 2487. [*Журн. общ. химии* **2011**, 81, 2039.]
- Basenko, S. V.; Voronkov, M. G.; Zelenkov, L. E.; Albanov, A. I. *Dokl. Chem.* **2011**, 439, 219. [*Докл. АН* **2011**, 439, 485.]
- Гельман, Н. Э. *Методы количественного органического элементного микроанализа*; Химия: Москва, 1987, 296 с.
- Соколов, Б. А.; Гришко, А. Н.; Лаврова, К. Ф.; Коган, Г. И. *Синтез и свойства мономеров*; Наука: Москва, 1964, с. 152.
- Basenko, S. V.; Zelenkov, L. E.; Voronkov, M. G.; Albanov, A. I. *Russ. J. Gen. Chem.* **2010**, 80, 242. [*Журн. общ. химии* **2010**, 80, 217.]
- Choby, E. G., Jr.; Neuworth, M. B. *J. Org. Chem.* **1966**, 31, 632.