

Химия и технология элементоорганических мономеров

Глухов Павел Александрович

pavglukhov@yandex.ru

vk.com/p.a.glukhov

+7-987-964-92-62

A-204, A-208, A-213

- Рекомендуемая литература

1. Андрианов К.А., Хананашвили Л.М.
Технология элементоорганических мономеров и полимеров (учебник, формат djvu)
2. Основы химии и технологии мономеров: Учеб. Пособие/ Н.А. Платэ, Е.В. Сливинский. – М.: Наука: МАИК“Наука/Интерпериодика”, 2002.-696 с.: ил.

Элементоорганические мономеры (соединения)

- Кремнийорганические мономеры

- Азотсодержащие мономеры
- Фосфорорганические соединения

- Бороорганические соединения
- Алюминийорганические соединения
- Титанорганические соединения
- Оловоорганические соединения
- Свинецорганические соединения

Другие области химической промышленности:

- Добавки к моторным топливам
- Бактерициды, фунгициды, инсектициды
- Лекарственные препараты
- Поверхностно-активные вещества
- Антикоррозионные покрытия
- Восстановители в органическом синтезе

Элементоорганические полимеры:
Эластомеры, лаки

Вспомогательные вещества для полимерных соединений:

- Катализаторы полимеризации
- Пластификаторы полимеров

Кремнийорганические мономеры:

1. Органохлорсиланы
2. Галогенированные органохлорсиланы
3. Эфиры и замещенные эфиры ортокремневой кислоты
4. Замещенные эфиры ортокремневой кислоты, содержащие аминогруппу в органическом радикале
5. Органоацетоксисиланы

1. Органохлорсиланы

Содержат в молекуле органический радикал и атомы хлора, непосредственно связанные с атомом кремния, напр., CH_3SiCl_3 , $(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{SiCl}_2$. Основной вид сырья для производства кремнийорганических



ПОЛИМЕ

| Мономер | Т. пл., К | Т. кип., К | d_4^{20} | n_D^{20} |
|--|-----------|------------|------------|------------|
| Тетрахлорид кремния SiCl_4 | 203 | 330,6 | 1,4810 | 1,4126 |
| Трихлорсилан HSiCl_3 | 145 | 304,8 | 1,3417 | 1,4020 |
| Метилтрихлорсилан CH_3SiCl_3 | 183 | 339,1 | 1,2750 | 1,4110 |
| Диметилдихлорсилан $(\text{CH}_3)_2\text{SiCl}_2$ | 187 | 345 | 1,0637 | 1,4055 |
| Триметилхлорсилан $(\text{CH}_3)_3\text{SiCl}$ | 233 | 330,7 | 0,8580 | 1,3885 |
| Метилдихлорсилан $\text{CH}_3\text{SiHCl}_2$ | 180,5 | 314 | 1,1047 | 1,4222 |
| Диметилхлорсилан $(\text{CH}_3)_2\text{SiHCl}$ | 162 | 309 | 0,8874 | 1,3845 |
| Этилтрихлорсилан $\text{C}_2\text{H}_5\text{SiCl}_3$ | 167,4 | 373,5 | 1,2373 | 1,4256 |
| Диэтилдихлорсилан $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{SiCl}_2$ | 176,5 | 402 | 1,0504 | 1,4309 |
| Этилдихлорсилан $\text{C}_2\text{H}_5\text{SiHCl}_2$ | 166 | 348,4 | 1,0926 | 1,4129 |
| Диэтилхлорсилан $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{SiHCl}$ | 130 | 372,7 | 0,8895 | 1,4152 |
| Винилтрихлорсилан $\text{CH}_2=\text{CHSiCl}_3$ | - | 365,5 | 1,2426 | 1,4295 |
| Винилметилдихлорсилан $(\text{CH}_2=\text{CH})\text{CH}_3\text{SiCl}_2$ | - | 365,5-366 | 1,0868 | 1,4270 |
| Фенилтрихлорсилан $\text{C}_6\text{H}_5\text{SiCl}_3$ | - | 474,5 | 1,3240 | 1,5247 |
| Дифенилдихлорсилан $(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{SiCl}_2$ | - | 577 | 1,2216 | 1,5819 |
| Трифенилхлорсилан $(\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{SiCl}$ | 367-368 | 651 | - | - |
| Фенилдихлорсилан $\text{C}_6\text{H}_5\text{SiHCl}_2$ | - | 455 | 1,2115 | 1,5257 |
| Метилфенилдихлорсилан $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3\text{SiCl}_2$ | - | 478,5 | 1,1866 | 1,5180 |
| Диметилфенилхлорсилан $\text{C}_6\text{H}_5(\text{CH}_3)_2\text{SiCl}$ | - | 466,5 | 1,0320 | 1,5082 |
| Метилдифенилхлорсилан $(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{CH}_3\text{SiCl}$ | - | 568 | 1,1277 | 1,5742 |

2. Галогенированные органохлорсиланы



| | | | | |
|--|---|---------|-------------------|-------------------|
| Хлорметилтрихлорсилан $ClCH_2SiCl_3$ | - | 391 | 1,4646 | 1,4535 |
| Хлорметил(метил)дихлорсилан $ClCH_2(CH_3)SiCl_2$ | - | 394,5 | 1,2858 | 1,4000 |
| Хлорметил(диметил)хлорсилан $ClCH_2(CH_3)_2SiCl$ | - | 388 | 1,0865 | 1,4360 |
| Хлорфенилтрихлорсилан $ClC_6H_4SiCl_3$ | | 503-518 | 1,4280- 1,4570 | 1,5400- 1,5490 |
| Метил(хлорфенил) дихлорсилан $ClC_6H_4(CH_3)SiCl_2$ | | 503-513 | 1,2920- 1,3170 | 1,5350- 1,5430 |
| Дихлорфенилтрихлорсилан $Cl_2C_6H_3SiCl_3$ | | 540-548 | 1,5450- 1,5520 | 1,5350- 1,5430 |

Продолжение табл. 16.1

| | | | | |
|---|---|---------|-------------------|-------------------|
| Дихлорфенилметилдихлорсилан $Cl_2C_6H_3(CH_3)SiCl_2$ | | 535-543 | 1,4060- 1,4200 | 1,5550- 1,5570 |
| $\gamma\gamma\gamma$ -Трифторпропилтрихлорсилан $F_3C(CH_2)_2SiCl_3$ | - | 386,5 | 1,3990 | 1,3885 |
| Метил- $\gamma\gamma\gamma$ -трифторпропилдихлорсилан $F_3C(CH_2)_2(CH_3)SiCl_2$ | - | 394,5 | 1,2610 | 1,3946 |

3. Эфиры и замещенные эфиры ортокремневой кислоты

Тетраалкокси(арокси)силаны и алкил
(арил)алкокси(арокси)силаны

(C₂H₅O)₄Si Тетраэтоксисилан
(Alk/ArO)₄Si

Таблица 22. Физико-химические свойства важнейших тетраалкоксисиланов и алкилалкоксисиланов

| Соединение | Т. кип., °С | d_4^{20} | n_D^{20} |
|--|--------------------------------|-----------------------|------------|
| (CH ₃ O) ₄ Si | 121—122 | 1,0232 | 1,3683 |
| (C ₂ H ₅ O) ₄ Si | 166,5 | 0,8330 | 1,3852 |
| (C ₃ H ₇ O) ₄ Si | 225—227 | (при 17 °С) 0,9180 | 1,4019 |
| (<i>n</i> -C ₄ H ₉ O) ₄ Si | 173 (при 20 мм рт. ст.) | 0,9130 | 1,4431 |
| (<i>iso</i> -C ₄ H ₉ O) ₄ Si | 256—260 | (при 25 °С) 0,9530 | — |
| (CH ₂ =CHCH ₂ O) ₄ Si | 115—116 (при 12 мм рт. ст.) | (при 15 °С) 0,9842 | 1,4329 |
| CH ₃ Si(OC ₂ H ₅) ₃ | 151 | (при 17 °С) 0,9380 | 1,3869 |
| (CH ₃) ₂ Si(OC ₂ H ₅) ₂ | 111 | 0,8900 | 1,3839 |
| (CH ₃) ₃ SiOC ₂ H ₅ | 75 | 0,7573 | 1,3741 |
| C ₂ H ₅ Si(OC ₂ H ₅) ₃ | 159 | 0,9407 | 1,3853 |
| (C ₂ H ₅) ₂ Si(OC ₂ H ₅) ₂ | 155 | 0,8752 | — |
| (C ₂ H ₅) ₃ SiOC ₂ H ₅ | 153 | (при 0 °С) 0,8414 | — |

4. Замещенные эфиры ортокремневой кислоты, содержащие аминогруппу в органическом радикале



где R=H, CH₃, C₂H₅, C₄H₉, C₆H₆ и др.; R'=R''=CH₃, C₂H₅, C₄H₉, C₆H₆ и др.;
n = 1-5; m = 1-3; x=1-2

Таблица 24. Физико-химические свойства замещенных эфиров ортокремневой кислоты, содержащих аминогруппу в органическом радикале

| Соединение | Т. кип., °С | d_4^{20} | n_D^{20} |
|---|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| NH ₂ CH ₂ Si(OC ₂ H ₅) ₃ | 93 (при 26 мм рт. ст.) | 0,9550 (при 25 °С) | 1,4080 (при 25 °С) |
| NH ₂ —(CH ₂) ₃ —Si(OC ₂ H ₅) ₃ | 68 (при 3 мм рт. ст.) | 0,9506 | 1,4225 |
| NH ₂ —(CH ₂) ₄ —Si(OC ₂ H ₅) ₃ | 123—124 (при 15 мм рт. ст.) | 0,9340 (при 25 °С) | 1,4222 (при 25 °С) |
| CH ₃ NHCH ₂ Si(OC ₂ H ₅) ₃ | 95 (при 20 мм рт. ст.) | 0,9560 | 1,4082 |
| (C ₂ H ₅) ₂ NCH ₂ Si(OC ₂ H ₅) ₃ | 196—198 | 0,9100 | 1,4167 |
| [C ₂ H ₅ (C ₆ H ₅)NCH ₂]CH ₃ Si(OC ₂ H ₅) ₂ | 151—154 (при 23 мм рт. ст.) | 1,0240 | 1,5131 |
| (CH ₃)(NH ₂ CH ₂)Si(OC ₂ H ₅) ₂ | 65,7 (при 24 мм рт. ст.) | 0,9140— 0,9160 (при 25 °С) | 1,4120— 1,4126 (при 25 °С) |
| CH ₃ [NH ₂ —(CH ₂) ₃ —]Si(OC ₂ H ₅) ₂ | 85—88 (при 8 мм рт. ст.) | 0,9162 | 1,4272 |
| CH ₃ [NH ₂ —(CH ₂) ₄ —]Si(OC ₂ H ₅) ₂ | 115—116 (при 29 мм рт. ст.) | 0,9125 (при 25 °С) | 1,4320 |
| CH ₃ (C ₂ H ₅ NHCH ₂)Si(OC ₂ H ₅) ₂ | 180—181 (при 757 мм рт. ст.) | 0,8870 | 1,4120 |
| CH ₃ (C ₆ H ₅ NHCH ₂)Si(OC ₂ H ₅) ₂ | 152—153 (при 16 мм рт. ст.) | 1,0020 | 1,4975 |

5. Органоацетоксисиланы

Тетраацетоксисилан и алкил(арил)
ацетоксисиланы



где $n = 1-3$: $R = \text{CH}_3, \text{C}_2\text{H}_5, \text{C}_6\text{H}_5$ и др.

Таблица 25. Физико-химические свойства ацил- и органоацилоксисиланов

| Соединение | Т. кип., °С | Т. пл., °С | d_4^{20} | n_D^{20} |
|---|-----------------------------------|------------|------------|------------|
| $\text{Si}(\text{OCOCH}_3)_4$ | 148 (при 5—6 мм рт. ст.) | 110 | — | — |
| $\text{CH}_3\text{Si}(\text{OCOCH}_3)_3$ | 84—90 (при 10 мм рт. ст.) | — | 1,1750 | 1,4083 |
| $(\text{CH}_3)_2\text{Si}(\text{OCOCH}_3)_2$ | 165 (при 750 мм рт. ст.) | — | 1,0540 | 1,4030 |
| $(\text{CH}_3)_3\text{SiOCOCH}_3$ | 102,5—103 (при 740 мм рт. ст.) | — | 1,8914 | 1,3890 |
| $\text{Si}(\text{OCOC}_2\text{H}_5)_4$ | — | 55—56 | — | — |
| $\text{C}_2\text{H}_5\text{Si}(\text{OCOCH}_3)_3$ | 107,5—108,5 (при 8 мм рт. ст.) | — | 1,1428 | 1,4123 |
| $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{Si}(\text{OCOCH}_3)_2$ | 192—193 | — | 1,0240 | 1,4152 |
| $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{SiOCOCH}_3$ | 173,4 | — | 0,8926 | 1,4190 |
| $(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{Si}(\text{OCOCH}_3)_2$ | 176—178 (при 3 мм рт. ст.) | — | — | — |
| $(\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{SiOCOCH}_3$ | — | 97 | — | — |

Получение органохлорсиланов

1. Методы, основанные на применении металлоорганических соединений
2. Методы, основанные на взаимодействии хлорпроизводных углеводородов с элементарным кремнием (прямой синтез)
3. Методы, основанные на замещении водорода в гидрохлорсиланах алкильными, алкенильными и арильными радикалами.

1. Методы, основанные на применении металлоорганических соединений

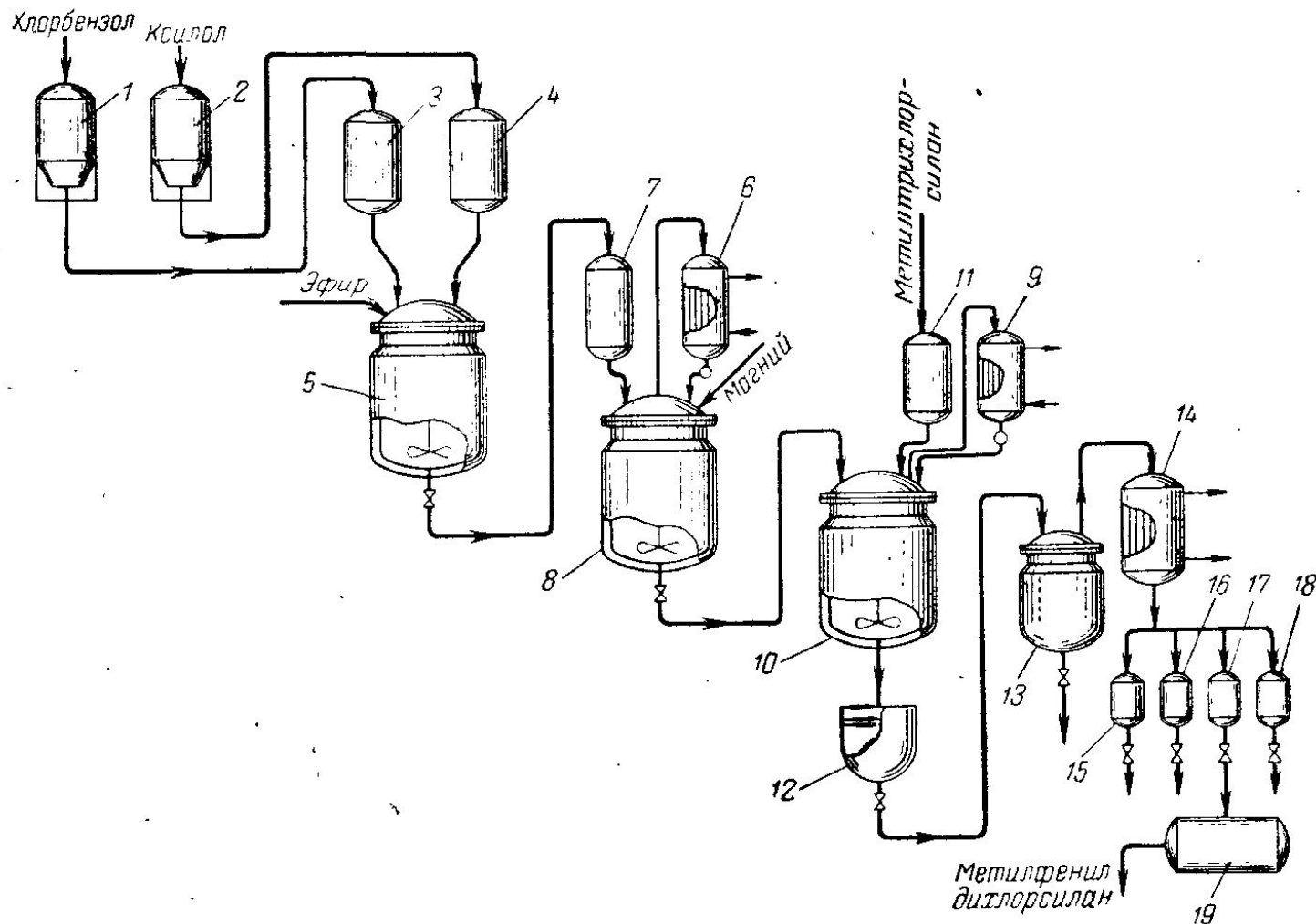


Рис. 1. Схема производства метилфенилдихлорсилана магнийорганическим синтезом:

1, 2 — отстойники-осушители; 3, 4, 7, 11 — мерники; 5 — смеситель; 6, 9, 14 — холодильники; 8 — реактор синтеза фенилмагнийхлорида; 10 — реактор синтеза метилфенилдихлорсилана; 12 — нутч-фильтр; 13 — вакуум-перегонный куб; 15, 16, 17, 18 — сборники; 19 — емкость.

2. Методы, основанные на взаимодействии хлорпроизводных углеводородов с элементарным кремнием (прямой синтез) Получение метилхлорсиланов

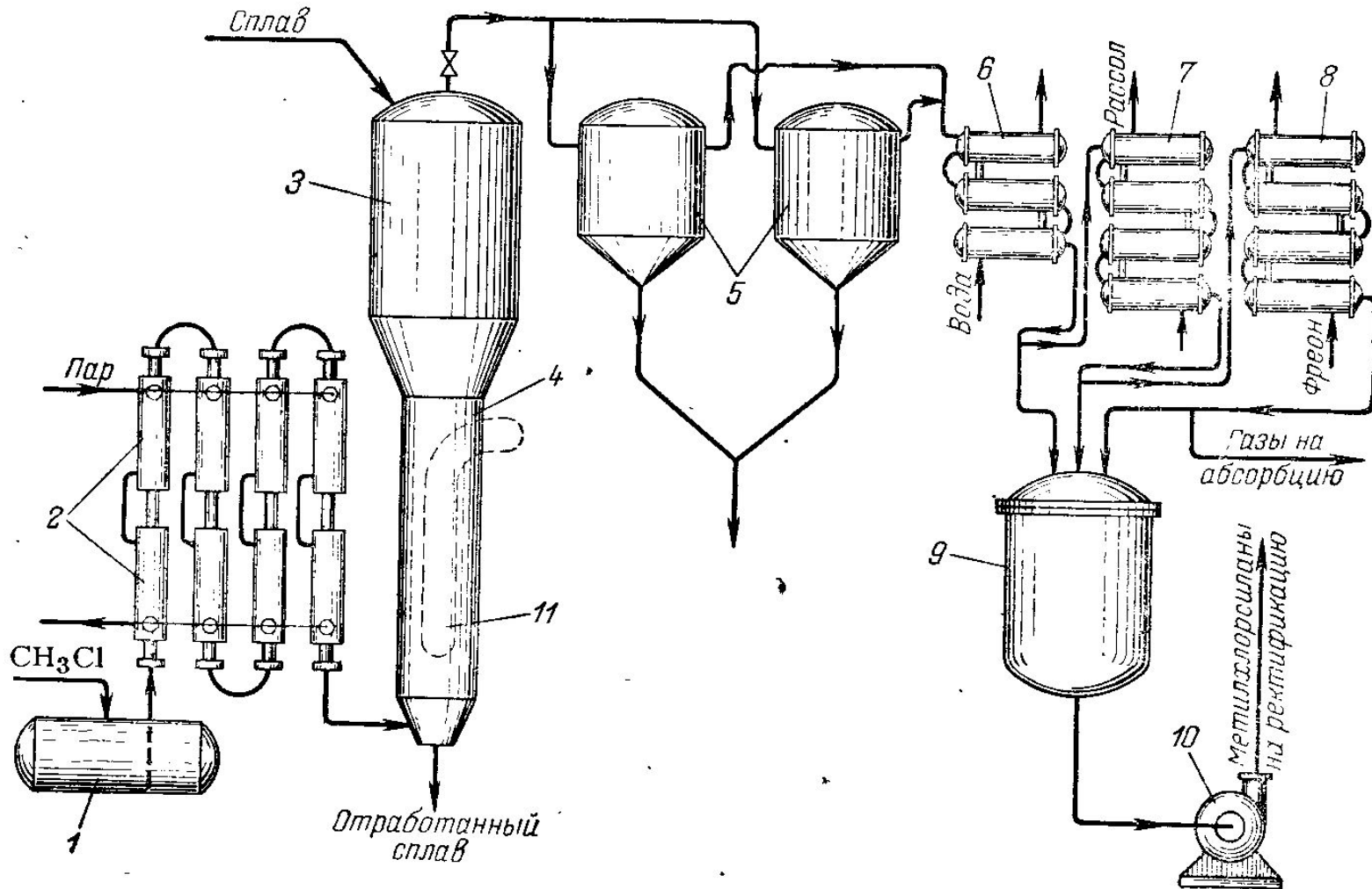


Рис. 12. Схема производства метилхлорсиланов методом прямого синтеза:
1 — емкость; 2 — испаритель; 3 — сепаратор; 4 — реактор; 5 — фильтры; 6, 7, 8 — конденсаторы; 9 — сборник; 10 — центробежный насос; 11 — трубка Фильда.

Ректификация продуктов синтеза

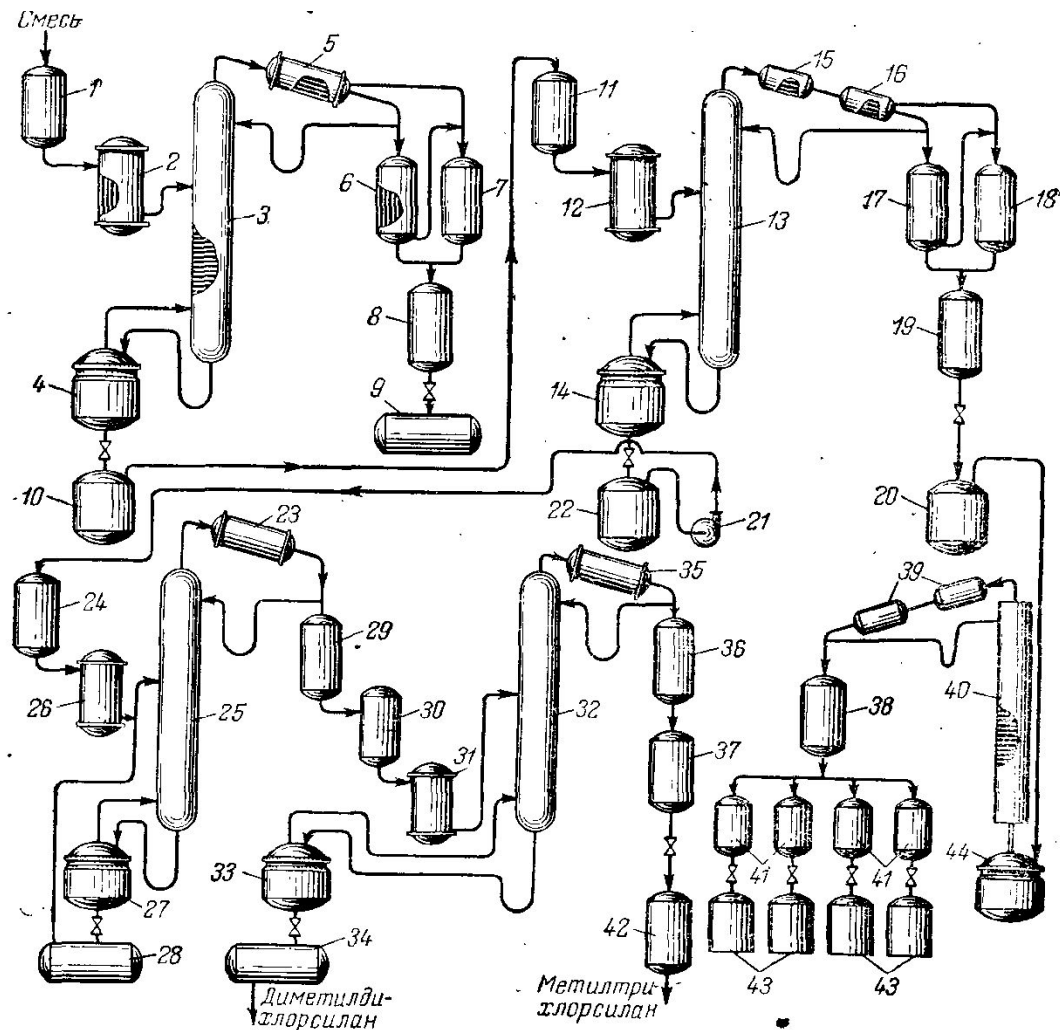


Рис. 13. Схема отгонки непрореагировавшего хлористого метила и ректификации смеси метилхлорсиланов:

1, 11, 24, 30 — напорные емкости; 2, 12, 26, 31 — подогреватели; 3, 13, 25, 32, 40 — ректификационные колонны; 4, 14, 27, 33, 44 — кубы ректификационных колонн; 5, 15, 16, 23, 35, 39 — дефлегматоры; 6, 7, 17, 18, 29, 36, 38 — холодильники-конденсаторы; 8, 19, 37, 41 — присмички; 9, 10, 20, 22, 28, 34, 42, 43 — сборники; 21 — центробежный насос.

Получение этилхлорсиланов

56

Гл. 1. Получение органохлорсиланов

Таблица 8. Средний состав смесей, полученной при синтезе этилхлорсиланов

| Продукт | Формула | Т. кип., °С | Средний состав *, % |
|---|--------------------|-------------|---------------------|
| Хлористый этил (непрореагировавший) . . | C_2H_5Cl | 12,5 | 1—2 |
| Трихлорсилан | $SiHCl_3$ | 31,8 | 3—5 |
| Четыреххлористый кремний | $SiCl_4$ | 57,7 | 7—10 |
| Этилдихлорсилан | $C_2H_5SiHCl_2$ | 75,0 | 15—25 |
| Этилтрихлорсилан | $C_2H_5SiCl_3$ | 98,8 | 15—25 |
| Диэтилхлорсилан | $(C_2H_5)_2SiHCl$ | 99,2 | 5—7 |
| Диэтилдихлорсилан | $(C_2H_5)_2SiCl_2$ | 129,0 | 35—40 |
| Триэтилхлорсилан | $(C_2H_5)_3SiCl$ | 143,0 | 3—5 |
| Кубовые остатки | — | > 143,0 | 6—8 |

Таблица 9. Технические показатели этилхлорсиланов

| Продукт | Внешний вид | Температурный интервал отгонки основной фракции при 760 мм рт. ст. °С | Содержание, % | | d_4^{20} |
|---------------------------------|--------------------------------|---|-------------------------------|-------------|-------------|
| | | | основной фракции, не менее | хлора | |
| $C_2H_5SiHCl_2$ | } Прозрачные | 74—76 | 92 | 54,45—55,65 | 1,089—1,097 |
| | | 95—102 | 90 | 62,0—65,1 | — |
| $C_2H_5SiCl_3$ | } бесцветные | 125—132 | 95 | 45,0—46,3 | 1,053—1,067 |
| | | 125—132 | 90 | 44,0—46,3 | — |
| Кубовые остатки этилхлорсиланов | Прозрачная коричневая жидкость | — | Отсутствие $(C_2H_5)_2SiCl_2$ | 43,0—45,0 | 1,150—1,300 |

Получение фенилхлорсиланов

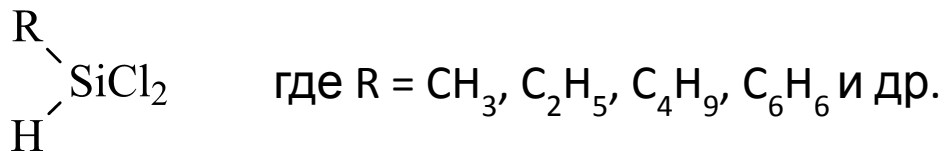
Таблица 11. Средний состав смеси, полученной при синтезе фенилхлорсиланов

| Продукт | Формула | Т. кип., °С | Средний состав *, % |
|---|--------------------------------------|----------------|---------------------------|
| Трихлорсилан | SiHCl_3 | 31,8 | 3—5 |
| Четыреххлористый кремний | SiCl_4 | 57,7 | 4—10 |
| Бензол | C_6H_6 | 79,0 | 3—7 |
| Хлорбензол (непрореагировавший) | $\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}$ | 132,0 | 12—18 |
| Фенилдихлорсилан | $\text{C}_6\text{H}_5\text{SiHCl}_2$ | 184,0 | 5—12 |
| Фенилтрихлорсилан | $\text{C}_6\text{H}_5\text{SiCl}_3$ | 201,5 | 35—40 |
| Кубовые остатки (дифенилдихлорсилан, трифенилхлорсилан, дифенил и др.) | — | >201,5 | 7—12 |

* Средний состав, как и в случае синтеза метил- и этилхлорсиланов, может изменяться в широких пределах в зависимости от условий реакции и промоторов, применяемых для активирования кремне-медного сплава.

3. Методы, основанные на замещении водорода в гидрохлорсиланах алкильными, алкенильными и арильными радикалами.

Исходные вещества – гидроорганохлорсиланы – побочные продукты прямого синтеза



- 1). Метод, основанный на высокотемпературной конденсации гидридхлорсиланов с производными олефинов или ароматических углеводородов
- 2). Метод, основанный на дегидрировании гидридхлорсиланов при их взаимодействии с ароматическими углеводородами
- 3). Метод, основанный на присоединении непредельных углеводородов к гидридхлорсиланам

1). Метод, основанный на высокотемпературной конденсации гидридохлорсиланов с производными олефинов или ароматических углеводородов

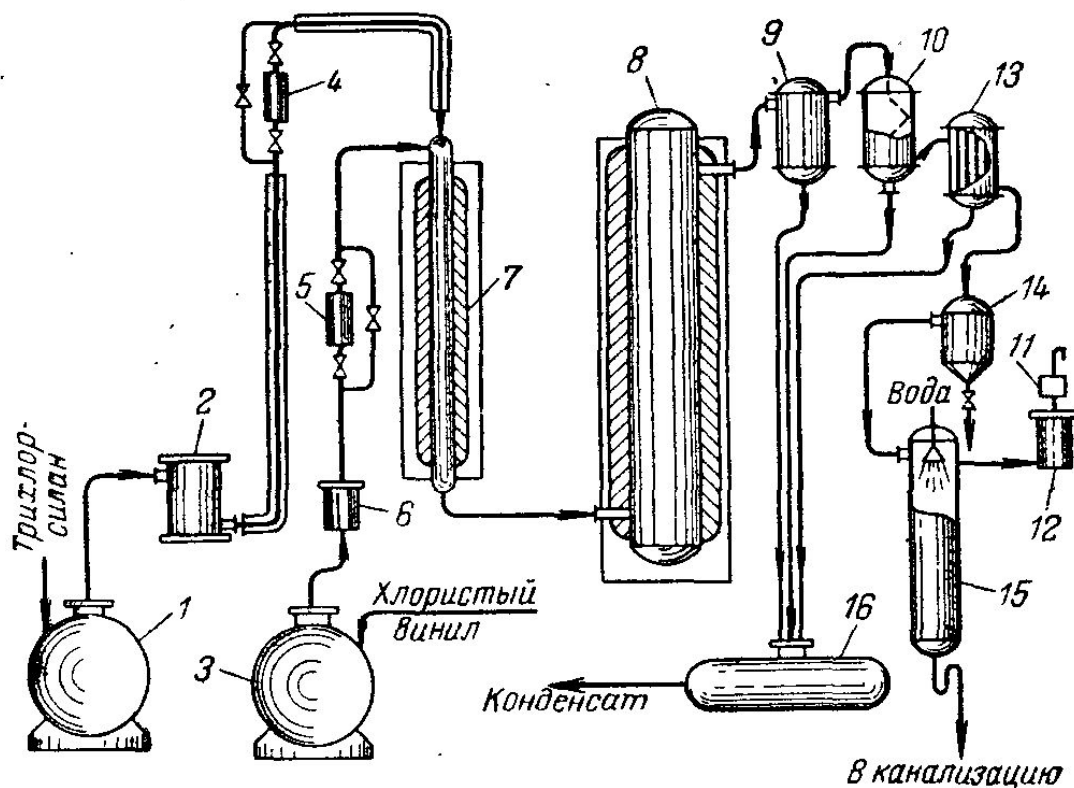


Рис. 30. Схема производства винилтрихлорсилана:

1, 3 — цистерны; 2 — испаритель; 4, 5 — ротаметры; 6, 12 — колонны с CaCl_2 ; 7 — подогреватель; 8 — реактор; 9 — расширитель; 10, 13 — холодильники; 11 — огнепреградитель; 14 — буферная емкость; 15 — колоннаабсорбер; 16 — приемник.

Таблица 15. Средний состав смеси, полученной при синтезе винилтрихлорсилана

| Продукт | Формула | Т. кип., °С | Средний состав, % |
|--|-------------------------------|-------------|-------------------|
| Легколетучие вещества (в том числе непрореагировавший хлористый винил) | — | До 31 | 4—5 |
| Трихлорсилан (непрореагировавший) | SiHCl_3 | 31,8 | 18—20 |
| Четыреххлористый кремний | SiCl_4 | 57,7 | 2—4 |
| Винилтрихлорсилан | $\text{CH}_2=\text{CHSiCl}_3$ | 90,6 | 60—65 |
| Кубовые остатки | — | > 90,6 | 10—12 |

Таблица 16. Средний состав смеси, полученной при синтезе метилвинилдихлорсилана

| Продукт | Формула | Т. кип., °С | Средний состав, % |
|--|---|-------------|-------------------|
| Легколетучие вещества (в том числе непрореагировавший хлористый винил) | — | До 31 | 3—5 |
| Трихлорсилан | SiHCl_3 | 31,8 | 10—15 |
| Метилдихлорсилан (непрореагировавший) | $\text{CH}_3\text{SiHCl}_2$ | 40,6 | 20—23 |
| Четыреххлористый кремний | SiCl_4 | 57,7 | 4—6 |
| Метилтрихлорсилан | CH_3SiCl_3 | 66,1 | 6—10 |
| Метилвинилдихлорсилан | $\text{CH}_3(\text{CH}_2=\text{CH})\text{SiCl}_2$ | 93,0 | 30—35 |
| Кубовые остатки | — | > 93,0 | 8—12 |

Таблица 17. Физико-химические свойства алкенилхлорсиланов

| Соединение | Т. кип., °С | d_4^{20} | n_D^{20} |
|--|----------------------------|-----------------------|-----------------------|
| $\text{CH}_2=\text{CHSiCl}_3$ | 90,6 | 1,2426 | 1,4295 |
| $\text{CH}_3(\text{CH}_2=\text{CH})\text{SiCl}_2$ | 93,0 | 1,0868 | 1,4270 |
| $\text{C}_2\text{H}_5(\text{CH}_2=\text{CH})\text{SiCl}_2$ | 123,7 | 1,0664 | 1,4385 |
| $\text{C}_6\text{H}_5(\text{CH}_2=\text{CH})\text{SiCl}_2$ | 121 (при 36 мл рт. ст.) | 1,1960 (при 25 °С) | 1,5335 (при 25 °С) |
| $\text{CH}_2=\text{CHCH}_2\text{SiCl}_3$ | 117,5 | 1,2011 | 1,4460 |
| $\text{CH}_3(\text{CH}_2=\text{CHCH}_2)\text{SiCl}_2$ | 119—120 | 1,0758 | 1,4419 |

2). Метод, основанный на дегидрировании гидридхлорсиланов при их взаимодействии с ароматическими углеводородами

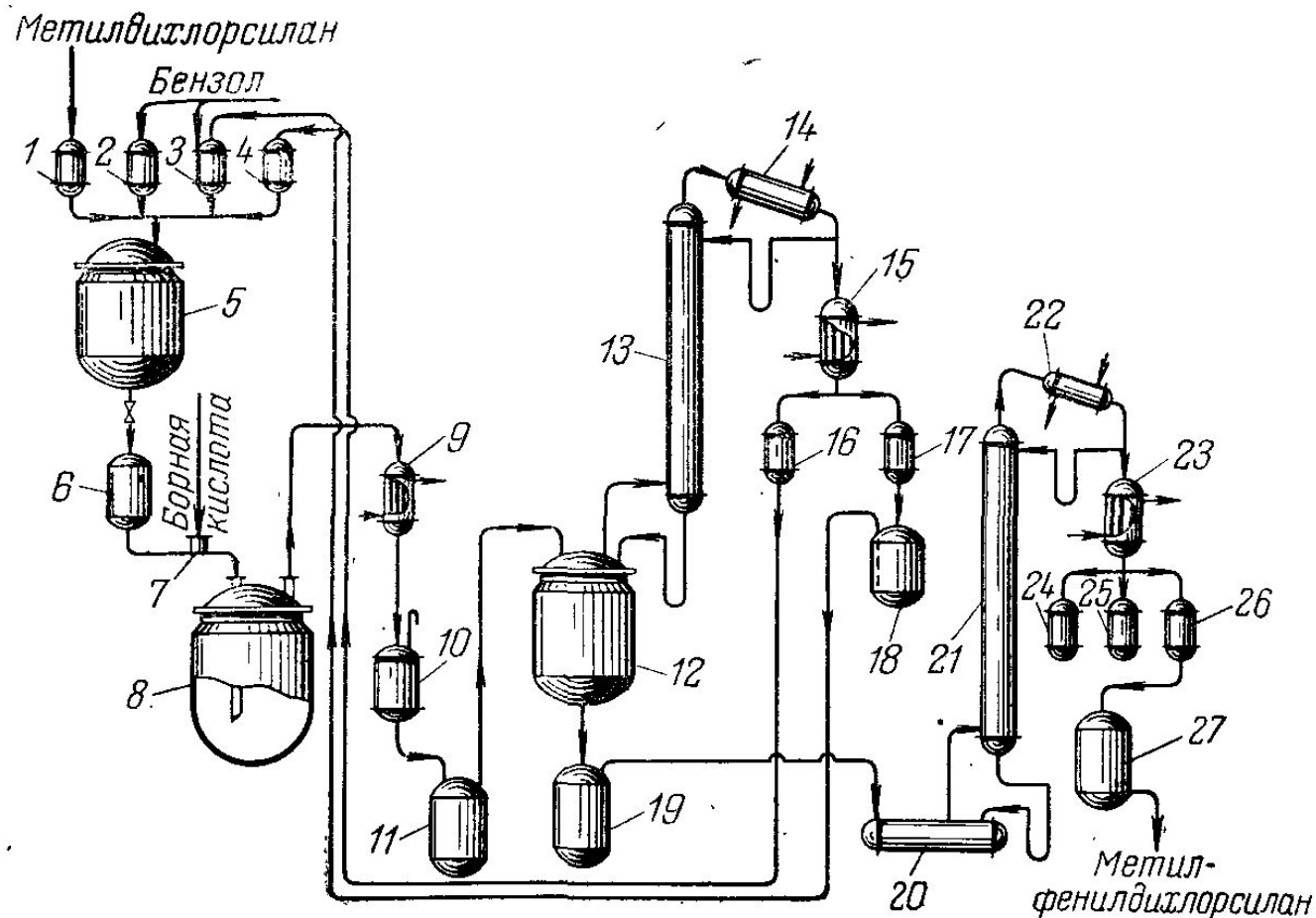


Рис. 31. Схема производства метилфенилди́хлорсилана:

1, 2, 3, 4 — мерники; 5 — смеситель; 6 — мерник-дозатор; 7 — штуцер для загрузки катализатора; 8 — автоклав; 9, 15, 23 — холодильники; 10 — сепаратор; 11, 18, 19, 27 — сборники; 12, 20 — кубы ректификационных колонн; 13, 21 — ректификационные колонны; 14, 22 — дефлегматоры; 16, 17, 24, 25, 26 — приемники.

Таблица 18. Средний состав смеси, полученной при синтезе метилфенилдихлорсилана

| Продукт | Формула | Т. кип., °С | Средний состав, % |
|---|--|-------------|-------------------|
| Метилдихлорсилан (непрореагировавший) | $\text{CH}_3\text{SiHCl}_2$ | 40,6 | 4—6 |
| Метилтрихлорсилан | CH_3SiCl_3 | 66,1 | 2—5 |
| Диметилдихлорсилан | $(\text{CH}_3)_2\text{SiCl}_2$ | 70,2 | 1—3 |
| Бензол (непрореагировавший) | C_6H_6 | 80,0 | 50—55 |
| Метилфенилдихлорсилан | $\text{CH}_3(\text{C}_6\text{H}_5)\text{SiCl}_2$ | 204,0 | 18—25 |
| Кубовые остатки | — | >204,0 | 10—12 |

3). Метод, основанный на присоединении непредельных углеводородов к гидридхлорсиланам

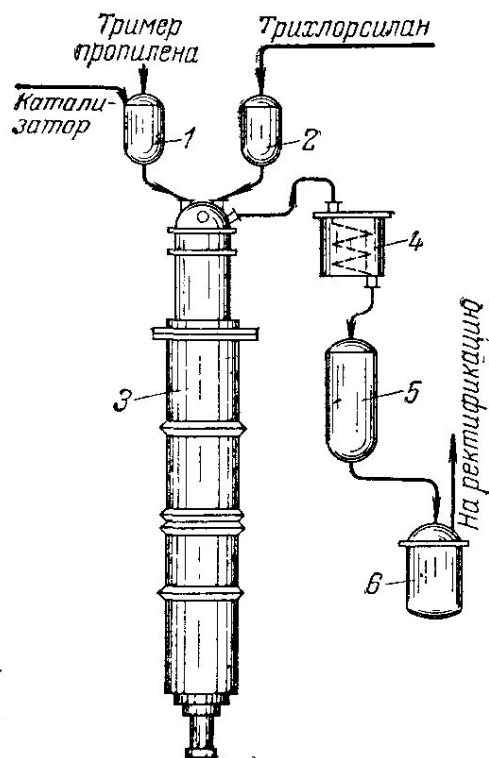


Рис. 32. Схема производства нонилтрихлорсилана:

1, 2 — мерники; 3 — реактор;
4 — конденсатор; 5 — сепаратор;
6 — сборник.

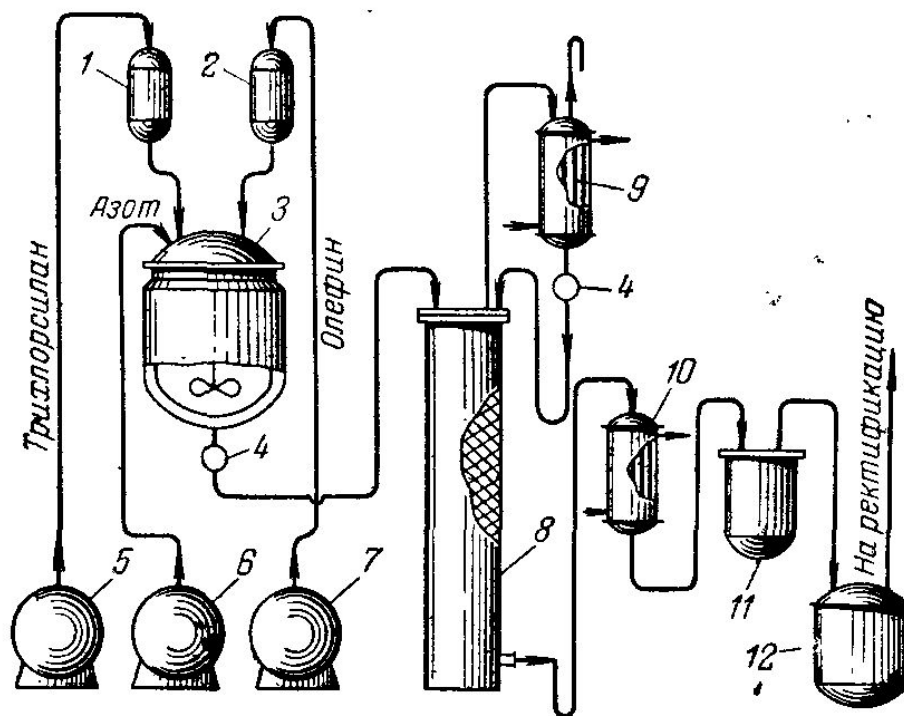


Рис. 33. Схема производства высших алкилхлорсиланов непрерывным способом:

1, 2 — мерники-дозаторы; 3 — смеситель; 4 — смотровые фонари; 5, 6, 7 — емкости; 8 — реактор; 9, 10 — холодильники; 11 — сепаратор; 12 — сборник.

Таблица 19. Физико-химические свойства высших алкилхлорсиланов и алкилхлорсиланов, содержащих функциональные группы в органическом радикале

| Соединение | Т. кип., °С | d_4^{20} | n_D^{20} |
|---|--|------------|-----------------------|
| $\text{CH}_3(\text{изо-C}_4\text{H}_9)\text{SiCl}_2$ | 45 (при 20 мм рт. ст.) | — | 1,4343 (при 25 °С) |
| $\text{изо-C}_4\text{H}_9\text{SiCl}_3$ | 141,0 | 1,4670 | 1,4358 |
| $\text{C}_6\text{H}_{13}\text{SiCl}_3$ | 191,6 | 1,1070 | 1,4435 |
| $\text{C}_7\text{H}_{15}\text{SiCl}_3$ | 210,7 | 1,0860 | 1,4462 |
| $\text{C}_8\text{H}_{17}\text{SiCl}_3$ | 231—232 (при 728 мм рт. ст.) | 1,0744 | 1,4490 |
| $\text{C}_9\text{H}_{19}\text{SiCl}_3$ | 116,2 (при 10 мм рт. ст.) | 1,0645 | 1,4498 |
| $\text{CH}_3(\text{C}_9\text{H}_{19})\text{SiCl}_2$ | 115—117 (при 5 мм рт. ст.) | 0,9931 | 1,4548 |
| $\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{SiCl}_3$ | 181,5 (при 750 мм рт. ст.) | 1,3540 | 1,4638 |
| $\text{CH}_3(\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2)\text{SiCl}_2$ | 185,0 | 1,2045 | 1,4580 |
| $\text{CNCH}_2\text{CH}_2\text{SiCl}_3$ | 84—86 (при 10 мм рт. ст.) | — | — |
| $\text{CH}_3(\text{CNCH}_2\text{CH}_2)\text{SiCl}_2$ | т. пл. 34—35 °С 215,0 (при 750 мм рт. ст.) | 1,2015 | 1,4550 (при 25 °С) |