

# **Химия и технология элементоорганических мономеров**

# Глухов Павел Александрович

[pavglukhov@yandex.ru](mailto:pavglukhov@yandex.ru)

[vk.com/p.a.glukhov](https://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.,  $\text{CH}_3\text{SiCl}_3$ ,  $(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{SiCl}_2$ . Основной вид сырья для производства кремнийорганических



ПОЛИМЕ

Мономер	Т. пл., К	Т. кип., К	$d_4^n$	$n_D^{20}$
Тетрахлорид кремния $\text{SiCl}_4$	203	330,6	1,4810	1,4126
Трихлорсилан $\text{HSiCl}_3$	145	304,8	1,3417	1,4020
Метилтрихлорсилан $\text{CH}_3\text{SiCl}_3$	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 (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>O)<sub>4</sub>Si Тетраэтоксисилан  
(арил)алкокси(арокси)силаны (Alk/ArO)<sub>4</sub>Si

Таблица 22. Физико-химические свойства важнейших тетраалкоксисиланов и алкилалкоксисиланов

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

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



где R=H, CH<sub>3</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>, C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>, C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> и др.; R'=R''=CH<sub>3</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>, C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>, C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> 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 <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> Si(OC <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>3</sub> . . . . .	93 (при 26 мм рт. ст.)	0,9550 (при 25 °С)	1,4080 (при 25 °С)
NH <sub>2</sub> —(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> —Si(OC <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>3</sub> . . . . .	68 (при 3 мм рт. ст.)	0,9506	1,4225
NH <sub>2</sub> —(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> —Si(OC <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>3</sub> . . . . .	123—124 (при 15 мм рт. ст.)	0,9340 (при 25 °С)	1,4222 (при 25 °С)
CH <sub>3</sub> NHCH <sub>2</sub> Si(OC <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>3</sub> . . . . .	95 (при 20 мм рт. ст.)	0,9560	1,4082
(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> NCH <sub>2</sub> Si(OC <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>3</sub> . . . . .	196—198	0,9100	1,4167
[C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> (C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> )NCH <sub>2</sub> ]CH <sub>3</sub> Si(OC <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> . . . . .	151—154 (при 23 мм рт. ст.)	1,0240	1,5131
(CH <sub>3</sub> )(NH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> )Si(OC <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> . . . . .	65,7 (при 24 мм рт. ст.)	0,9140— 0,9160 (при 25 °С)	1,4120— 1,4126 (при 25 °С)
CH <sub>3</sub> [NH <sub>2</sub> —(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> —]Si(OC <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> . . . . .	85—88 (при 8 мм рт. ст.)	0,9162	1,4272
CH <sub>3</sub> [NH <sub>2</sub> —(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> —]Si(OC <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> . . . . .	115—116 (при 29 мм рт. ст.)	0,9125 (при 25 °С)	1,4320
CH <sub>3</sub> (C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> NHCH <sub>2</sub> )Si(OC <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> . . . . .	180—181 (при 757 мм рт. ст.)	0,8870	1,4120
CH <sub>3</sub> (C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NHCH <sub>2</sub> )Si(OC <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> . . . . .	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 органоацетоксисиланов

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

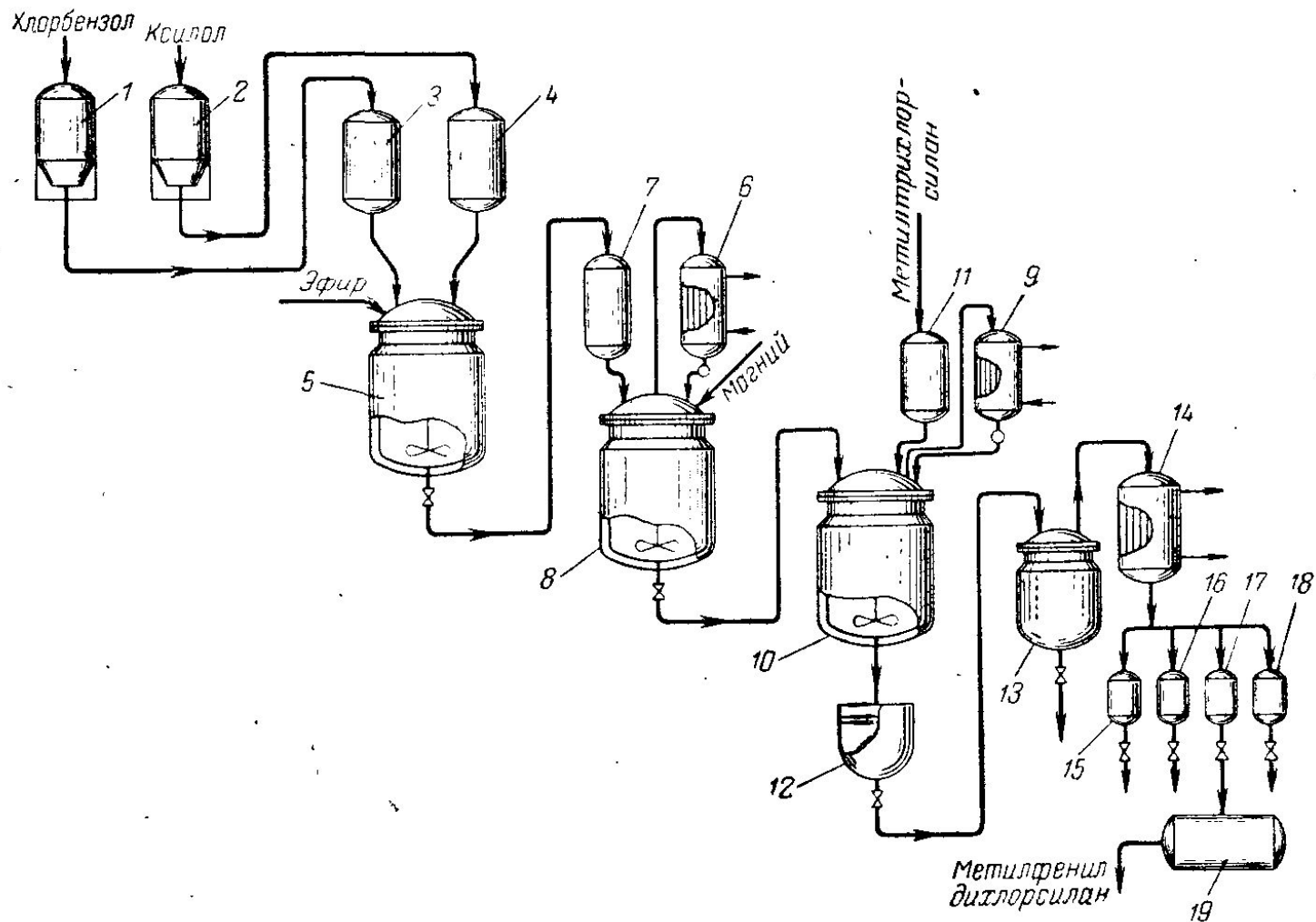


Рис. 1. Схема производства метилфенилдихлорсилана магнийорганическим синтезом:

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

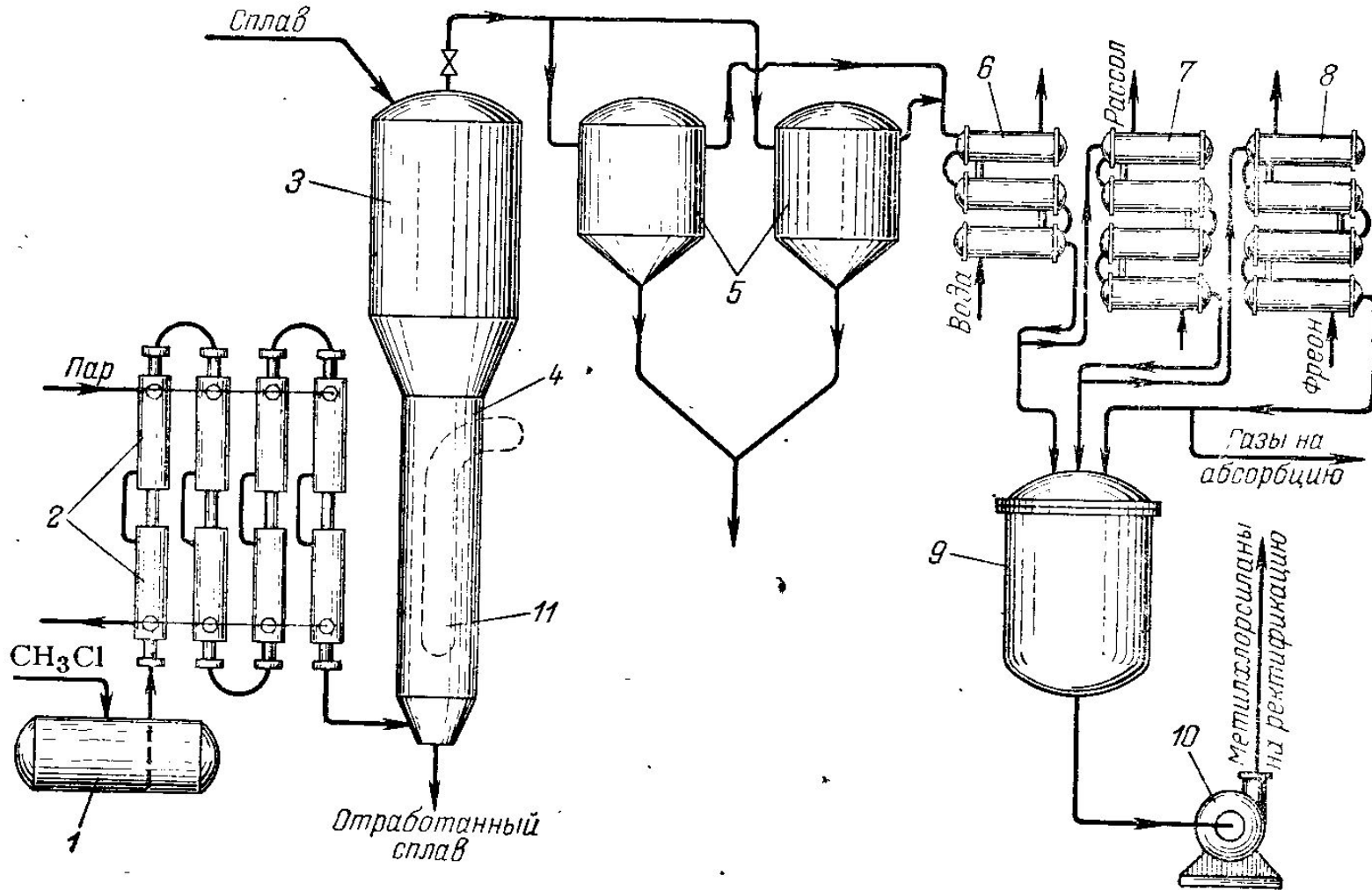


Рис. 12. Схема производства метилхлорсиланов методом прямого синтеза:  
1 — емкость; 2 — испаритель; 3 — сепаратор; 4 — реактор; 5 — фильтры; 6, 7, 8 — конденсаторы; 9 — сборник; 10 — центробежный насос; 11 — трубка Фильда.

# Ректификация продуктов синтеза

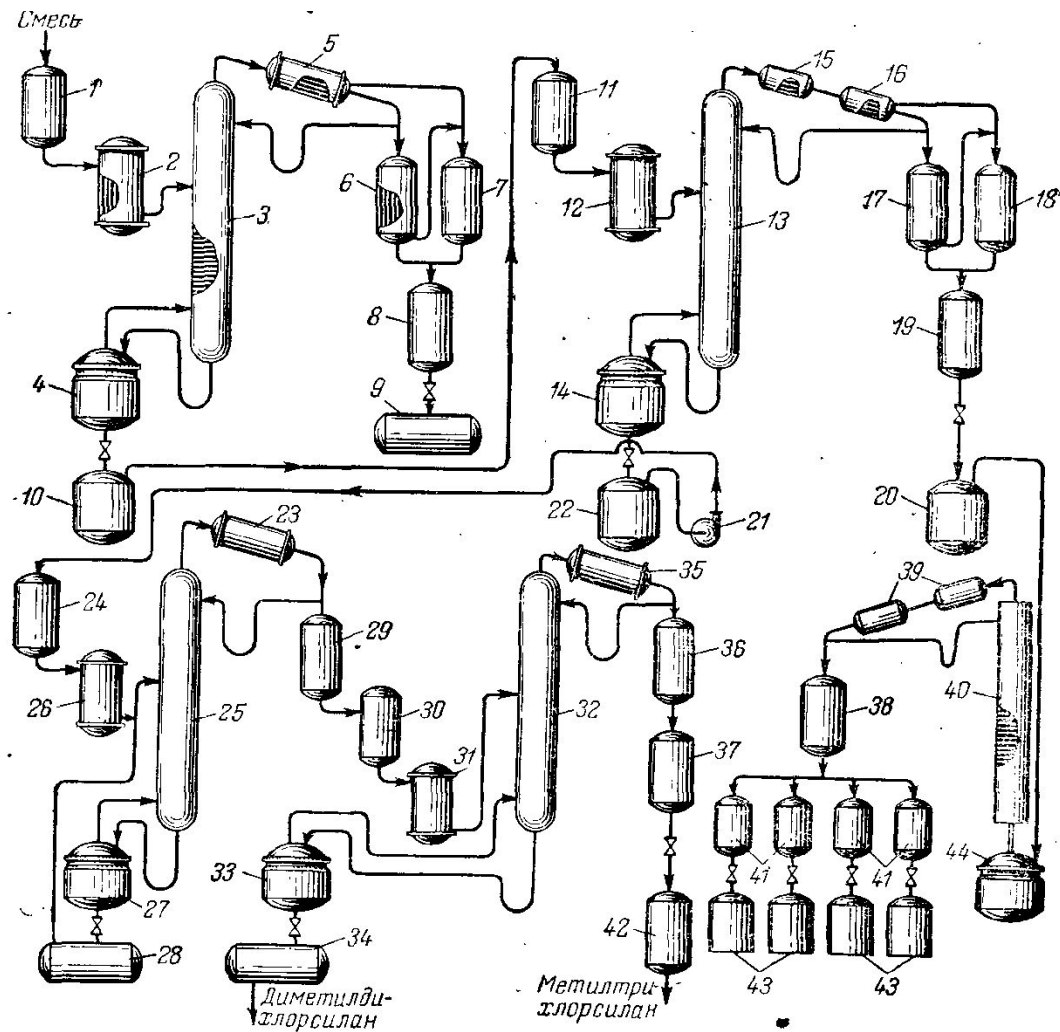


Рис. 13. Схема отгонки непрореагировавшего хлористого метила и ректификации смеси метилхлорсиланов:

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	—
сорт А	} или слабо-желтые	—	Отсутствие	43,0—45,0	1,150—1,300
сорт Б		—	$(C_2H_5)_2SiCl_2$	—	—
Кубовые остатки этилхлорсиланов	Прозрачная коричневая жидкость	—	—	—	—

# Получение фенилхлорсиланов

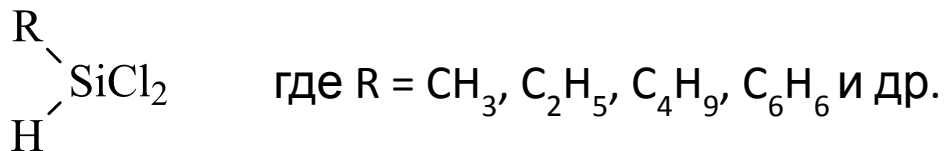
Таблица 11. Средний состав смеси, полученной при синтезе фенилхлорсиланов

Продукт	Формула	Т. кип., °С	Средний состав *, %
Трихлорсилан . . . . .	$\text{SiHCl}_3$	31,8	3—5
Четыреххлористый кремний . . . . .	$\text{SiCl}_4$	57,7	4—10
Бензол . . . . .	$\text{C}_6\text{H}_6$	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

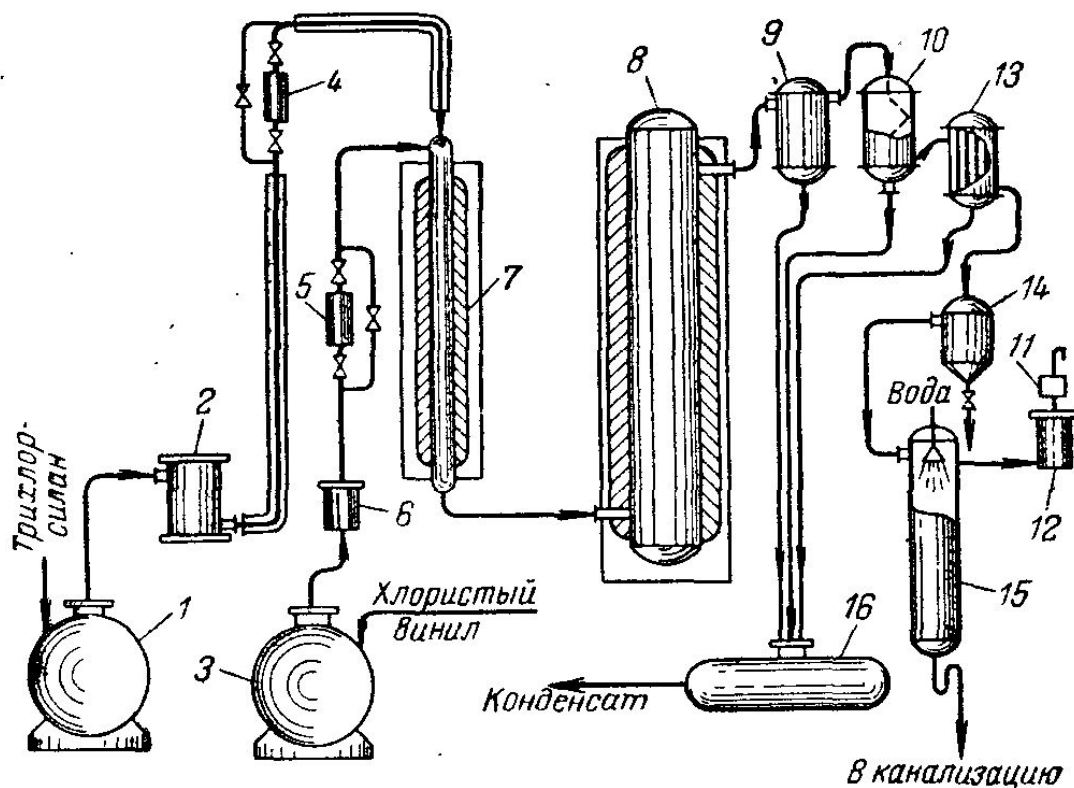


Рис. 30. Схема производства винилтрихлорсилана:

1, 3 — цистерны; 2 — испаритель; 4, 5 — ротаметры; 6, 12 — колонны с  $\text{CaCl}_2$ ; 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)	$\text{SiHCl}_3$	31,8	18—20
Четыреххлористый кремний . . . . .	$\text{SiCl}_4$	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 . . . . .	$\text{SiHCl}_3$	31,8	10—15
Метилдихлорсилан (непрореагировавший) . . . . .	$\text{CH}_3\text{SiHCl}_2$	40,6	20—23
Четыреххлористый кремний . . . . .	$\text{SiCl}_4$	57,7	4—6
Метилтрихлорсилан . . . . .	$\text{CH}_3\text{SiCl}_3$	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

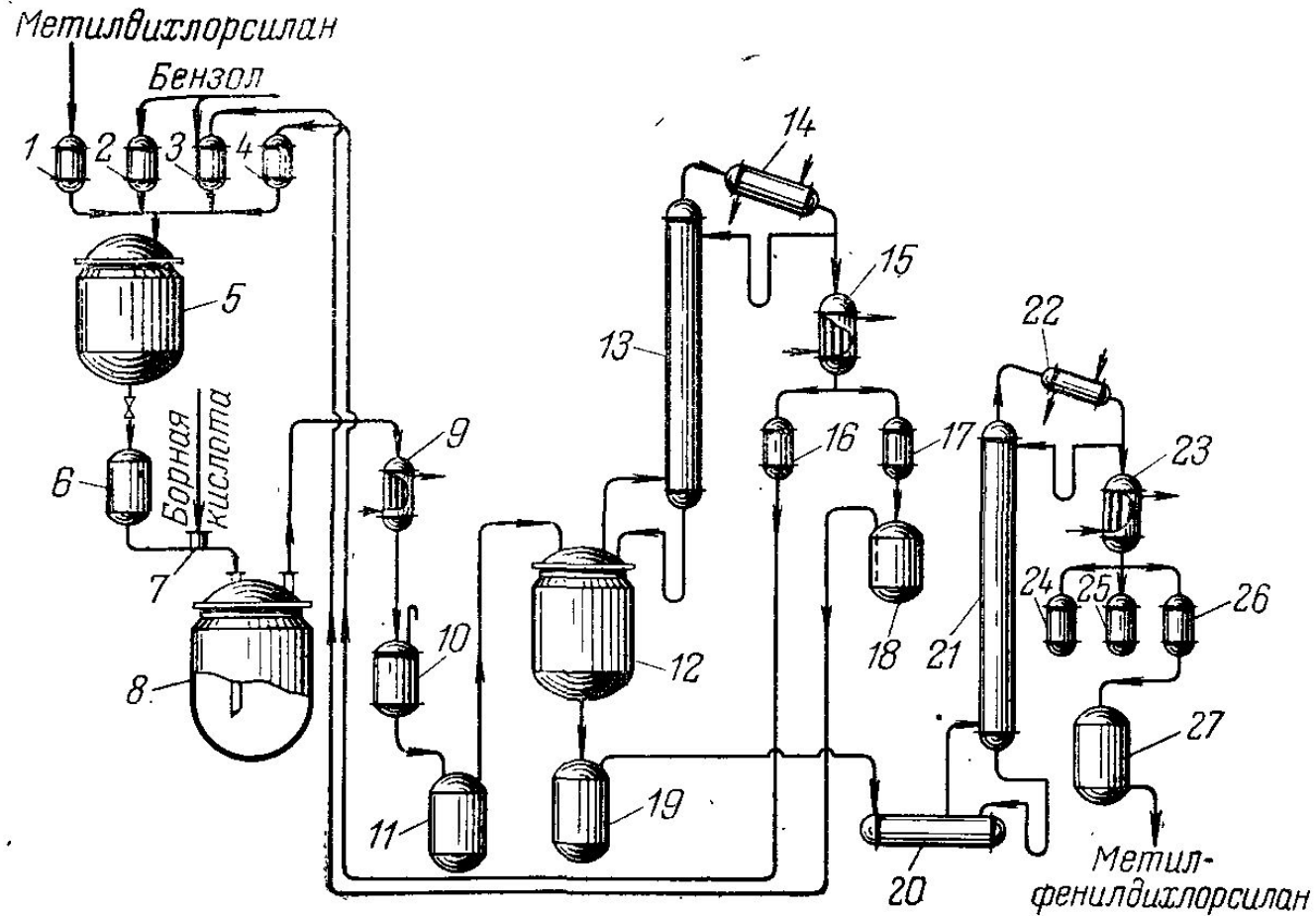


Рис. 31. Схема производства метилфенилдихлорсилана:

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 . . . . .	$\text{CH}_3\text{SiCl}_3$	66,1	2—5
Диметилдихлорсилан . . . . .	$(\text{CH}_3)_2\text{SiCl}_2$	70,2	1—3
Бензол (непрореагировавший) . . . . .	$\text{C}_6\text{H}_6$	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

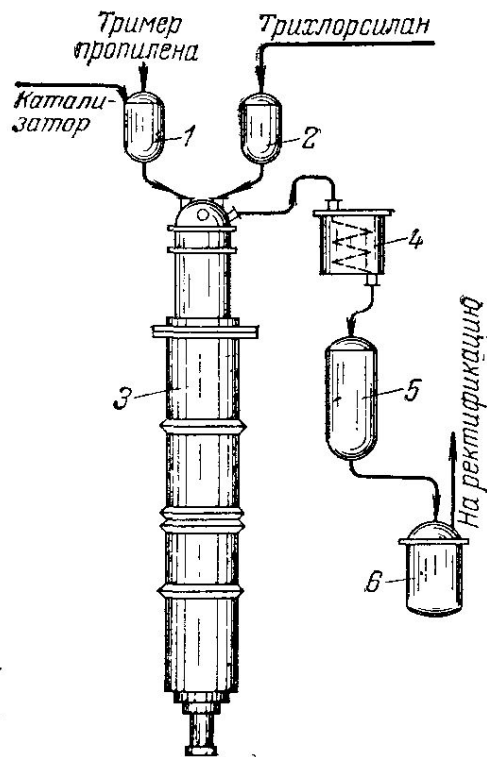


Рис. 32. Схема производства нонилтрихлорсилана:  
 1, 2 — мерники; 3 — реактор;  
 4 — конденсатор; 5 — сепаратор;  
 6 — сборник.

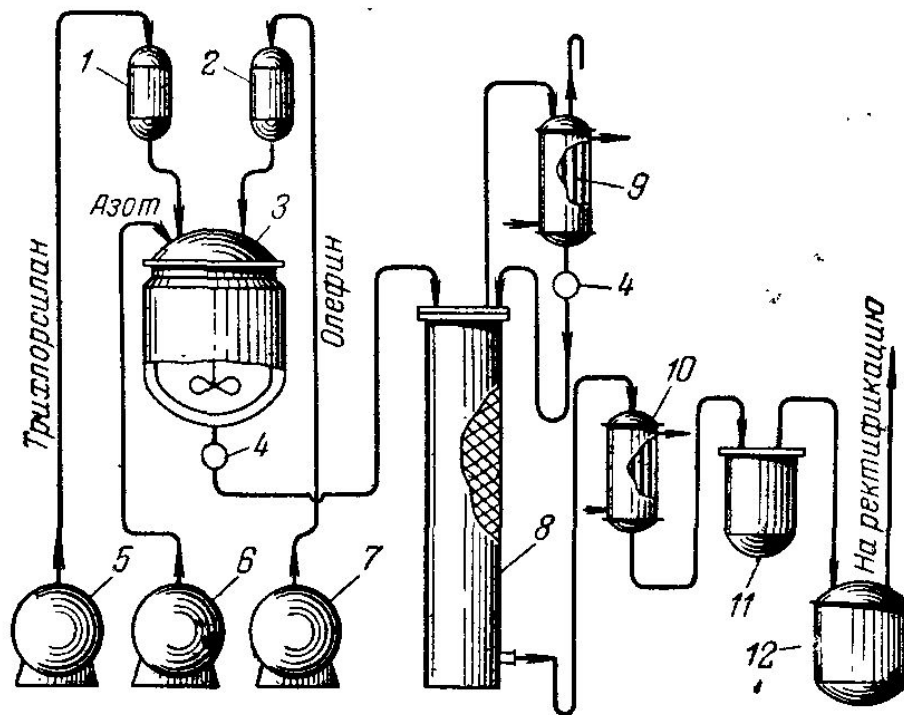


Рис. 33. Схема производства высших алкилхлорсиланов непрерывным способом:  
 1, 2 — мерники-дозаторы; 3 — смеситель; 4 — смотровые фонари; 5, 6, 7 — емкости; 8 — реактор; 9, 10 — холодильники; 11 — сепаратор; 12 — сборник.

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)