



AEROSIL Invented to improve®

Основы технологии применения
в силиконовых каучуках



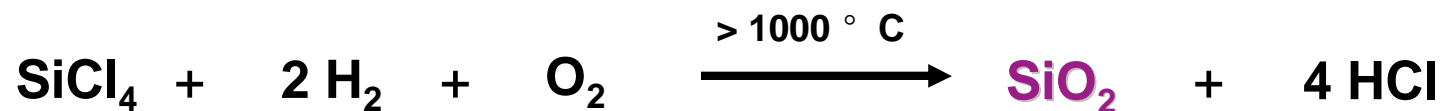
EVONIK
INDUSTRIES

Содержание

Основы

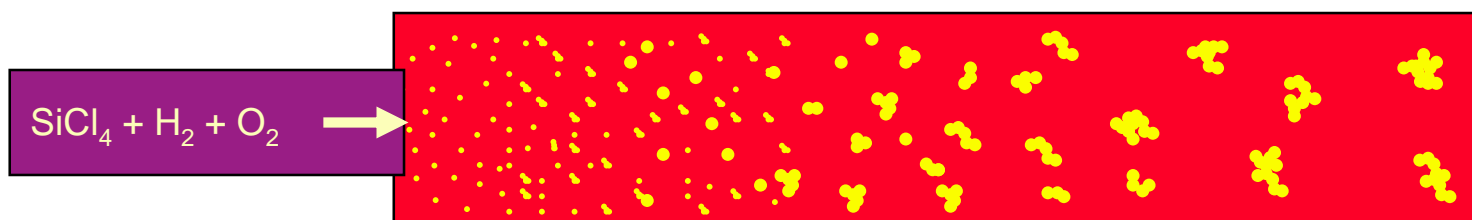
- ▶ **Продукцию пирогенного оксида кремния AEROSIL®**
- ▶ **Гидрофильные, гидрофобные и структурно модифицированные виды AEROSIL®**
- ▶ **Свойства AEROSIL® в силиконовых каучуках**
- ▶ **Специальные оксиды**
- ▶ **Области применения**

AEROSIL® Процесс



Горелка

Реактор

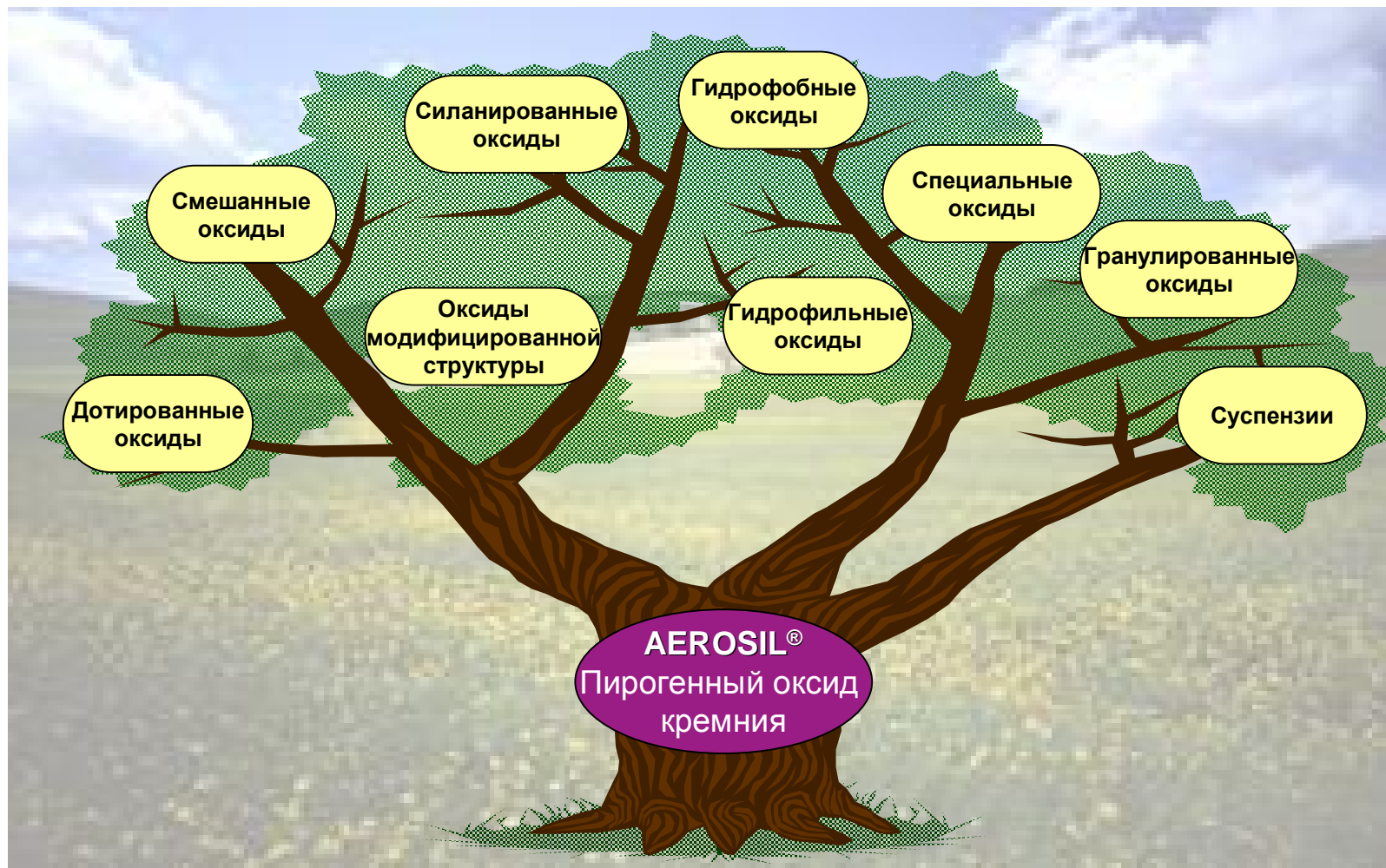


Хим. Реакция
и нуклеация

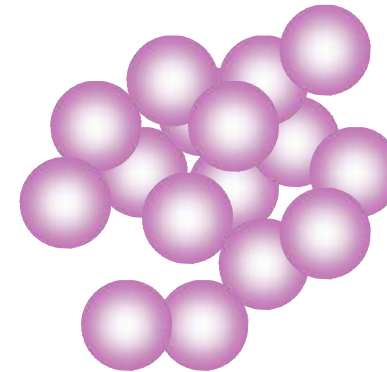
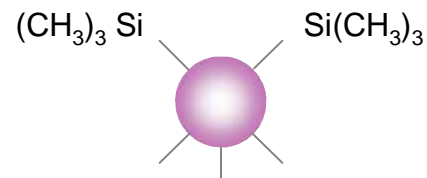
Образование агломератов
за счет столкновений
агрегатов

Образование агрегированных частиц (агрегатов)
Зона столкновения и коалесценции
примерных частиц

AEROSIL® - виды продуктов



AEROSIL® - возможные продукты



Необработанные «нано»-частицы

- Ø SiO₂
- Ø Al₂O₃
- Ø TiO₂
- Ø смешанные оксиды

AEROSIL® 200
AEROXIDE TiO₂ P 25

«Нано»-частицы, обработанные

- Ø силанами
- Ø силоксанами
- Ø органическими соединениями

AEROSIL® R 972
AEROSIL® R 812 S

«Нано»-частицы модифицированной структуры

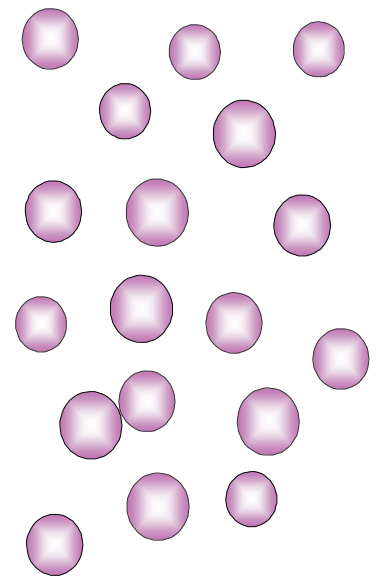
- Ø грануляция
- Ø механическая обработка
- Ø суспензии
- Ø уплотнение

VP AEROPERL® R 806/30
AEROSIL® R 8200
AEROSIL® 200 V
AEROSIL® R 202 VV 60

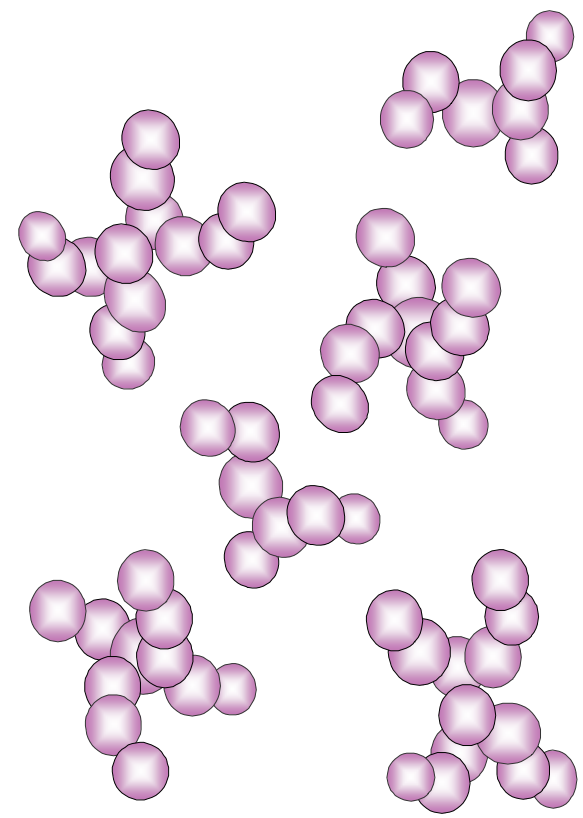
Частицы пирогенного оксида кремния



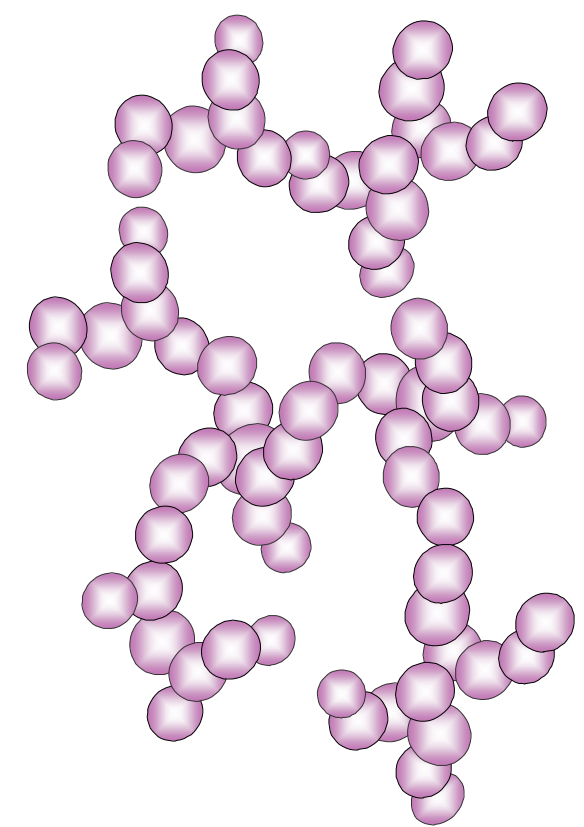
**первичные
частицы**



агрегаты



**агломерированные
агрегаты**

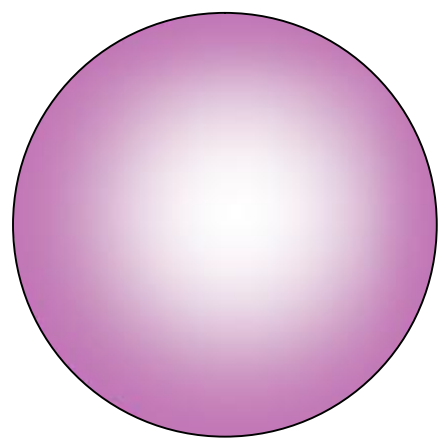


Характеристики AEROSIL®

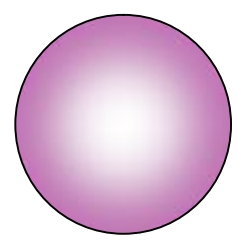


- ▶ Белый, «воздушный» порошок
- ▶ Содержание SiO_2 >99,8%
- ▶ Аморфная структура
- ▶ Размер первичных частиц 7 - 40 нм
- ▶ Удельная поверхность 50 - 380 м²/г
- ▶ Емкость адсорбции от 100 до 340 г на 100г
- ▶ Насыпная плотность 35 - 150 г/л

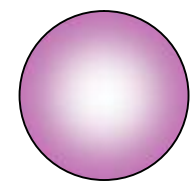
Средний размер первичных частиц различных типов AEROSIL®



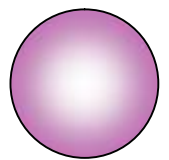
AEROSIL® OX 50
50 м²/г - 40 нм



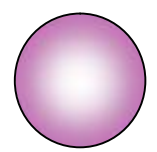
AEROSIL® 90
90 м²/г - 20 нм



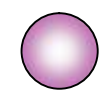
AEROSIL® 130
130 м²/г - 16 нм



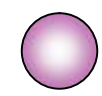
AEROSIL® 150
150 м²/г - 14 нм



AEROSIL® 200
200 м²/г - 12 нм



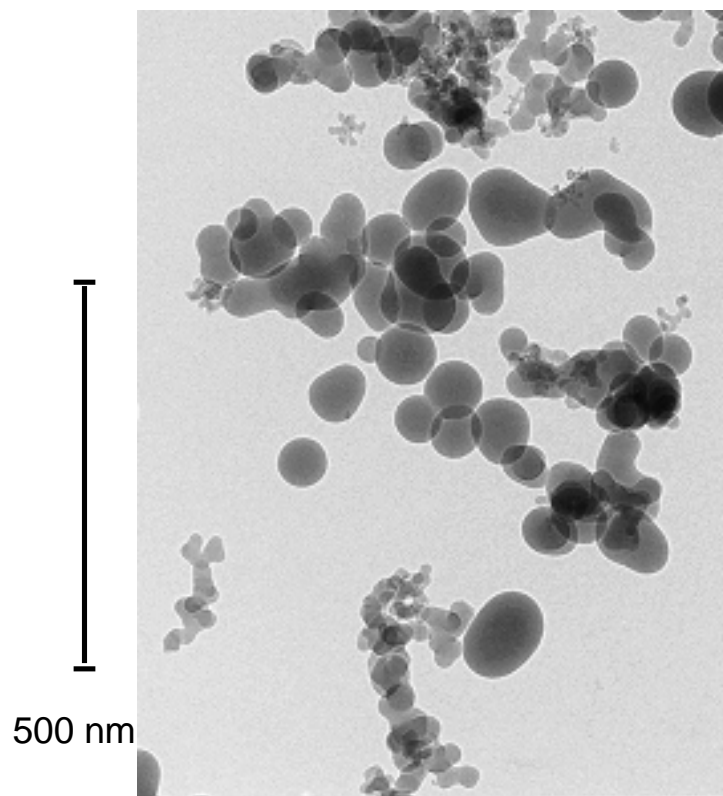
AEROSIL® 300
300 м²/г - 7 нм



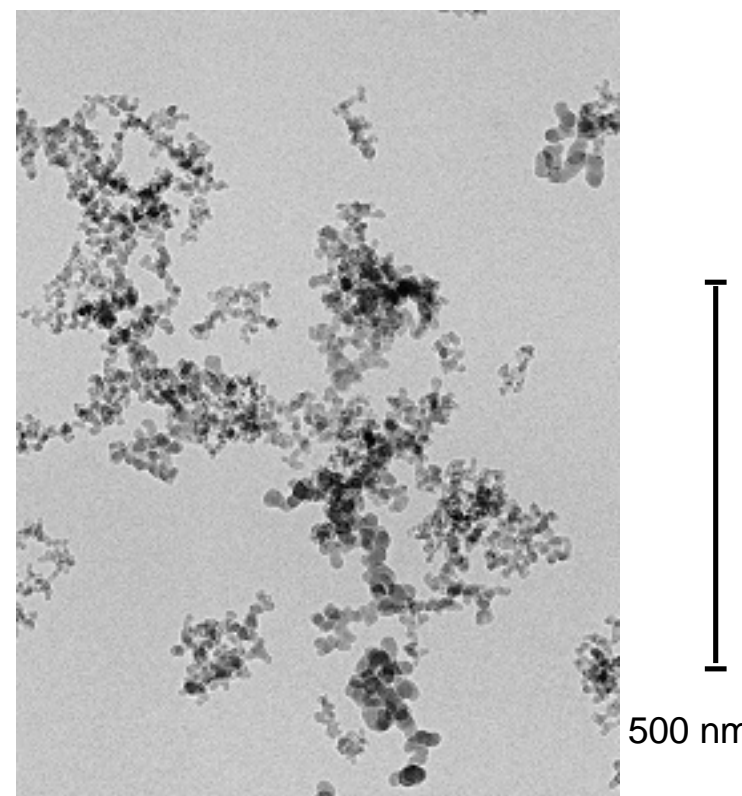
AEROSIL® 380
380 м²/г - 7 нм



Исследования с помощью электронного микроскопа (TEM)



AEROSIL® OX 50



AEROSIL® 200

Удельная поверхность и размер первичных частиц



AEROSIL® OX 50



большие частицы

низкая удельная поверхность

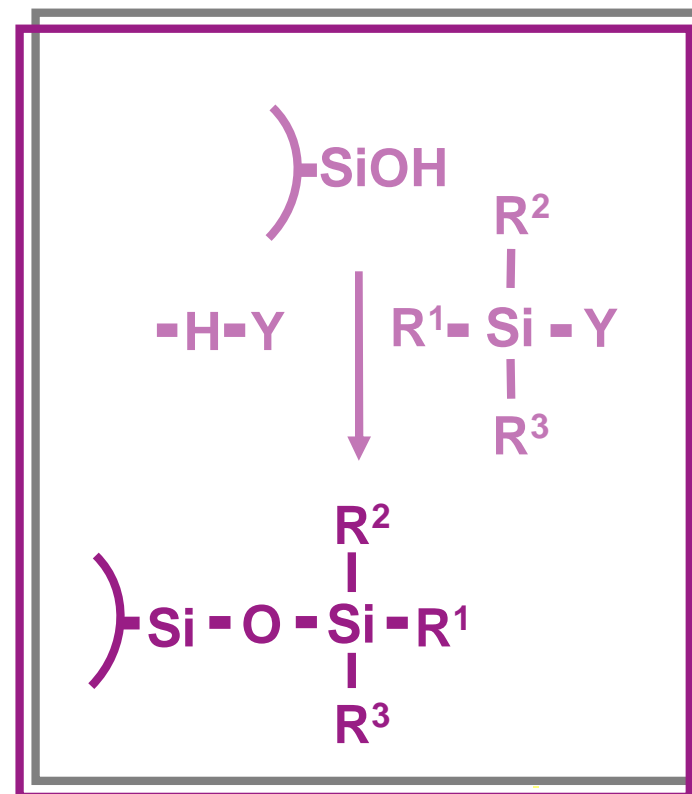
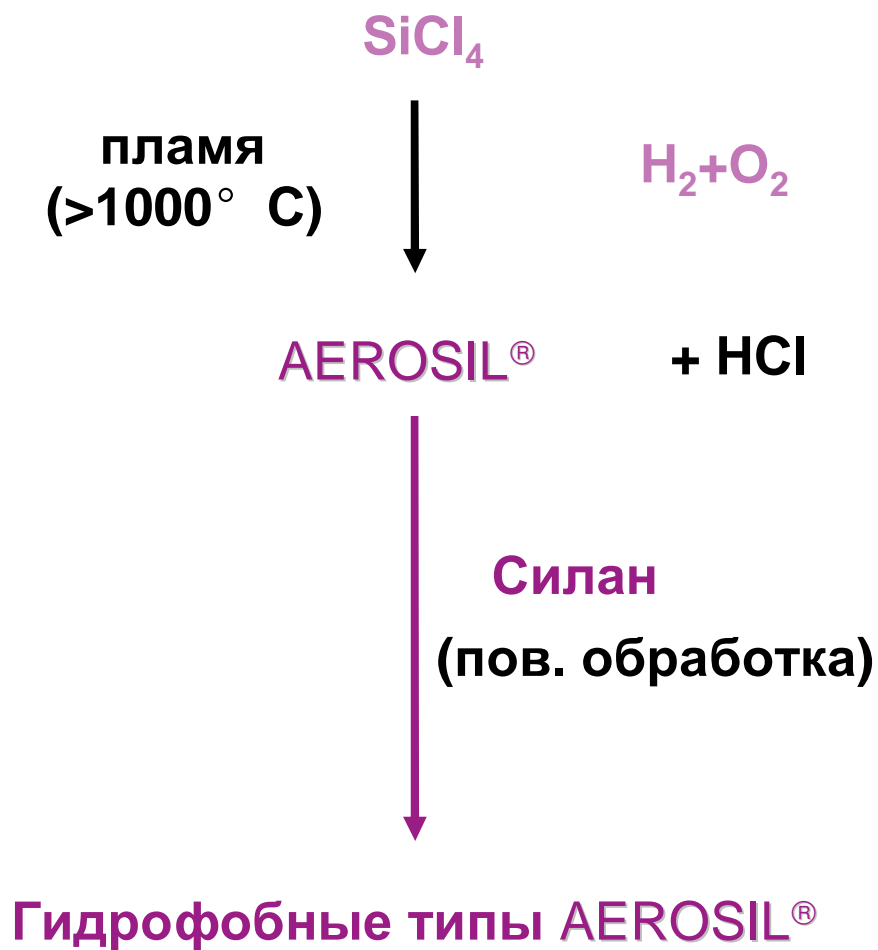
AEROSIL® 380



маленькие частицы

высокая удельная поверхность

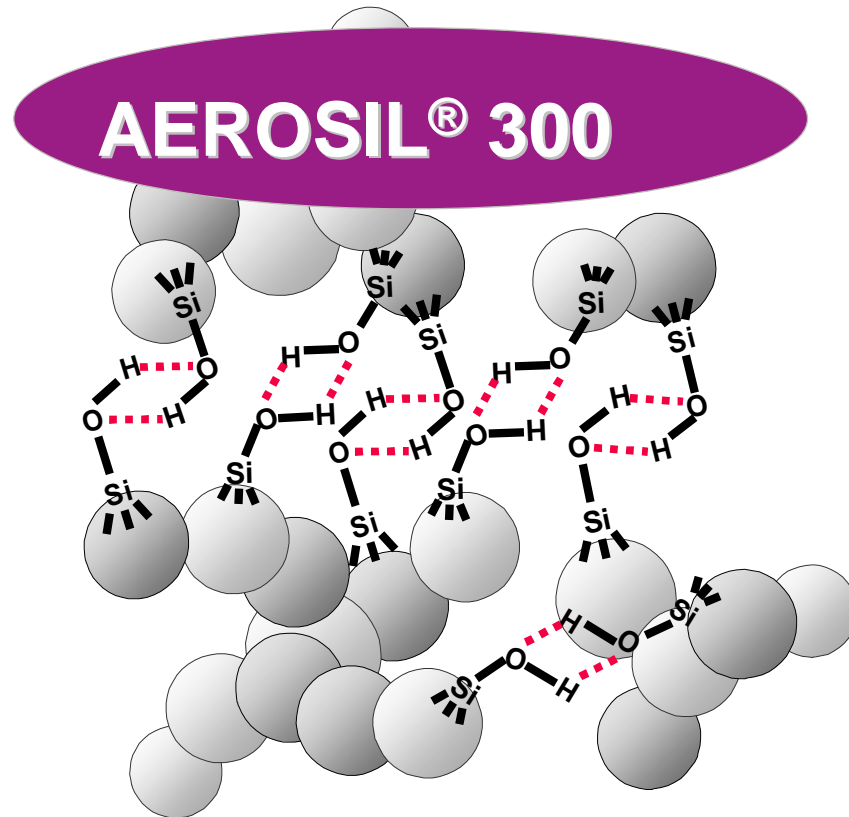
Процесс поверхностной обработки AEROSIL[®]



Влияние поверхностной обработки на взаимодействие между частицами

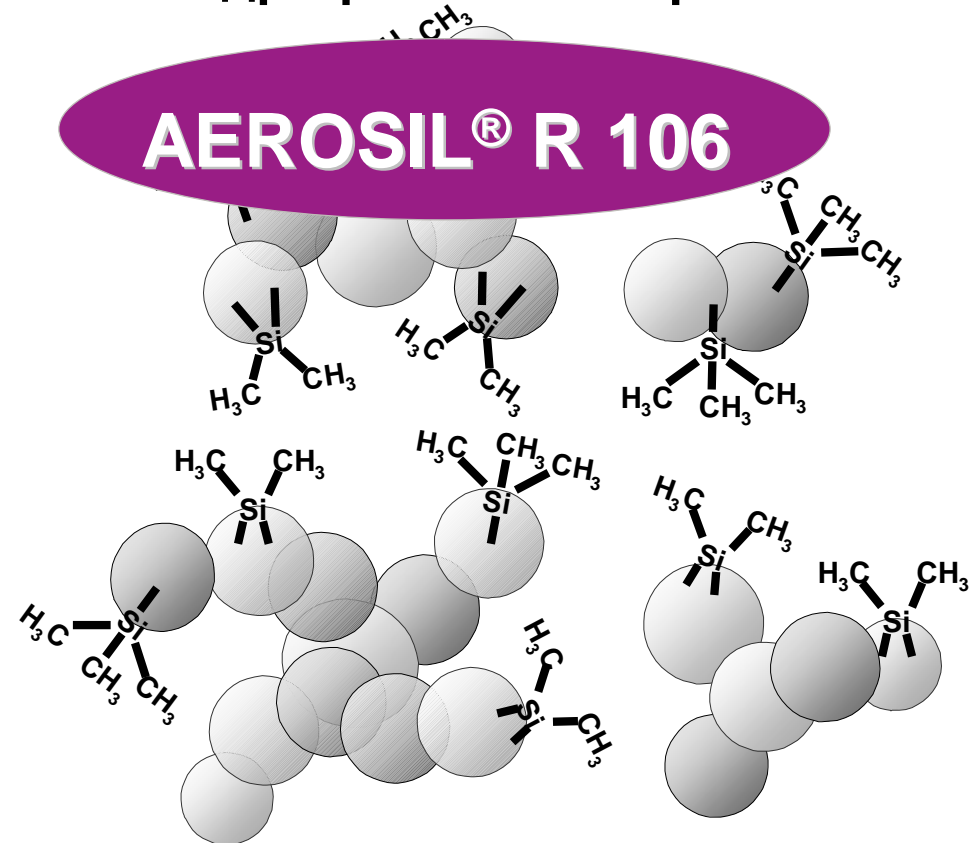


Гидрофильная поверхность



Интенсивное взаимодействие
(водородные связи)

Гидрофобная поверхность

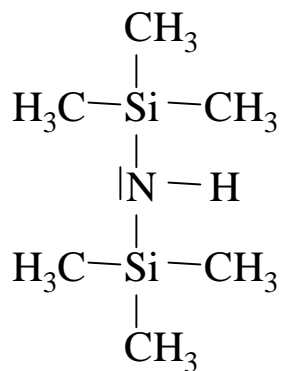


Слабое взаимодействие

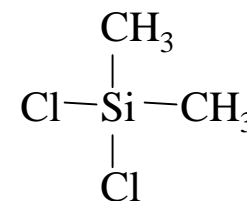
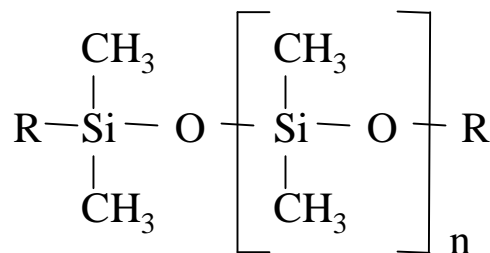
Силаны для поверхностной обработки AEROSIL®



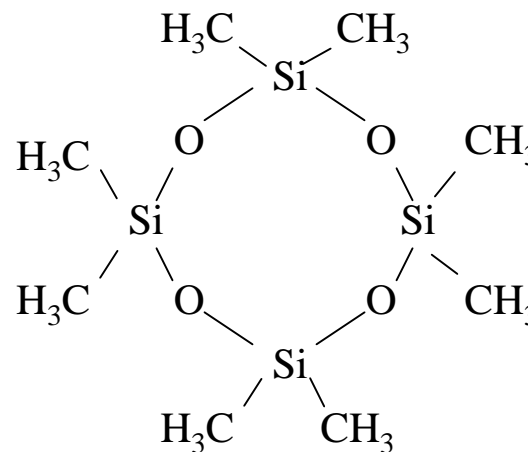
HMDS (гексометилдисилазан)



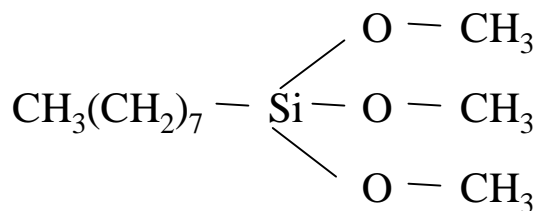
полиметилсилоксан DDS (диметилдихлорсилан)



D₄ (октаметилциклотетраилоксан)



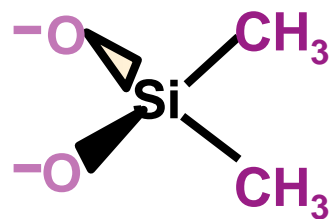
октилтриметиллоксисилан



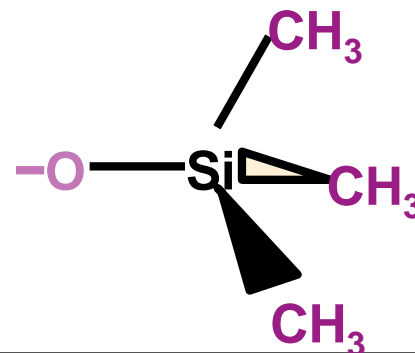
Группы на поверхности гидрофобных типов AEROSIL[®]



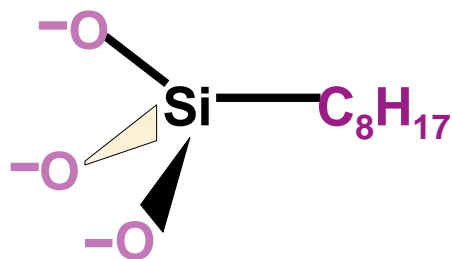
AEROSIL[®] R 972, R 974
AEROSIL[®] R 104, R 106



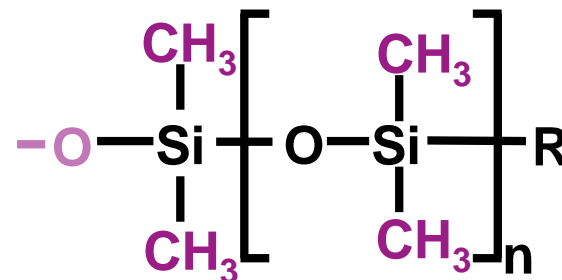
AEROSIL[®] R 812 S
AEROSIL[®] R 8200



AEROSIL[®] R 805



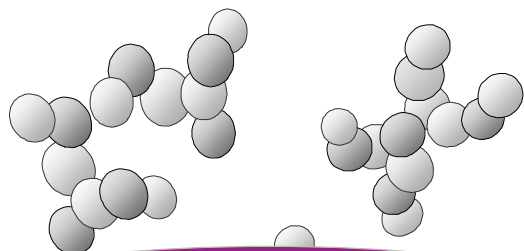
AEROSIL[®] R 202



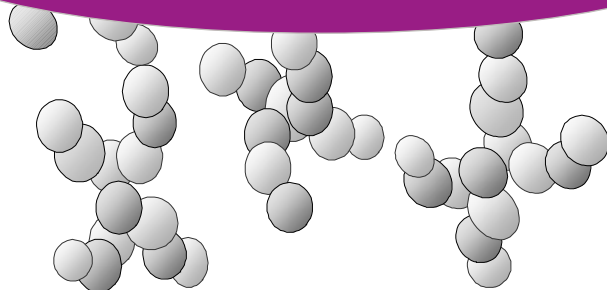
Структурная модификация AEROSIL®



Высокая структура

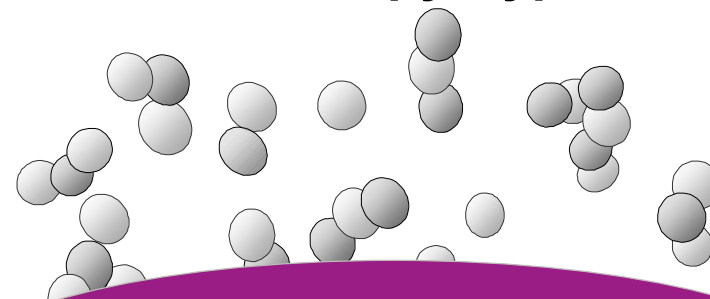


AEROSIL® R 812 S

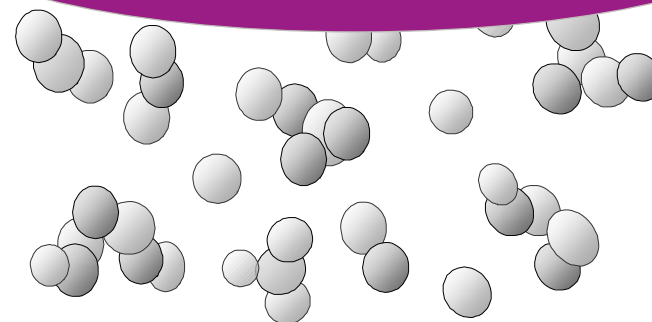


**агломераты,
агрегаты**

Низкая структура

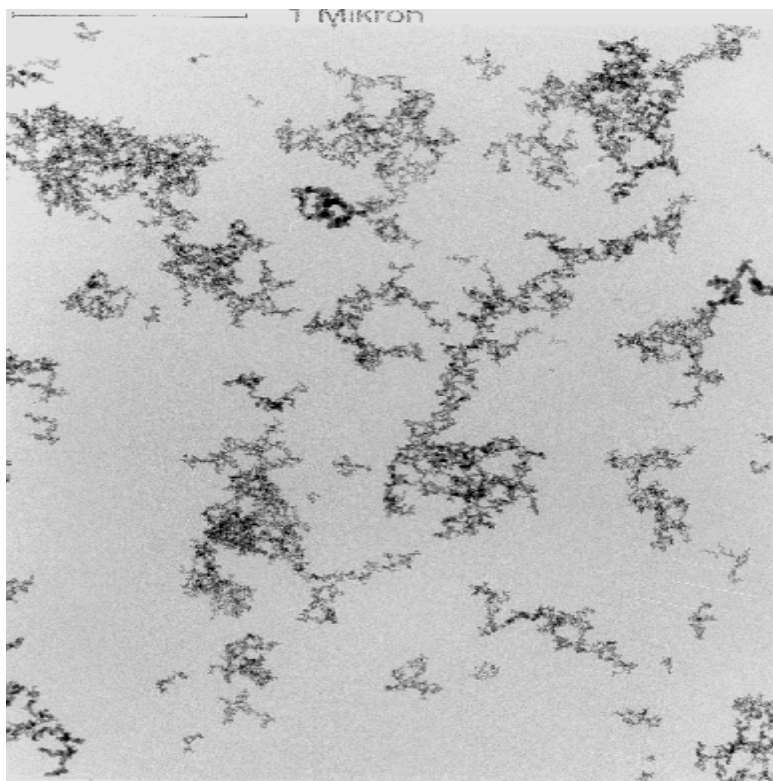


AEROSIL® R 8200

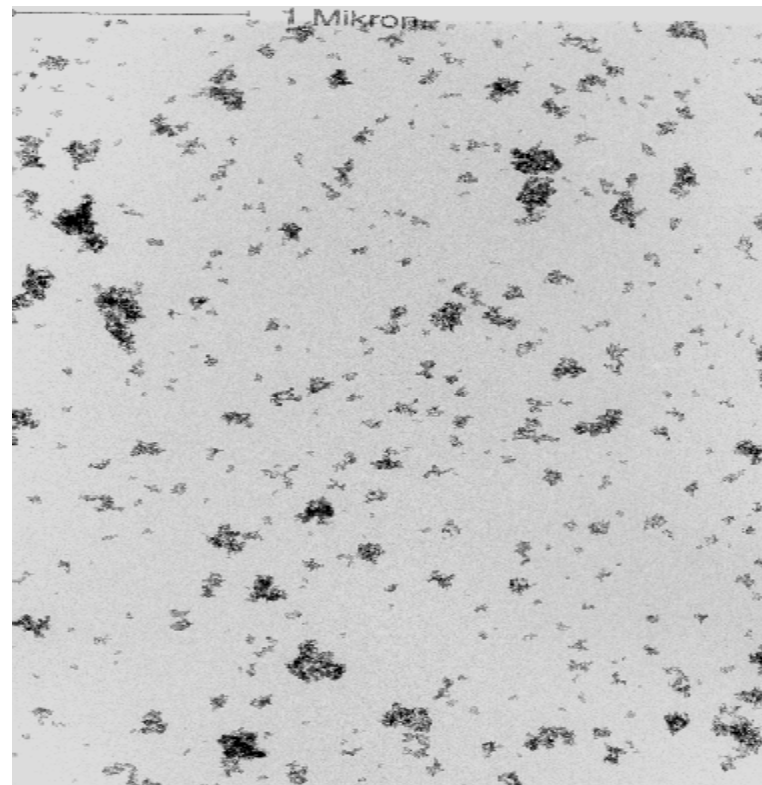


**первичные частицы,
агрегаты**

Структурная модификация пирогенных оксидов



Без структурной модификации



Структурно модифицированный продукт

Физико-химические характеристики гидрофилбных типов AEROSIL®



	Размерность	AEROSIL® 90	AEROSIL® 130	AEROSIL® 150	AEROSIL® 200	AEROSIL® 300	AEROSIL® 380	AEROSIL® OX50
Удельная поверхность (BET)	м²/г	90 ± 15	130 ± 25	150 ± 15	200 ± 25	300 ± 30	380 ± 30	50 ± 15
Средний размер первичных частиц	нм	20	16	14	12	7	7	40
Насыпная плотность	г/л	ca. 80	ca. 50	ca. 50	ca. 50	ca. 50	ca. 50	ca. 130
Влажность (2 часа при 105 °С)	%	< 1,0	< 1,5	< 0,5	< 1,5	< 1,5	< 2,0	< 1,5
Летучие (2 часа при 1000 °С)	%	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 2,0	< 2,5	< 1,0
pH (4 % суспензия)		3,7- 4,7	3,7- 4,7	3,7- 4,7	3,7- 4,7	3,7- 4,7	3,7- 4,7	3,7- 4,7

Физико-химические характеристики гидрофобных типов AEROSIL®



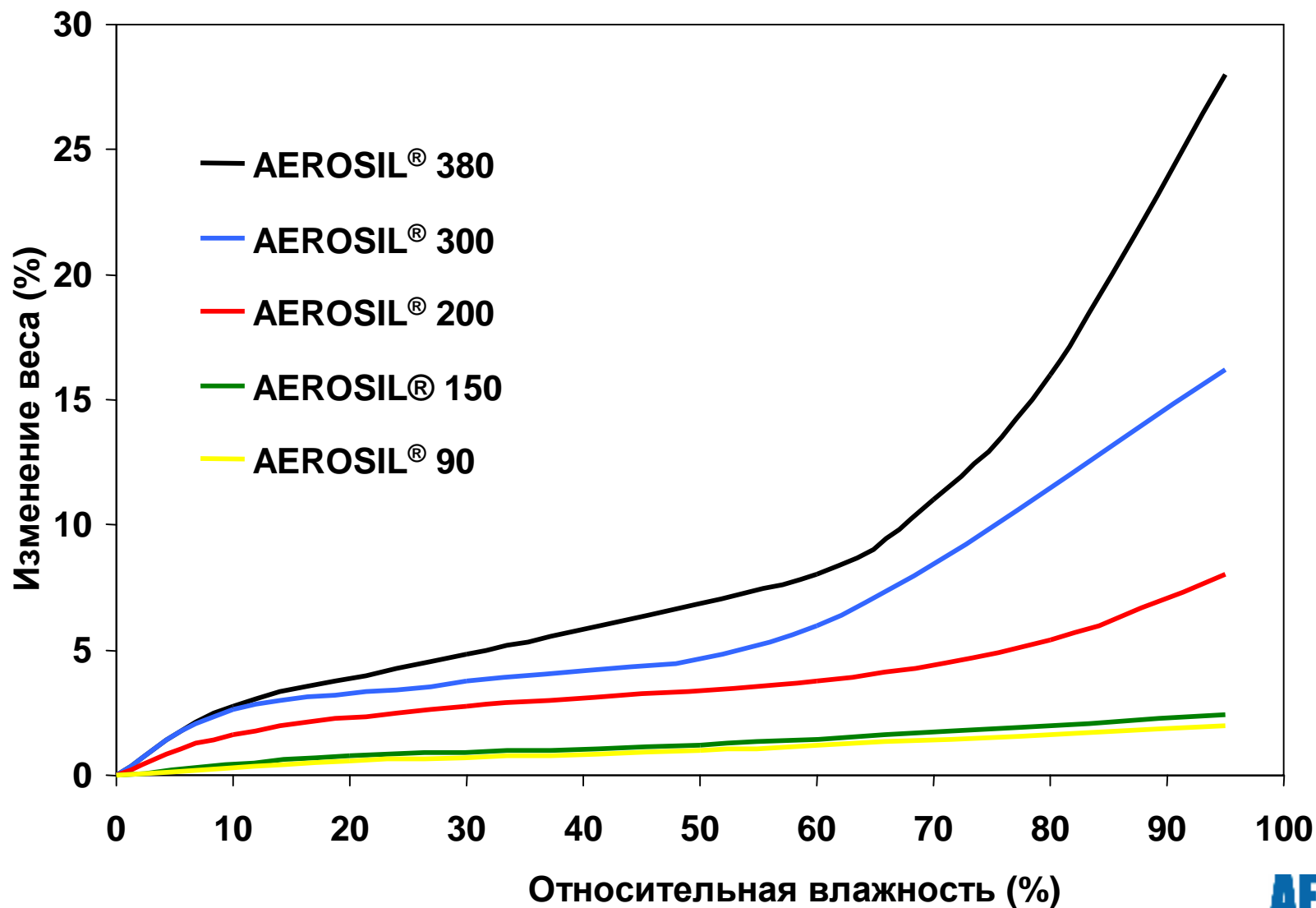
Свойства		AEROSIL® R 972	AEROSIL® R 974	AEROSIL® R 104	AEROSIL® R 106	AEROSIL® R 812 S	AEROSIL® R 8200
Обработка поверхности		DDS		D4		HMDS	
Удельная поверхность	м²/г	110 ± 20	170 ± 20	150 ± 25	250 ± 30	220 ± 25	160 ± 25
Насыпная плотность	г/л	50	50	50	50	50	140
Влажность (2ч при 105° C)	%	£ 0.5	£ 0.5	-	-	£ 0.5	£ 0.5
Летучие (2ч при 1000° C)	%	£ 2	£ 2	-	-	1.5 - 3.0	-
pH (4% суспензия)		3.6 - 4.4	3.7 - 4.7	³ 4.0	³ 3.7	5.5 - 7.5	³ 5.5
Содержание углерода	%	0.6 - 1.2	0.7-1.3	1.0 -2.0	1.5 -3.0	3.0 - 4.0	2.0 - 4.0
SiO ₂	%	³ 99.8	³ 99.8	³ 99.8	³ 99.8	³ 99.8	³ 99.8
Fe ₂ O ₃	%	£ 0.01	£ 0.01	£ 0.01	£ 0.01	£ 0.01	£ 0.01
TiO ₂	%	£ 0.03	£ 0.03	£ 0.03	£ 0.03	£ 0.03	£ 0.03
HCl	%	£ 0.05	£ 0.1	£ 0.02	£ 0.025	£ 0.025	£ 0.02

Обработка различных типов AEROSIL[®]

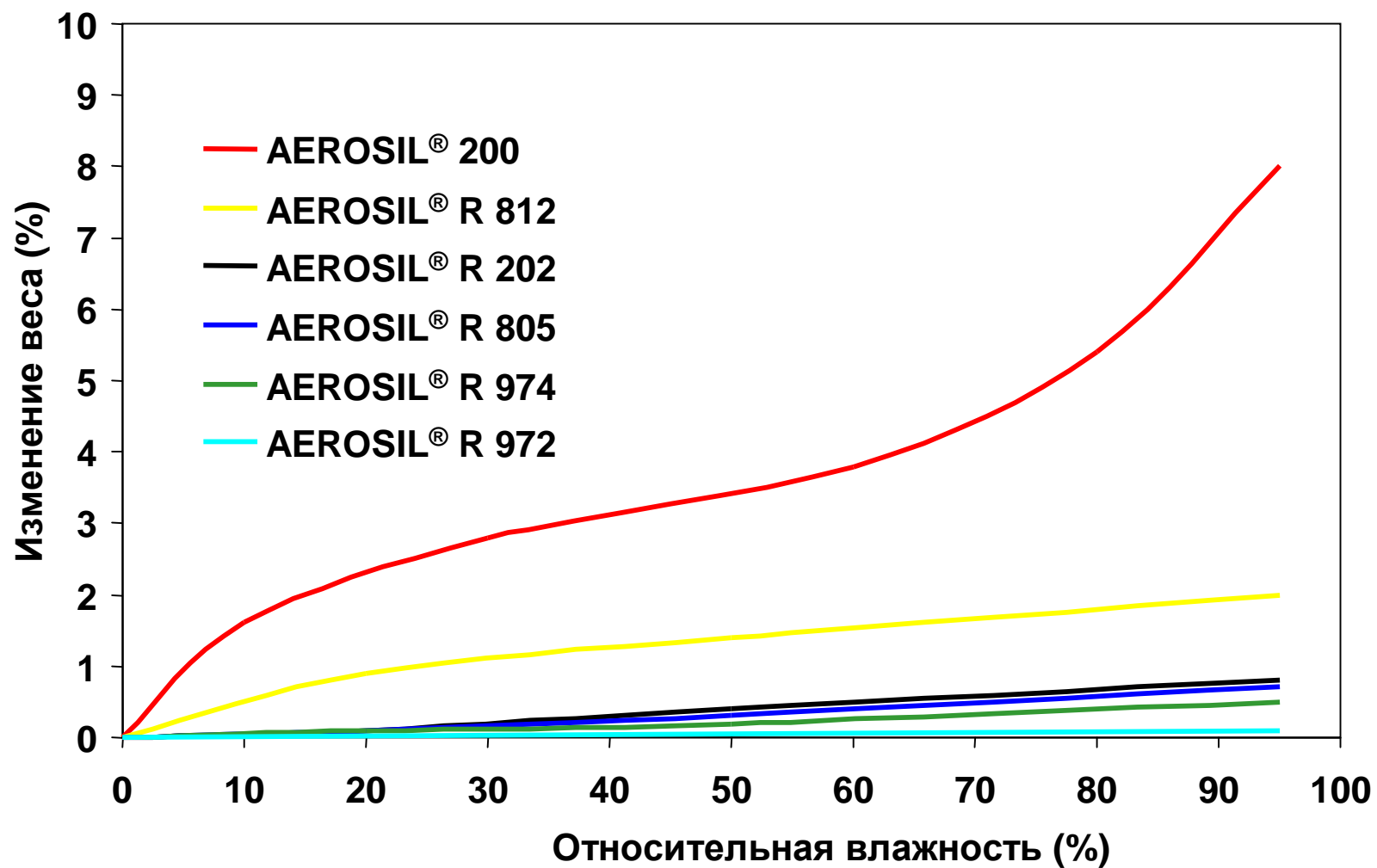


Обработка + модификация	Удельная поверхность [m ² /g]						
	50	90	130	150	200	300	380
-	AEROSIL [®] OX 50	AEROSIL [®] 90	AEROSIL [®] 130	AEROSIL [®] 150	AEROSIL [®] 200	AEROSIL [®] 300	AEROSIL [®] 380
DDS			AEROSIL [®] R 972		AEROSIL [®] R 974		
D4					AEROSIL [®] R 104	AEROSIL [®] R 106	
HMDS						AEROSIL [®] R 812 S	
Низкая структура + HMDS					AEROSIL [®] R 8200		
Низкая структура + DDS					AEROSIL [®] R 9200		
Силиконовое масло				AEROSIL [®] R 202			
Октил три метоксисилан					AEROSIL [®] R 805		

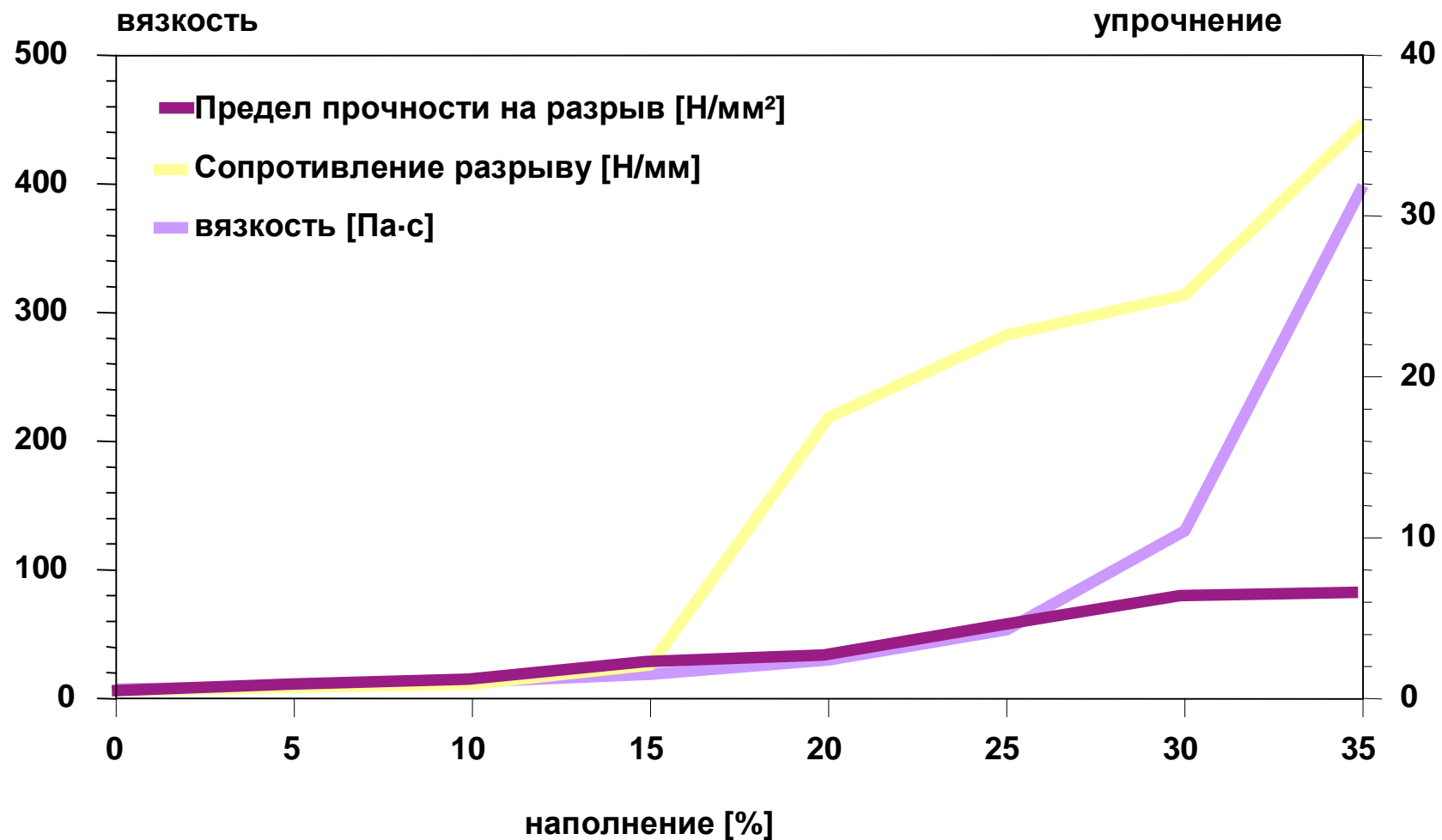
Абсорбция влаги гидрофильными типами AEROSIL[®]



Абсорбция влаги гидрофобными типами AEROSIL[®]



Влияние AEROSIL® R 8200 на свойства двухкомпонентных силиконовых каучуков



Продукты AEROSIL® - рекомендации для силиконовых каучуков



Высокотемпературной вулканизации	жидкие	двухкомпонентные	однокомпонентные
AEROSIL: 200 - 300 m ² /g	AEROSIL: 200 - 300 m ² /g	AEROSIL: 90 - 300 m ² /g	AEROSIL-hydrophilic: 130 - 150 m ² /g AEROSIL-hydrophobic: 130 - 300 m ² /g
direct: AEROSIL® R 972 / R 974 AEROSIL® R 104 / R 106 AEROSIL® R 812 S	direct: AEROSIL® R 812 S AEROSIL® R 8200	direct: AEROSIL® R 8200 AEROSIL® R 812 S	direct: AEROSIL® 130 AEROSIL® 150 AEROSIL® R 972 / R 974 / (R 104) AEROSIL® R 106 / R 812 S AEROSIL® R 8200
in situ: AEROSIL® 200 AEROSIL® 300	in situ: AEROSIL® 200 AEROSIL® 300 AEROSIL® R 972 / R 974 AEROSIL® R 104 / R 106	in situ: AEROSIL® 150 / 200 / 300 AEROSIL® R 972 / R 974 AEROSIL® R 104 / R 106	

Влияние поверхности и структуры на свойства силиконовых каучуков

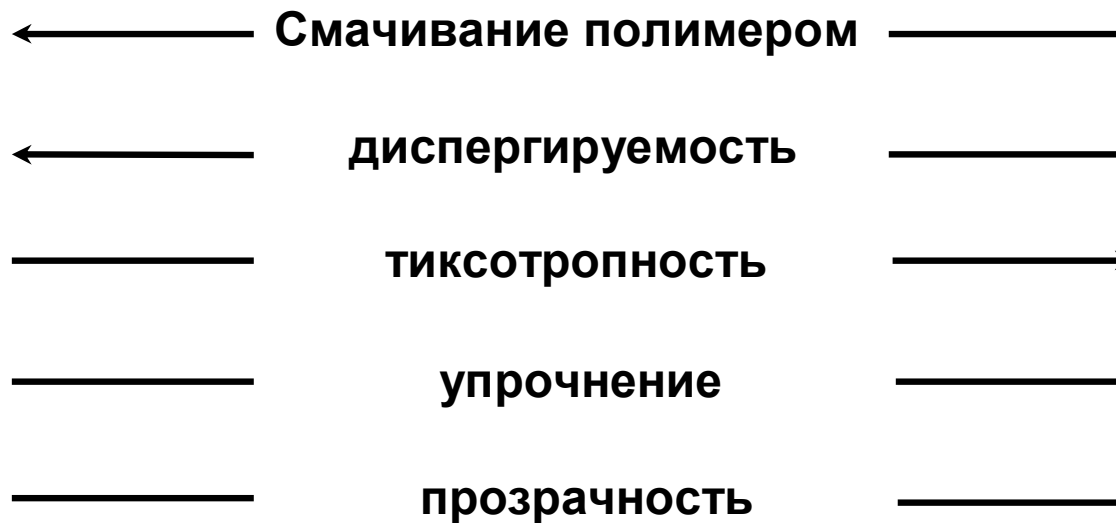


<div style="text-align: right;">эффект</div> <div style="text-align: left;">вариация</div>	загущение	упрочнение
Увеличение доступной полимеру (удельной) поверхности	Существенное усиление эффекта	Слабое усиление эффекта
Усиление гидрофобности	Ослабление эффекта	Незначительные изменения в зависимости от системы
Низкая структура	Значительное ослабление эффекта	Незначительное ослабление эффекта

Влияние удельной поверхности на характерные качества каучука



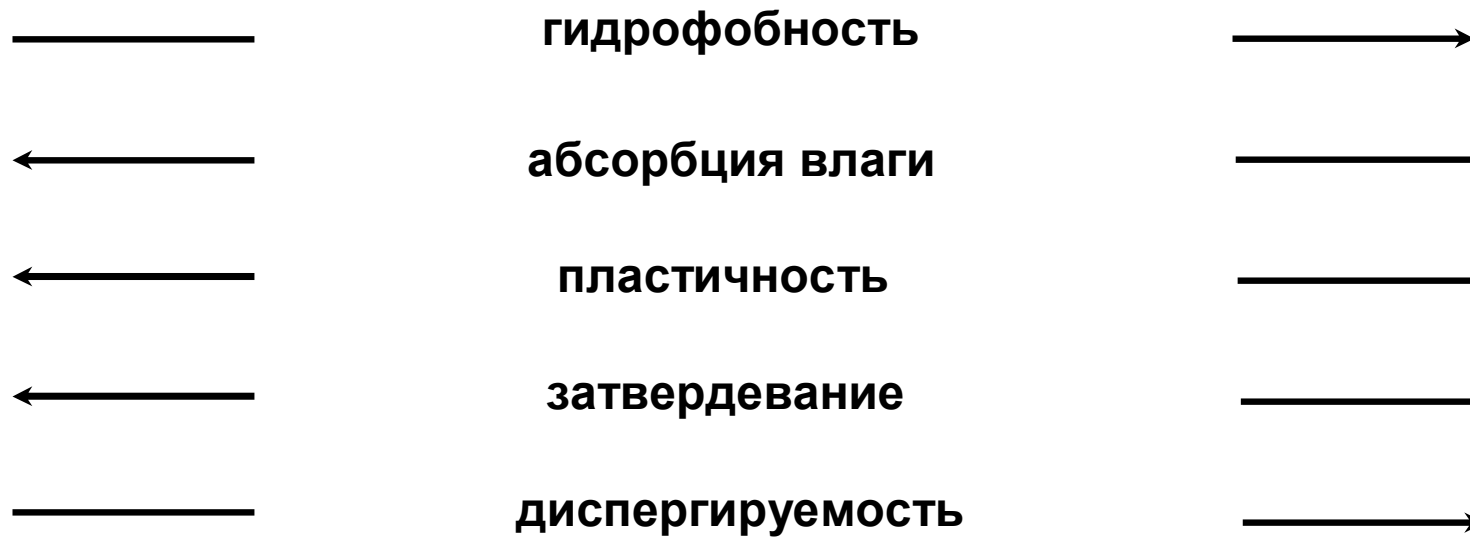
90 m²/g ←————→ 380 m²/g



Влияние степени гидрофобности на характерные качества каучука



низкая ←————→ **высокая**



Влияние структуры на характерные качества каучука



низкая ←————→ **высокая**



ВЯЗКОСТЬ



степень наполнения



пластичность



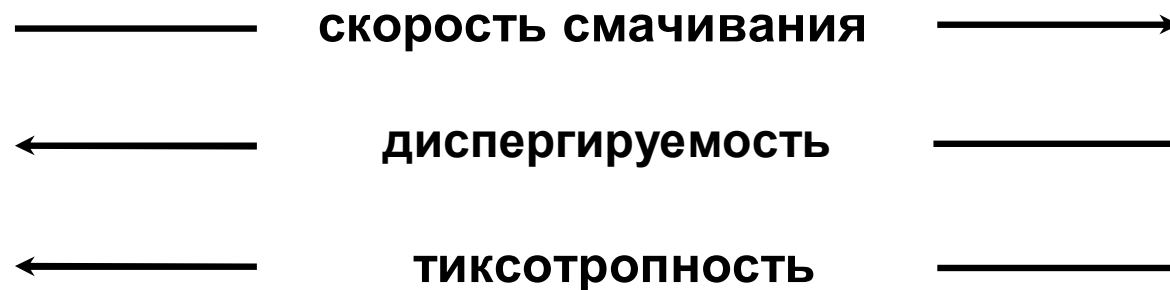
прочность



Влияние (насыпной) плотности на характерные качества каучука



неуплотненный ←————→ **уплотненный**



Специальные оксиды



	размерность	AEROXIDE® Alu C	AEROXIDE® TiO ₂ P 25	AEROXIDE® TiO ₂ P 25 S	AEROXIDE® TiO ₂ PF 2
Уд. поверхность	м ² /г	100 ± 15	50 ± 15	50 ± 15	57,5 ± 12,5
Размер перв. частиц	нм	13	21	-	-
Насыпная плотность	г/л	50	130	60 - 150	80
влажность	%	≤ 5,0	≤ 1,5	-	≤ 2,0
летучие	%	≤ 3,0	≤ 2,0	-	≤ 3,0
углерод	%	4,5 - 5,5	3,5 - 4,5	-	3,5 - 4,5

	размерность	AEROXIDE® TiO ₂ T 805	AEROXIDE® TiO ₂ T 817	AEROXIDE® C 805
на основе		AEROXIDE® TiO ₂ P 25	AEROXIDE® TiO ₂ PF 2	AEROXIDE® Alu C
поверхность		≧ Si - C ₈ H ₁₇	≧ Si - C ₈ H ₁₇	≧ Si - C ₈ H ₁₇
Уд. поверхность	м ² /г	45 ± 10	40 ± 10	90 ± 15
Размер перв. частиц	нм	21	-	13
Насыпная плотность	г/л	200	190	60
влажность	%	≤ 1,0	≤ 1,0	≤ 2,0
летучие	%	≤ 5,0	-	-
углерод	%	2,7 - 3,7	2,0 - 4,0	3,5 - 4,5

AEROSIL® для контроля реологически силиконовых уплотнителей



Эффект:

AEROSIL® продукты помогают получить желаемые реологические качества и создать уплотнители «по заказу»

Преимущества:

- ▶ Превосходное загущение
- ▶ Стабильность качеств при хранении

Применение:

RTV-1C силиконовые уплотнители (соединения и т.д.)

Продукты:

AEROSIL® 150, AEROSIL® R 972, AEROSIL® R 974, AEROSIL® R 104



Уплотнение

Упрочнение

Прозрачность

Изоляция

Термостойкость

AEROSIL® для контроля свойств формовых продуктов и жидких силиконовых каучуков



Эффект:

AEROSIL® используют для достижения необходимых реологических свойств в двухкомпонентных и жидких силиконовых каучуках .

Преимущества:

- ▶ Пониженное загущение
- ▶ Самовыравнивающиеся системы
- ▶ Превосходные механические свойства

Применение:

Двухкомпонентные силиконовые каучуки, жидкие силиконовые каучуки, реставрационные работы, изготовление форм, стоматология, автомобильная промышленность, предметы обихода

Продукты:

AEROSIL® R 8200, AEROSIL® R 812 S



Уплотнение

Упрочнение

Прозрачность

Изоляция

Термостойкость

AEROSIL® для упрочнения силиконовых каучуков



Эффект:

AEROSIL® используется для получения силиконовых каучуков с упрочненными механическими качествами

Преимущества:

- ▶ Превосходные механические свойства
- ▶ Высокий предел прочности на разрыв
- ▶ Высокая эластичность

Применение:

Автомобильная промышленность, предметы домашнего обихода, спортивные товары

Продукты:

AEROSIL® 300, AEROSIL® 380, AEROSIL® R 106



Уплотнение

Упрочнение

Прозрачность

Изоляция

Термостойкость

AEROSIL® для высокопрозрачных силиконовых каучуков



Эффект:

AEROSIL®, даже в высокой концентрации сохраняет высокий уровень прозрачности силиконовых каучуков.

Преимущества:

- ▶ Высокая прозрачность
- ▶ Физиологическая нейтральность

Применение:

Медицина, предметы обихода, спортивные товары, пищевая промышленность

Продукты:

AEROSIL® 380, AEROSIL® R 812 S, AEROSIL® R 106



Уплотнение

Упрочнение

Прозрачность

Изоляция

Термостойкость

AEROSIL® для электрической изоляции в силиконовых каучуках



Эффект:

AEROSIL® используется в силиконовых каучуках для сохранения электроизолирующих свойств

Преимущества:

- ▶ Низкая абсорбция влаги
- ▶ Хорошие диэлектрические качества

Применение:

Электроприборы, кабели, изоляторы

Продукты:

AEROSIL® 200, AEROSIL® 300



Уплотнение

Упрочнение

Прозрачность

Изоляция

Термостойкость

Пирогенный оксид кремния для термостойких силиконовых каучуков



Эффект:

AEROXIDE® TiO₂ P 25 придает силиконовым каучукам термическую стойкость

Преимущества AEROXIDE®:

- ▶ Достаточен в небольших количествах для придания термостойкости
- ▶ Легко диспергируем

Применение:

Автомобильная и авиационная промышленность, предметы обихода

Продукты:

AEROXIDE® TiO₂ P 25



Уплотнение

Упрочнение

Прозрачность

Изоляция

Термостойкость