

Основы фильтрационных процессов

Михаил ТЕРЕНТЬЕВ
3М Россия



a 3M company



Единицы измерения длины

- 1 микрон – микрометр – мкм- (μm)
 $1 \text{ мкм} = 10^{-6}\text{м} = 10^{-3}\text{мм}$
- 1 нанометр (нм)
 $1 \text{ нм} = 10^{-9}\text{м} = 10^{-6}\text{мм}$
- 1 ангстрем – (А)
 $1 \text{ А} = 10^{-10}\text{м} = 10^{-7}\text{мм} = 10^{-4}\text{мкм} = 10^{-2} \text{ нм}$

$1\text{А}=0,1\text{нм}; \quad 1\text{нм}=0,001\text{мкм}; \quad 1\text{мкм}=0,001\text{мм}$



a 3M company

3M

Размерные диапазоны частиц и технологии фильтрации

- **>10 мкм** **Макрофильтрация**
- **10 мкм < <0,1 мкм** **Микрофильтрация**
- **0,1 мкм < <100А** **Ультрафильтрация**
- **100А < <10А (1-10нм)** **Нанофильтрация**
- **<10А** **Обратный осмос**



a 3M company



Единицы измерения давления

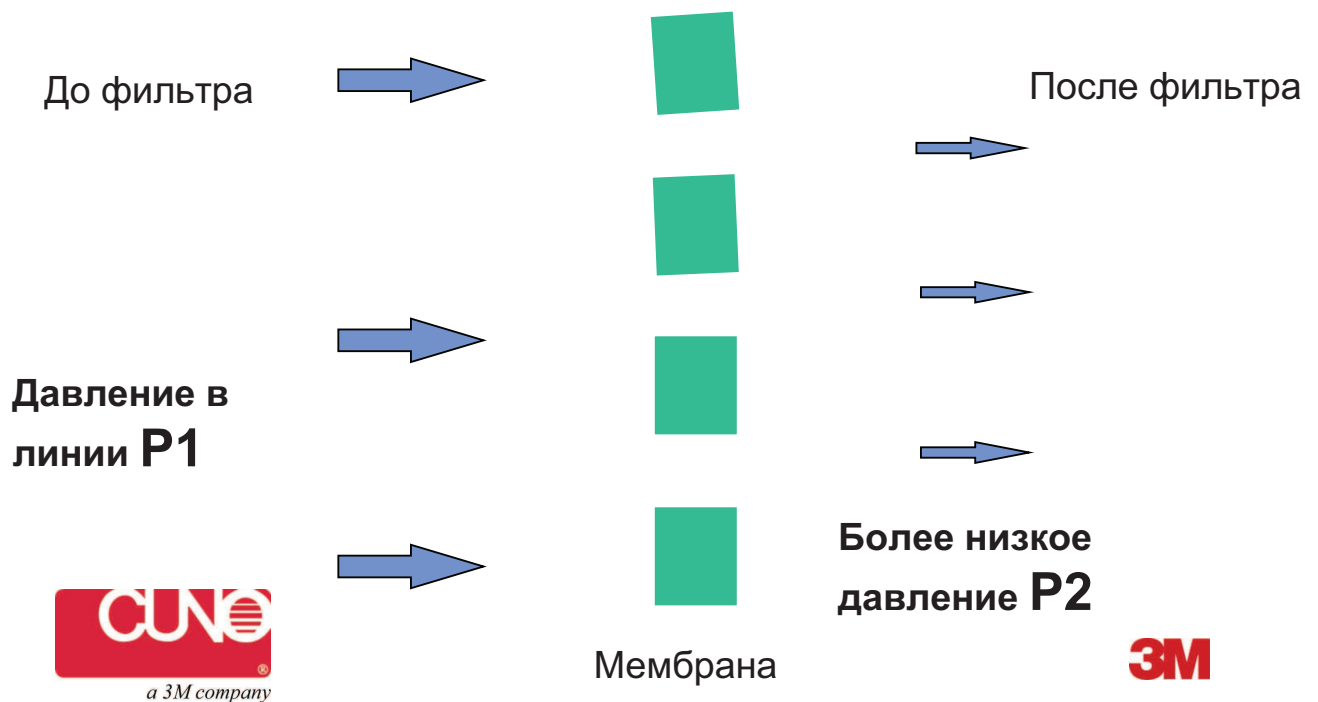
	МПа	бар	атм	кгс/см ²	PSI	мм рт.ст.	мм вод.ст.
1 МПа	1	10	9,8692	10,197	145,04	7500,7	1,01972*10 ⁵
1 бар	0,1	1	0,98692	1,0197	14,504	750,07	1,01972*10 ⁴
1 атм	0,10133	1,0133	1	1,0333	14,896	760	1,0332*10 ⁴
1 кгс/см ²	0,098066	0,98066	0,96784	1	14,223	735,6	10 ⁴
1 PSI	6,894 кПа	0,068946	0,068045	0,070307	1	51,715	703,0705
1 мм рт. ст.	133,32 Па	1,333*10 ⁻³	1,316*10 ⁻³	1,359*10 ⁻³	0,01934	1	13,5951
1 мм вод. ст.	9,8066 Па	9,80665*10 ⁻⁵	9,67841*10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	0,001422	7,3556*10 ⁻²	1



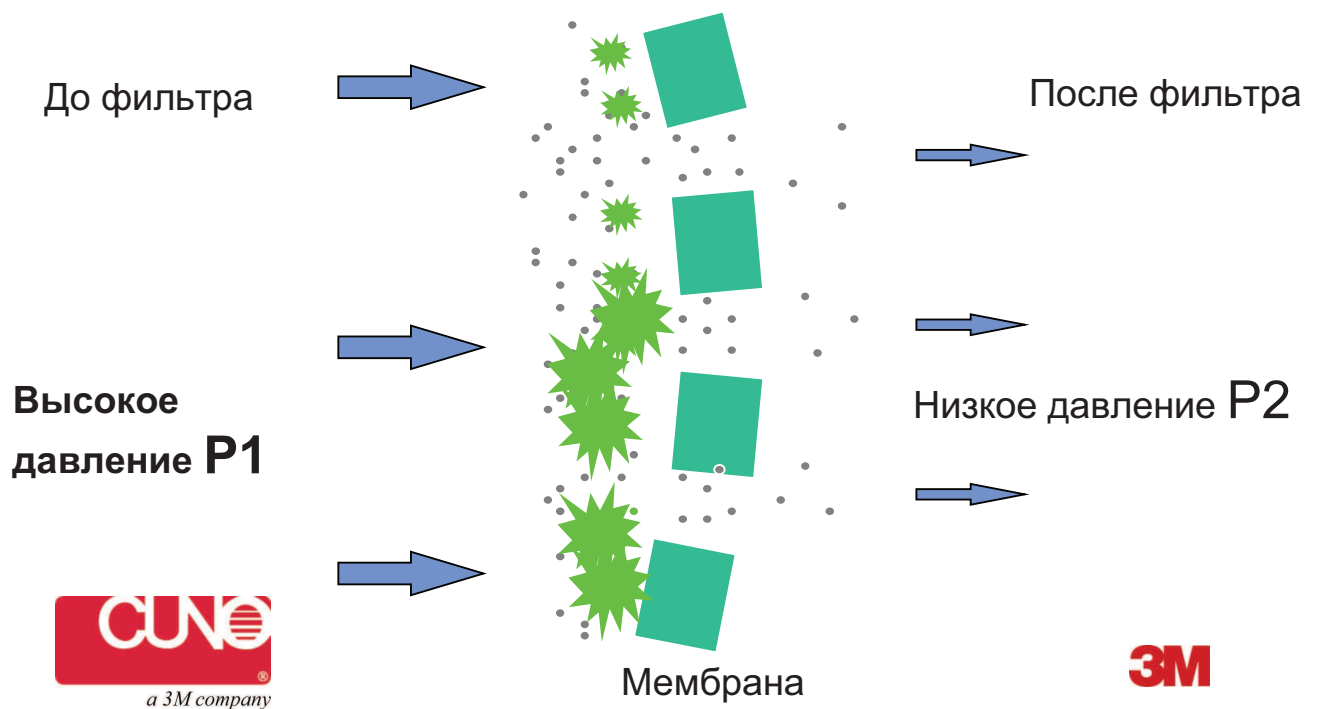
a 3M company



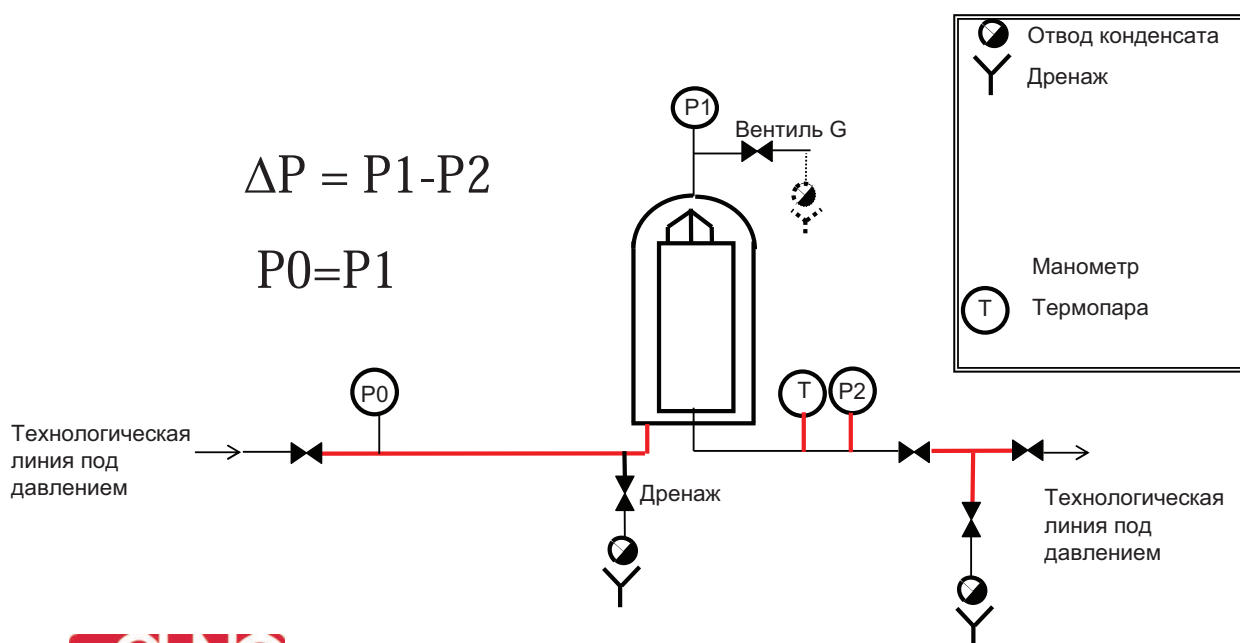
Начальный перепад давления = $P1 - P2$



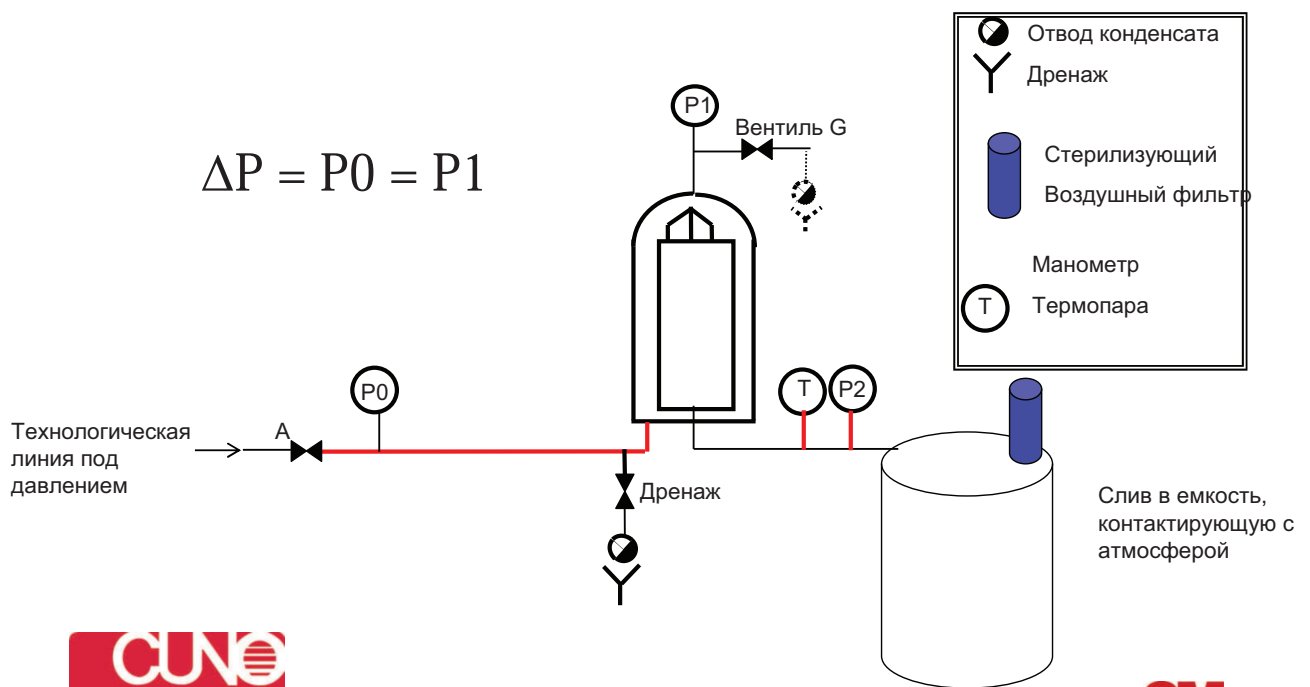
Рост перепада давления = $P1 - P2$



Перепад давления (ΔP). Как измерять.



Перепад давления (ΔP). Как измерять.



Характеристики частиц загрязнений

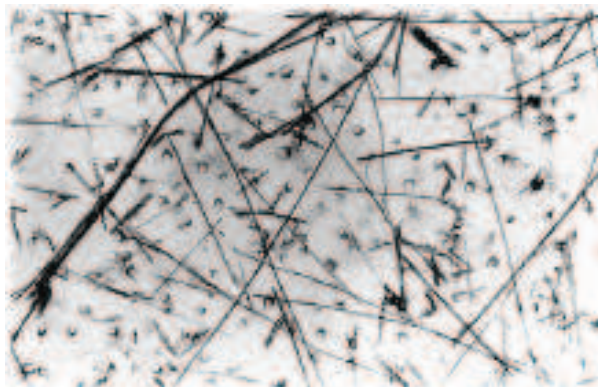
- Размер
- Форма
- Плотность
- Пластичность
- Химическая природа
- Физико-коллоидные свойства (взаимодействие с растворителем)



a 3M company



ПРИМЕР ВАЖНОСТИ УЧЕТА ФОРМ ЧАСТИЦ
(Волокна асбеста на поверхности нуклеопоровой
мембраны с диаметром пор 0,2 мкм)



Типы фильтрационных материалов

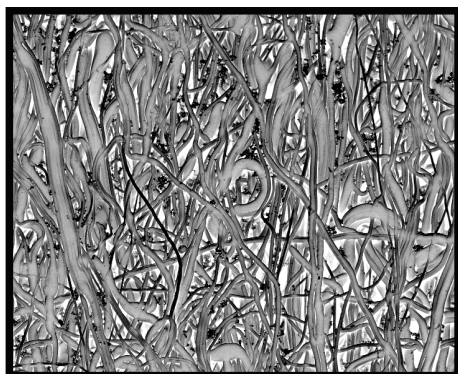
- Слой свободных волокон или частиц (намывной)
- Связанные волокна или частицы (пропитка связующим в-вом, спекание, навивка)
- Гомогенные пористые материалы: мембраны, металлы (обеспечивают самую тонкую и надежную фильтрацию)
- Ткани металлические и неметаллические
- Механические устройства



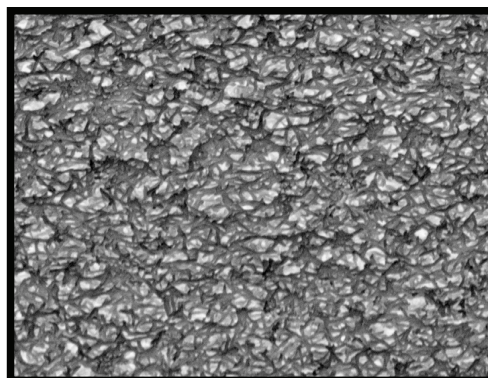
a 3M company



Волокнистый и гомогенный материалы



SEM Полипропилен 0,2 мкм



SEM Нейлон66 0,2 мкм



a 3M company



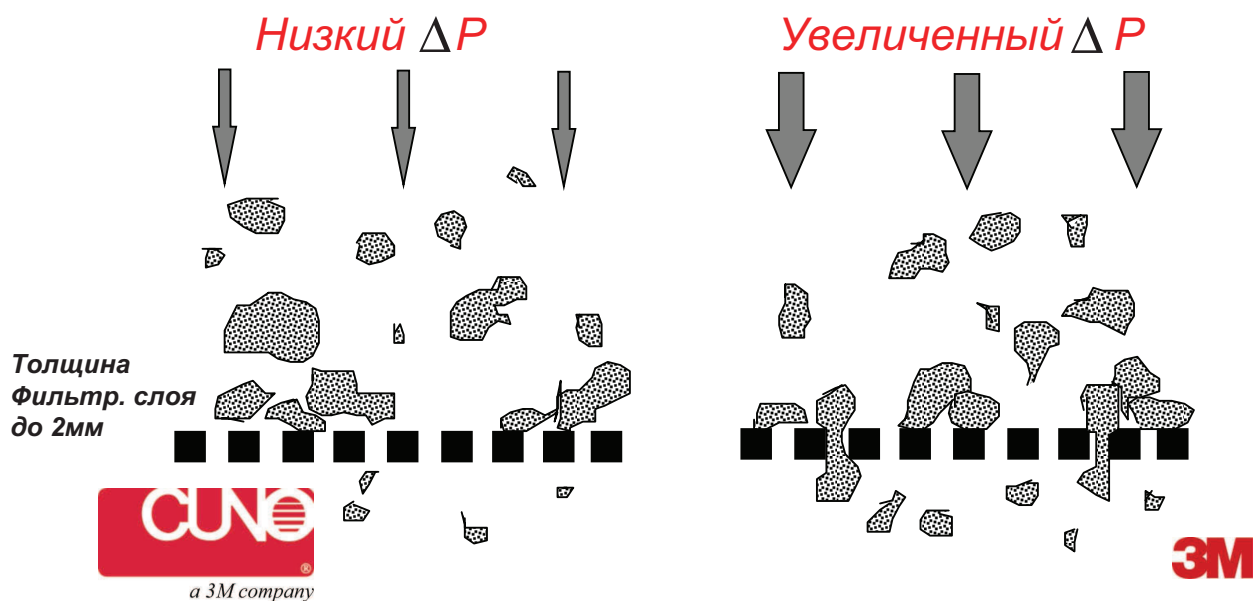
Виды фильтров по конфигурации фильтрующего слоя

- Глубинные
- Мембранные (Экранные)



Экранный фильтр

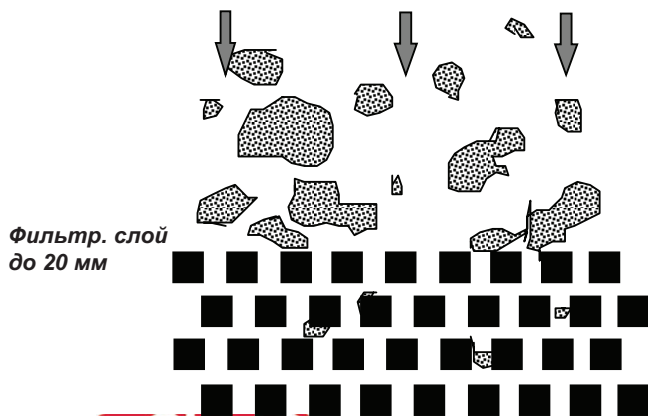
- Толщина до 2 мм
- Задерживает частицы размером более, чем размер пор
- Эффективность зависит от способности частиц деформироваться при увеличении перепада давления.



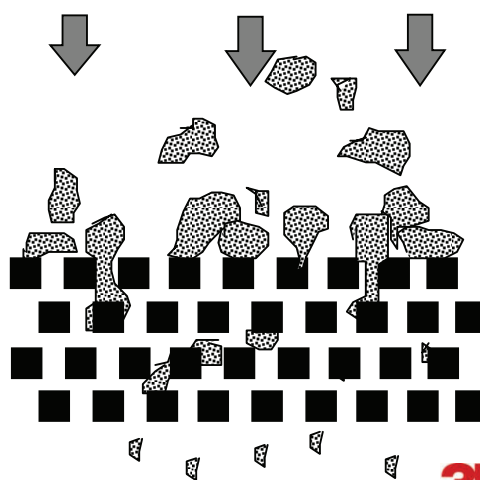
Глубинный фильтр

- Толщина фильтрующего слоя до 20 мм и более
- Деформируемые частицы улавливаются в сложном лабиринте пор глубинного фильтрующего слоя

Низкий ΔP



Увеличенный ΔP



a 3M company



Сравнительные характеристики

- Мембраны

- Абсолютная эффективность
- Толщина слоя 100 -200 мкм (до 2мм)
- Улавливание загрязнений, в основном, на поверхности
- Низкая грязеемкость
- Очень узкое распределение сечения пор
- Могут проверяться на целостность

- Глубинные фильтры

- Абсолютная или номинальная эффективность
- Толщина слоя 2 мм-20 мм и более
- Улавливание в глубине материала, или путем сорбции
- Более высокая грязеемкость
- Более широкое распределение сечения пор
- Нет возможности тестировать на целостность (только проверка на качество уплотнения).



a 3M company



Показатели эффективности работы фильтров

- Бета-соотношение: количество частиц размером X на входе в фильтр, отнесенное к их числу на выходе (в расчете на единицу объема).
- Номинальный фильтр β соотношение < 1000
- Абсолютный фильтр β соотношение > 1000



a 3M company



Абсолютная и номинальная фильтрация

1. Beta соотношение (β_x) определение

$$\beta_{(x)} = \frac{\text{Общее число частиц размером } > x \text{ (}\mu\text{m)} \text{ на входе в фильтр}}{\text{Общее число частиц размером } > x \text{ (}\mu\text{m)} \text{ на выходе из фильтра}}$$

$$2. \text{ Эффективность \%} = \frac{\beta_{(x)} - 1}{\beta_{(x)}} \times 100$$

Например:

Эфф-ть	$\beta_{(x)}$		Максимальный проскок частиц размером (x)
99.9 %	1000	АБСОЛЮТ.	1 из 1000
99 %	100	НОМ	10 из 1000
90 %	10	НОМ	100 из 1000
50 %	2	НОМ	500 из 1000

a 3M company

Показатели эффективности работы обеспложивающих фильтров

- LRV (Log Reduction Value) =
Логарифм₁₀ отношения числа
микроорганизмов в 1 мл до фильтра к
числа микроорганизмов в 1 мл после
фильтра:

$$10^9 \text{ КОЕ} / 10^2 \text{ КОЕ} \rightarrow \text{LRV} = 7$$

$$10^6 \text{ КОЕ} / 10^1 \text{ КОЕ} \rightarrow \text{LRV} = 5$$

$$10^3 \text{ КОЕ} / 10^0 \text{ КОЕ} \rightarrow \text{LRV} = 3$$



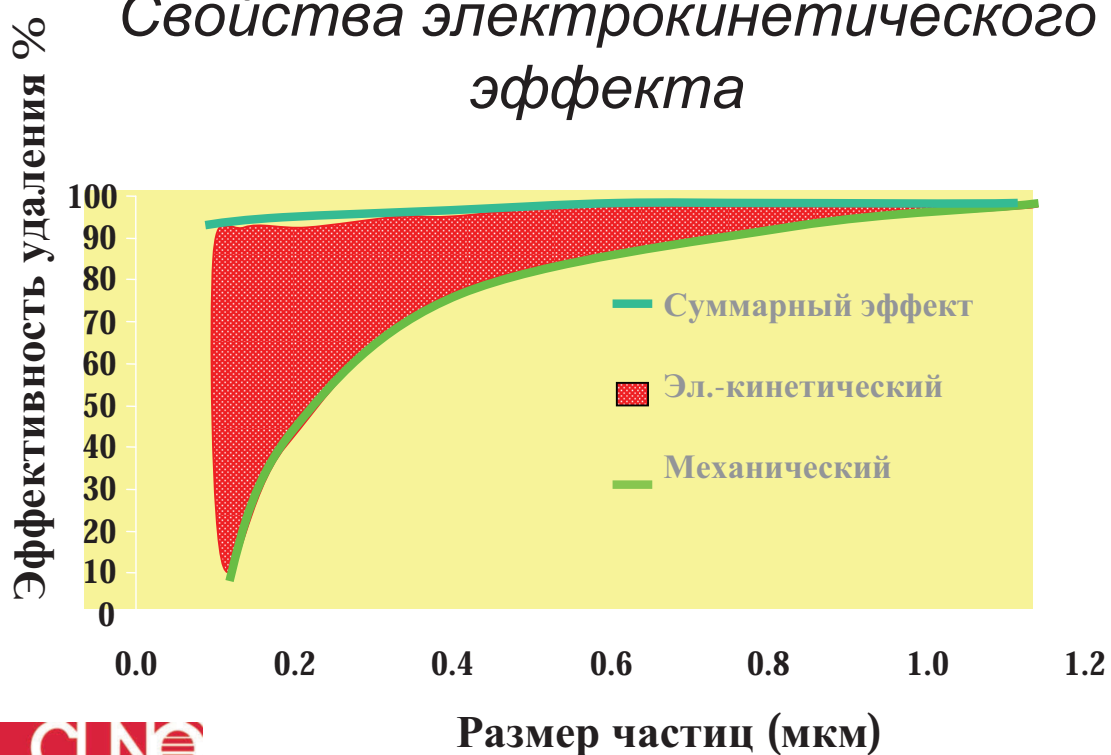
a 3M company



*Дополнительные факторы, влияющие
на взаимодействие частиц и матрикса
фильтра*

- *Электрокинетический эффект на основе ζ - дзета (зета) потенциала*
- *Эффект глубинной фильтрации*

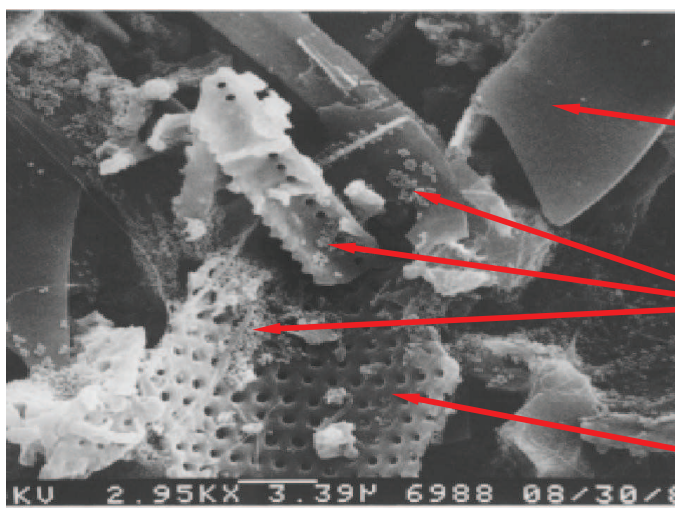
Свойства электрокинетического эффекта



a 3M company



Эффект задержания латексных частиц заряженным фильтром Зета Плюс



Частицы перлита

Латексные частицы

Частицы диатомита



a 3M company



Типы механизмов взаимодействия частиц с фильтром

