

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем
химико-энергетических технологий Сибирского отделения Российской академии наук
(ИПХЭТ СО РАН)*

**МЕЖДУНАРОДНАЯ БАЙКАЛЬСКАЯ МОЛОДЕЖНАЯ НАУЧНАЯ ШКОЛА
ПО ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКЕ
"ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В КОСМОСЕ И ОКОЛОЗЕМНОЙ СРЕДЕ"**

XV Конференция молодых ученых

"Взаимодействие полей и излучения с веществом"

Иркутск, 11-16 сентября 2017 г.

**КОМПЛЕКСНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ
ДЛЯ УСКОРЕНИЯ ОСАЖДЕНИЯ ВРЕДНЫХ АЭРОЗОЛЕЙ ИЗ
ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ**

Степкина М.Ю., Кудряшова О.Б.

Бийск – 2017 г.

Аэрозольные загрязнения



Рисунок 1 – Некоторые коллоидные системы и характеристические размеры распространенных биологических объектов

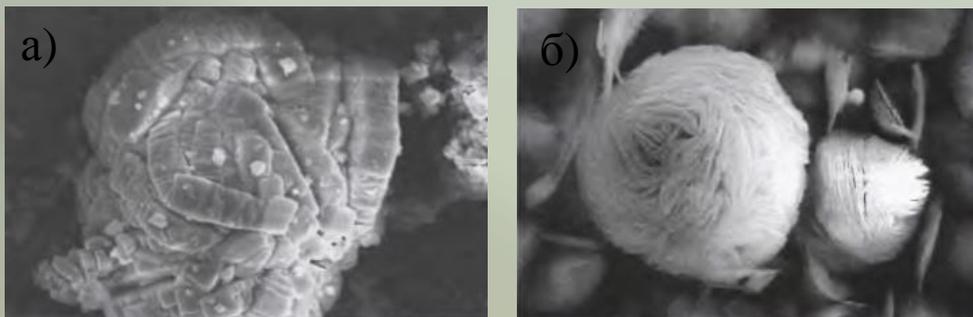


Рисунок 2 – Агломерат частиц порошка $Al(OH)_3$ (а) и структура гидроксида магния (б)



Рисунок 3 – Иницирующее устройство, снаряженного Al_2O_3 и ВЭМ в начальный момент распыления (а) и через 5 минут после (б) распыления

Цель и задачи работы

Цель работы – исследование коагуляции мелкодисперсных аэрозольных частиц при применении электростатического воздействия в процессе их распыления и осаждения.

ЗАДАЧИ:

- теоретический обзор электростатической коагуляции, факторы возникновения и ее особенности;
- экспериментальные исследования электростатического распыления сорбента для увеличения скорости коагуляции вредных веществ;
- экспериментальные исследования комплексного использования электростатического воздействия, как в процессе распыления, так и при осаждении мелкодисперсных аэрозольных загрязнений.

Коагуляция аэрозолей:
Процесс слияния твердых частиц (агломерация) или слияния капель (коалесценция) при соприкосновении их друг с другом (Фукс Н.А. "Механика аэрозолей")

Электрическая коагуляция
(коагуляция заряженных частиц как при наличии поля, так и в его отсутствие)

Тепловая (броуновская) коагуляция
(вызвана тепловым движением молекул газа - дисперсионной среды - и броуновским движением частиц)

Вынужденная коагуляция
(вызвана действием внешних сил, приводящих к движению и столкновению частиц)

Вероятность столкновения между частицами

распределение электрического заряда частиц

давление газа

Кинематическая коагуляция
(вызывается гравитационным полем, градиентным потоком, турбулентным потоком)

Ортокинетическая коагуляция
(воздействие акустического или электрического полей)

дисперсность

распределение частиц по размерам

температура

Гравитационная коагуляция
(осаждение частиц под воздействием силы тяжести)

Турбулентная коагуляция
(турбулентный поток газа)

Акустическая коагуляция
(аэрозольные частицы находятся в поле звуковых или ультразвуковых колебаний)

слипнутся ли они или диффундируют

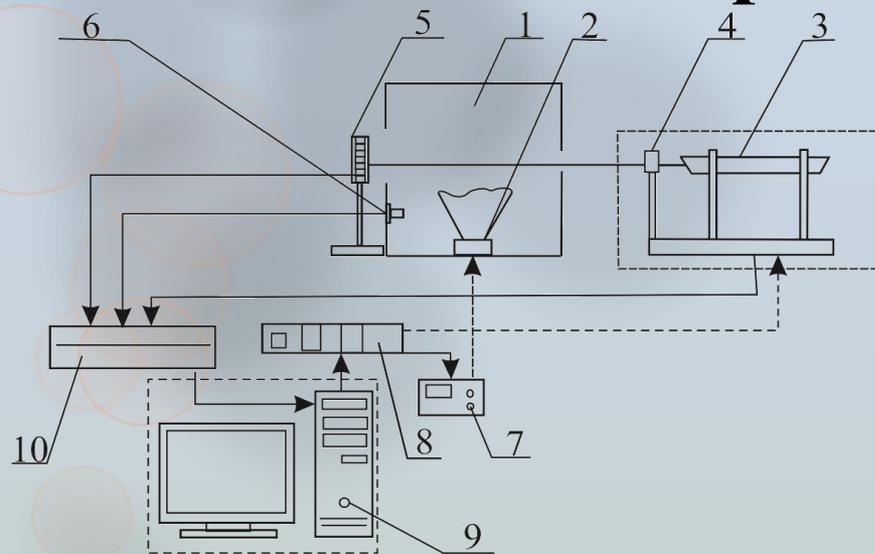
структура частиц

форма

Градиентная коагуляция
(наличие поперечного градиента в потоке)

адсорбционные свойства

Экспериментальный стенд

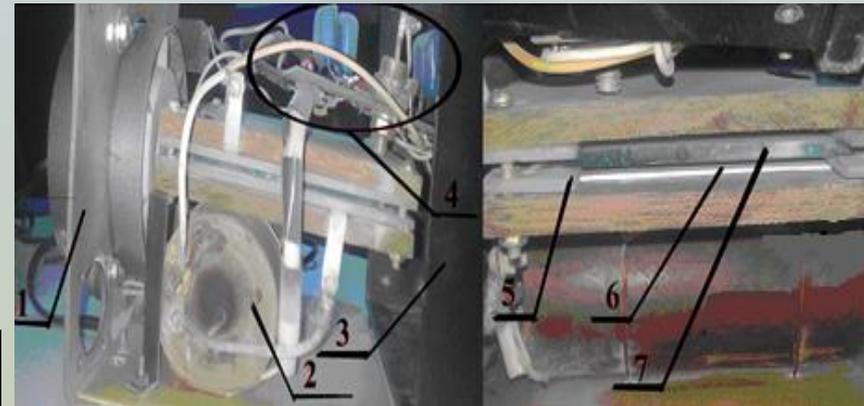


Название технической характеристики	Значение параметра
Диапазон размеров частиц, мкм	1...200
Концентрация, см ⁻³	10 ³
Частота регистрации, кГц	40
Измерительный объем, м ³	1
Длина волны излучателя, нм	632,8
Мощность излучателя, мВт	5
Относительная погрешность измерений, %	± 15

1 – измерительный бокс; 2 – распылитель; 3 – He-Ne лазер; 4 – блок модуляции; 5 – фотодиодная линейка; 6 – микропроцессорный датчик влажности и температуры; 7 – устройство инициирования; 8 – устройство синхронизации; 9 – ЭВМ; 10 – система сбора информации

Рисунок 4 – Экспериментальный оптический комплекс измерения дисперсности и концентрации частиц аэрозоля

Параметры	Значения
Габариты, мм	140*140*113
Масса, кг	1,7
Площадь осаждения, мм ²	1000
Напряжение сети, В	220
Межэлектродное расстояние, мм	8
Потребляемая мощность, Вт	20
Длина коронирующего элемента (длина активной зоны), мм	85



1 – лопасти; 2 – катушка; 3 – корпус; 4 – схема регулировки; 5 – клеммы; 6 – электроды; 7 – диэлектрик

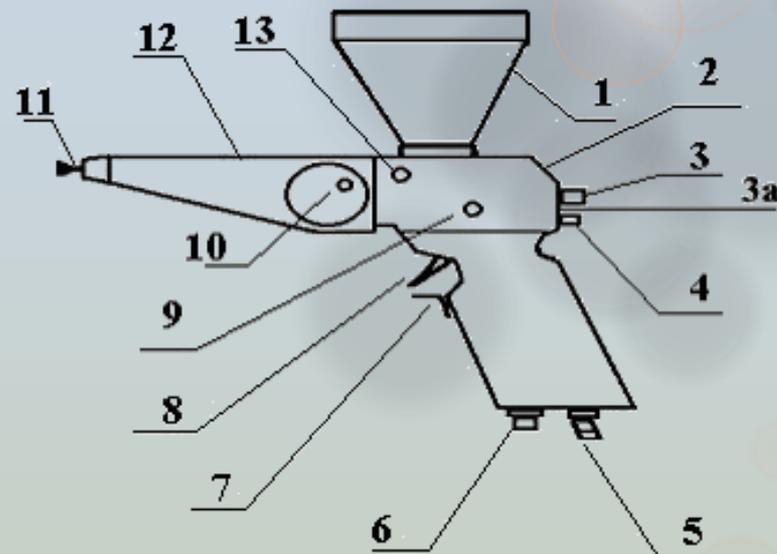
Рисунок 5 – Электроосаждающее устройство

Электростатический способ распыления

Способ создания электростатически заряженных частиц



Рисунок 6 – Описание электростатического пистолета «Старт-50» для экспериментальных исследований



Напряжение питания, В	220
Потребляемая мощность, Вт	2
Напряжение на коронирующем электроде, кВ	0-70
Ток короткого замыкания, мкА	100
Давление сжатого воздуха, Мпа	0,01-0,1
Производительность, м ² /мин	1-1,2
Вес, кг	0,5

1 – бункер с крышкой; 2 – рукоятка; 3 – ручка регулировки эжектора; 3а-винт регулировки расхода сжатого воздуха; 4 – заглушка; 5 – штуцер подачи сжатого воздуха; 6 – гнездо питания; 7 – скоба снятия электростатического заряда; 8 – курок; 9 – винт регулировки барбатажа; 10 – индикатор подачи питания на ствол-преобразователь; 11– распылительная насадка; 12 – ствол-преобразователь; 13 – винт крепления ствола к рукоятке

Коагуляция заряженных частиц в воздухе

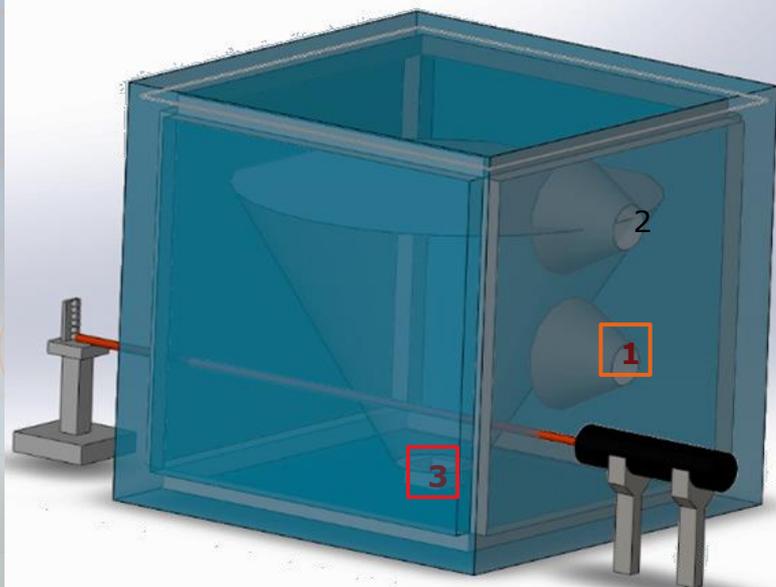


Схема проведения серии экспериментов

Ударно волновым способом распылен 50% водный раствор глицерина. Средняя дисперсность D_{32} полученного аэрозольного облака глицерина составляет 20-25 мкм. Распределение жидкофазного аэрозоля в пространстве происходит в течение одной минуты. Далее распыляется заряженный твердофазный порошок: в первом опыте тальк ($m=50$ г, $D_{32} \approx 15$ мкм), во втором псевдобемит ($m=28$ г, $D_{32} \approx 18$ мкм), в третьем оксид алюминия ($m=7$ г, $D_{32} \approx 25$ мкм).

Рисунок 7 – Схематичное расположение приборов и устройств измерительной экспериментальной камеры с факелами электростатического (1), пневматического (2) и ударно-волнового (3) распыла

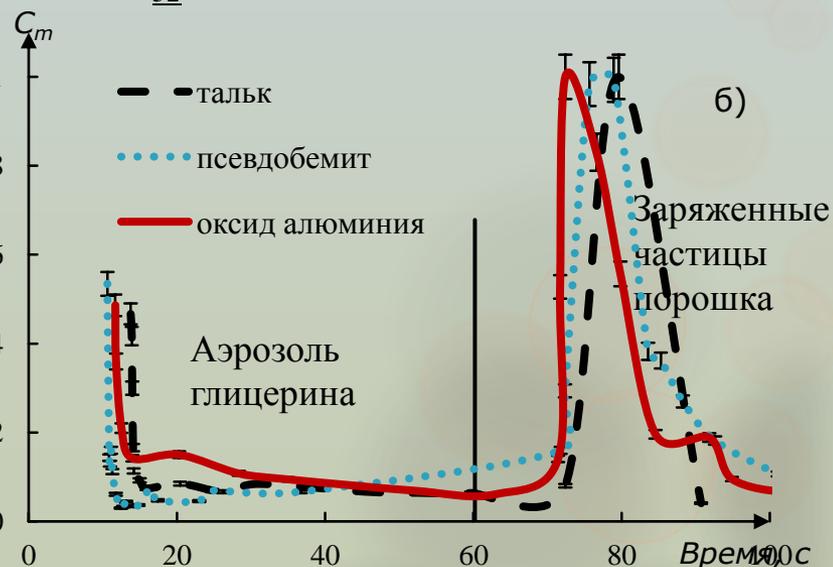
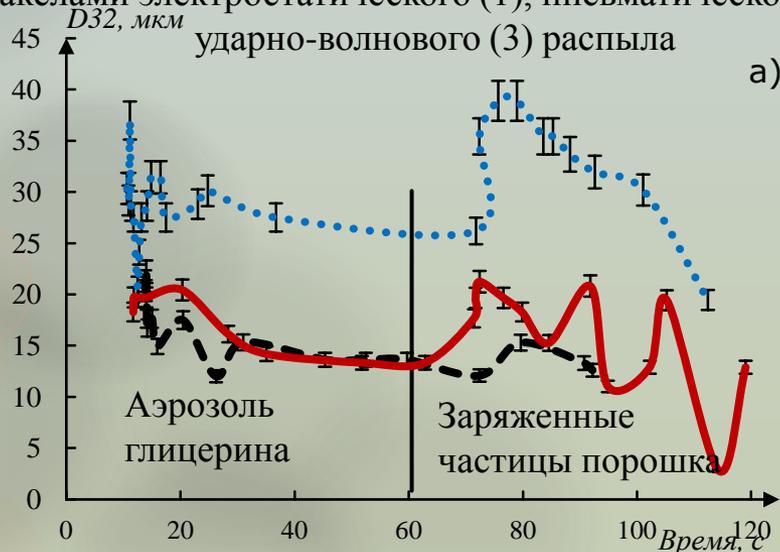


Рисунок 8 – Изменения средне-объемно-поверхностного диаметра D_{32} (а) и относительной концентрации C_m (б) от времени

Коагуляция заряженных частиц в воздухе

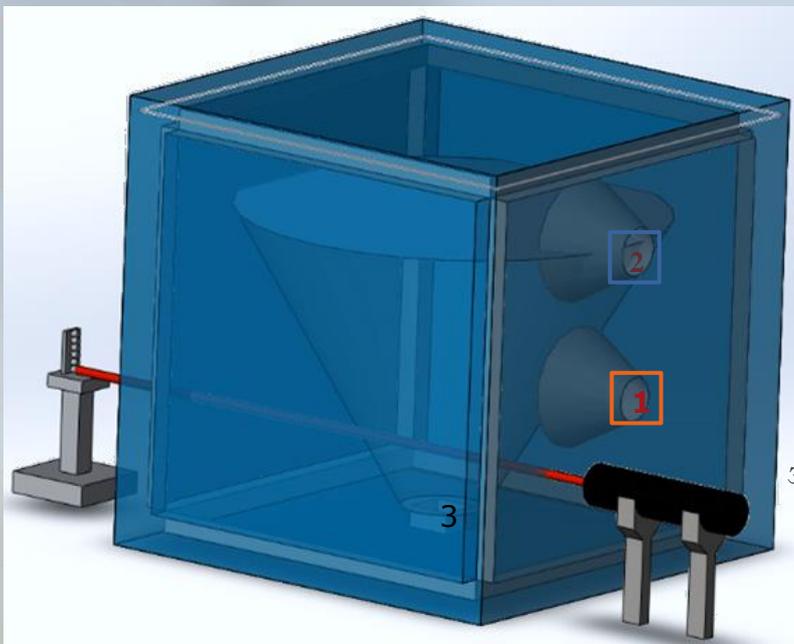


Схема проведения серии экспериментов

В качестве исследуемых веществ использовано: моделирующее загрязняющее вещество – метиленовый синий, а также известный сорбент – оксид алюминия. Пневматическим способом распределена в пространстве измерительной камеры 1,2 г метиленовая синь в течении 10 с и через 10 с электростатически распылено 20 г оксид алюминия в течении 30 с.

Рисунок 9 – Схематичное расположение приборов и устройств измерительной экспериментальной камеры с факелами электростатического (1), пневматического (2) и ударно-волнового (3) распыла

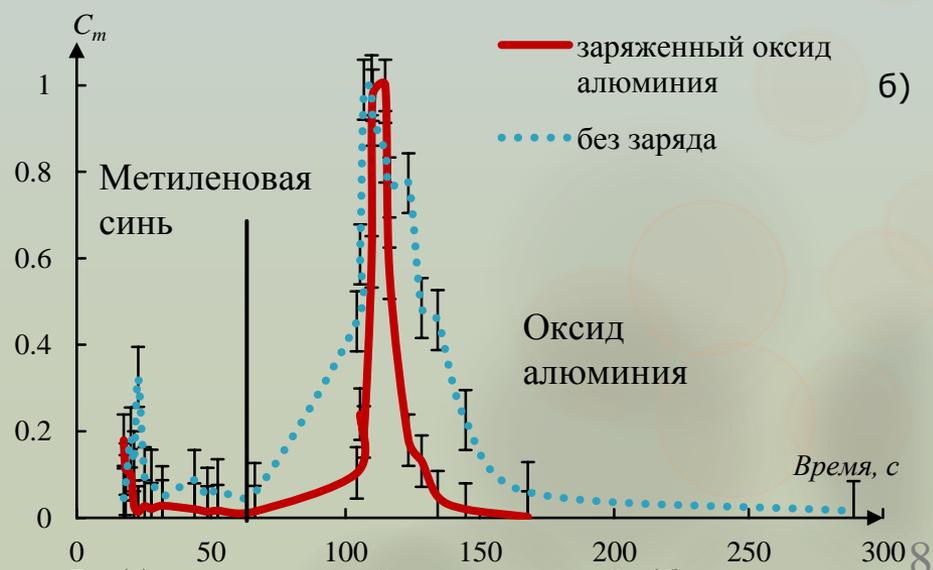
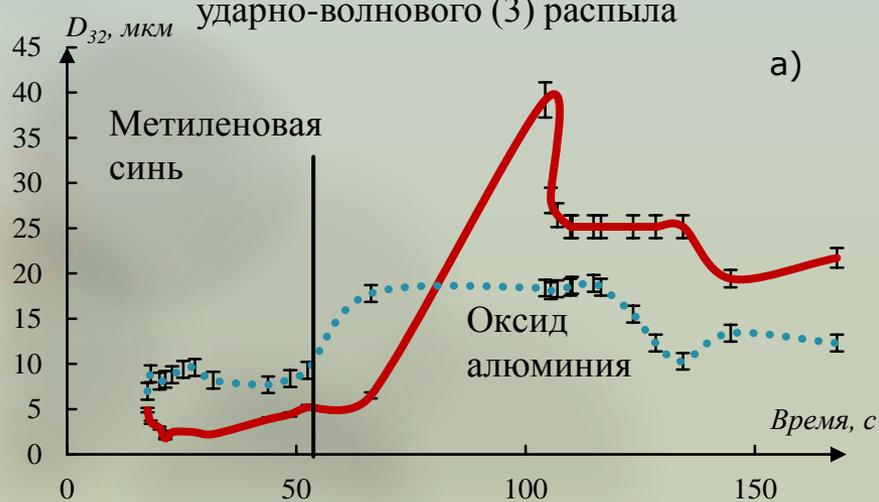


Рисунок 10 – Изменения средне-объемного поверхностного диаметра D_{32} (а) и относительной концентрации C_m (б) от времени

Увеличение скорости очистки воздуха от аэрозольных загрязнений с помощью комплексного электростатического воздействия

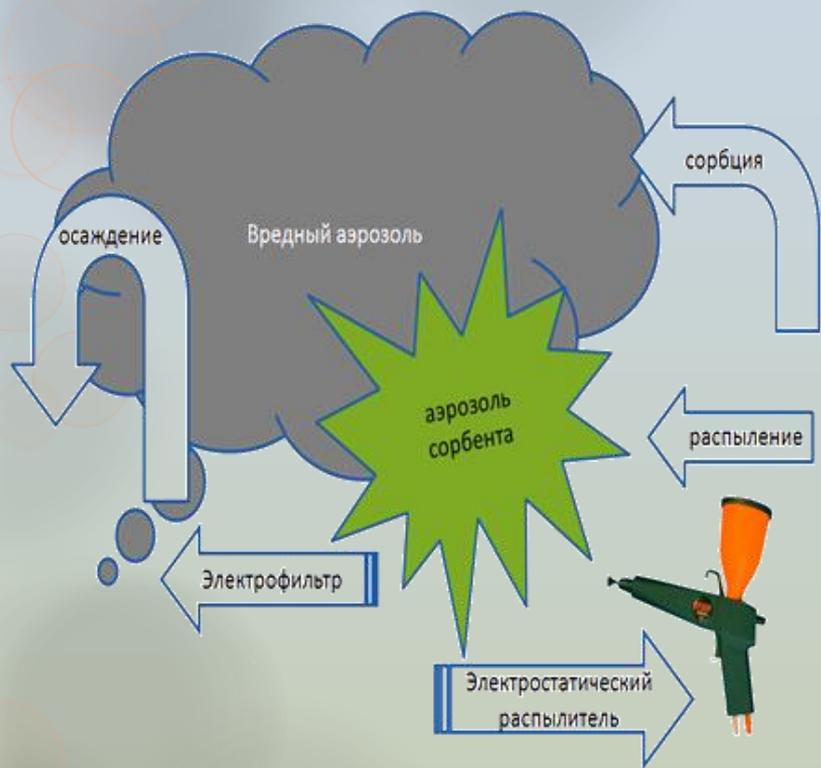
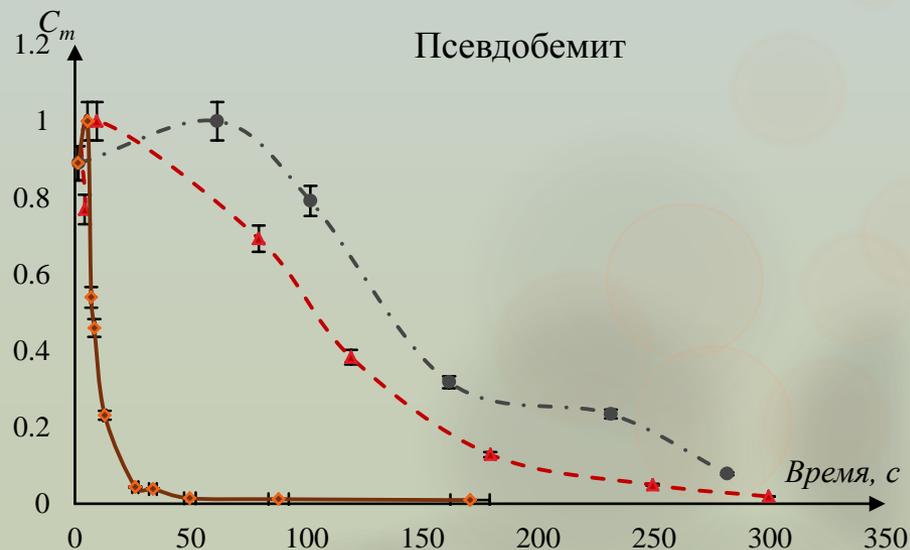
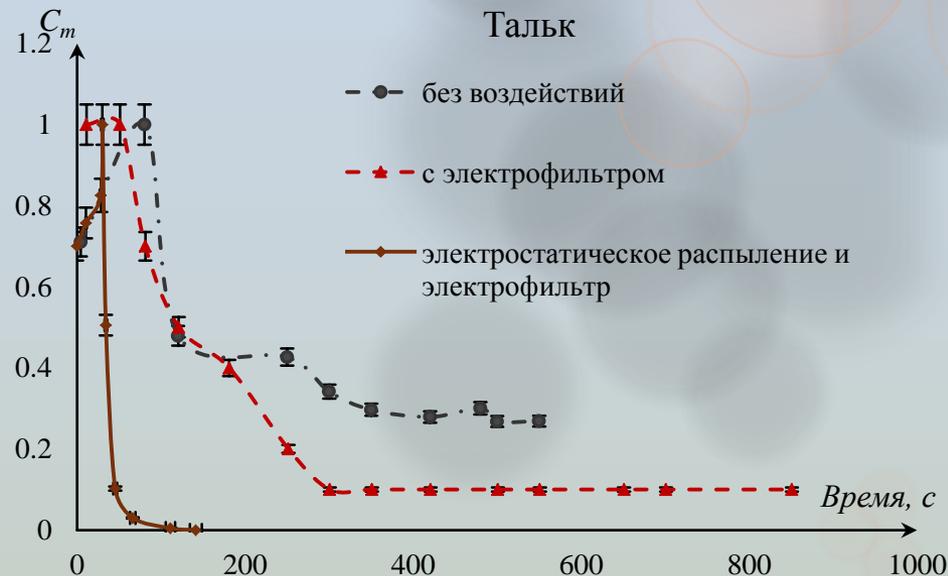


Рисунок 11 – Макет комплексной установки для удаления вредных аэрозольных образований из воздушной среды

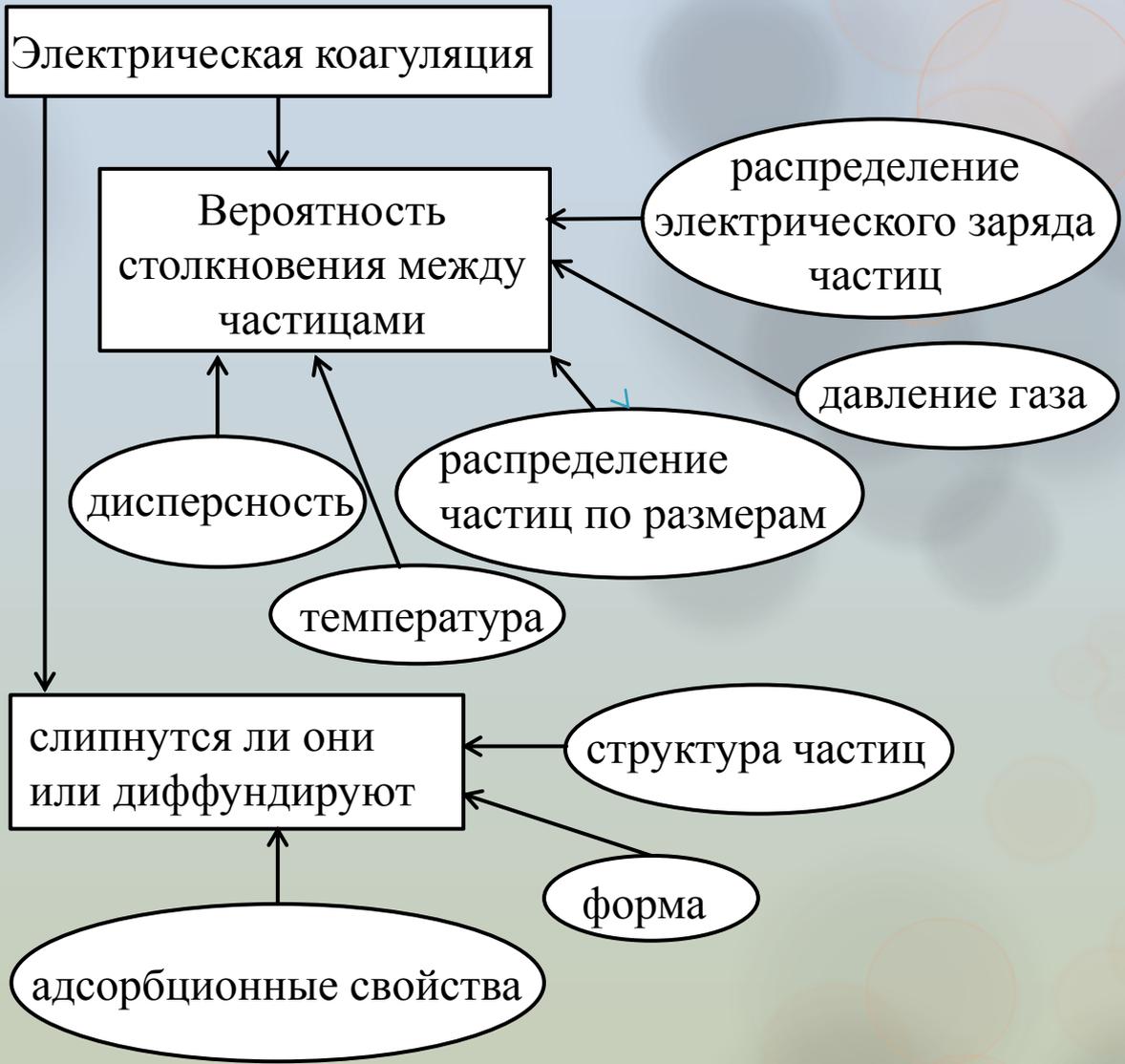


Заключение

– Рассмотрены теоретические основы электрической коагуляции, выявлены свойства и особенности процесса. Теоретически выявлено и экспериментально доказано, что для различных типов аэрозолей при нормальных условиях исследований процесс электрической коагуляции незначительно зависит от рода вещества;

– Проведены экспериментальные исследования комплексного способа удаления вредных аэрозольных образований в воздухе и на поверхностях помещений, заключающийся в электростатическом распылении сорбента с последующим применением электрофильтра, который позволяет добиться высокой скорости осаждения мелкодисперсных частиц в замкнутом объеме и снижение концентрации до значений, близких к нулю. Так, скорость осаждения талька была увеличена в четыре раза по сравнению с осаждением без воздействия электрического поля.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант мол_а 16-38-00581).



Коагуляция аэрозолей:
 Процесс слияния твердых частиц (агломерация) или слияния капель (коалесценция) при соприкосновении их друг с другом (Фукс Н.А. "Механика аэрозолей")

