



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ

ИНСТИТУТ МОНИТОРИНГА  
КЛИМАТИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

**Лаборатория экологического приборостроения**

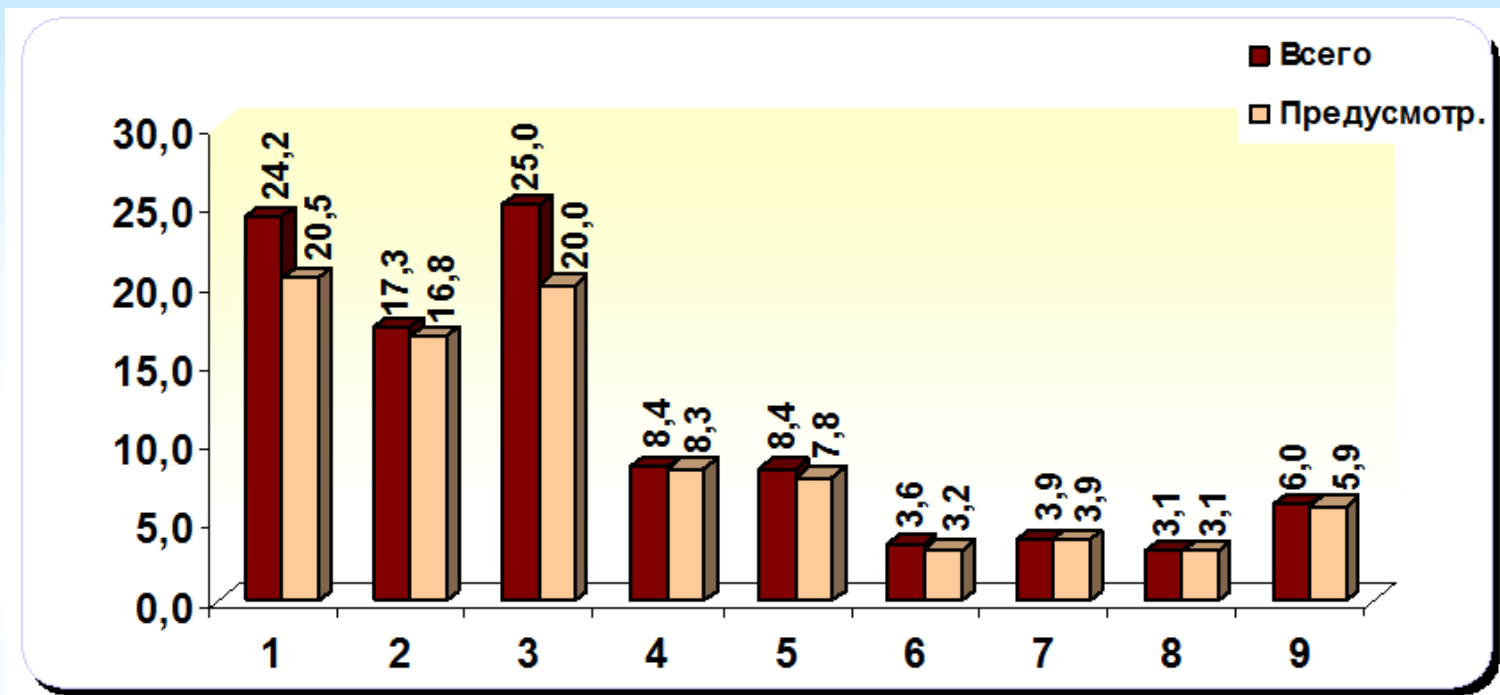
# **ПРИМЕНЕНИЕ ОПТИЧЕСКОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ ОСАДКОВ В СОСТАВЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ОПАСНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ**

В.В. Кальчихин, А.А. Кобзев

[alexey-kobzev@mail.ru](mailto:alexey-kobzev@mail.ru)

**ENVIROMIS-2018**

## Доля числа случаев ОЯ (по видам опасных явлений) за 1991-2015 гг.



1 – сильный ветер, ураган, шквал, смерч, пыльные бури; 2 – сильная метель, сильный снег, налипание мокрого снега, гололед, гололедица; 3 – сильный дождь, продолжительный дождь, ливень, град, гроза; 4 – мороз, заморозки, сильная жара, резкое повышение/понижение температуры; 5 – весеннее половодье, дождевой паводок, наводнение, нагонные явления; 6 – лавина, сель; 7 – засуха атмосферная/почвенная, суховеи; 8 – чрезвычайная пожарная опасность; 9 – сильный туман, тягун, сильное волнение и др.

### Стихийные гидрометеорологические явления на территории России в 2015 году:

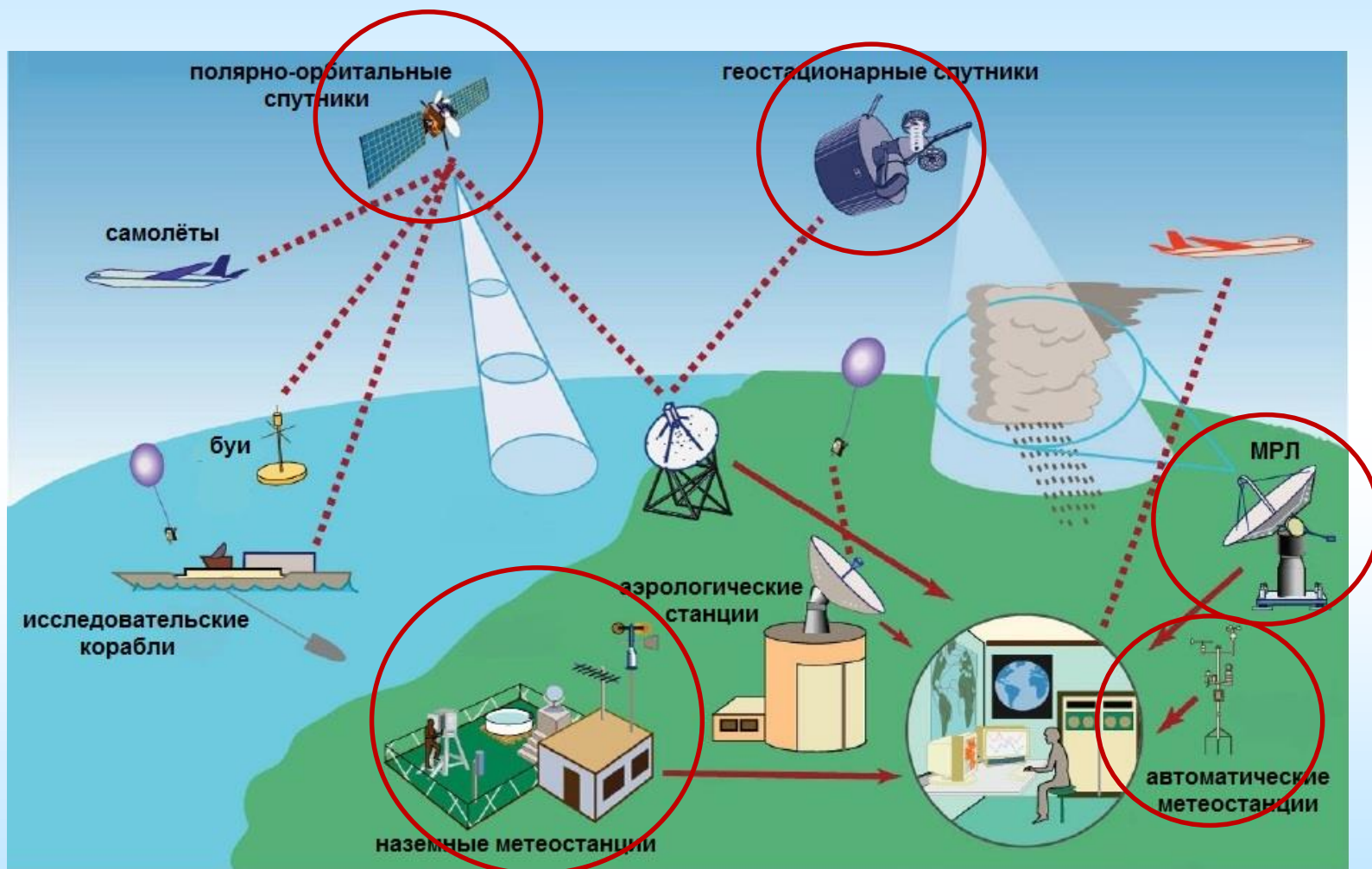
Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации.

[http://meteo.ru/index.php?option=com\\_content&view=article&id=620:chrezvychajnye-situatsii-v-rossii-2015&catid=118:chrezvychajnye-situatsii-v-rossii](http://meteo.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=620:chrezvychajnye-situatsii-v-rossii-2015&catid=118:chrezvychajnye-situatsii-v-rossii).

## Экстремальные осадки

- Интенсивность: 20-25 мм/мин.  
500-800 мм/сут. (троп.)  
2000-3000 мм/год (за 60-70 часов)  
длительность: до 4 суток  
(с перерывами до 2-3 недель)
- Снегопад: 100 кг/м<sup>2</sup> (разовый)
- Метель: скорость ветра от 5 м/с  
30-40 дней в году (в ЕЧР)  
продолжительность 6-9 ч.
- Градобитеие: размеры градин 6-7 см  
вес 60-70 г (до 0,5 кг)  
частота 80-160 раз в год (Сев. Кав).

# Развитие методов и средств измерения атмосферных осадков



## Основные источники метеорологической информации

# Оптические измерители характеристик атмосферных осадков



Optical Scientific (США)



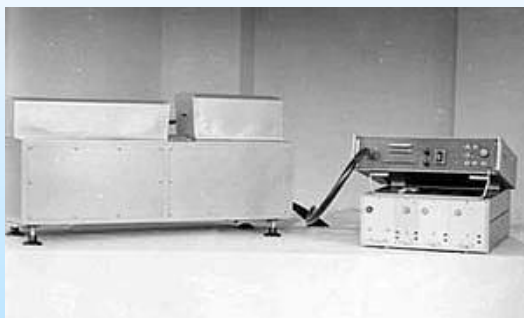
Vaisala (Финляндия)



Thies Clima (Германия)



Joanneum Research (Германия)

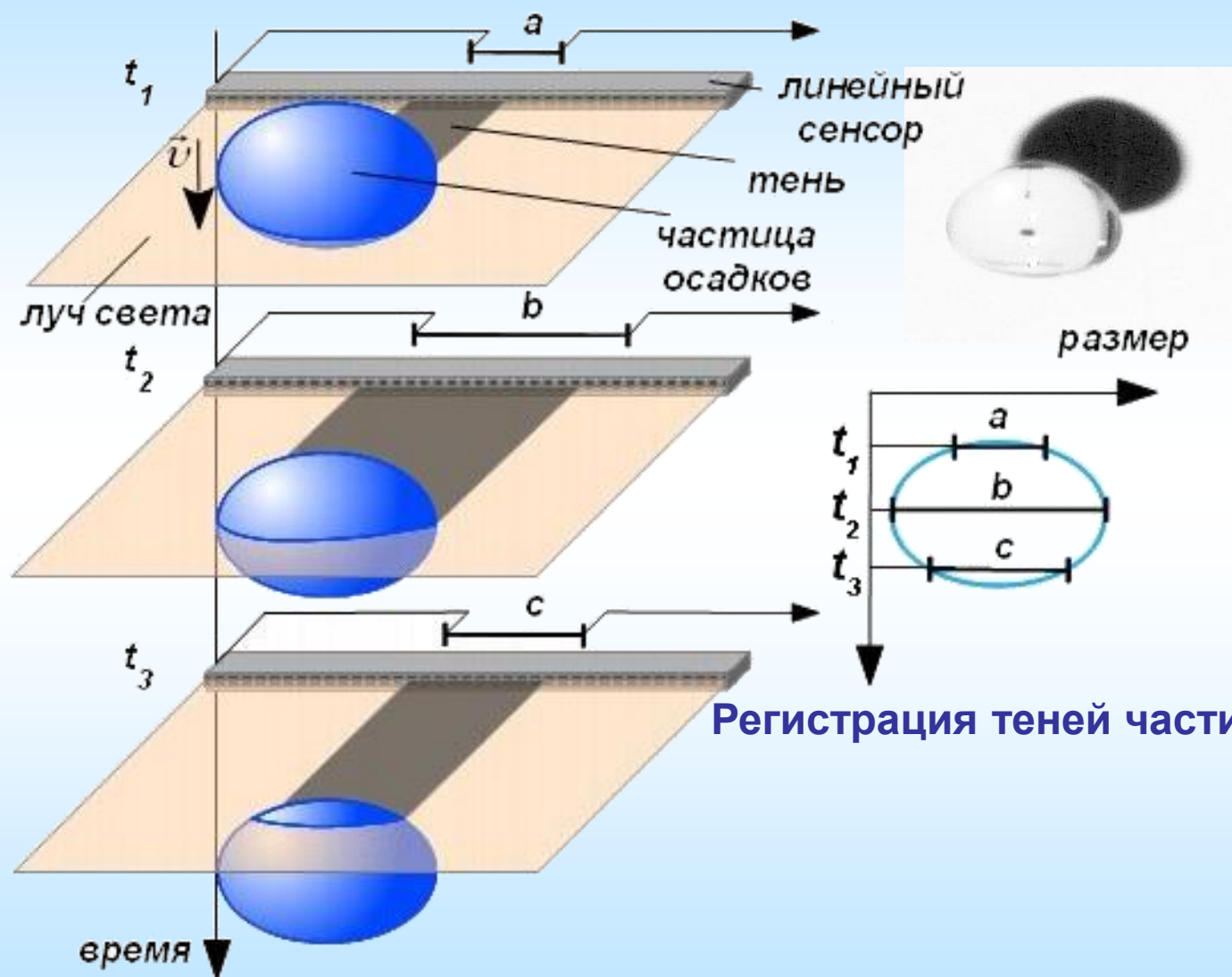


СКБ «Оптика» (СССР)



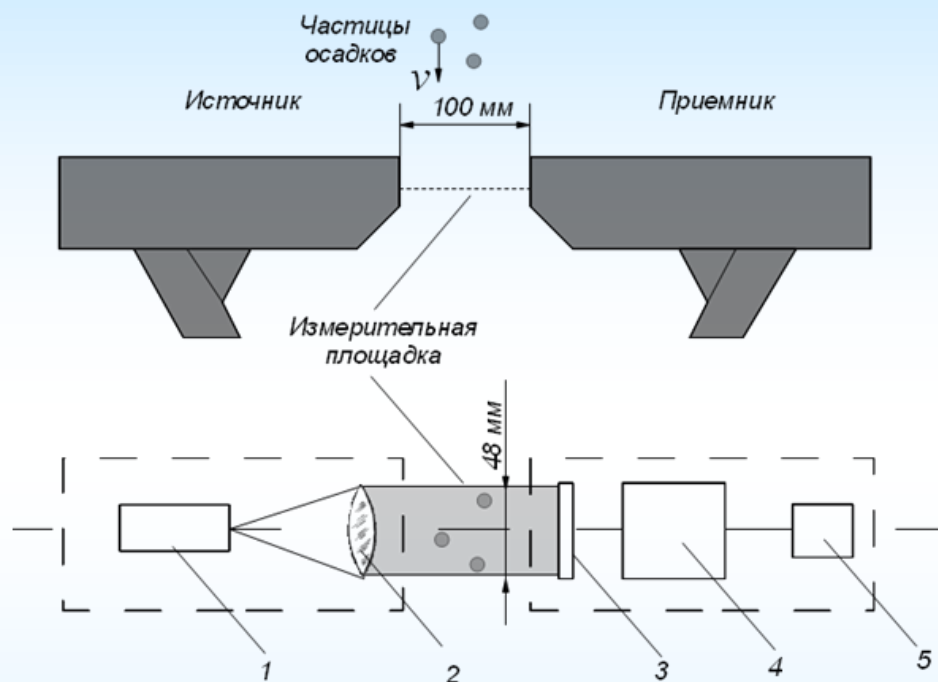
SPEC (США)

# Метод получения и анализа теневых изображений падающих частиц атмосферных осадков



Формирование измерительного канала

# Оптический осадкомер ОПТИОС



**Схема формирования измерительной площадки:**

1 — источник излучения; 2 — линза; 3 — линейный сенсор; 4 — блок формирования измерительной информации; 5 — интерфейсный модуль



Оптический осадкомер



# **Технические характеристики экспериментального образца ОПТИОС, полученные по результатам испытаний**

Диапазон размеров регистрируемых частиц: 0,5...10 мм.

Погрешность измерения размеров ( $D$ , мм) частиц, не более  $0,033(10 + D)$  мм.

Диапазон оцениваемых скоростей падения гидрометеоров – 0,2...20 м/с.

Погрешность измерения количества осадков (без учета пространственных вариаций и погрешности, создаваемой ветром) – не более 5 %.

Диапазон измеряемой интенсивности дождя – 0...2000 мм/ч.

Чувствительность по количеству выпавших осадков - не хуже 0,0001 мм.

Размер измерительной площадки – 48 см<sup>2</sup>.

Масса прибора – 8 кг.

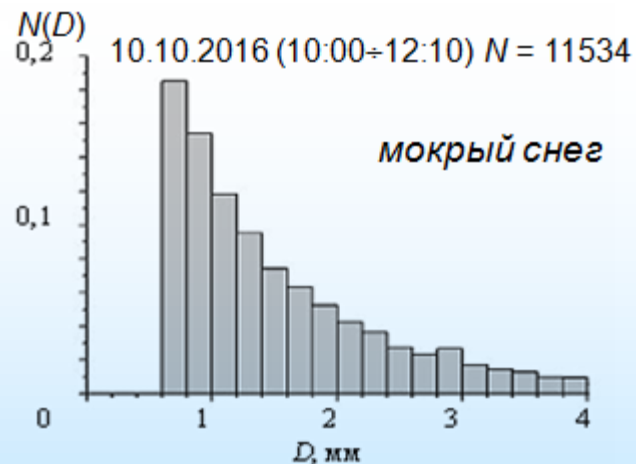
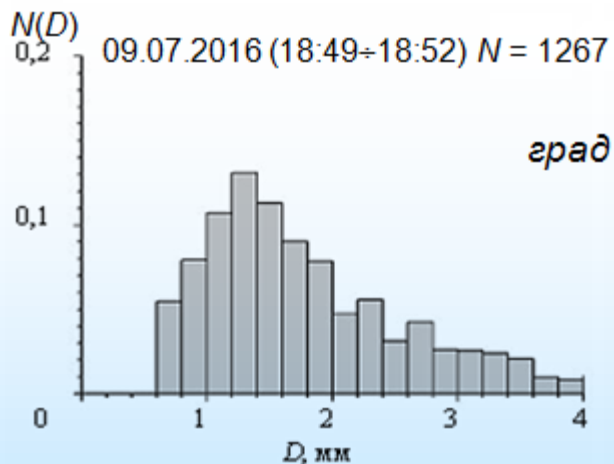
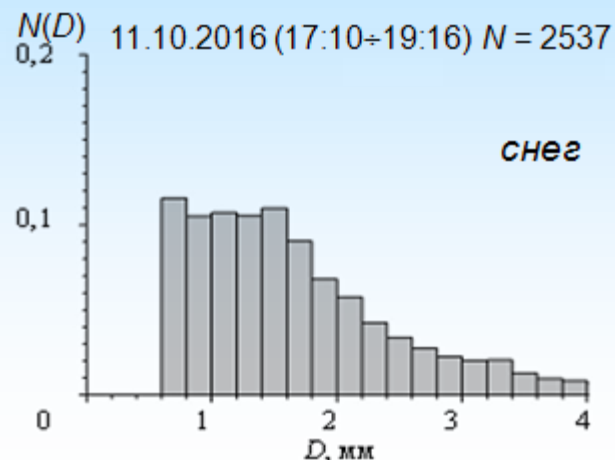
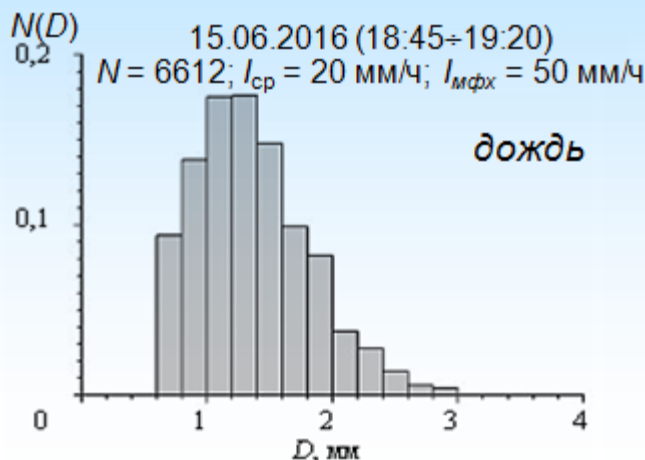
Потребляемая мощность (без системы обогрева) – 0,5 Вт.

Рабочий диапазон температур от минус 20 до +60 °С.

Определение времени начала и окончания осадков с погрешностью 1 мин.

Регистрация дождя, снега, града и смешанных осадков.

# Результаты натурных испытаний по определению вида осадков

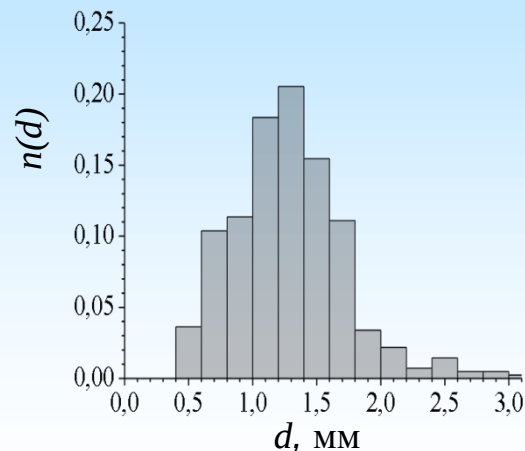


Распределение частиц осадков по размерам, измеренные ОПТИОС

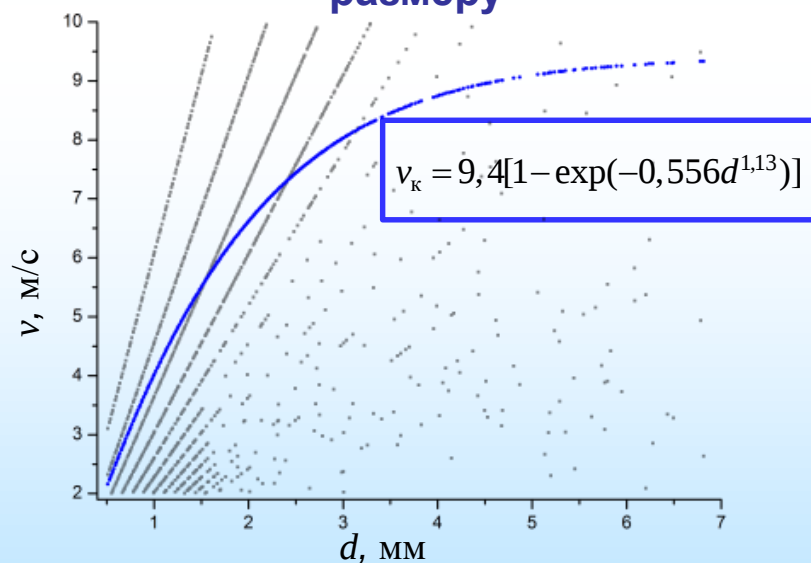
# Результаты натурных испытаний по измерению жидких осадков



Оптический осадкомер на метеорологической площадке ИМКЭС СО РАН

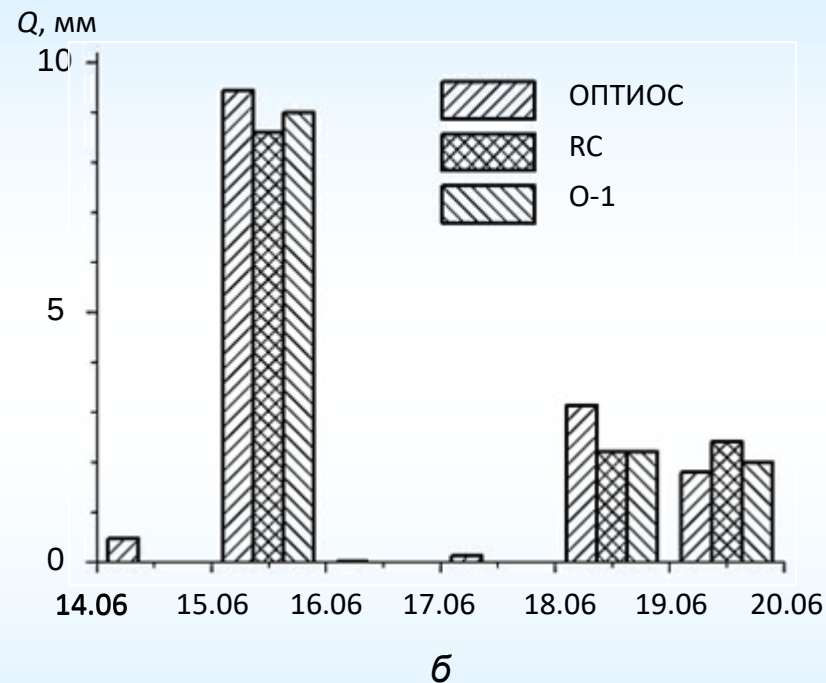
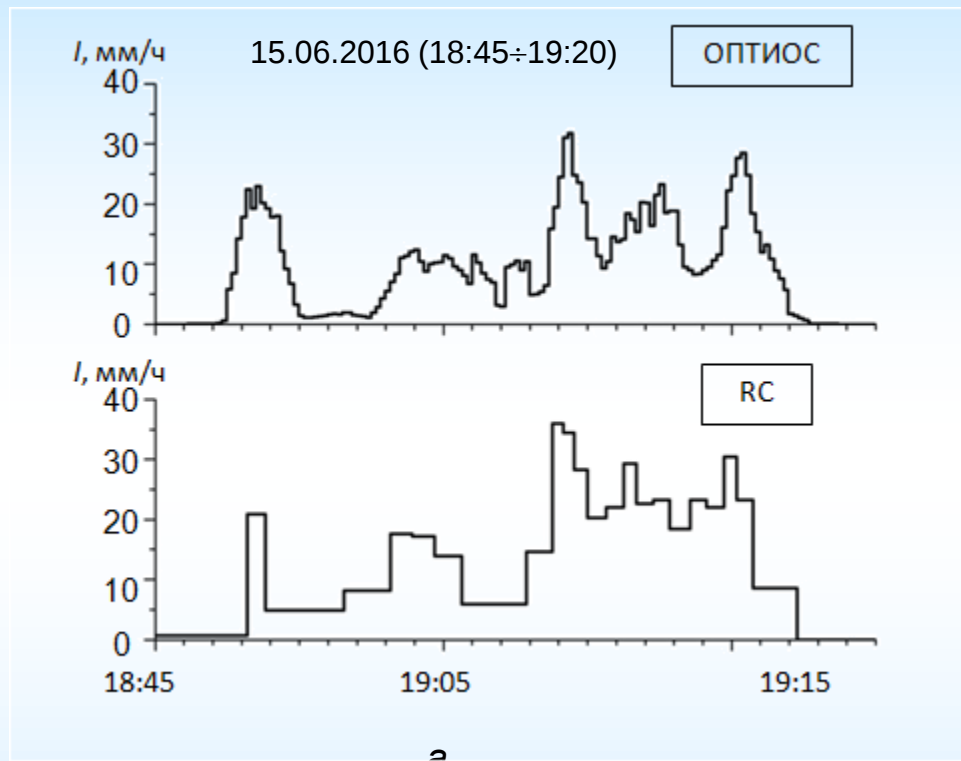


Распределение капель дождя по размеру



Скорость падения капель дождя в зависимости от размера

# Результаты натурных испытаний по измерению жидких осадков

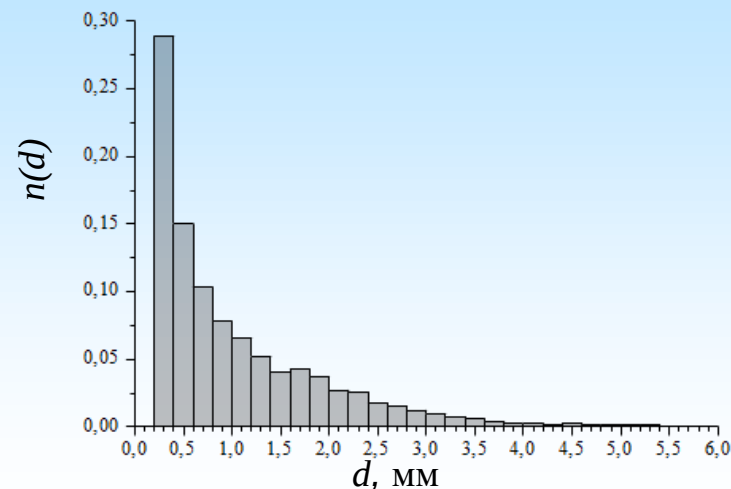


Сравнение результатов измерения интегральных характеристик летом 2017 г.:  
 а – интенсивность осадков ОПТИОС (вверху) и челночного осадкомера RC (внизу);  
 б – количество осадков, измеренных с помощью ОПТИОС, RC и O-1.

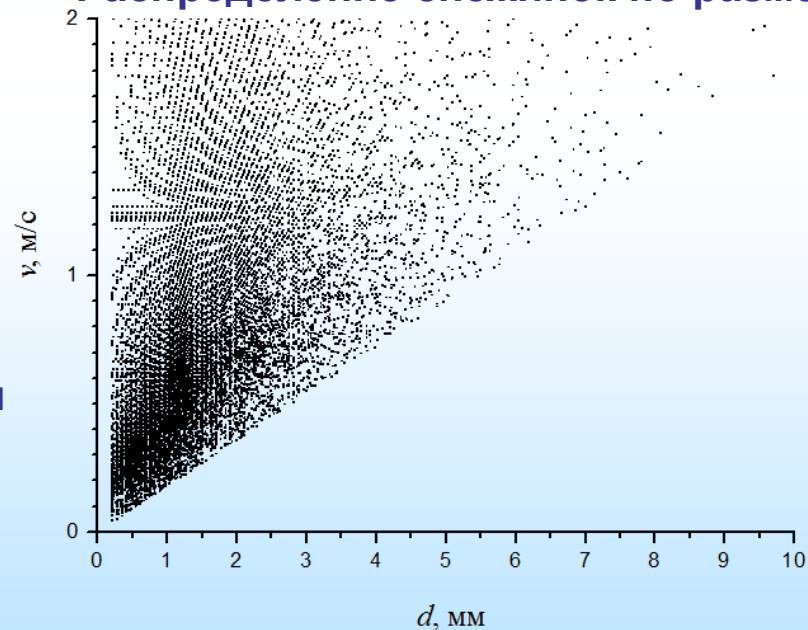
# Результаты натурных испытаний по измерению снеговых осадков



Оптический осадкомер на метеорологической  
площадке ИМКЭС СО РАН



Распределение снежинок по размеру



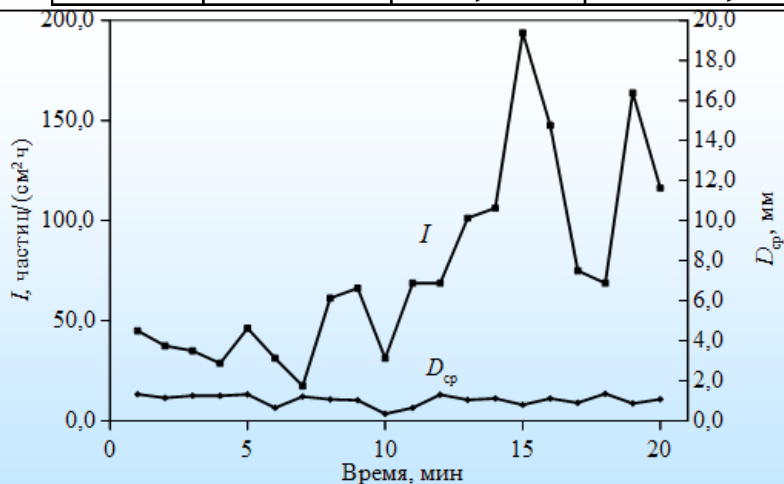
Скорость падения снежинок в  
зависимости от размера

# Результаты натурных испытаний по измерению СНЕГОВЫХ ОСАДКОВ

09.11.2015 г. (10:58 – 11:17)  $t$  от  $-4,7^{\circ}\text{C}$  до  $-5,9^{\circ}\text{C}$ ,  $v_{\text{вет}}=2-5 \text{ м/с}$

| Время,<br>мин | Количество<br>частиц, $N$ | Средний<br>размер<br>$D_{\text{ср}}$ , мм | Интенсивность<br>$I$ ,<br>частиц/( $\text{см}^2 \text{ ч}$ ) |
|---------------|---------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| 1             | 36                        | 1,33                                      | 45,0                                                         |
| 2             | 30                        | 1,15                                      | 37,5                                                         |
| 3             | 28                        | 1,26                                      | 35,0                                                         |
| 4             | 23                        | 1,25                                      | 28,8                                                         |
| 5             | 37                        | 1,33                                      | 46,3                                                         |
| 6             | 25                        | 0,65                                      | 31,3                                                         |
| 7             | 14                        | 1,22                                      | 17,5                                                         |
| 8             | 49                        | 1,08                                      | 61,3                                                         |
| 9             | 53                        | 1,03                                      | 66,3                                                         |
| 10            | 25                        | 0,35                                      | 31,3                                                         |

| Время,<br>Мин | Количество<br>частиц, $n$ | Средний<br>размер<br>$D_{\text{ср}}$ , мм | Интенсивность<br>$I$ ,<br>частиц/( $\text{см}^2 \text{ ч}$ ) |
|---------------|---------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| 11            | 55                        | 0,65                                      | 68,8                                                         |
| 12            | 55                        | 1,31                                      | 68,8                                                         |
| 13            | 81                        | 1,05                                      | 101,3                                                        |
| 14            | 85                        | 1,12                                      | 106,3                                                        |
| 15            | 155                       | 0,80                                      | 193,8                                                        |
| 16            | 118                       | 1,12                                      | 147,5                                                        |
| 17            | 60                        | 0,90                                      | 75,0                                                         |
| 18            | 55                        | 1,36                                      | 68,8                                                         |
| 19            | 131                       | 0,87                                      | 163,8                                                        |
| 20            | 93                        | 1,08                                      | 116,3                                                        |
| Общее:        | 1208                      | 1,05                                      | 75,5                                                         |



Теневые изображения снежинок

Изменение интенсивности  $I$  и изменение  
среднего размера снежинок  $D_{\text{ср}}$  за 20 мин.

## Состав АМК



Ультразвуковая  
метеостанция АМК-03



Оптический  
осадкомер ОПТИОС



CS110



EFS-2/50

Датчики электрического поля



Контроллер сбора и обработки данных



GPRS-контроллер

### Варианты применения ОПТИОС:

- АМК для предупреждения опасных метеорологических явлений,
- Агрометеорологический комплекс,
- АМК арктического исполнения.

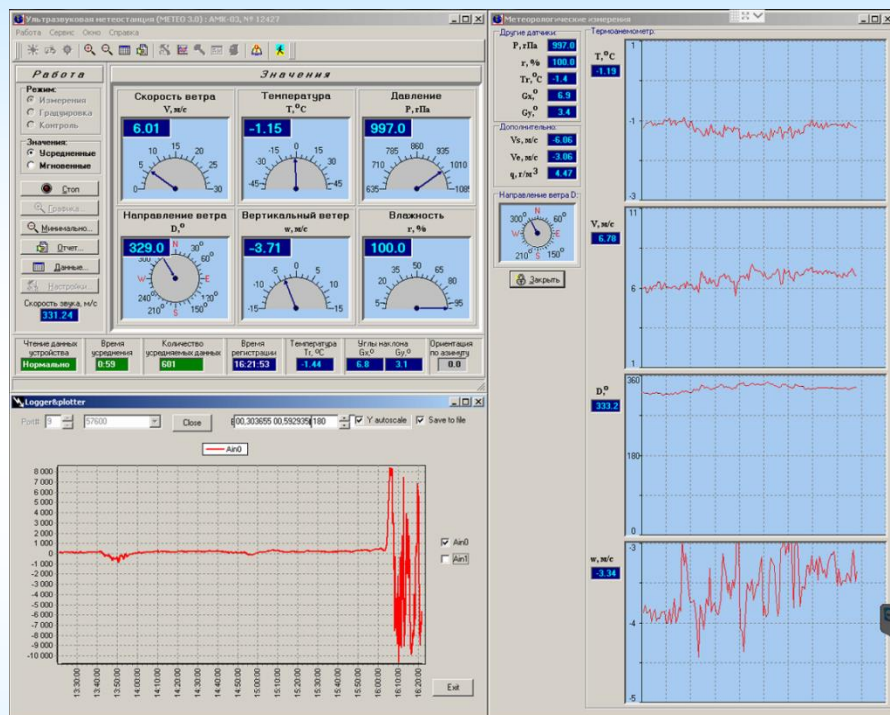
# Измерительный комплекс на метеорологической площадке ИМКЭС СО РАН



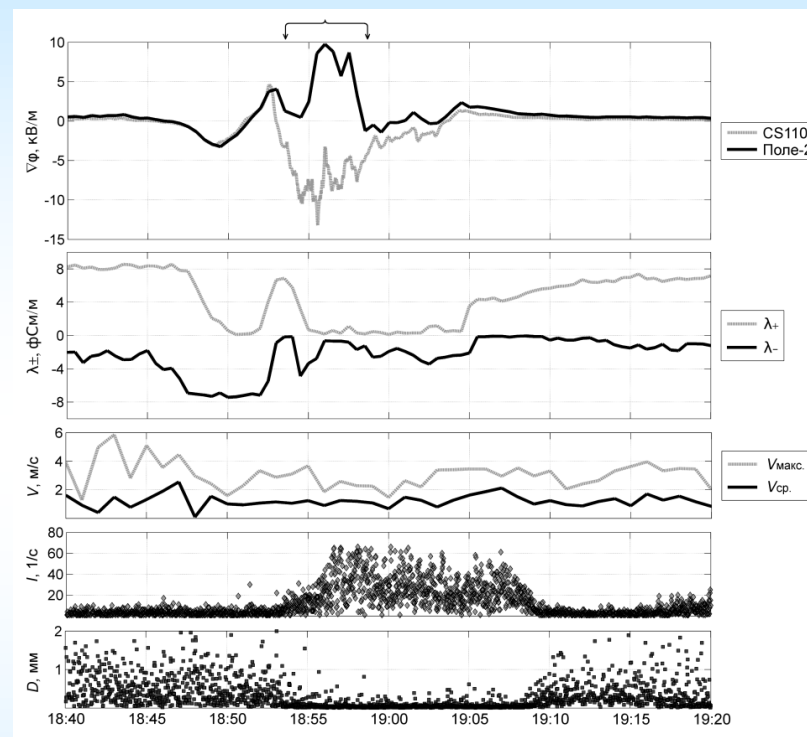
Внешний вид измерительного комплекса:

- 1 - оптический осадкомер,
- 2 - датчик электрического поля «EFS-2/50»,
- 3 - датчик электрического поля «CS110».

# Примеры представления результатов



Пример данных, полученных измерительным комплексом прохождения зоны осадков



Пример данных, полученных во время прохождения смешанных осадков

Кобзев А.А., Пустовалов К.Н., Нагорский П.М., Тельминов А.Е.  
Влияние атмосферных осадков  
на электрические параметры приземной атмосферы в переходный  
период // Изв. ВУЗов. Физика. 2017.

## Выводы

- Атмосферные осадки являются источником значительного количества опасных метеорологических явлений, что в совокупности с отсутствием современных систем мониторинга, порождает высокий процент непрогнозируемых чрезвычайных ситуаций.
- Современные системы, предназначенные для исследования окружающей среды, и в частности, для мониторинга и оперативного обнаружения опасных метеорологических явлений, должны включать в свой состав в качестве инструмента наблюдения за осадками приборы, удовлетворяющие современным требованиям к количеству и качеству предоставляемой метеорологической информации. Оптический измеритель осадков ОПТИОС полностью соответствует предъявляемым требованиям.

**Спасибо  
за внимание!**