

Расчеты характеристик солнечной радиации на основе оптических параметров из лидарного зондирования атмосферы

Мельникова И,Н,¹, Самуленков Д,А,¹, Сапунов М,В,¹,
Васильев А,В,¹, Кузнецов А,Д,²

¹ Санкт-Петербургский государственный университет

² Российский государственный гидрометеорологический
университет

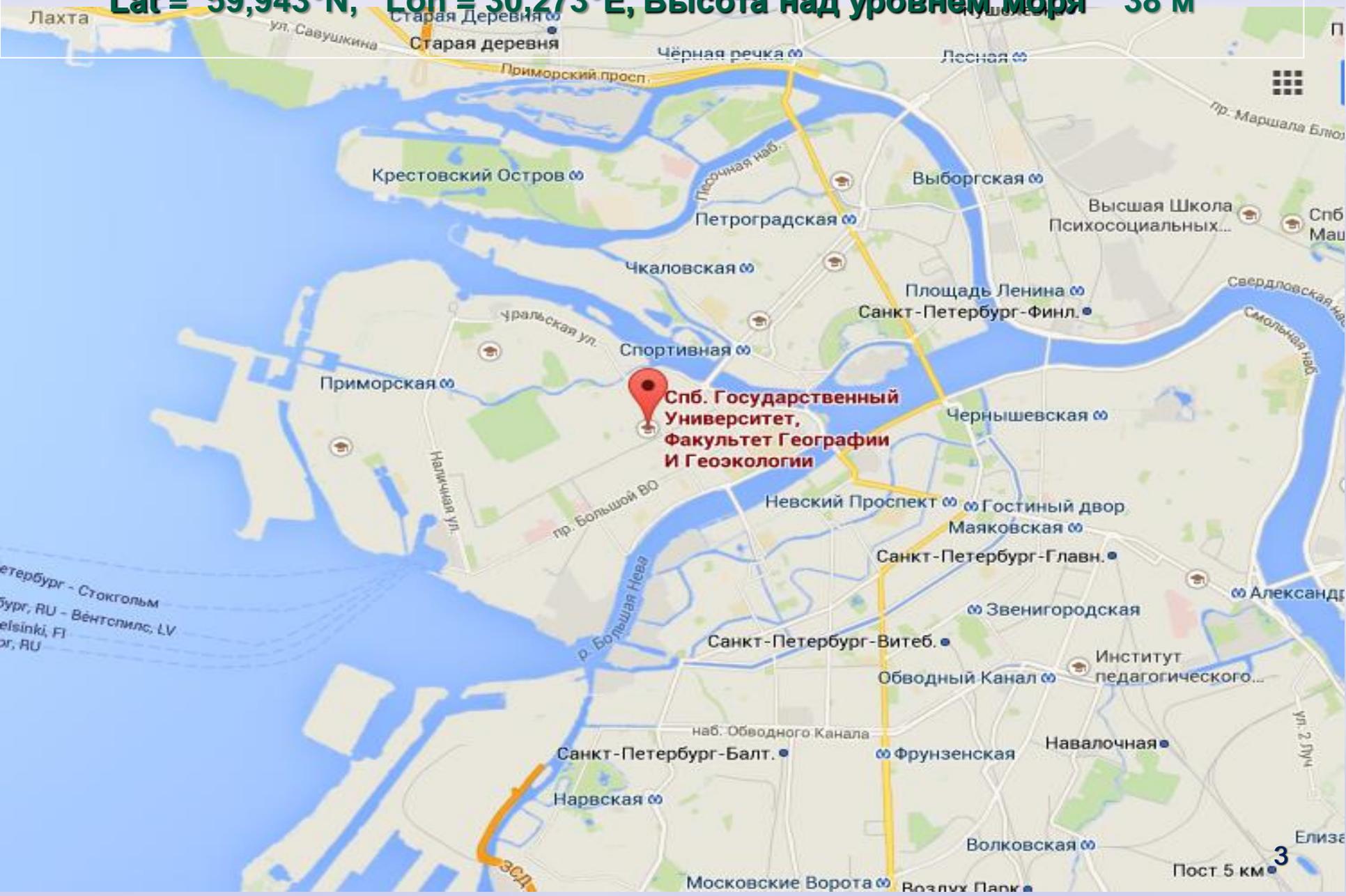
Цели:

Расчет радиационных характеристик на основе оптических моделей атмосферы построенных из данных лидарных наблюдений в течение суток

Задачи:

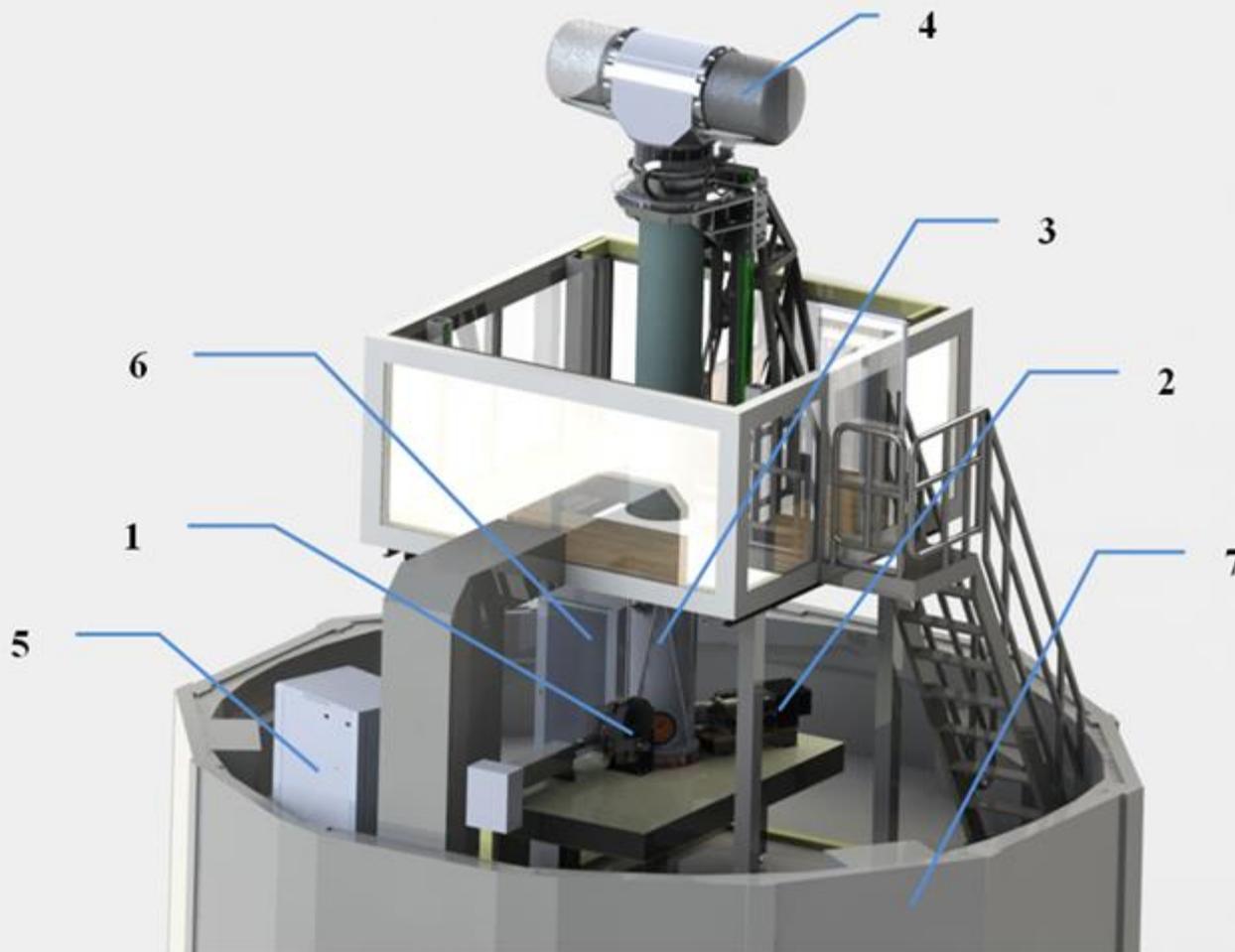
- 1. Создание оптических моделей атмосферы на основе дневных и ночных измерений лидарного комплекса, аэрологии и AERONET,**
- 2. Расчет отраженного и пропущенного потоков солнечной радиации, лучистого притока тепла, скорости нагревания и радиационного форсинга**

Местоположение: Санкт-Петербург, Васильевский остров, 10я Линия, 33/35
Lat = 59,943°N, Lon = 30,273°E, Высота над уровнем моря 38 м



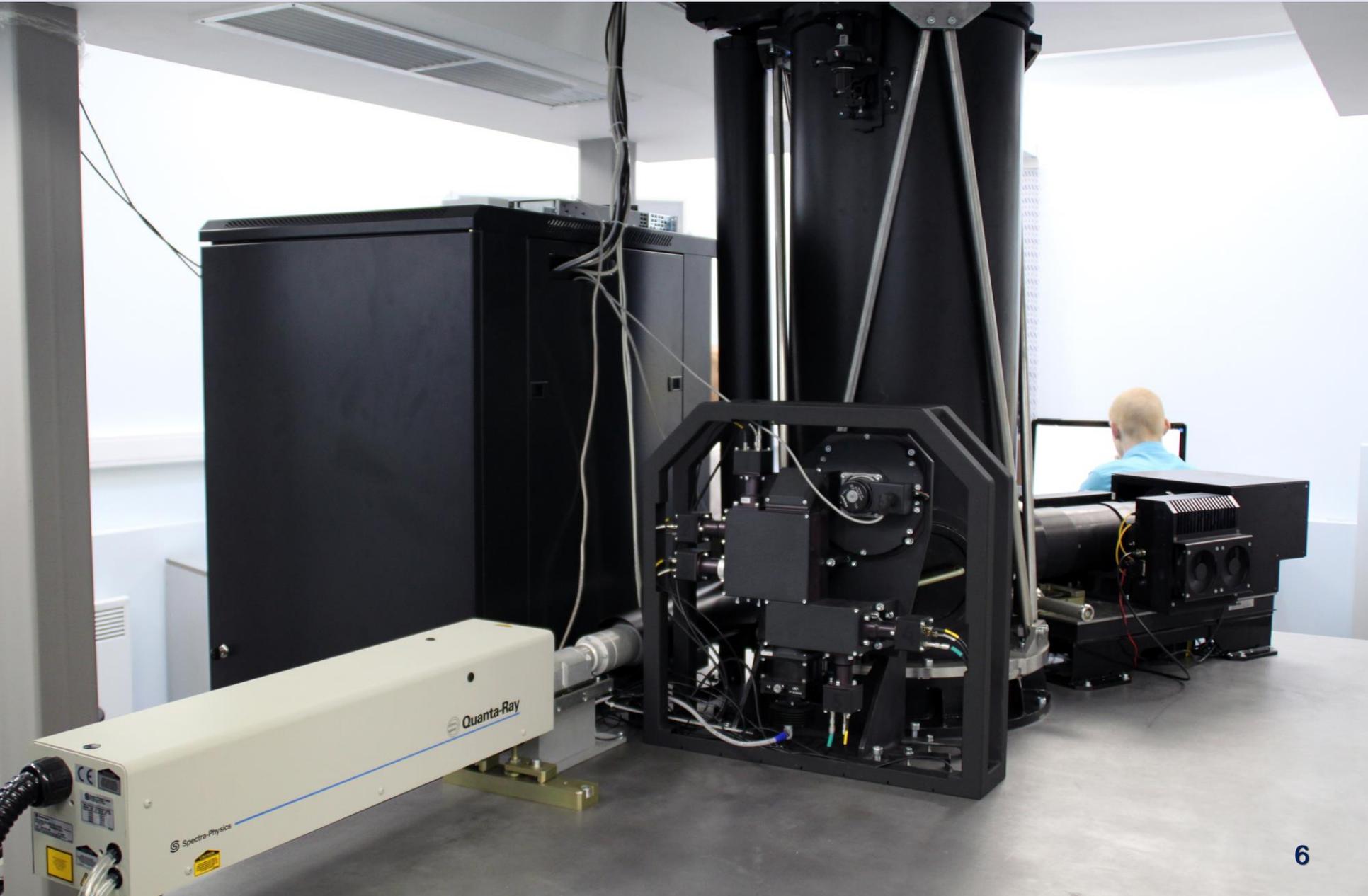


Аэрозольный лидар



- 1 - Aerosol lidar; 2 - Doppler lidar;
3 - Receiving-transmitting telescope; 4 - Scanner;
5 - Server; 6 - Equipment

Аэрозольный лидар



Характеристики аэрозольного лидара

Лазерное излучение в каналах 355, 532 и 1064 нм

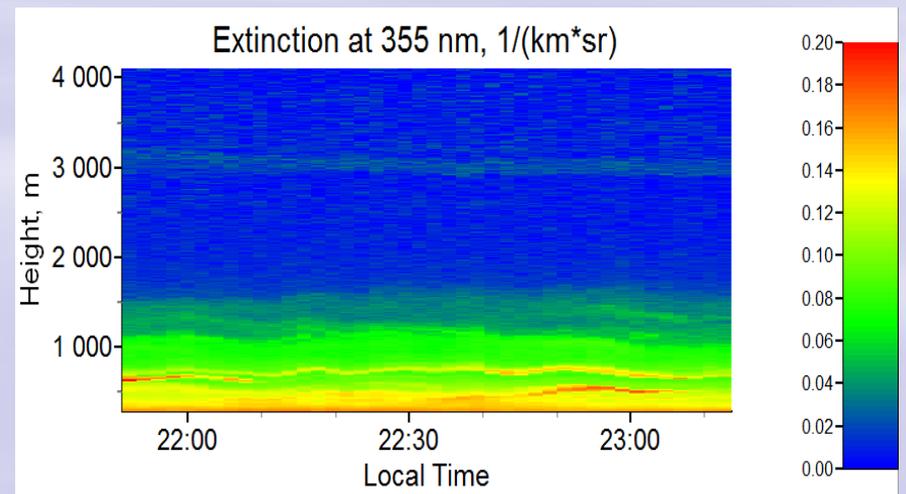
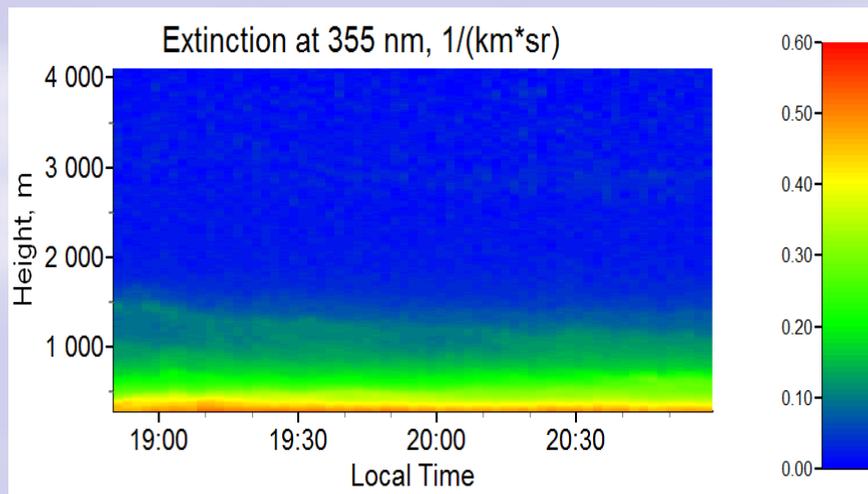
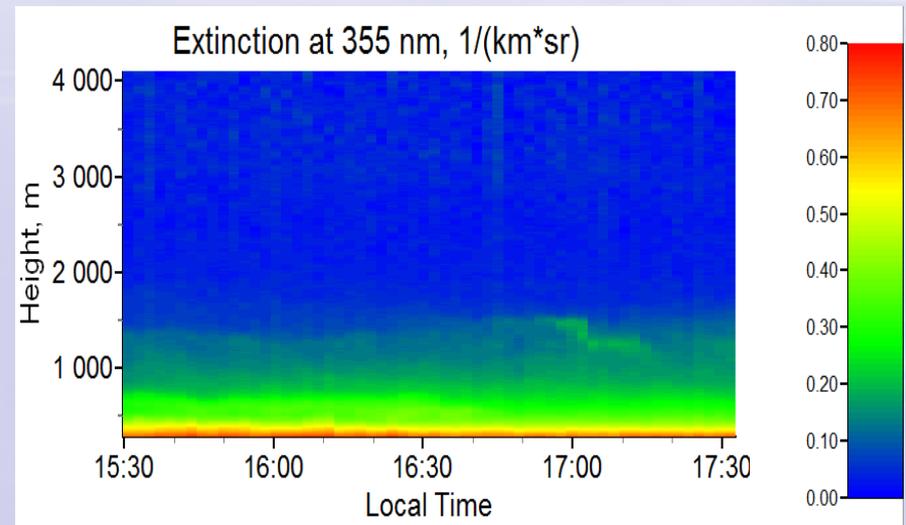
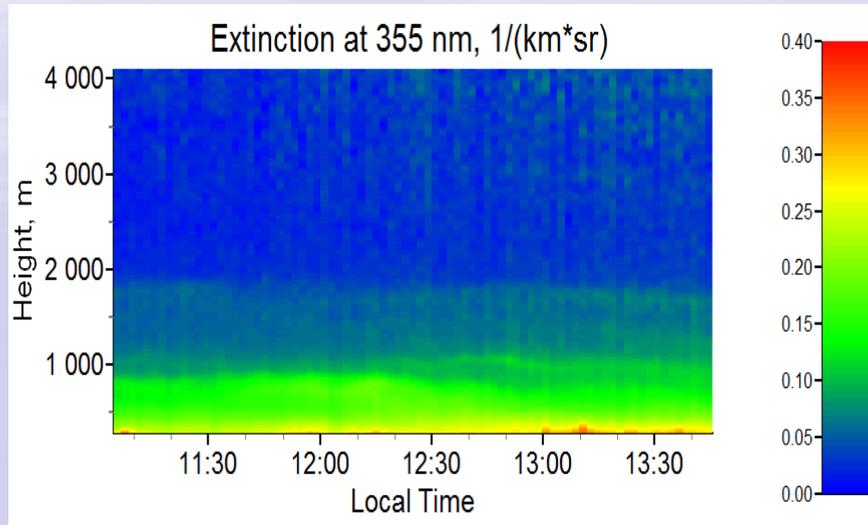
Усреднение 2000 импульсов за 100 сек

Рамановские каналы 387, 408, 608 нм

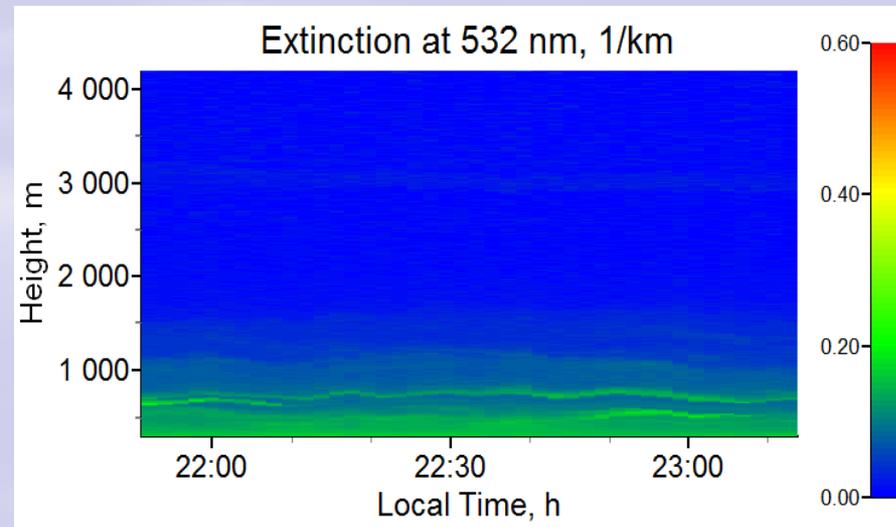
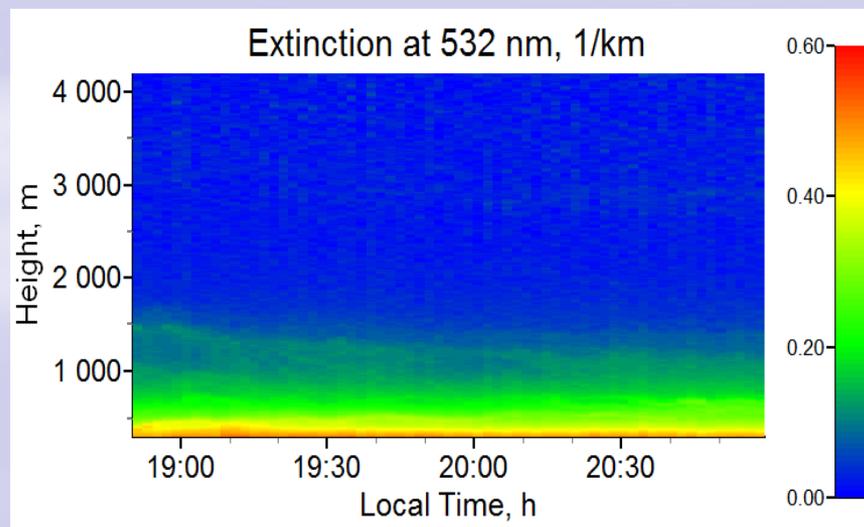
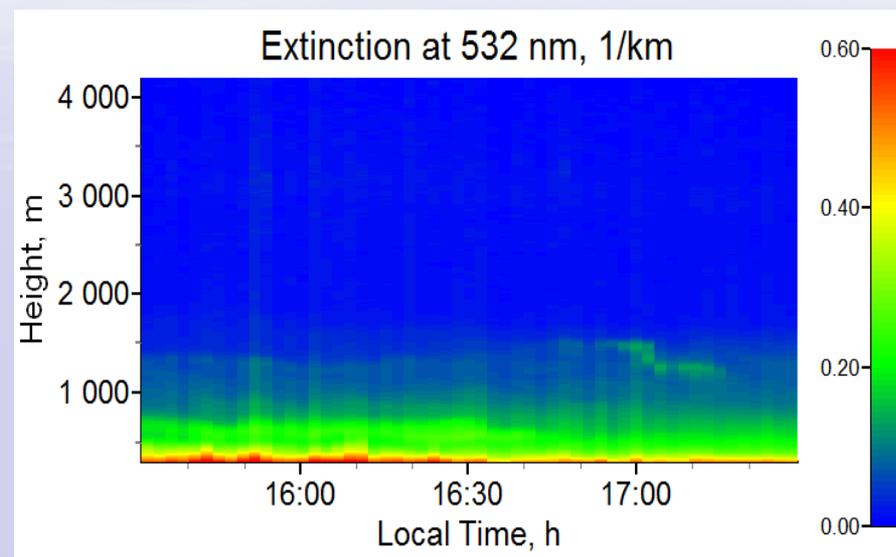
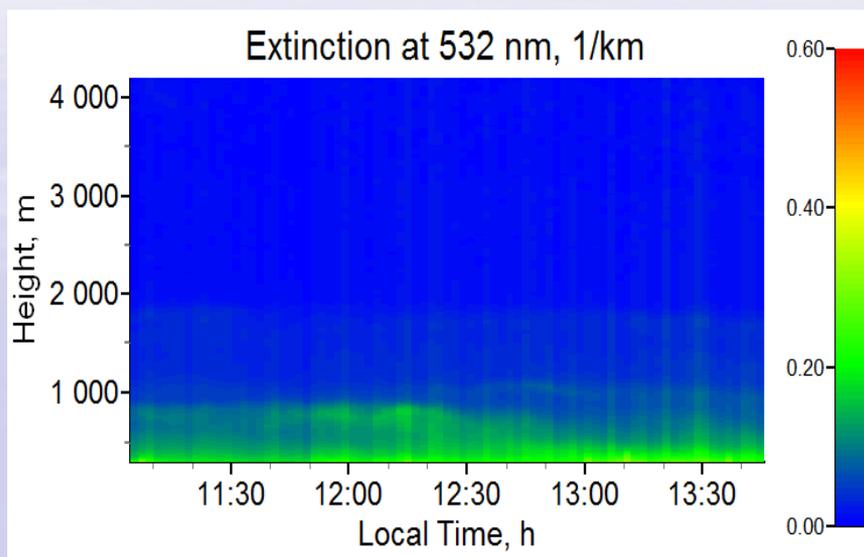
Регистрация деполяризации в канале 355 нм

Расстояние зондирования от 300 м до 25 км

Вариации вертикального профиля коэффициента ослабления (км^{-1}) в 4 временных интервала от 11:00 до 23:30ч местного времени 5 марта 2015, 355нм



Вариации вертикального профиля коэффициента ослабления (км^{-1}) в 4 временных интервала от 11:00 до 23:30ч местного времени 5 марта 2015, 532nm



Аэрозольная оптическая толщина, усредненные по
временным интервалам: 1 – 11:00-14:00, 2 – 15:30-17:30,
3 – 18:45-21:00 и 4 – 21:45-23:30 из лидарного
зондирования и ближайших станций AERONET

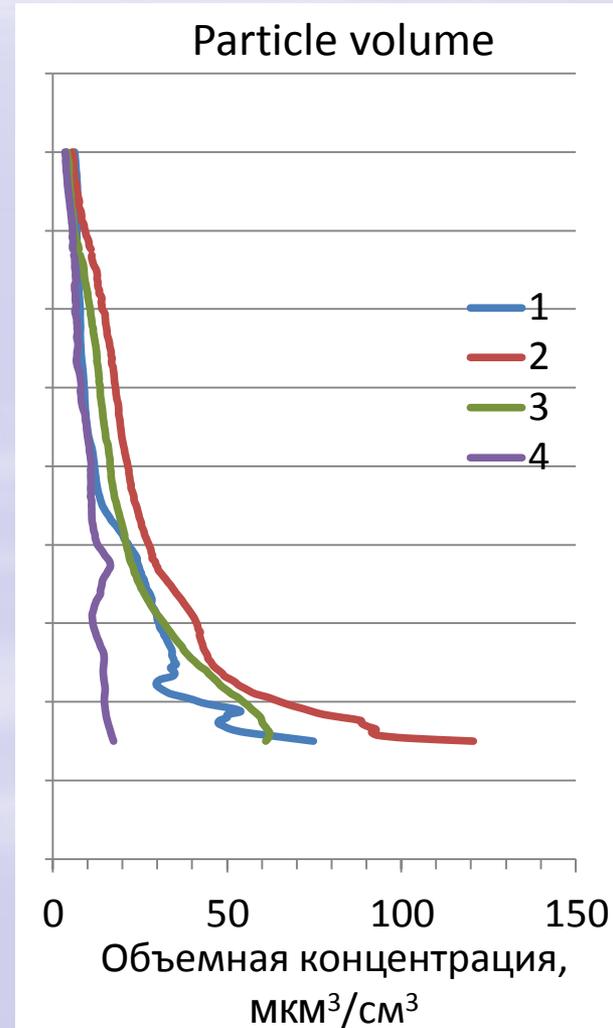
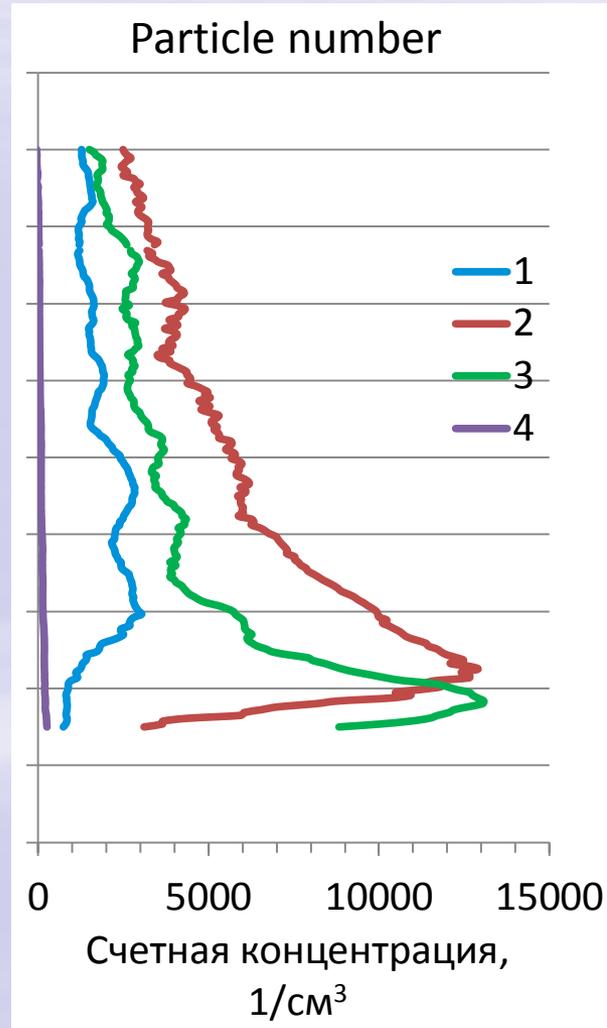
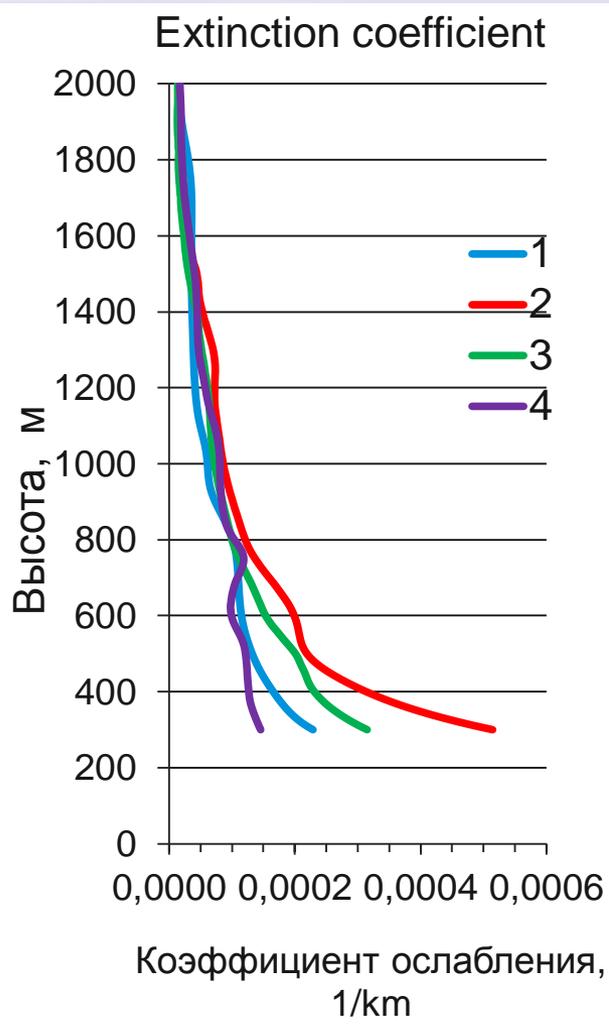
Длина волны, нм	340	355	440	500	532	1020	1064
Период времени							
Лидар, 11:00-14:00		0,129			0,167		0,022
Лидар, 15:30-17:30		0,302			0,182		0,033
Лидар, 18:45-21:00		0,247			0,147		0,021
Лидар, 21:45-23:30		0,113			0,119		0,014
AERONET, Tørvære (262)							
5 марта, 2015	0,339		0,296	0,246		0,199	
6 марта, 2015	0,574		0,555	0,561		0,563	
AERONET, Kuopio (357)							
9 марта, 2015	0,051		0,043	0,039		0,028	
18 марта, 2015	0,367		0,324	0,301		0,270	
AERONET, Helsinki (300)							
12 марта, 2015	0,028		0,024	0,021		0,014	
18 марта, 2015	0,215		0,174	0,154		0,115	
AERONET, Moscow (637)							
6 марта, 2015	0,405		0,337	0,298		0,170	

Вертикальные профили коэффициента ослабления (а), счетной (b) и объемной (с) концентрации, усредненные по 4 интервалам времени: 1 – 11:00-14:00, 2 – 15:30-17:30, 3 – 18:45-21:00 и 4 – 21:45-23:30

a)

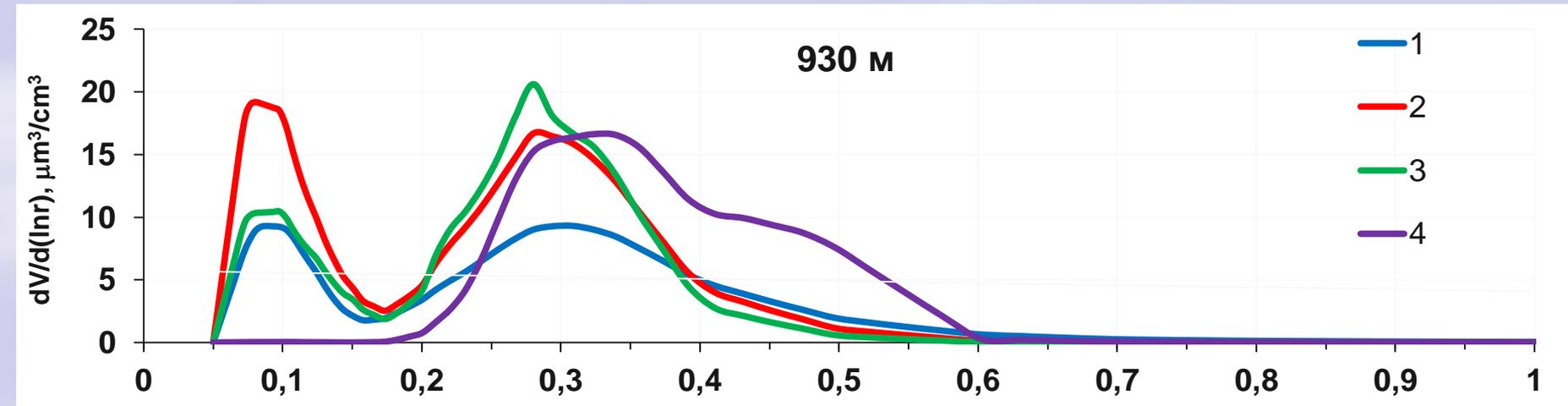
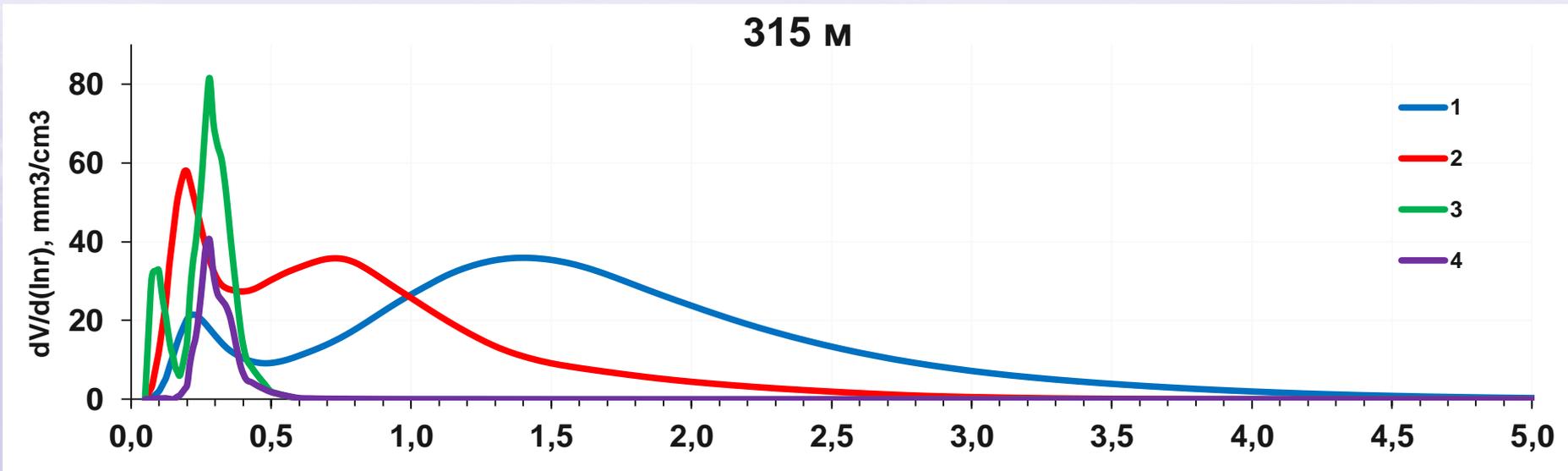
b)

c)



Объемное распределение частиц по размерам на высоте 315 и 930 м

1 – 11:00-14:00, 2 – 15:30-17:30, 3 – 18:45-21:00 and 4 – 21:45-23:30



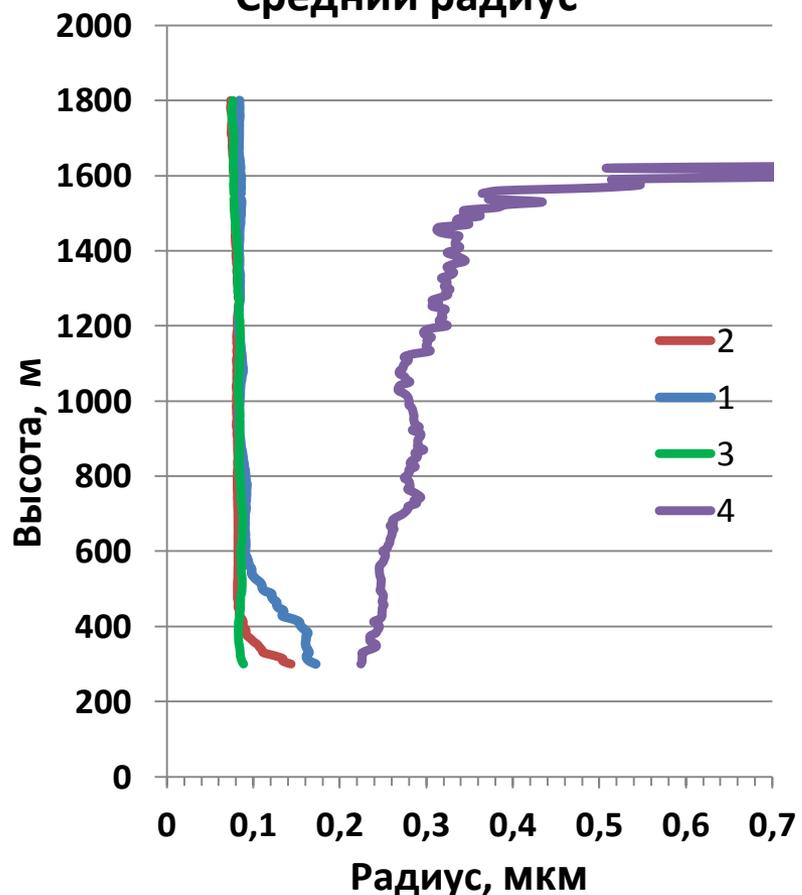
Вертикальный профиль *среднего и эффективного* радиусов частиц в 4 интервала времени:

1 – 11:00-14:00, 2 – 15:30-17:30, 3 – 18:45-21:00, 4 – 21:45-23:30

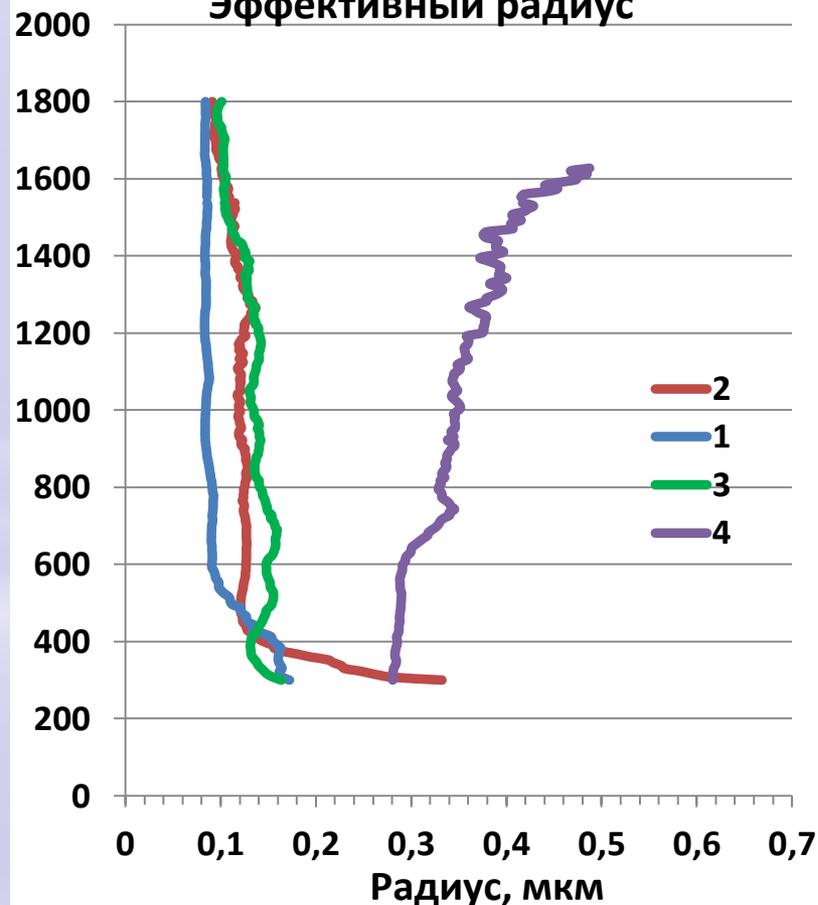
$$r = \int_0^{\infty} r n(r) dr$$

$$r_{eff} = \int_0^{\infty} r^3 n(r) dr / \int_0^{\infty} r^2 n(r) dr$$

Средний радиус

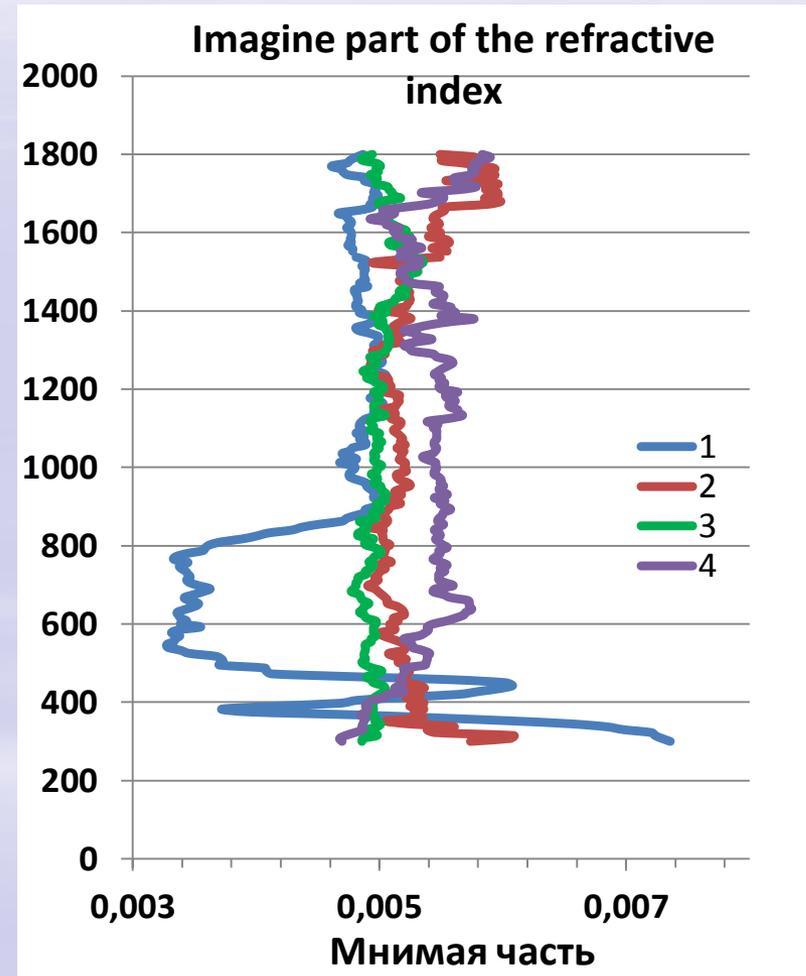
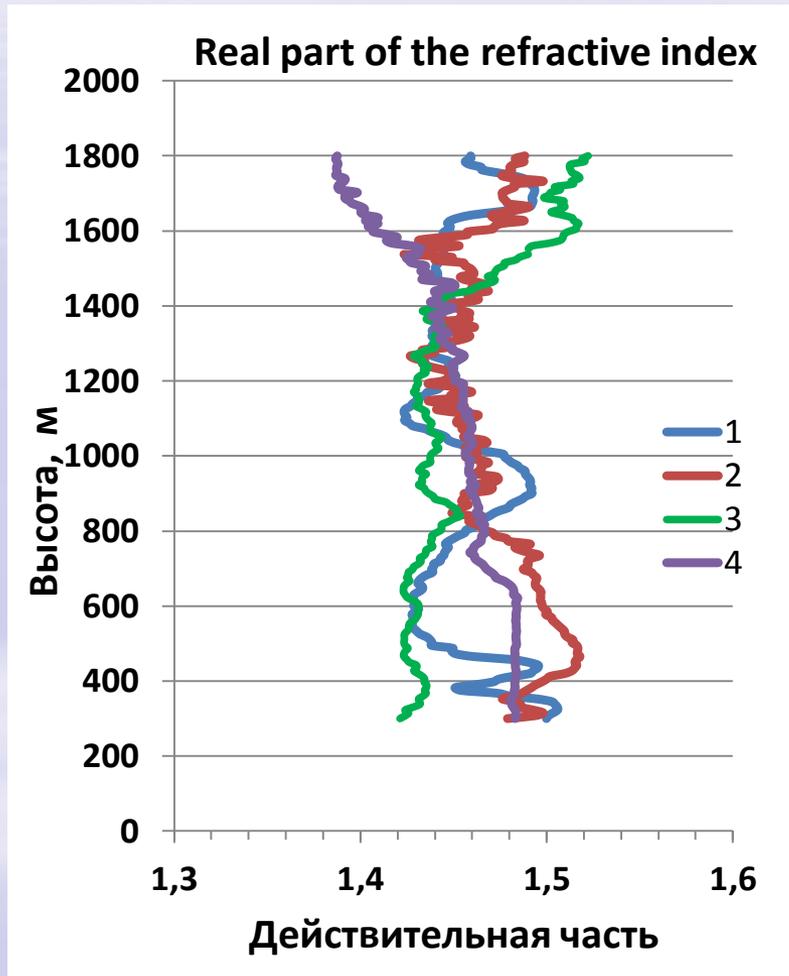


Эффективный радиус



Вертикальные профили действительной и мнимой частей показателя преломления в 4 интервала времени:

1 – 11:00-14:00, 2 – 15:30-17:30, 3 – 18:45-21:00 and 4 – 21:45-23:30



Оптическая модель для расчетов радиации

Моменты времени	λ , нм	Aeros scat	Scat Sum	TAU aer	Rayl scatt	Mol abs	TAU sum	SSA	g	A_s
Среднее	355	0,12	0,72	0,1285	0,60	0,001	0,730	0,9870	0,70	0,7
Среднее	532	0,16	0,27	0,1635	0,11	0	0,277	0,9761	0,65	0,7
Среднее	1064	0,02	0,07	0,0216	0,05	0	0,072	0,9777	0,60	0,7
1	355	0,10	0,70	0,1285	0,60	0,001	0,730	0,9596	0,70	0,7
1	532	0,14	0,25	0,1666	0,11	0	0,277	0,9038	0,65	0,7
2	355	0,20	0,80	0,3020	0,60	0,001	0,903	0,8859	0,70	0,7
2	532	0,11	0,22	0,1824	0,11	0	0,292	0,8949	0,65	0,7
3	355	0,20	0,80	0,2470	0,60	0,001	0,848	0,9434	0,70	0,7
3	532	0,12	0,23	0,1470	0,11	0	0,257	0,9326	0,65	0,7
4	355	0,10	0,70	0,1134	0,60	0,001	0,714	0,9798	0,70	0,7
4	532	0,10	0,21	0,1187	0,11	0	0,229	0,9182	0,65	0,7

Радиационные характеристики

	λ , нм	F \uparrow	F \downarrow	dR									
		1: 65°			2: 70°			3: 75°			4: 80°		
Эдд однор	355	0,67	0,78	0,01	0,53	0,58	0,03	0,65	0,61	0,02	0,76	0,61	0,01
	532	0,65	0,87	0,01	0,64	0,82	0,01	0,68	0,80	0,01	0,68	0,73	0,01
МК однор	355	0,66	0,68	0,01	0,54	0,43	0,03	0,60	0,43	0,03	0,72	0,47	0,01
	532	0,58	0,80	0,02	0,52	0,63	0,03	0,57	0,63	0,02	0,63	0,58	0,01
МК неодн	355	0,68	0,68	0,01	0,62	0,44	0,03	0,67	0,45	0,02	0,78	0,47	0,01
	532	0,59	0,80	0,01	0,54	0,63	0,03	0,59	0,63	0,02	0,64	0,60	0,02
Без аэрозоля													
Эдд	355	0,74	0,87	0,01	0,75	0,82	0,01	0,77	0,76	0,01	0,80	0,66	0,01
	532	0,71	0,97	0	0,72	0,95	0	0,63	0,93	0	0,74	0,88	0
МК	355	0,66	0,80	0,01	0,78	0,73	0,01	0,80	0,66	0,01	0,83	0,57	0,01
	532	0,71	0,96	0	0,71	0,93	0	0,73	0,90	0	0,75	0,83	0

Изменения локального спектрального мгновенного аэрозольного форсинга в течение дня

$$f_{top} = F_{aer} - F_{pur},$$

$$f_{base} = (1 - A)(F_{aer} - F_{pur}),$$

$$f_{atm} = f_{top} - f_{base}$$

λ , нм	f_{top}	f_{base}	f_{atm}										
θ	1: 65°			2: 70°			3: 75°			4: 80°			
Edd одн	355	-25,4	-12,7	12,7	-99,2	-82,1	17,1	-31,1	-10,4	20,7	-7,0	-10,4	3,5
	532	-45,4	-22,7	22,7	-42,9	-85,7	42,9	-27,8	-18,5	46,4	-18,7	-46,7	28,0
МС одн	355	-1,27	-14,8	16,1	-81,9	-31,4	50,6	-51,7	-18,45	33,3	-18,9	-5,0	13,9
	532	-81,0	-121,2	25,9	-68,2	-186,7	65,1	-73,0	-121,36	48,3	-37,9	-75,5	37,6
МС не одн	355	-8,07	-14,7	6,63	-54,4	-30,3	24,1	-33,0	-54,3	21,3	-8,86	-18,1	9,2
	532	-92,2	-120,8	28,1	-108,5	-186,9	78,4	-63,4	-124,9	61,5	-32,7	-71,3	38,5

Суточный аэрозольный форсинг, Вт/м²

λ , нм	355	532	1064	Интегр
f_{top}	-1,62	-0,48	-0,14	-1,3
f_{base}	-3,81	-12,4	-0,88	-5,0
f_{atm}	2,23	11,9	0,74	7,5

Скорость нагревания коротковолновой радиацией:

$$\left(\frac{dT}{dt} \right)_p = \frac{S_\lambda}{rC_p} \frac{dR}{dz} = 0,3 \text{ град / час}$$

$S_\lambda = 1380 \text{ Вт/м}^2$ – поток на верхней границе атмосферы в коротковолновом диапазоне (0,3–1,0 мкм);

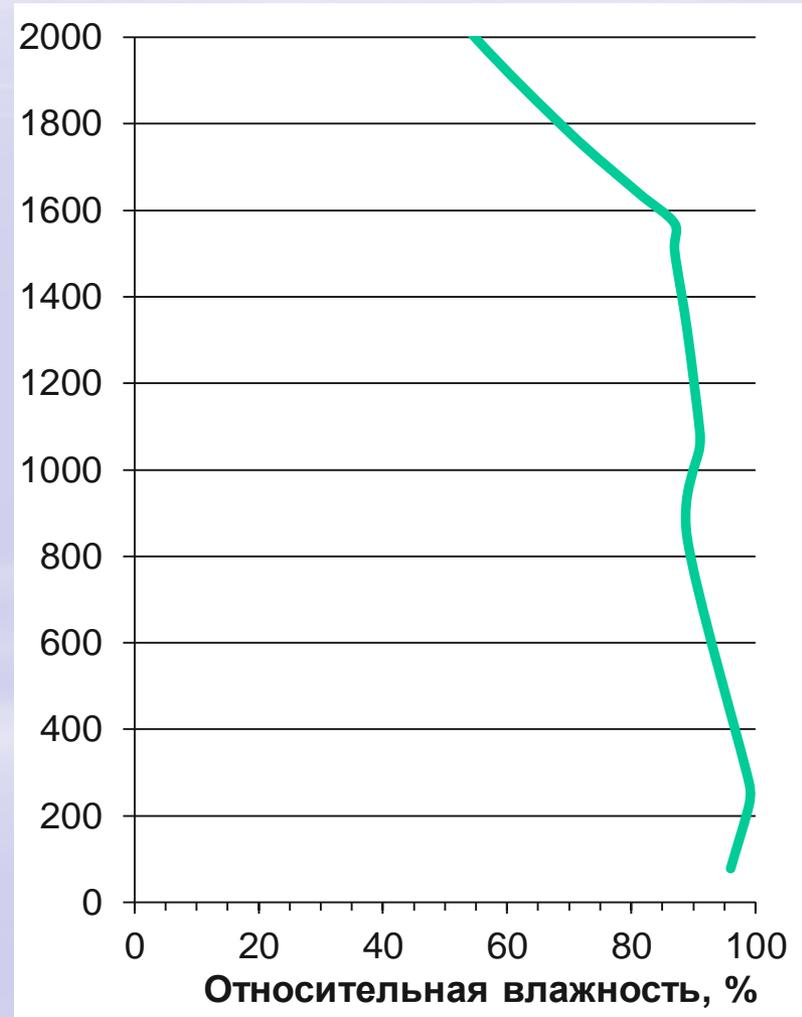
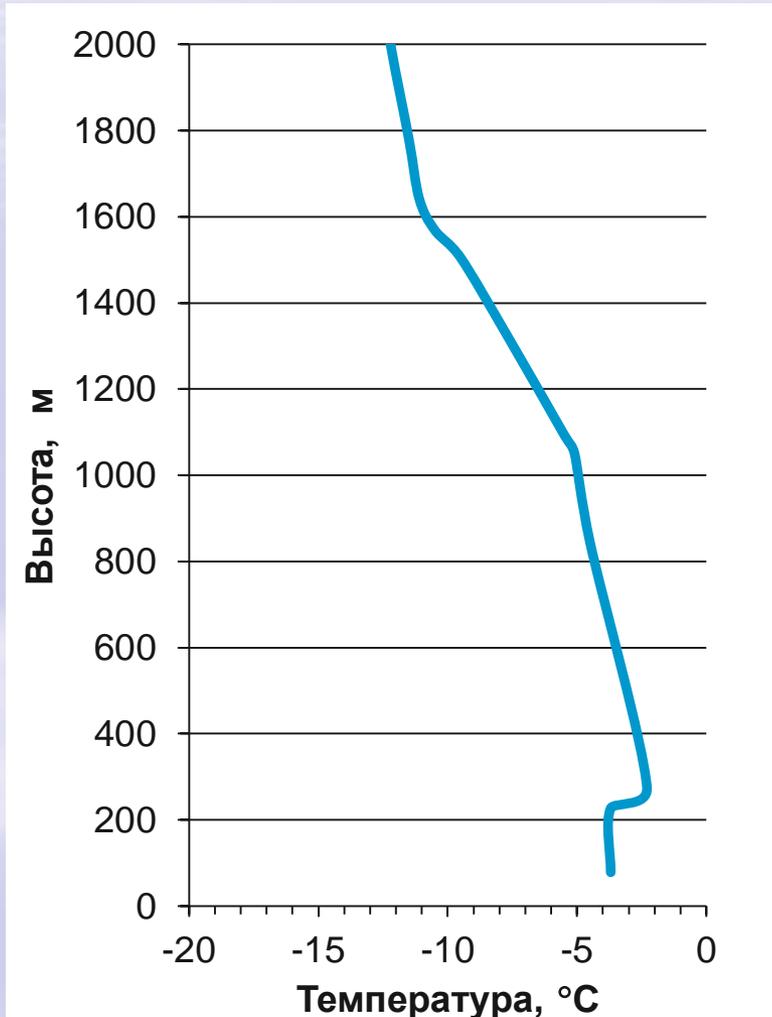
$r = 1 \text{ кг/м}^3$ – плотность воздуха на уровне 800 мбар;

$C_p = 1005 \text{ Дж/(кг град)}$ – Удельная теплоемкость сухого воздуха при нормальном давлении

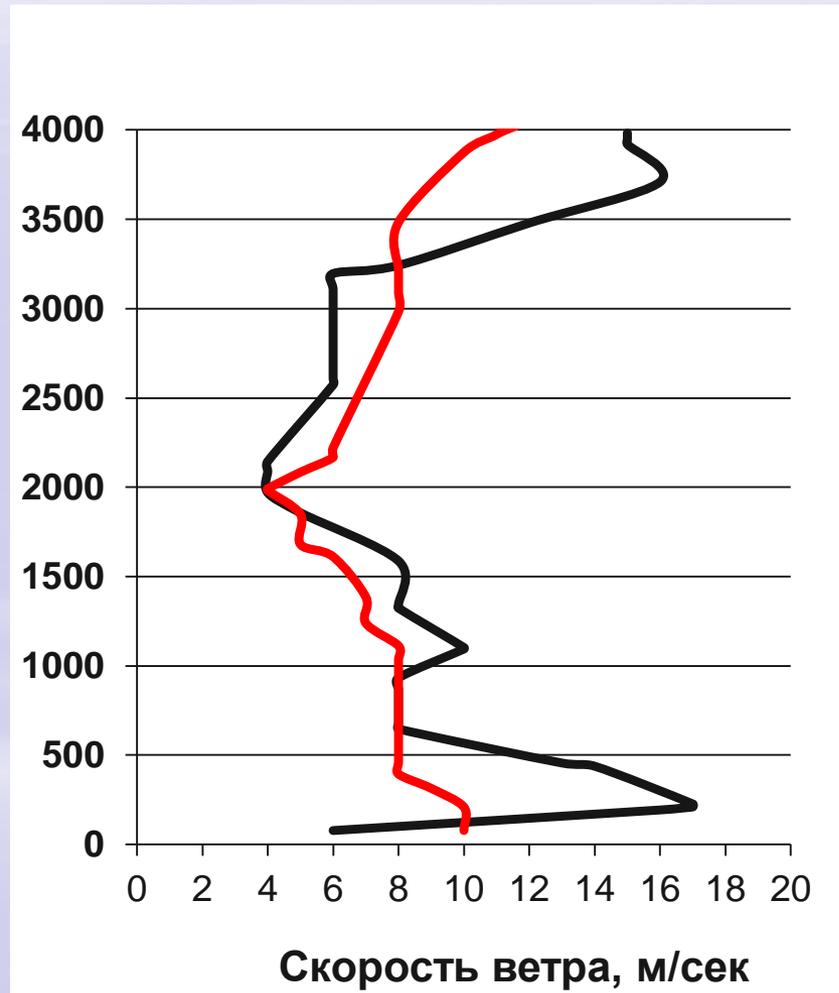
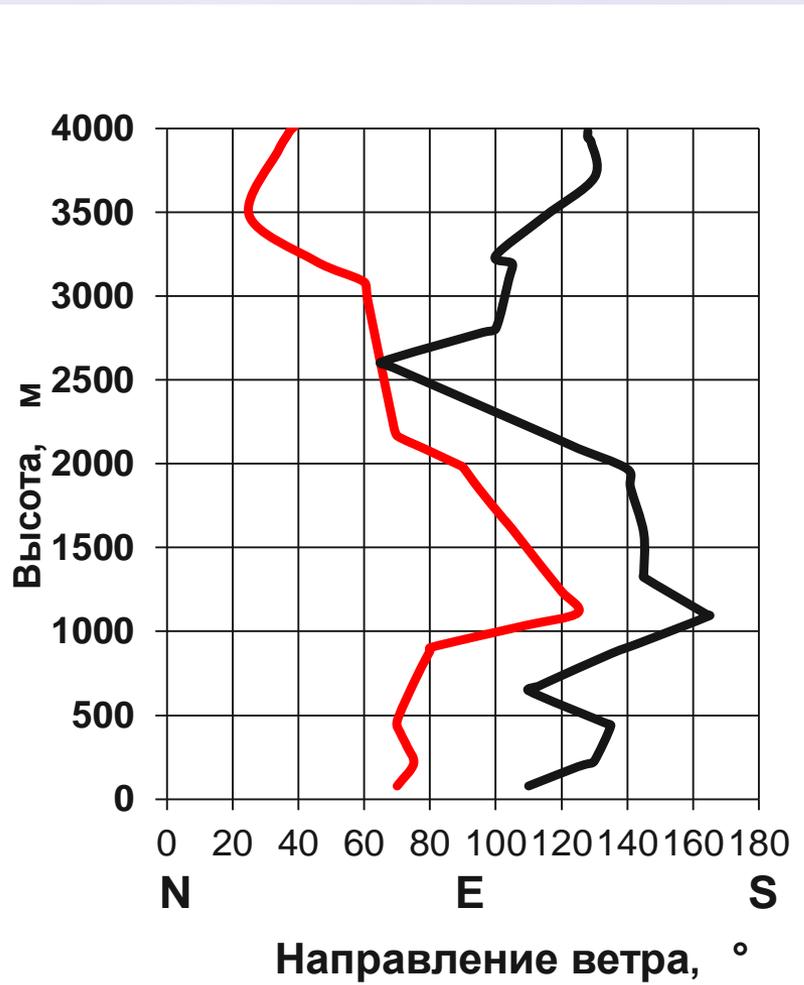
$dz = 2000 \text{ м}$

Вертикальные профили аэрологические измерения в п. Воейково 5 марта 2015

температуры и влажности



Вертикальные профили характеристик ветра: направление и скорость День (красная линия), ночь (черная линия)



Заключение

1. Шапка загрязнений более плотная в дневное время с максимумом в 17 часов
2. В рассматриваемую дату не выявлено влияния температурной стратификации на содержание аэрозолей
3. На высотах 1600 и 2700 м заметны максимумы содержания аэрозолей и действительной части показателя преломления, которые м, б, связаны с поворотом ветра с Юго-Восточного на Северо-Восточный ($20^\circ \rightarrow 40^\circ$)
4. Данные лидарных наблюдений обеспечивают расчет радиационных характеристик для неоднородной атмосферы, которые дают результат отличающийся от расчетов для однородной атмосферы

СПАСИБО
за внимание !