

Experimental and numerical study of ‘gas-to-particle’
conversion in the emission plume from mining and
metallurgical production in the polar atmosphere
based on the aircraft sampling

Denis V. Simonenkov, Boris D. Belan

V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS, Tomsk

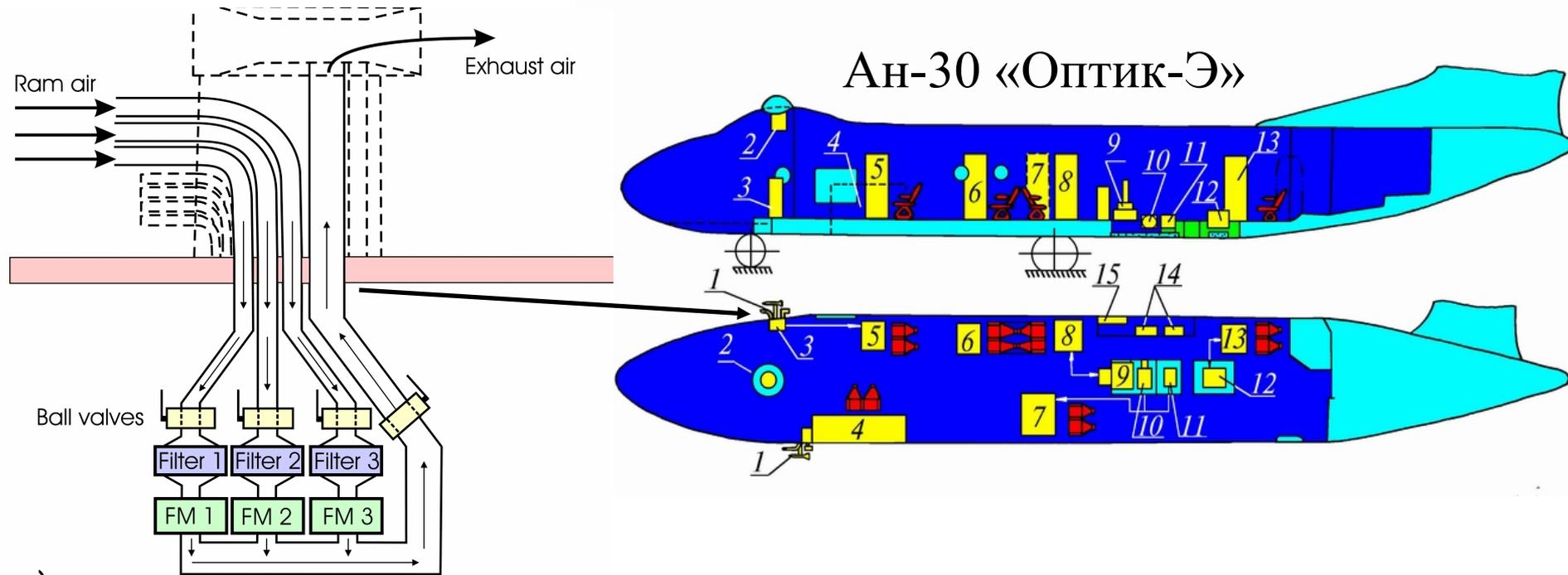
Vladimir F. Raputa

*Institute of Computational Mathematics and Mathematical
Geophysics, Novosibirsk*

Tatyana V. Yaroslavtseva

*Novosibirsk Scientific Research Institute of Hygiene of Federal
Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and
Human Wellbeing*

The complex sounding of atmosphere over Norilsk industrial region to evaluate a degree and character of its influence on air basin quality has been performed on November 2002. Main measurements were carried out by means of Antonov-30 airborne-laboratory.



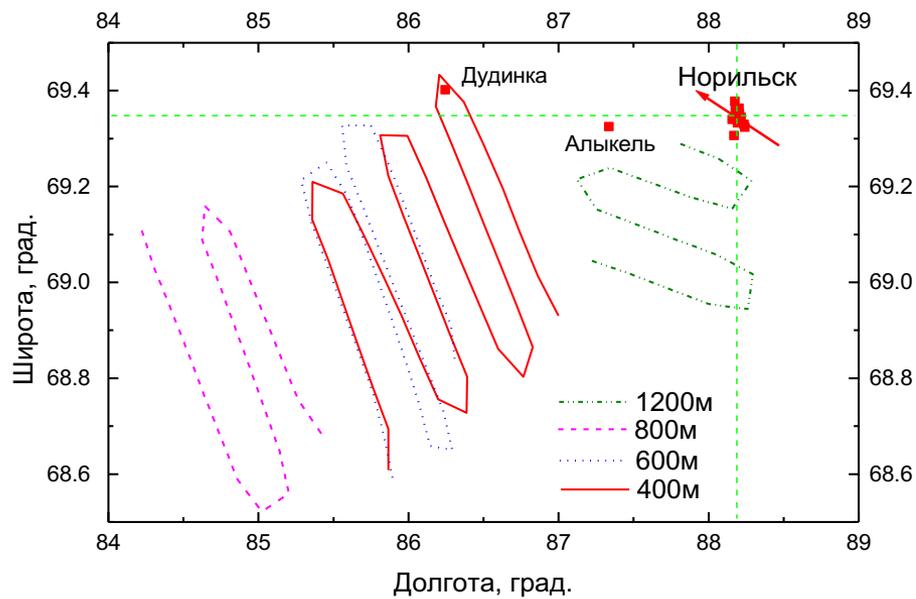
Aircraft-Laboratory "Optic-E" based on "Antonov-30" includes air intake and air sampler for aerosol sampling on Petryanov's filters with particle counters AZ-5 (12 canals in 0.4->10 μm range), disposed under them.

Detection thresholds of the methods used for analysis of the atmospheric aerosol sampled on Petryanov's filters (ΑΦΑ-ΧΠ-20)

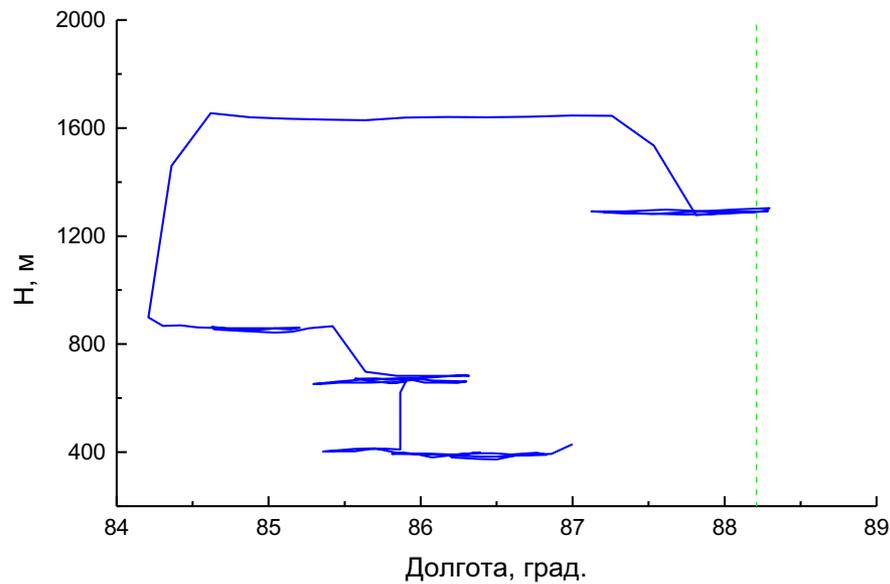
Components	Method for determination	DTh, $\mu\text{g}/\text{filter}$	Error, %
Al, Co, Cr, Mo, Ni, Ti, Zn, B, Si	Atomic emission spectroscopy (AES)	0,02	20
Ag, Ba, Cu, Pb, Sn, V, Mg, Mn		0,01	20
Fe, Ga, W		0,1-0,05	20
Ca, Cd		0,2-0,1	20
In		0,002	20
Na^+ , K^+	Atomic absorption	0,20-0,10	10
Cl^-	Ion chromatography	0,20-0,10	10
SO_4^{2-}		2,00-0,60	15
NO_3^-		0,60	10
F^- , NH_4^+ , NO_3^-	Ionometry	0,20	10

The sounding and sampling in the plumes

a)

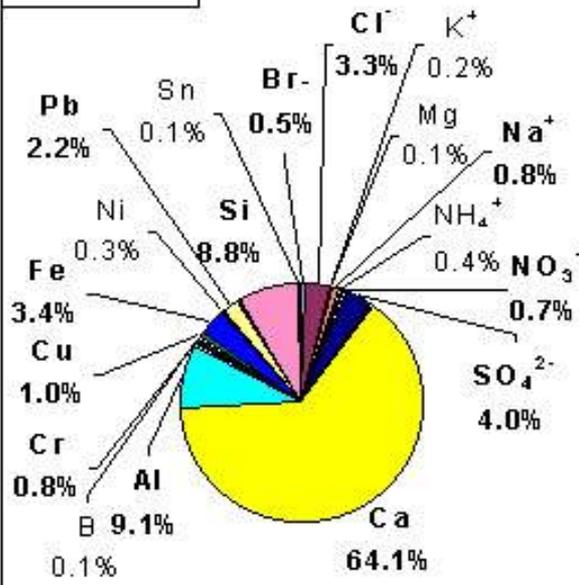


b)

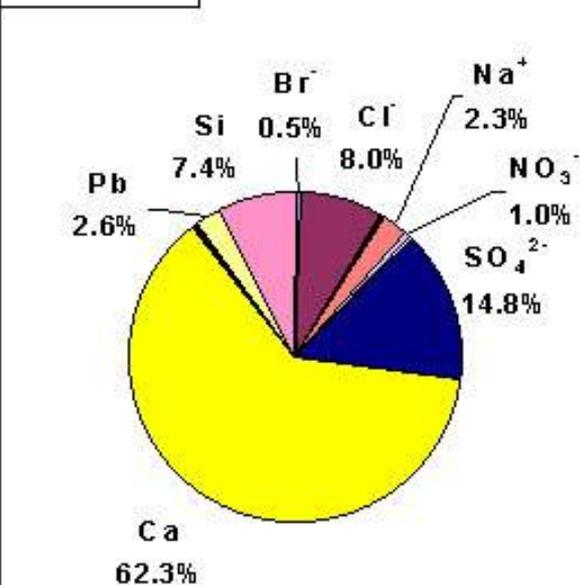


10 November 2002

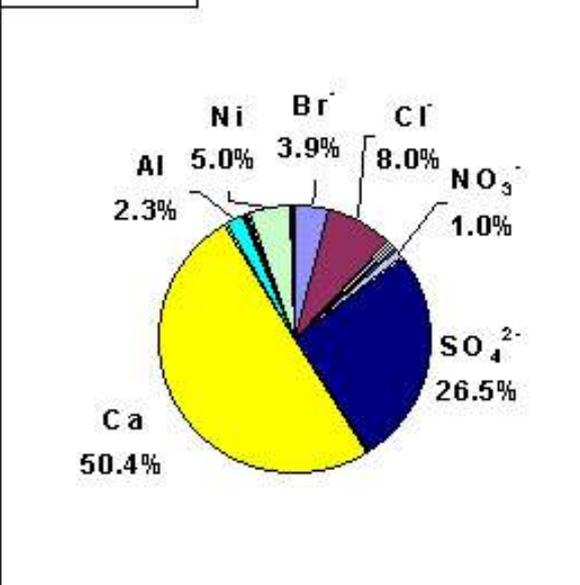
L = 58 KM



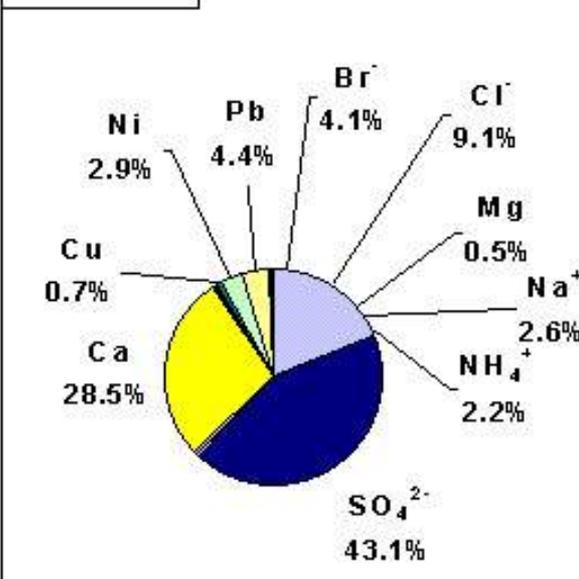
L = 65 KM



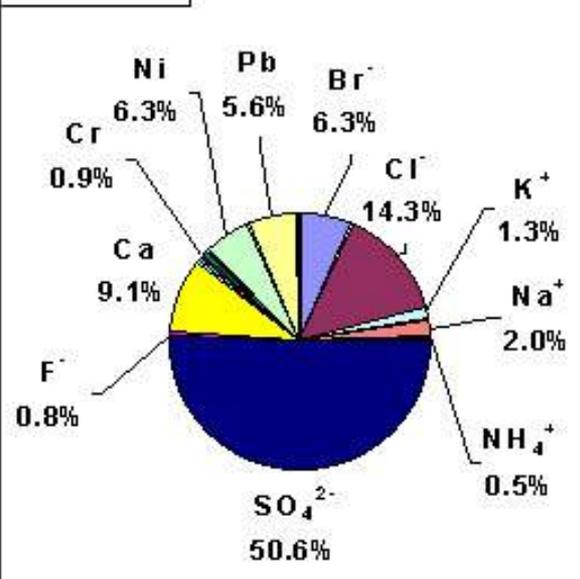
L = 73 KM



L = 82 KM

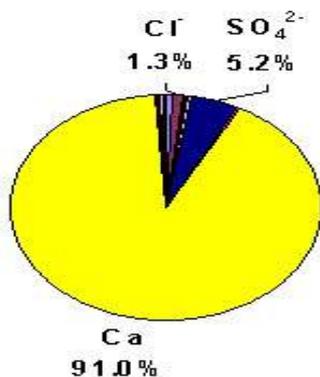


L = 92 KM

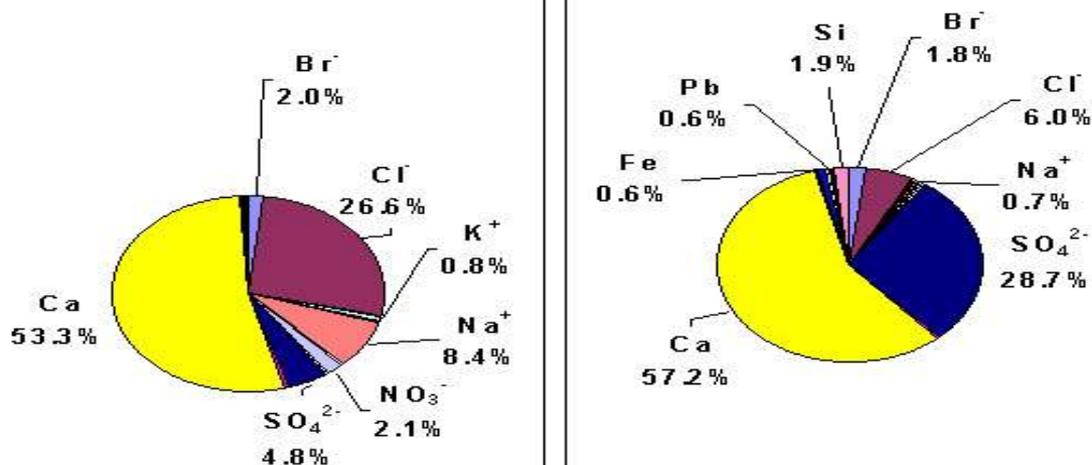


Relative chemical composition of aerosol matter into plume on height 400m, L – distance from source (km)

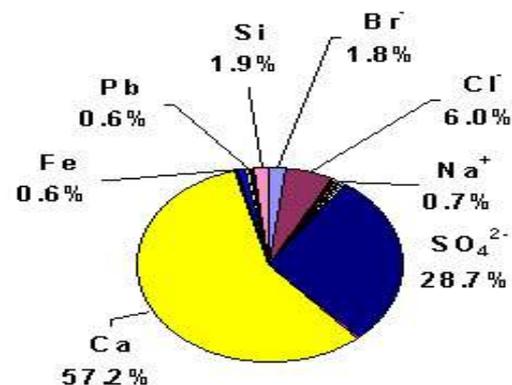
L = 81 км



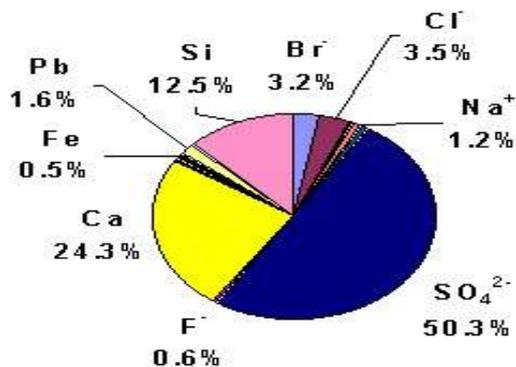
L = 90 км



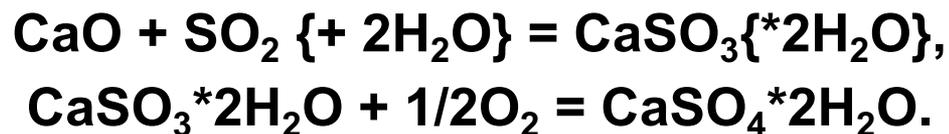
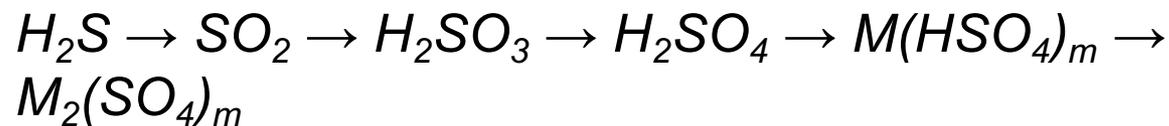
L = 93 км



L = 103 км



The same on height 600 m



Models for regional pollution estimation

A description of the fields of pollutant concentrations in atmosphere at significant distances from sources allows essential simplifications. Experimental and theoretical investigations show that the distribution of pollutant concentrations equalizes throughout the height beginning from distances of about 7–10 km from the source located in the boundary atmospheric layer. At such distances, the influence of some parameters, such as the source height, aerosol particle deposition rate, coefficient of vertical turbulent exchange, etc., becomes insignificant.

$$Q(x, y, z) = \frac{M}{\sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 + (z - z_0)^2}} \quad (1)$$

$$Q = M/2 uH, \quad M = \sum_S m(x, y) d d \quad (2)$$

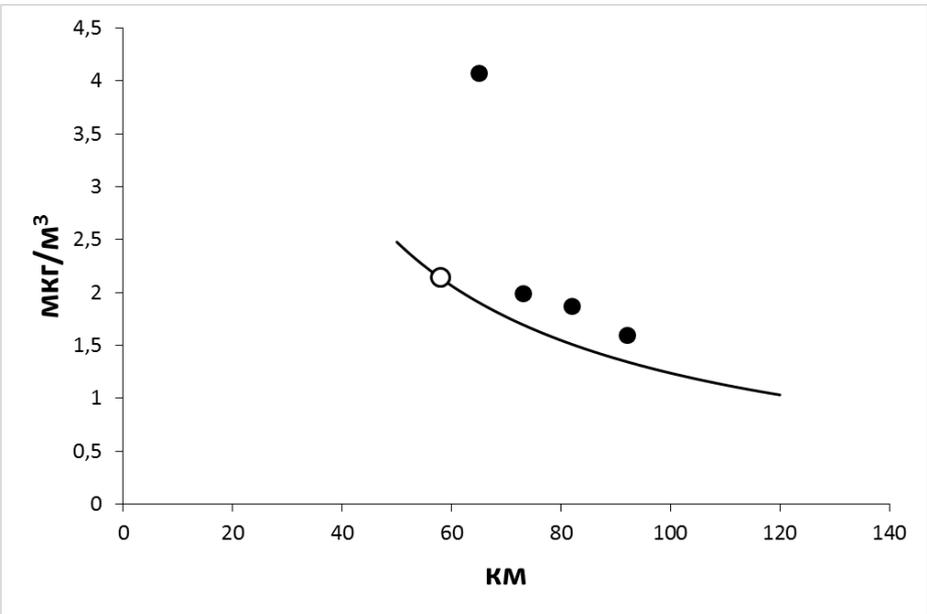
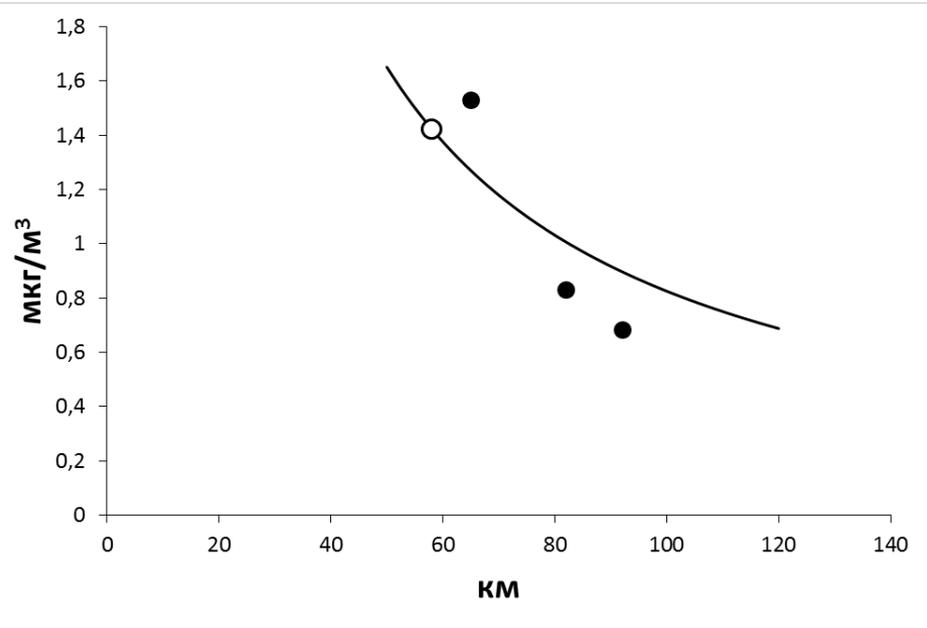
где M – суммарное поступление примеси с территории S , m – эмиссия примеси из точки, принадлежащей S , u и H – средняя скорость ветра и высота слоя перемешивания. Предполагается, что точка (x, y) удалена от S на расстояние более 7-10 км. Функция m , как правило, неизвестна.*

*Raputa V.F., Ol'kin S.E., Reznikova I.K. Numerical analysis of observation data of regional pollution of an area source // Atmos. Oceanic Opt. Vol. 21 (2008), No. 6, pp. 486-489.

Модели оценивания полей концентраций в шлейфе выброса

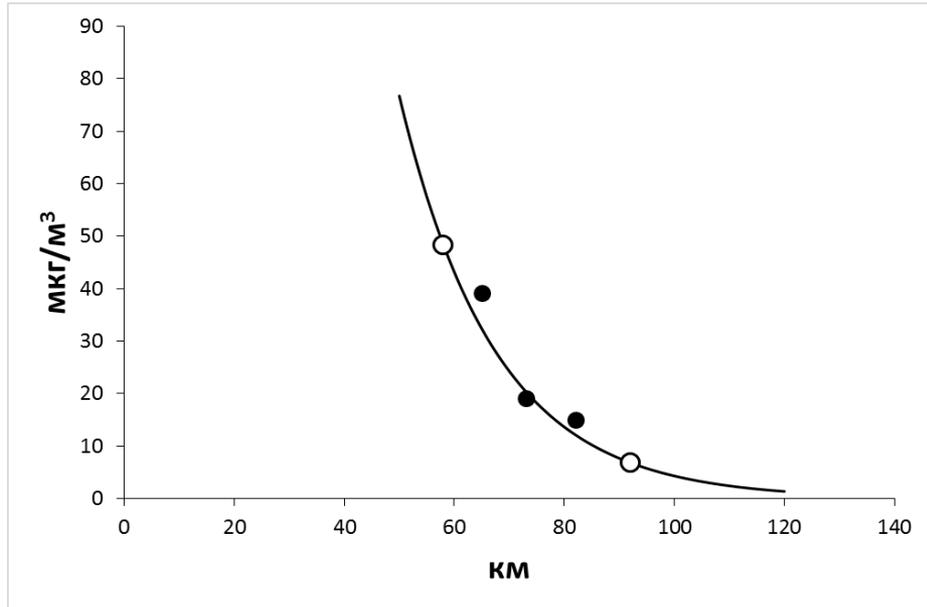
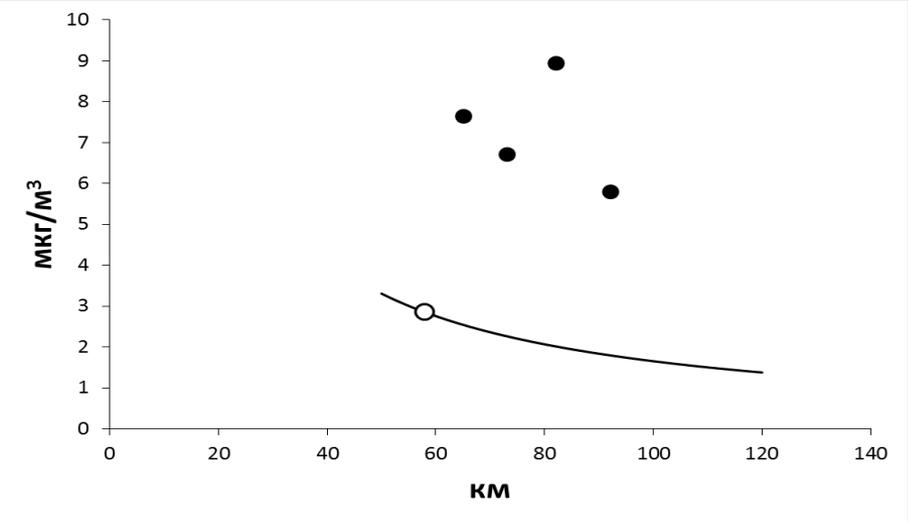
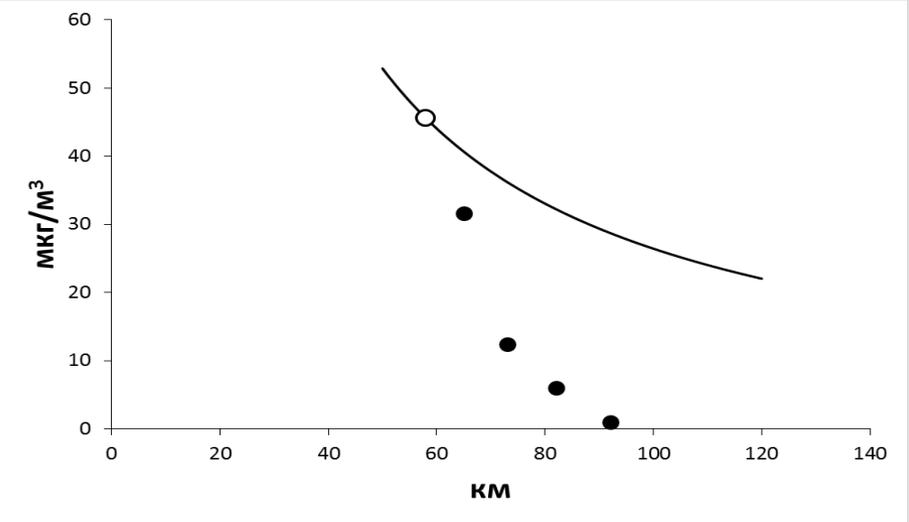
Для оценивания концентрации в шлейфе активной примеси использовалась простая двухпараметрическая зависимость (3):

$$C(r, \vec{r}) = C_1 \exp(-C_2 r)$$



Измеренная и восстановленная концентрация свинца (а) и хлоридов (б) в шлейфе выброса. ○, ● - опорные и контрольные точки измерений

Измеренная и восстановленная по модели реконструкции (1) концентрация кальция (а), сульфатов (б). Оценка по модели (3) суммарной концентрации кальция и сульфатов в шлейфе выброса (в)



Conclusion

Given the speed of the air transport of the active gas-to-particle transformation observed at a distance of 60-100 km from the emission source, confirms the average estimates times the sulfur dioxide in a real life environment. The polar atmosphere conditions with low humidity of winter, the main route of elimination of SO₂, apparently, is a dry heterogeneous condensation, the main contractor which - calcium oxide, also of industrial origin.

Evaluation of concentration in the plume of these active impurities is well approximated by a two-parameter model transformation.

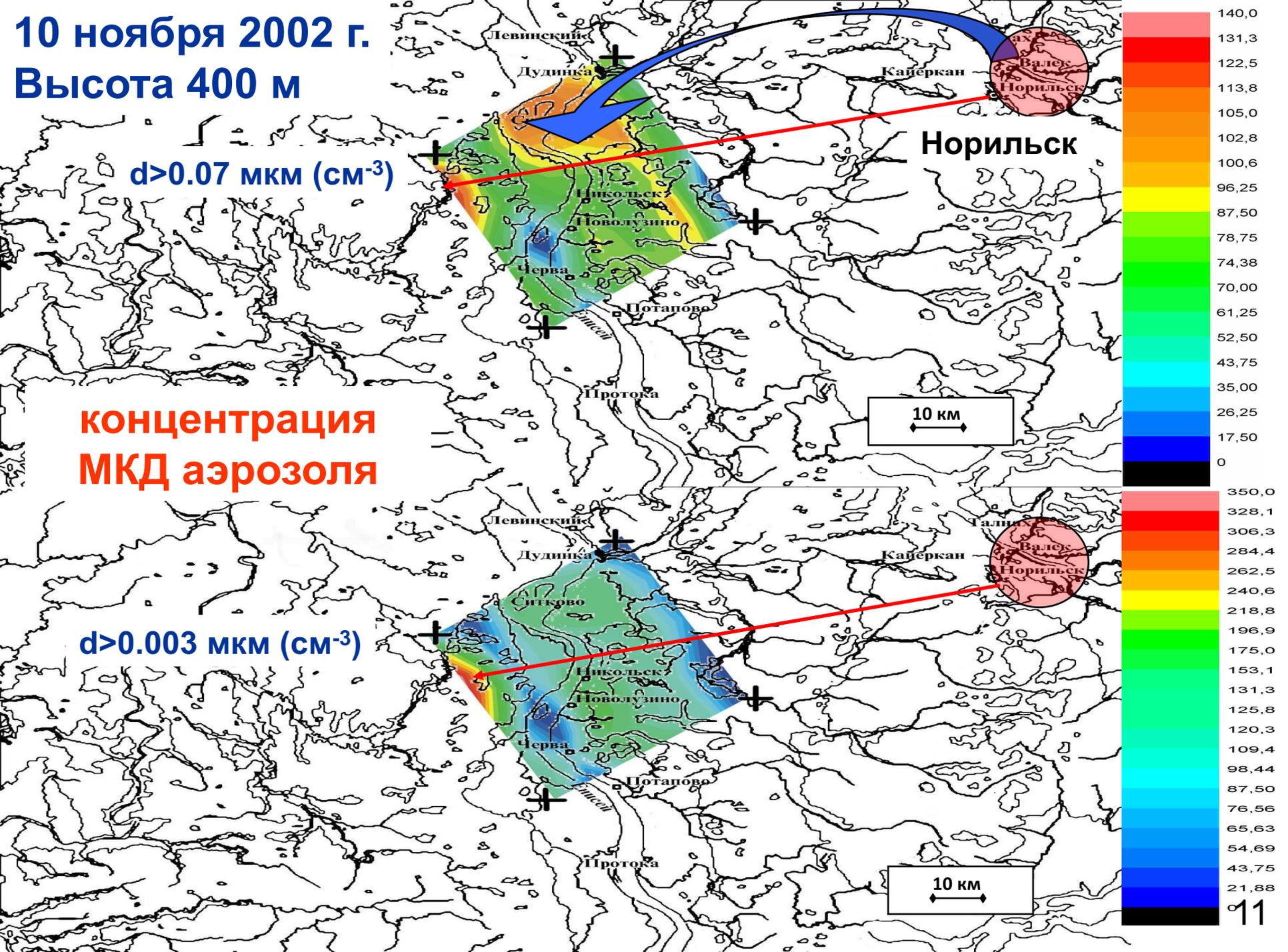
Благодарю за внимание!

10 ноября 2002 г.
Высота 400 м

$d > 0.07 \text{ мкм (см}^{-3}\text{)}$

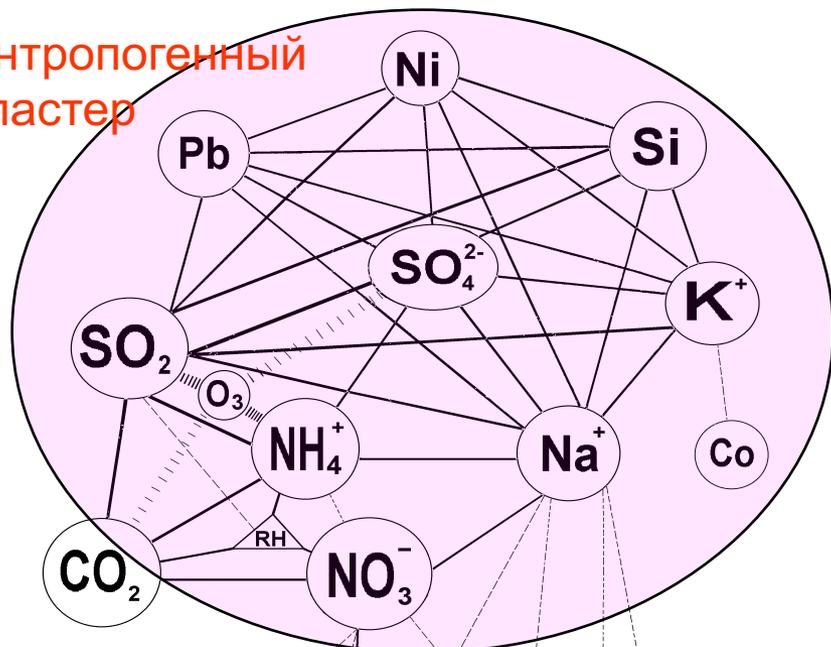
концентрация
МКД аэрозоля

$d > 0.003 \text{ мкм (см}^{-3}\text{)}$

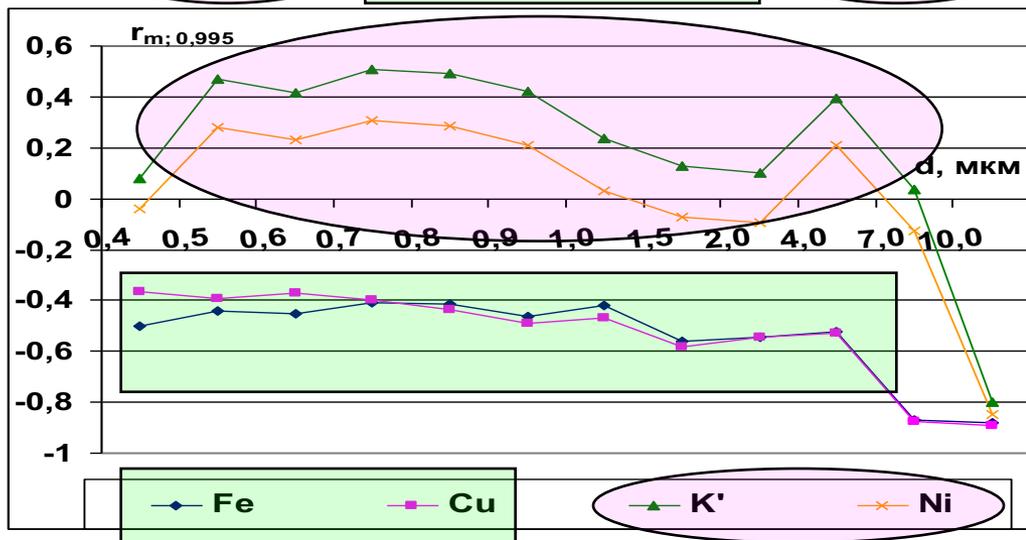
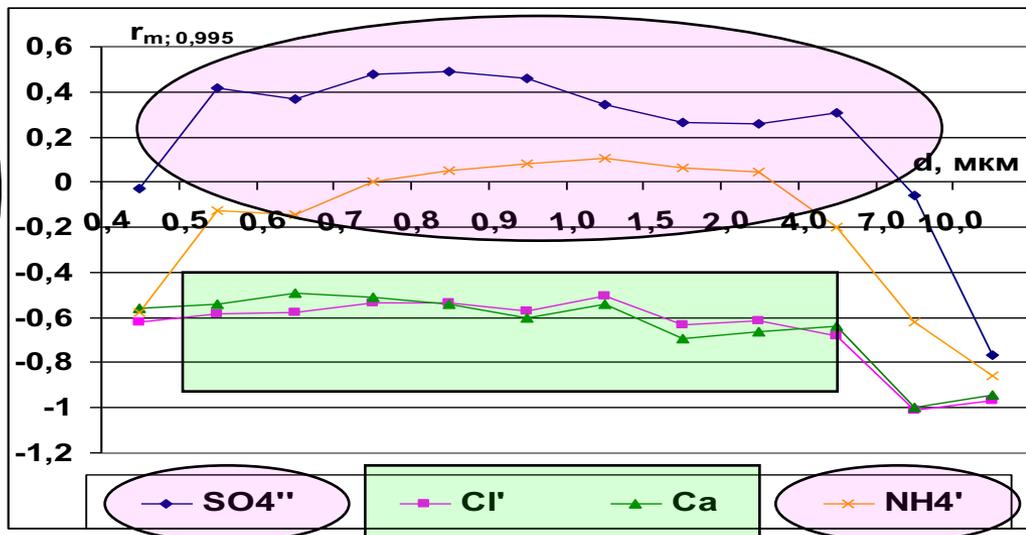


5. Оценка вклада Норильска в атмосферу региона

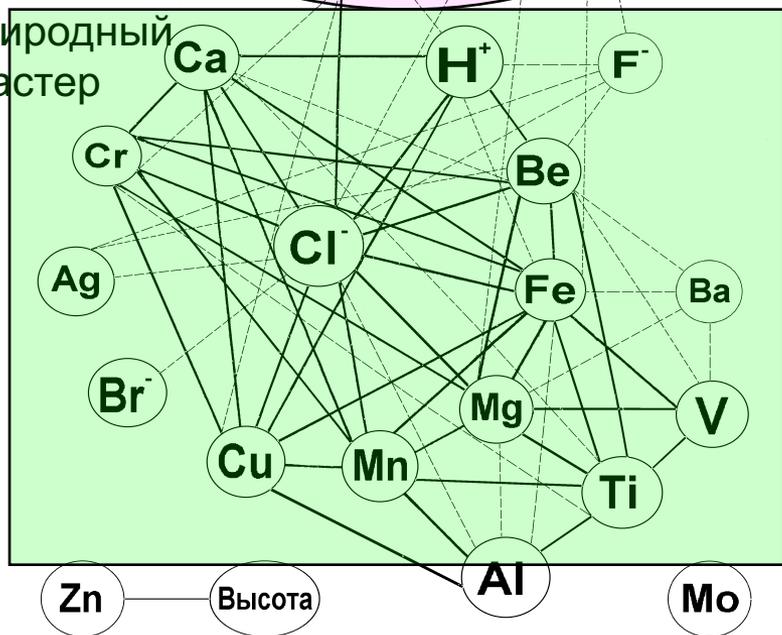
Антропогенный кластер



Значимость корреляции между счётной концентрацией и концентрацией компонентов



Природный кластер



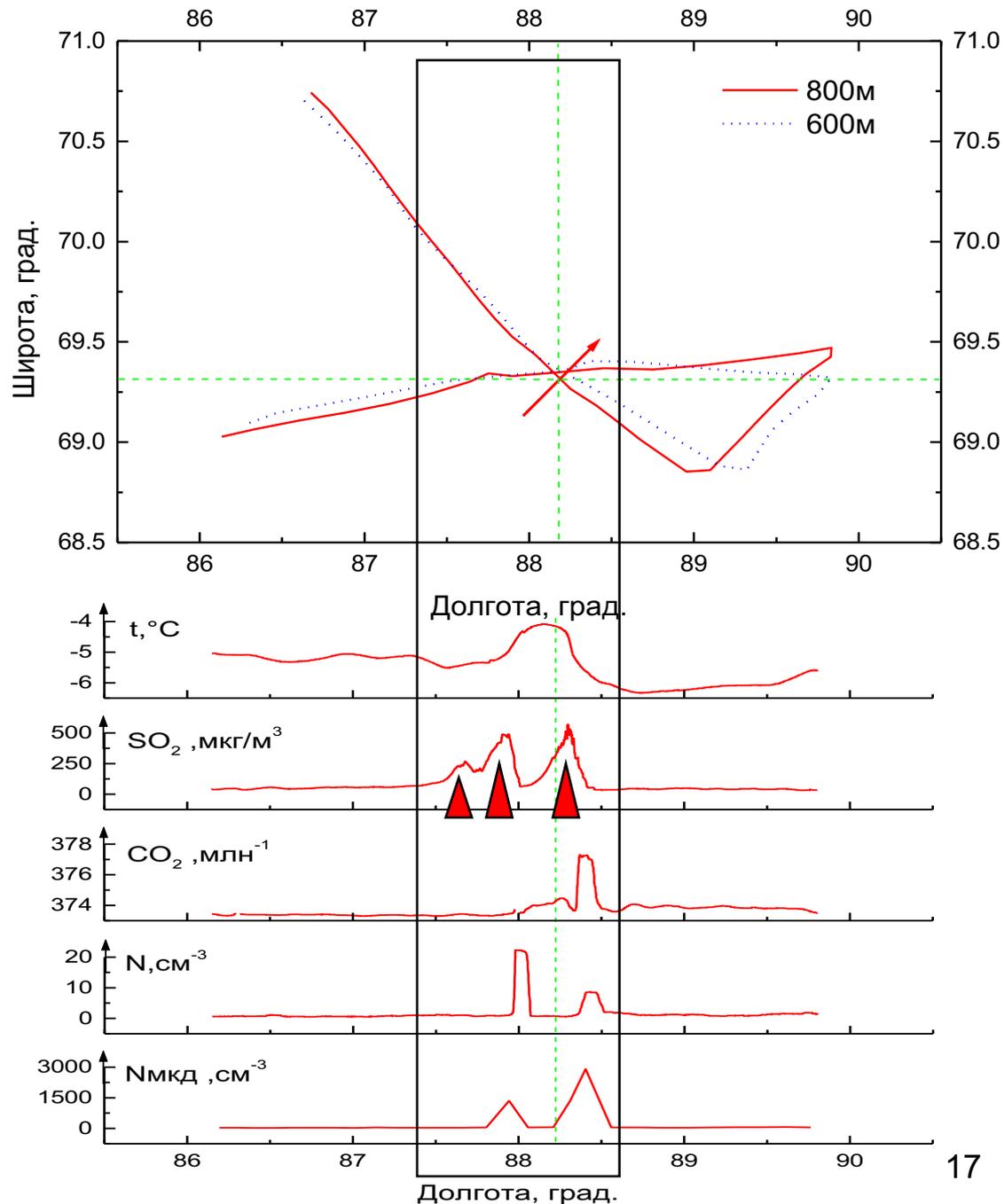
Районы городов, исследованные в 1990-2004 гг. Число отобранных и проанализированных проб АА

Город, регион	Период	Число проб по высотам								
		Н =	2 м	200м	400м	600м	800м	1 км	1,2 км	1,4 км
Павлодар	13-20.03.1990		24	27	29	32	16	16	11	4
Усть-Каменогорск	03-10.04.1990		38	6	42	38	12	11	5	2
Хабаровск	20-30.06.1990		18	40	41	38	21	9	8	6
	10-19.12.1990		16	32	28	31	12	7	6	5
Нижний Тагил	01-06.11.1990		25	28	29	16	7	4	2	2
Комсомольск-на-Амуре	10-19.12.1990		24	12	37	36	19	8	6	4
	28-30.06.1990		18	8	23	18	7	3	-	3
Нижневартовск	19-29.08.1991		37	42	43	48	37	23	8	6
	24.11-03.12.1991		26	32	30	35	27	14	6	5
Киреевск / Томск	30.07-27.08.1997	29/25	-	-	-	-	-	-	-	-
	09.07-25.08.1998	35/40	-	-	-	-	-	-	-	-
	22.10-15.11.1999	9 / 7	-	-	-	-	-	-	-	-
	29.06-27.07.2000	15/15	-	-	-	-	-	-	-	-
	07.03-26.04.2001	41/43	-	-	-	-	-	-	-	-
	06.08-29.08.2002	7 / 7	-	-	-	-	-	-	-	-
Норильск	02-10.11.2002		7	-	7	11	11	3	3	-
	03-14.08.2004		7	-	10	7	3	-	7	5



Определение размеров городской колонки в ходе полёта по схеме «крест» (на примере Норильска, 5/11/2002 г.)

Распределение
температуры воздуха,
концентрации
сернистого ангидрида,
углекислого газа,
счетной концентрации
аэрозоля ($d \geq 0.4$ мкм) и
микродисперсной
фракции ($d \geq 0.003$ мкм)
на высоте 600 метров 5
ноября 2002 г. по
маршруту запад-восток



- В атмосфере Норильского промышленного района центр главного антропогенного кластера занимает сульфат-анион, формирующий связанную с ним и между собой группу элементов Pb, Ni, Si, ионов NH_4^+ , Na^+ , K^+ и его газ-предшественник SO_2 . Компоненты этого главного кластера имеют самые высокие коэффициенты корреляции как с суммарной концентрацией ионов и элементов, так и с большей частью спектра счетной концентрации аэрозоля – от 0,5 до 1,5...7,0 мкм, определяя в целом объемно-массовую концентрацию аэрозоля всего региона. В центре кластера природного аэрозоля находится анион хлора, группирующий вокруг себя компоненты природного происхождения.

2. Прямые отборы в шлейфах промышленных предприятий для исследования состава и объема выбросов промышленных источников.

