

МЕХАНИЗМЫ ИЗМЕНЧИВОСТИ КОНЦЕНТРАЦИИ ПРИЗЕМНОГО ОЗОНА

Oksana Tarasova

Московский Государственный
Университет, Москва, Россия & Max-Planck
Institute for Chemistry, Mainz, Germany



ИСТОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИЗЕМНОГО ОЗОНА

1839 – Кристиан Шенбейн – открытие озона
в приземном слое

1948 – Ари Хааген-Смит – доказал
возможность формирования озона в ф/х
смоге

С 1940 г. Принимаются первые соглашения
по контролю формирования озона в
городском смоге

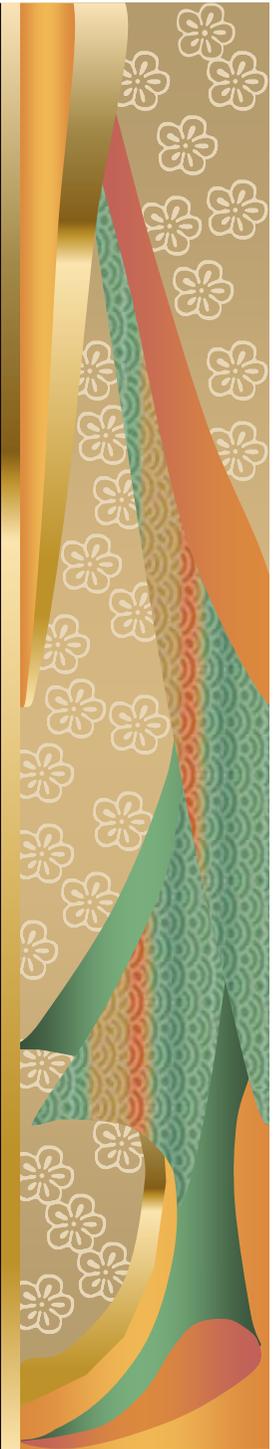
1970-е – массовые поражения людей,
растений и строений в Лос-Анджелесе и
принятие международных нормативных
документов



Los Angeles (July 23, 2000)



Mark Z. Jacobson



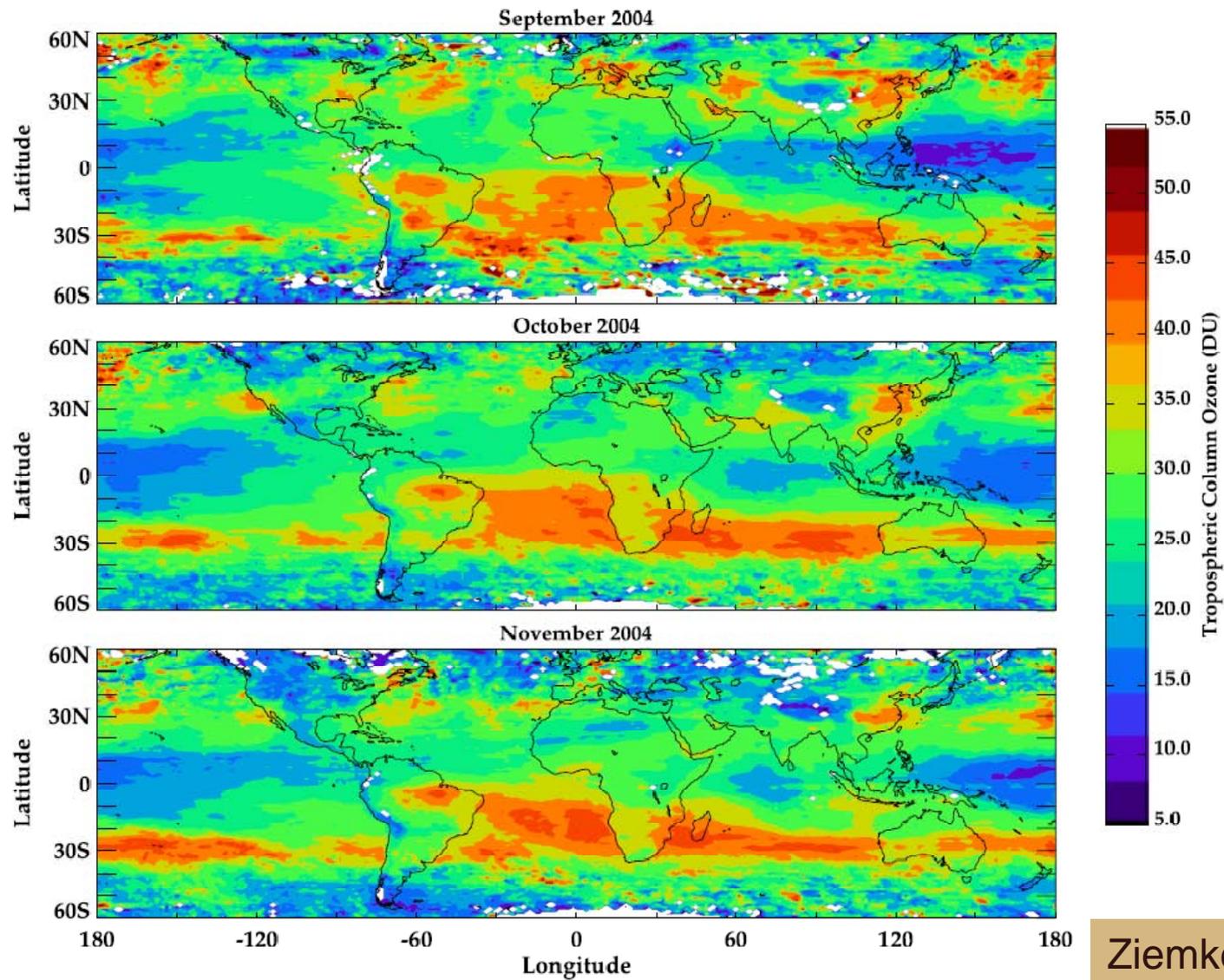
МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ПРИЗЕМНОГО ОЗОНА

- Оптический (по ослаблению УФ радиации в кювете с анализируемой смесью)
- Хемилюминесцентные (по яркости свечения образца с использованием светодиодов)
- Электрохимические (по возникающему в смеси заряду при реакции электролитического раствора, например К₂С₂О₈, с озоном)

Значительная временная
изменчивость и пространственная
неоднородность



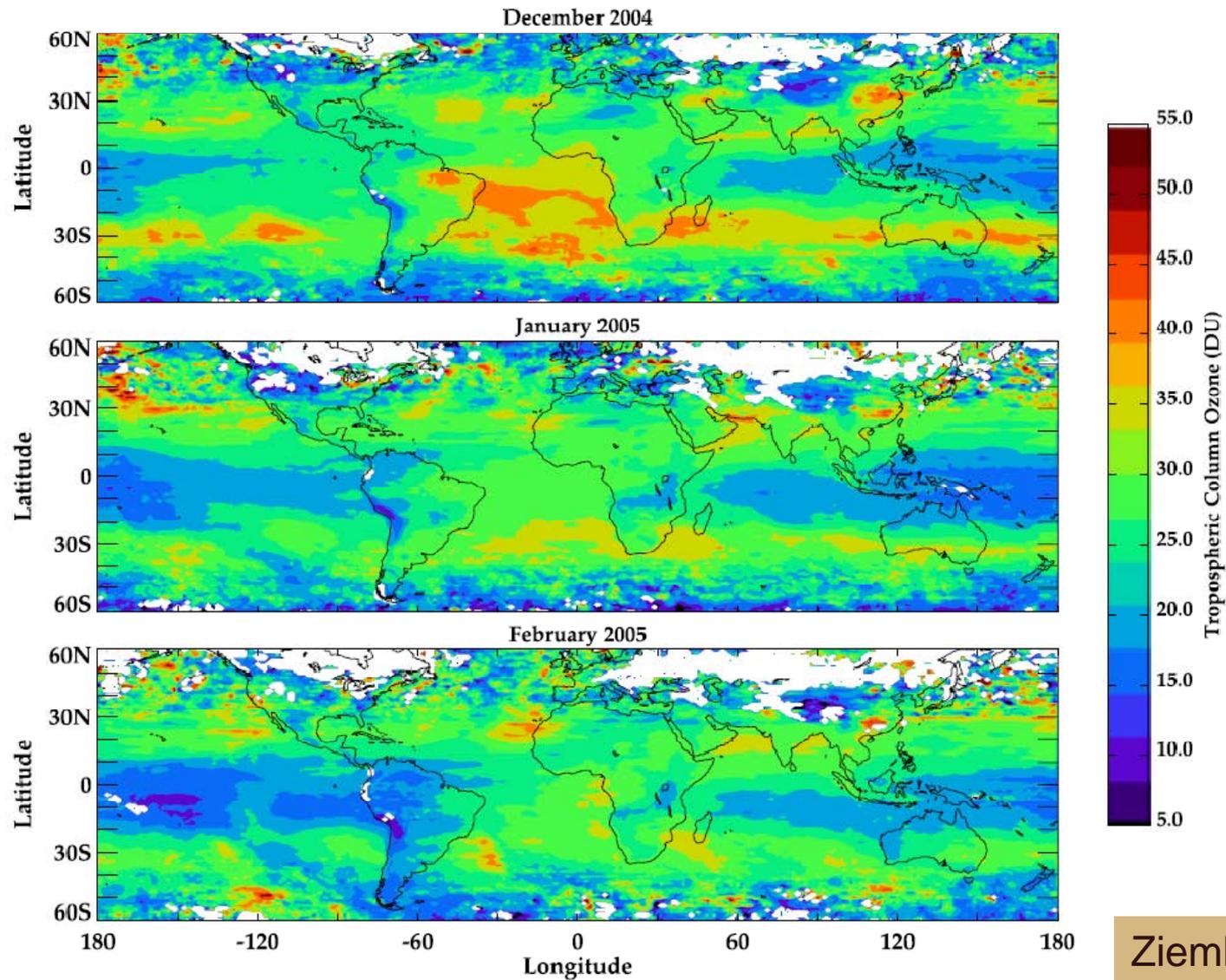
Tropospheric Column Ozone -OMI



Ziemke et al.,
2006

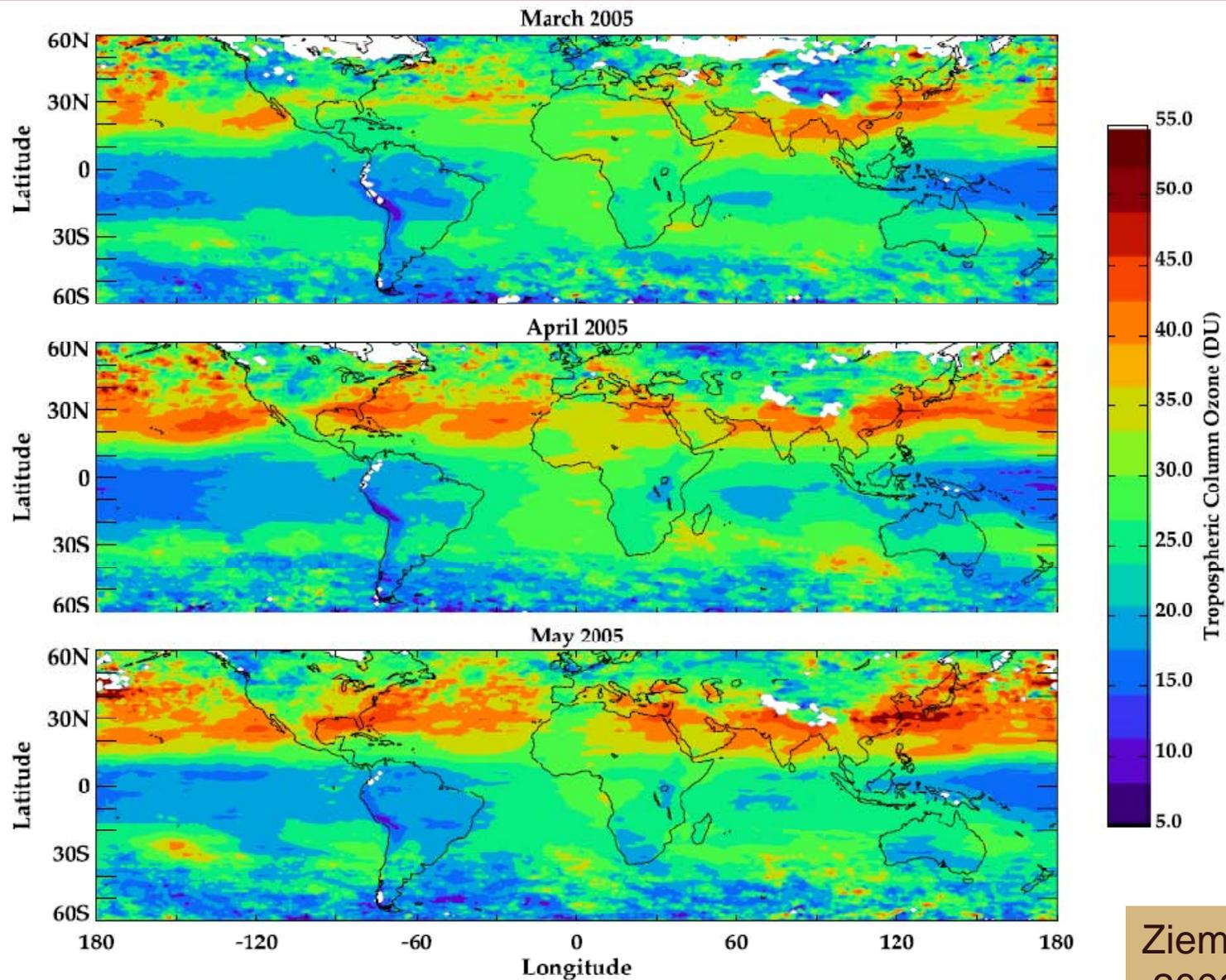


Tropospheric Column Ozone -OMI



Ziemke et al.,
2006

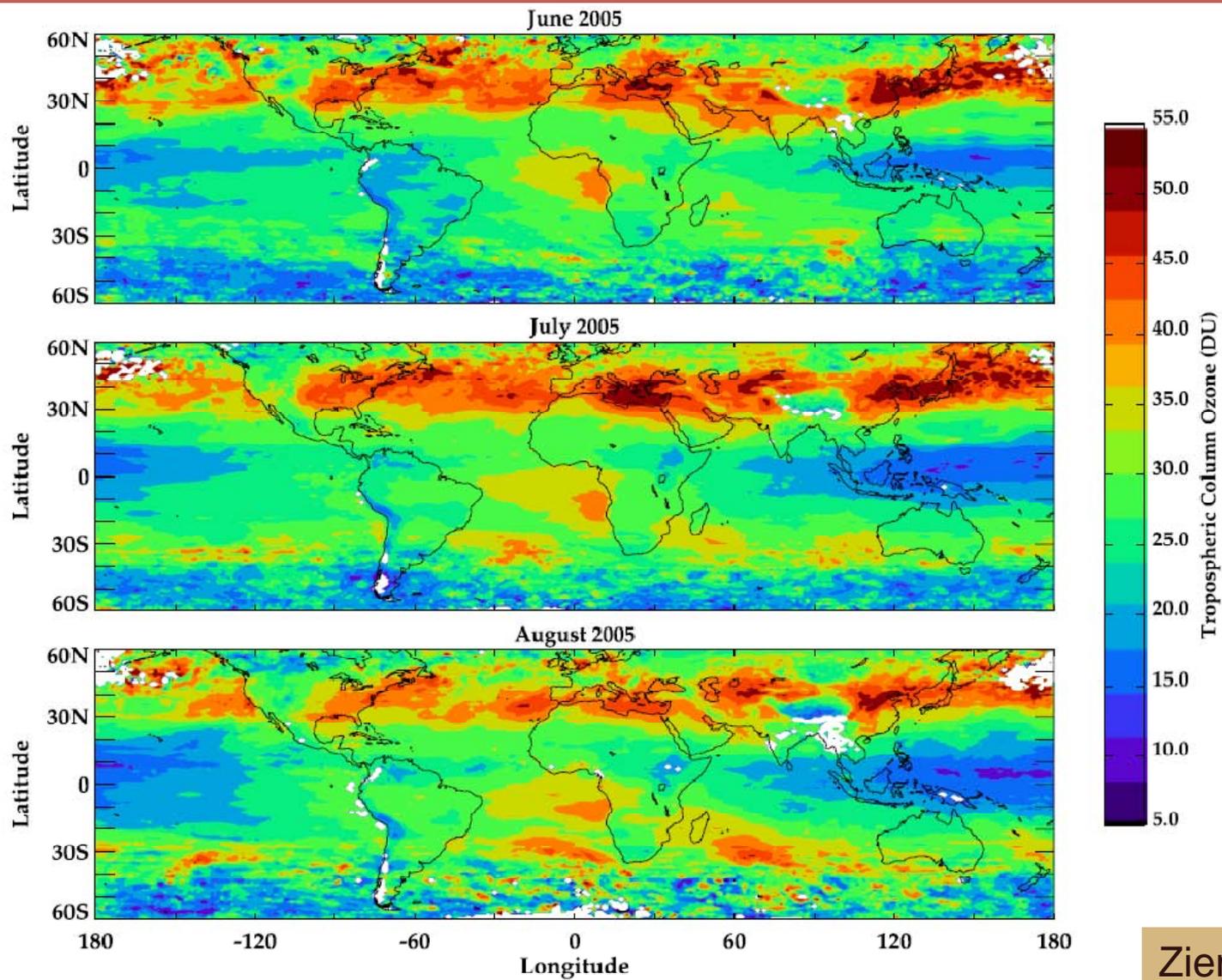
Tropospheric Column Ozone -OMI



Ziemke et al.,
2006

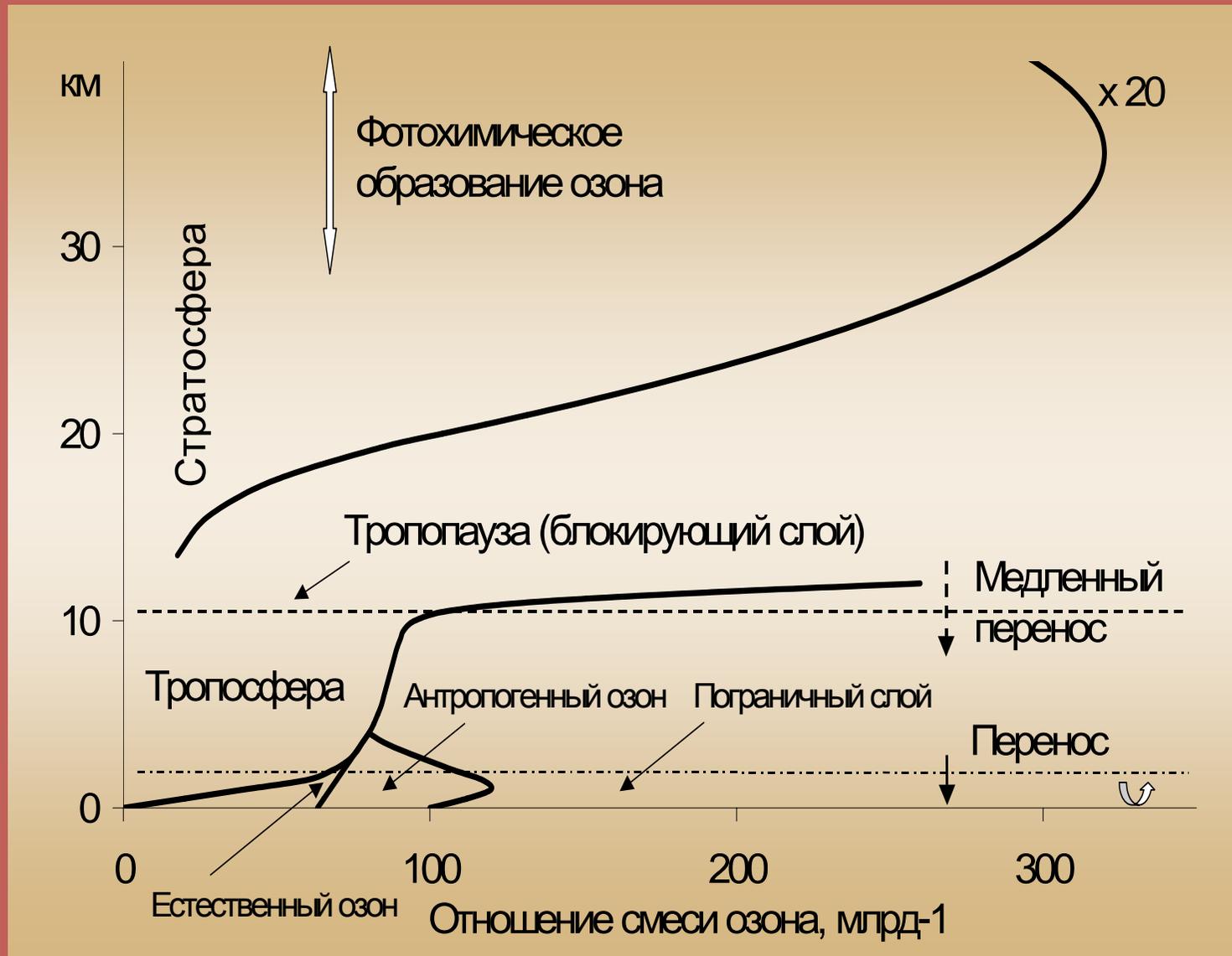


Tropospheric Column Ozone -OMI



Ziemke et al.,
2006

АТМОСФЕРНЫЙ ОЗОН



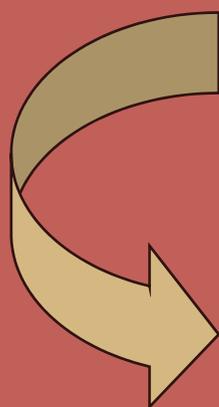
ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

$$\frac{\partial [O_3]}{\partial t} = -\nabla v \cdot [O_3] + S - L$$

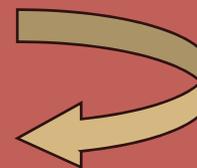
$-\nabla v \cdot [O_3]$ - перенос различного масштаба

S - источники, отличные от переноса

L - стоки



Фотохимическая
генерация



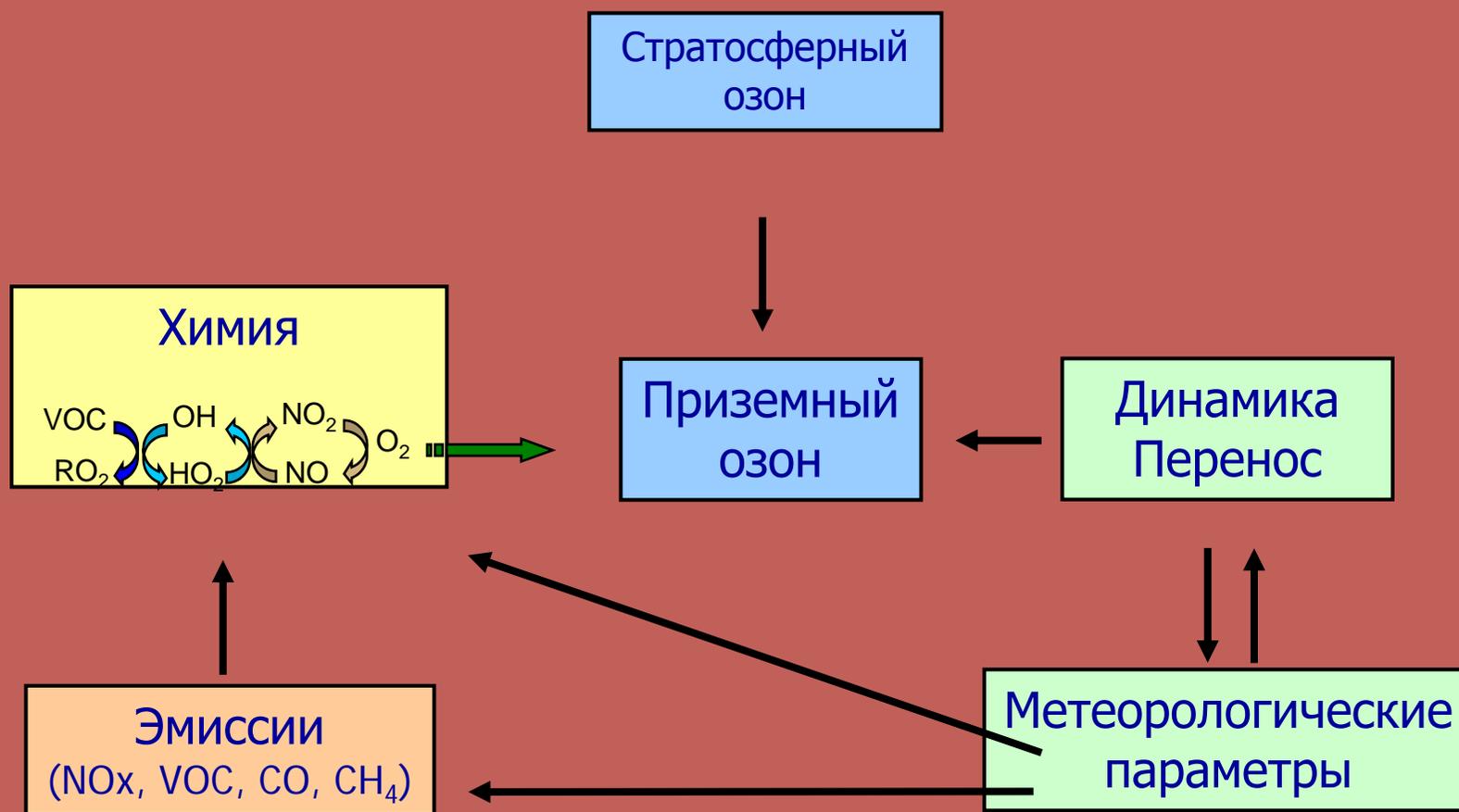
- Химическое
разрушение

- Сток на
подстилающей
поверхности

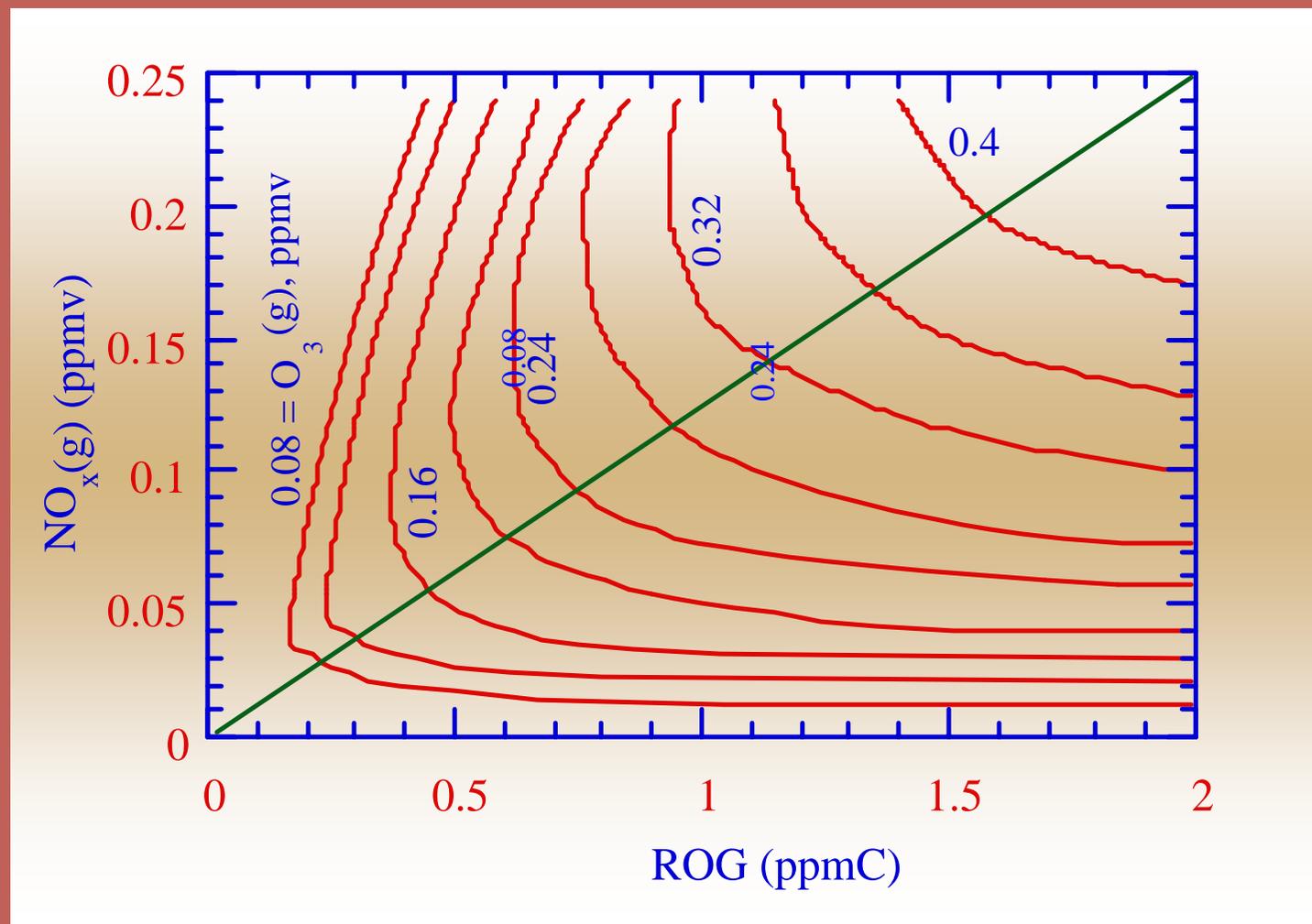
- Вымывание осадками



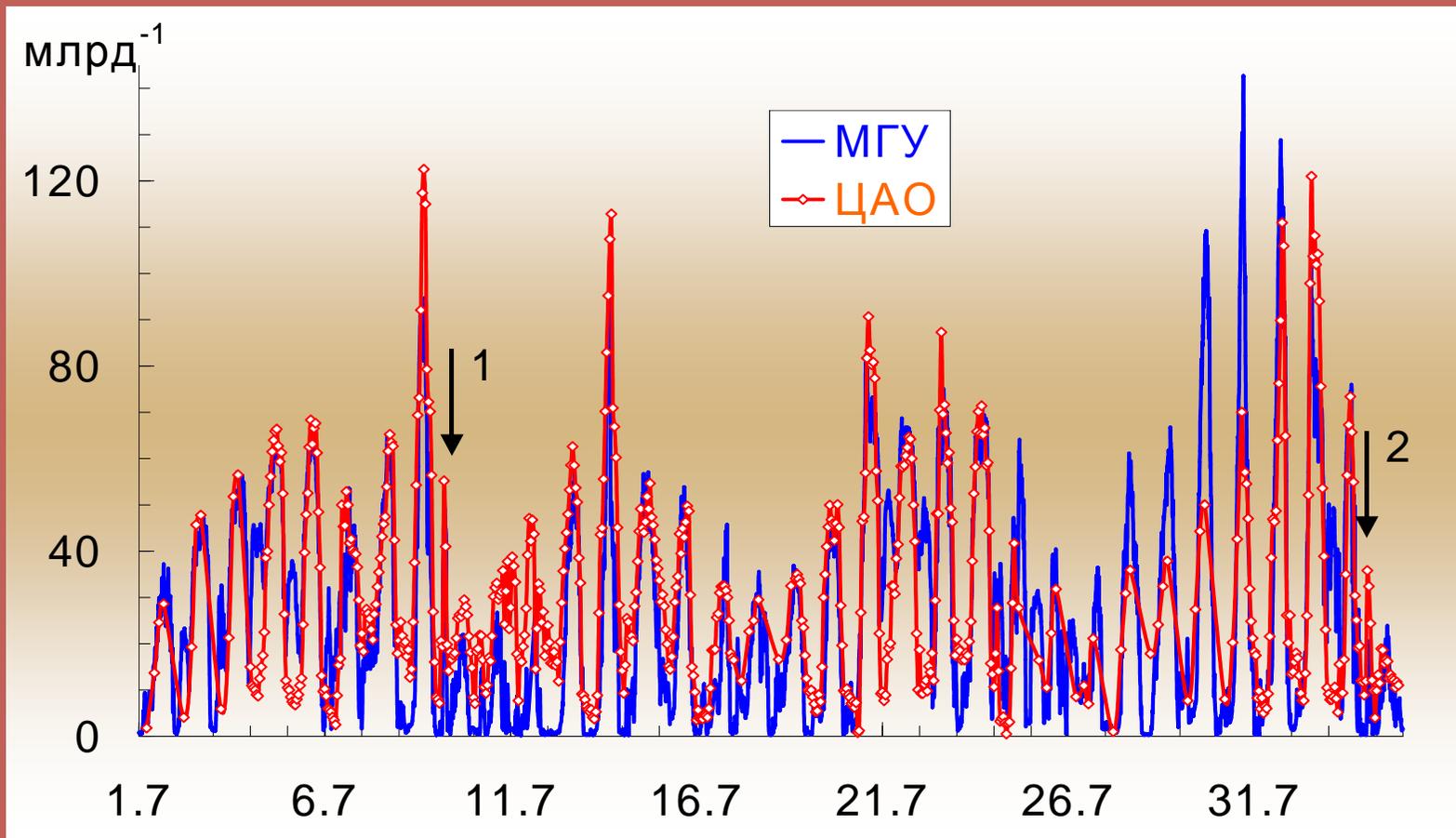
КАК ЭТО ВЫГЛЯДИТ В РЕАЛЬНОСТИ



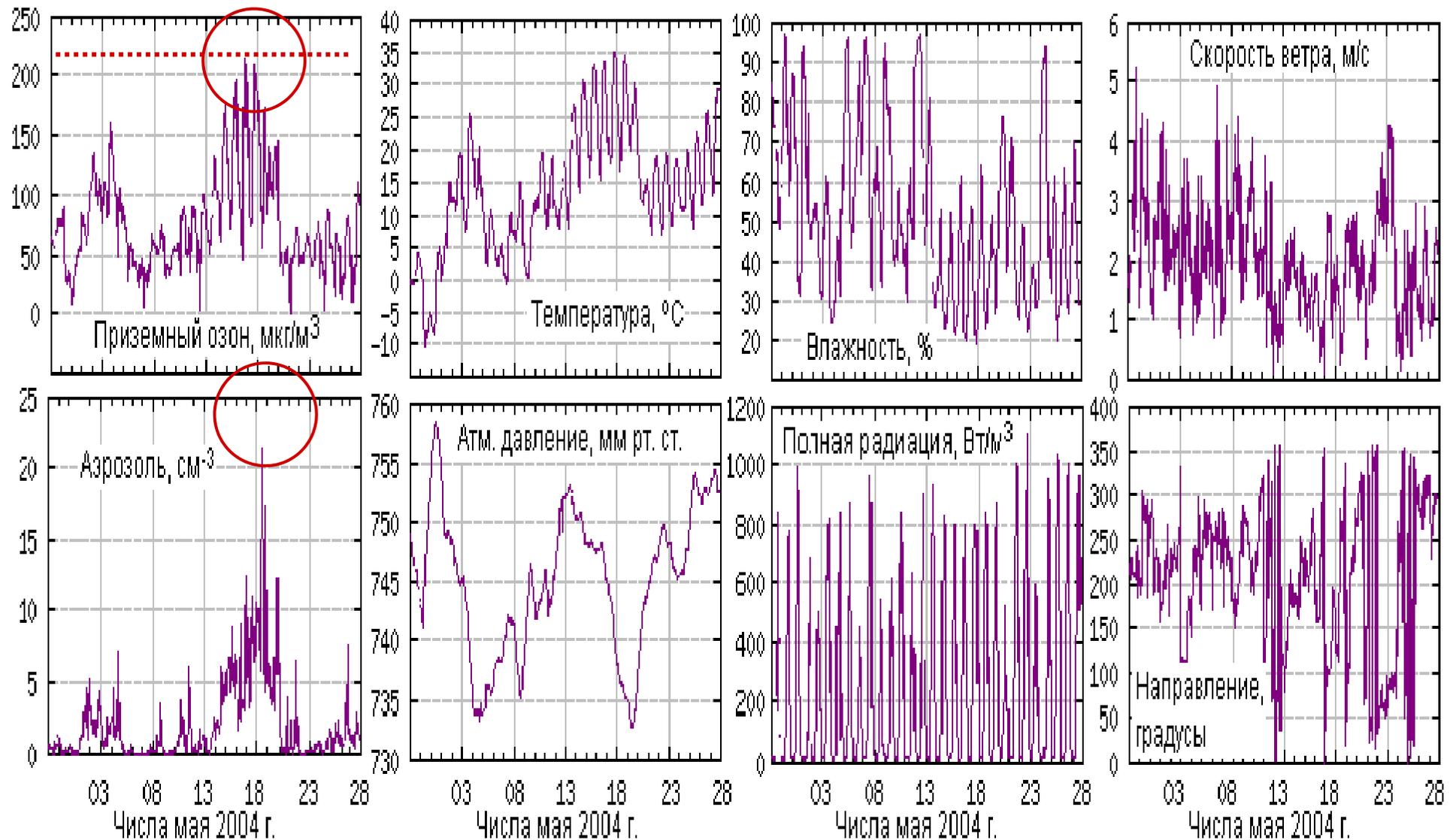
ИЗОПЛЕТЫ ПРИЗЕМНОГО ОЗОНА



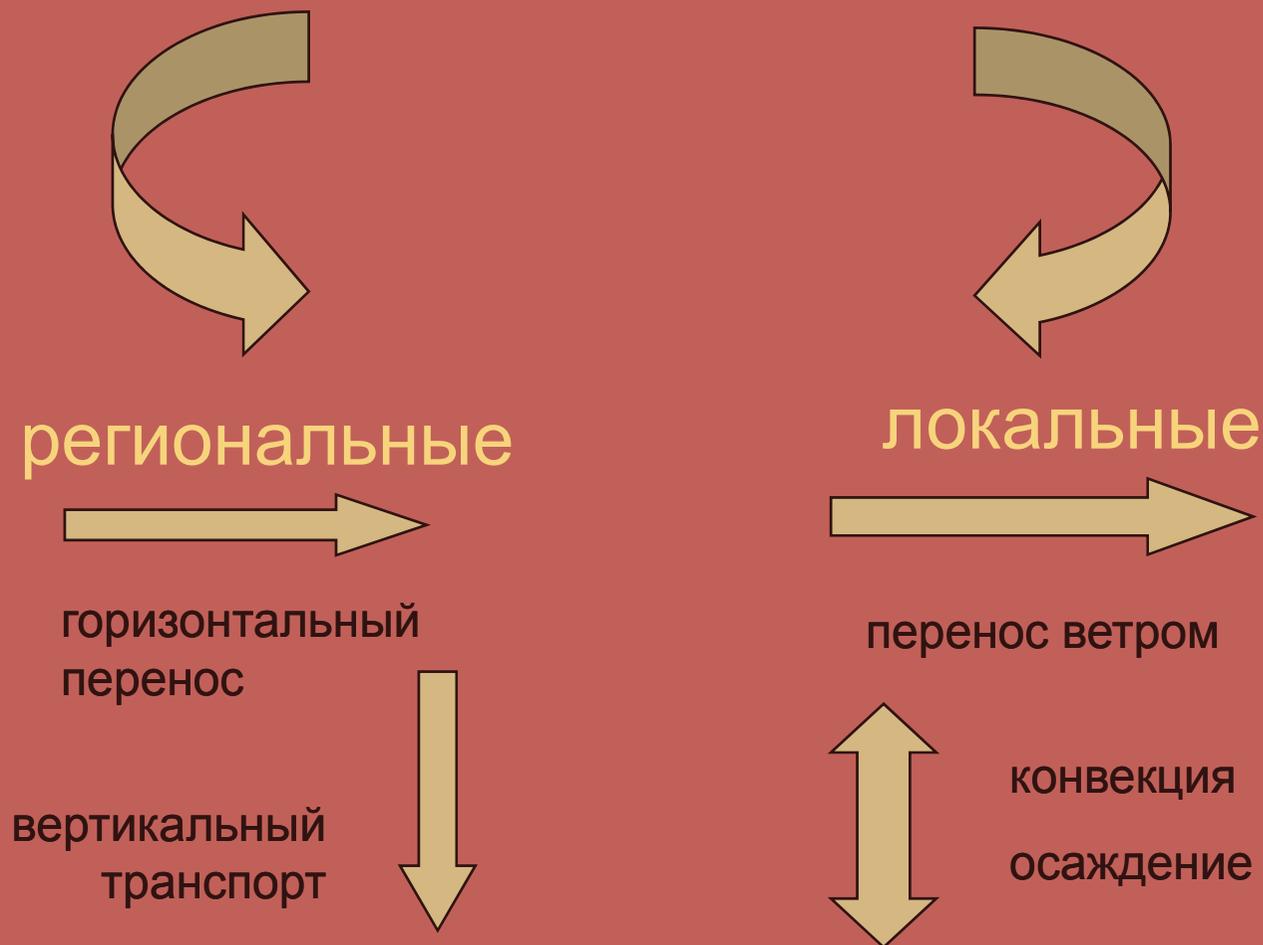
ХОД КОНЦЕНТРАЦИИ ПРИЗЕМНОГО ОЗОНА В ЦАО (Г.ДОЛГОТРУДНЫЙ) И МГУ (МОСКВА) В ИЮЛЕ- АВГУСТЕ 2002 Г.



Эпизод высокой концентрации озона в Сибири, Томск, май 2004



МАСШТАБИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ



Пример дальнего переноса

May 29 to June 1, 1996

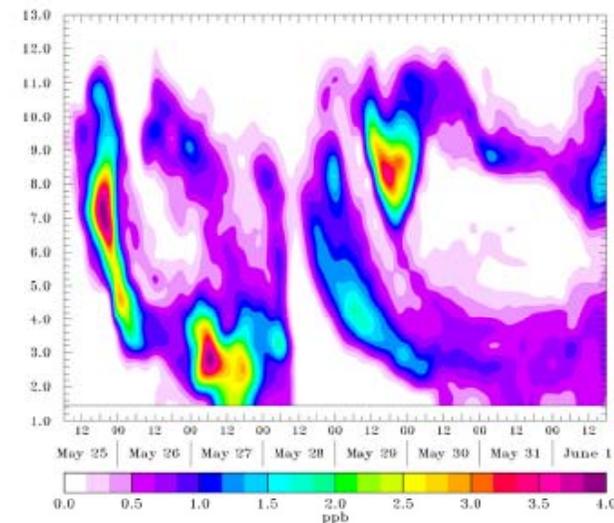
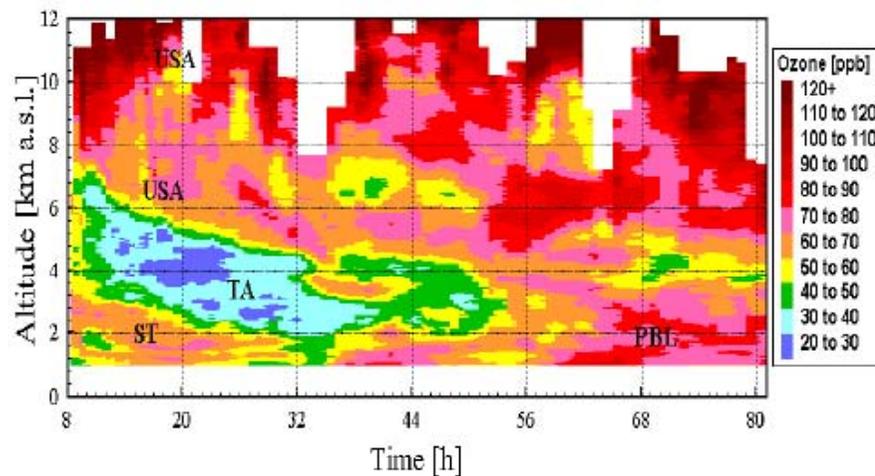
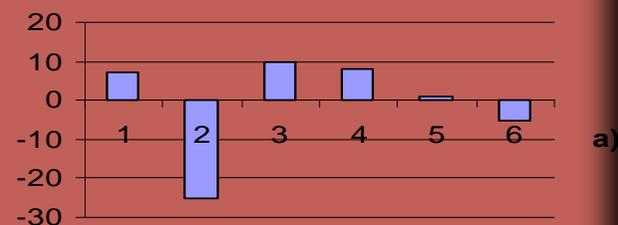
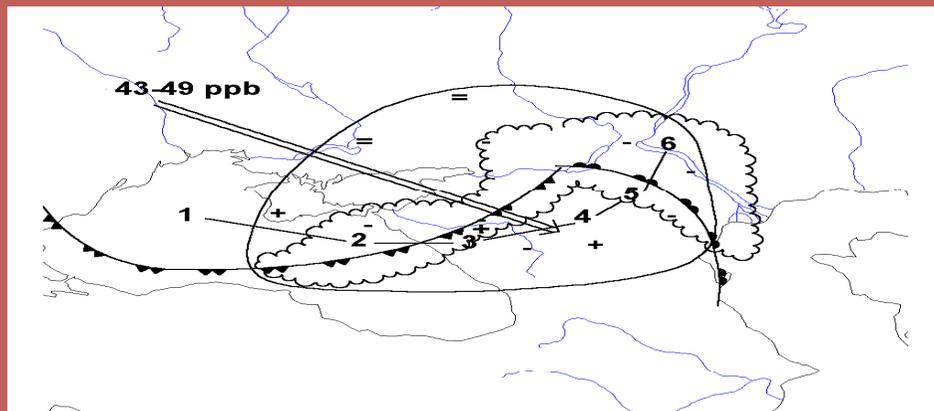


Figure 4a. (left) First observation of middle- and upper-tropospheric ozone plumes of trans-Atlantic origin with the IFU ozone lidar during a four-day short high-pressure period at the end of May 1996; abbreviations: ST: stratospheric intrusion, PBL: local boundary layer (80 ppb), TA: (sub)tropical Atlantic (25-30 ppb), USA: ozone from the PBL of the United States (maxima 80-110 ppb). The high-O₃ layer above 4.5 km on May 31 is related to very dry air of unknown origin.

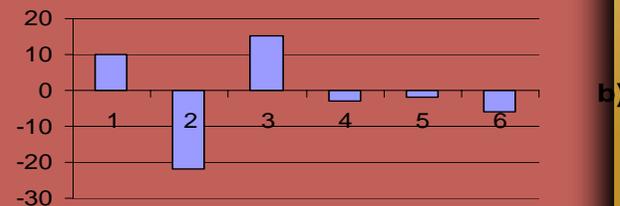
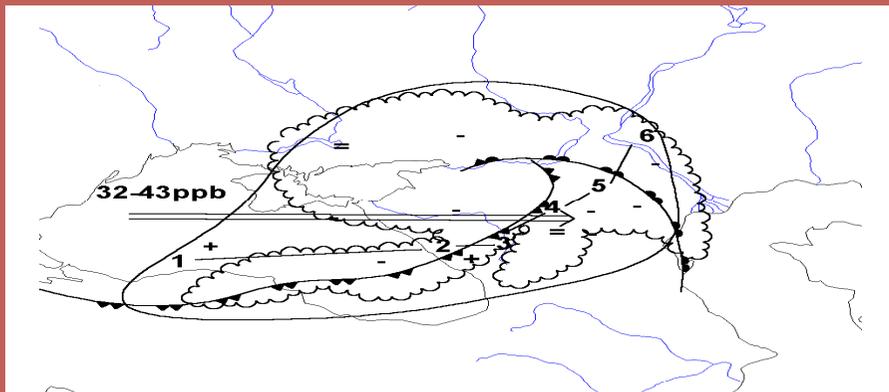
Figure 4b. (right) FLEXPART simulation of the vertical distribution of NO_x particles released over the U.S. and arriving above Garmisch-Partenkirchen by the end of May 1996.

Изменения концентрации приземного озона на КВНС при прохождении циклонов и фронтов

а) Средиземноморский циклон, перенос теплого воздуха из Европы.

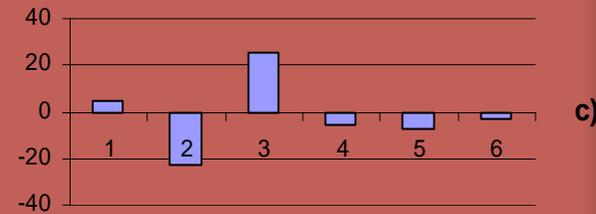
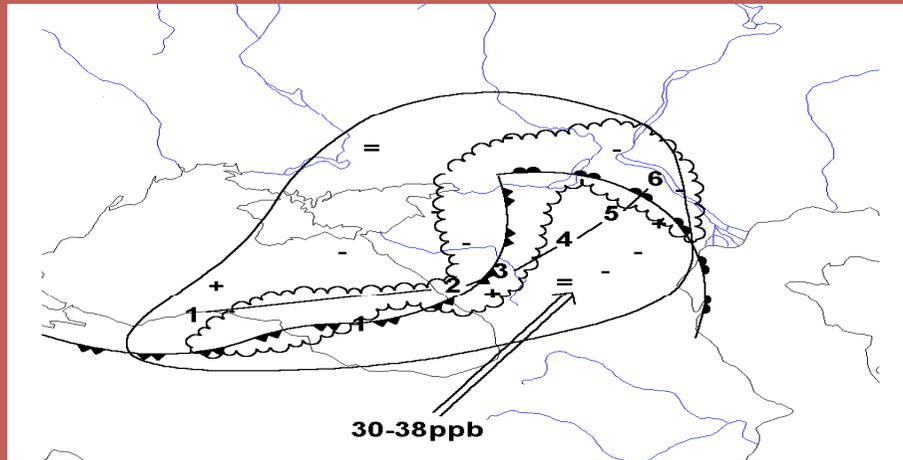


б) Медленный черноморский циклон, перенос влажного и теплого морского воздуха.

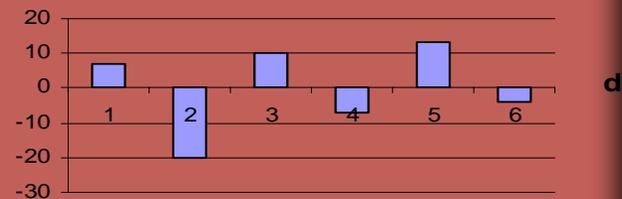
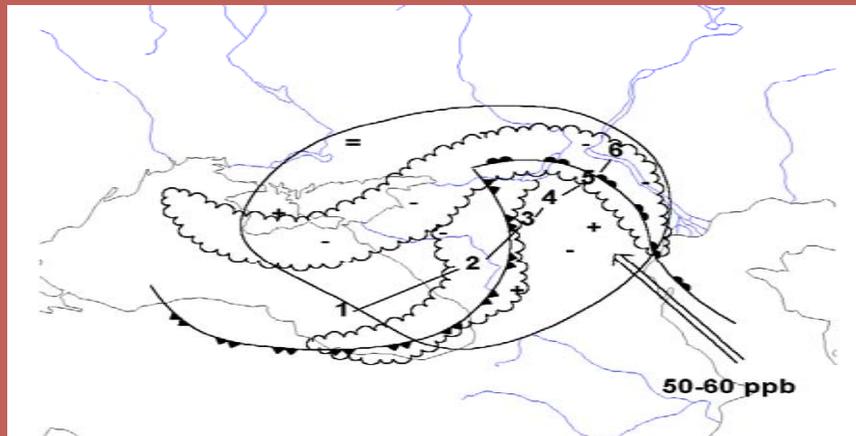


1- холодная (тыловая) часть циклона, 2- холодный фронт; 3-зона перед холодным фронтом; 4-теплый сектор циклона; 5 -теплый фронт, 6-зона перед теплым фронтом

с) Адвекция тропического континентального воздуха (из Африки).



д) Адвекция воздуха из района Каспийского моря (загрязнение нефтяной промышленностью)



-Дальний перенос загрязненного воздуха в теплый сезон приводит к росту концентрации приземного озона до 50-60 ppbv

-В зонах холодных фронтов с развитой конвекцией стратосферный вторжения приводя к росту концентрации до 70-75 ppbv

-В сухом воздухе, поступающем из Африки и содержащим минеральный аэрозоль концентрация приземного озона существенно уменьшается

Особенности динамики при сложной орографии

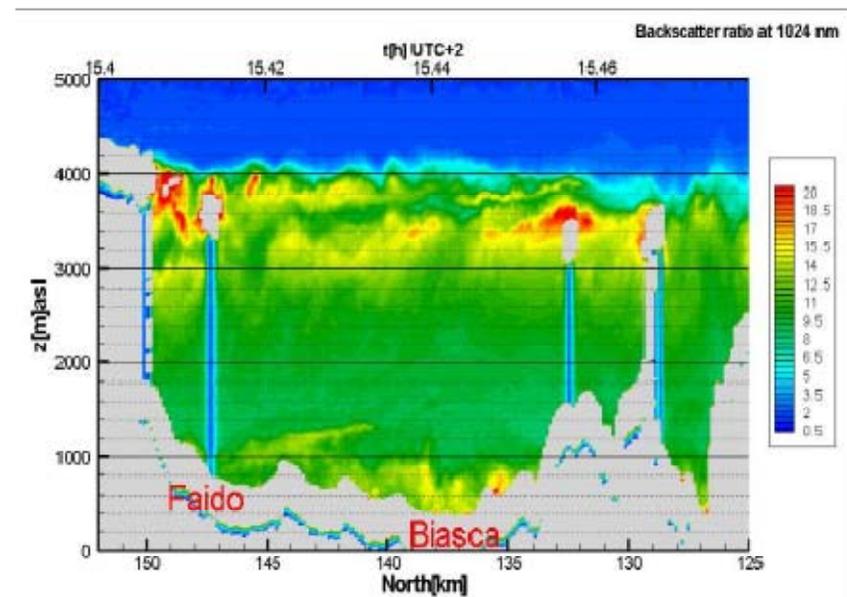
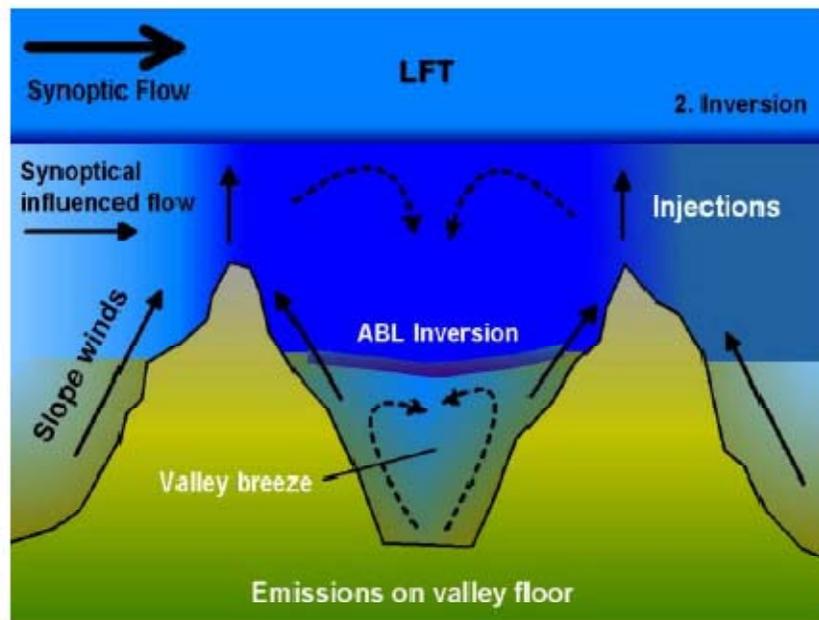
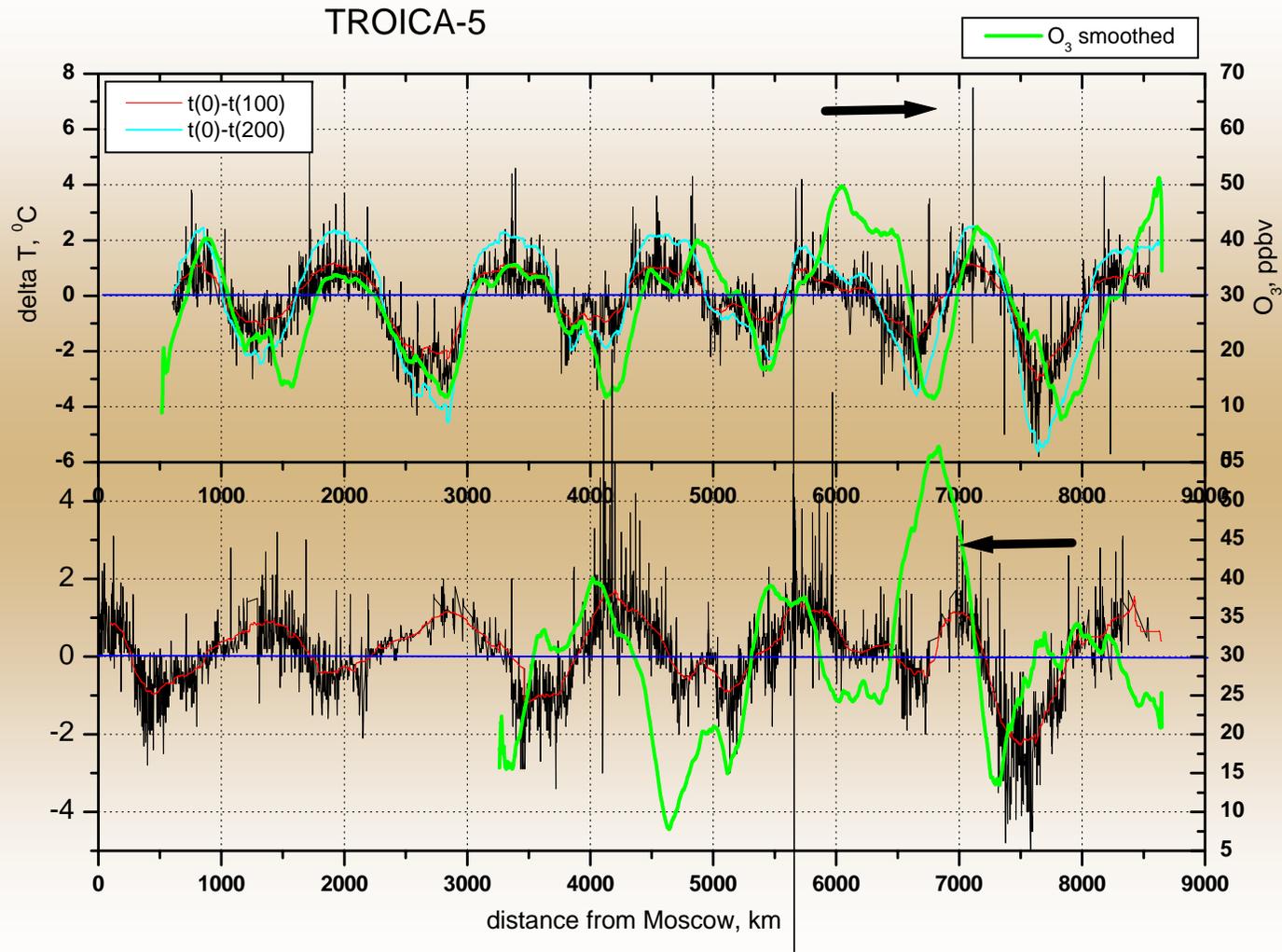


Figure 6. Schematics of the processes involved in the vertical exchange (on the left) and, on the right, an example of an aerosol back scatter measurement by an aircraft flying at 8000 masl over the Gotthard valley. In this example several polluted injection layers are seen between 2000 and 4000 masl.

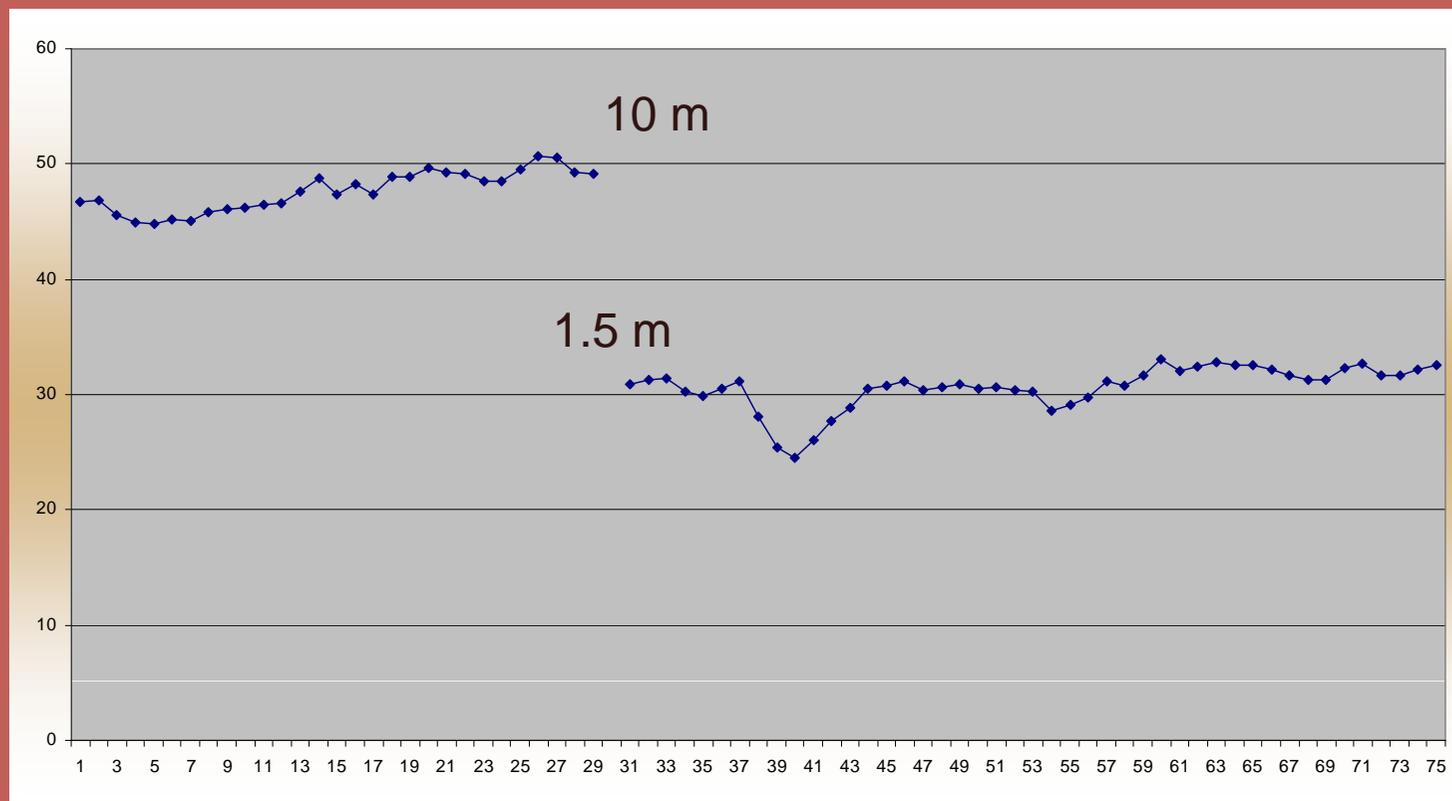
ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ИНВЕРСИЙ НА ПРИЗЕМНЫЙ ОЗОН (роль сухого осаждения)



Экспериментальная оценка роли отдельных факторов

Экспедиция в Звенигород, 2005

Вертикальный градиент озона в приземном слое



Экспериментальная оценка роли отдельных факторов

■ Экспедиция в Звенигород, 2005

Сток на разных типах подстилающей поверхности

