

Девятая Всероссийская Открытая конференция
«Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»
ИКИ РАН, 14 - 18 ноября 2011 г.

Сравнение спутниковых и наземных измерений содержания HF спектроскопическим методом

Поляков А.В., Яговкина И.С., Тимофеев Ю.М. – СПбГУ, Санкт-Петербург

Walker K.A. – University of Toronto, Canada

polyakov@troll.phys.spbu.ru

Фтористый водород не участвует интенсивно в фотохимии озона, но является хорошим индикатором динамических процессов в атмосфере.

Отношение содержаний HCl / HF характеризует интенсивность гетерогенных процессов на частицах полярных стратосферных облаков.

Измерения HF наземными оптическими методами начались в 1975г. (Zander R., 1981)

регулярные наблюдения сети NDACC

Спутниковые измерения выполнялись:

прибором ATMOS (1985, 1992, 1993 и 1994),

**прибором HALOE с 1991 по 2005гг, по этим
данным создана глобальная климатология HF (Beaver,
Russell 1998),**

**ACE-FTS с 2004г. по настоящее время
(Bernath at al 2005)**

**За время наблюдений зарегистрирован
постоянный рост ОС HF, замедлившийся в
последнее время.**

Так, по данным наблюдений на станции Kitt Peak:
с **1977 по 2001** наблюдался постоянный рост ОС.
ОС увеличилось в 4.7 раза (Rinsland et al, 2002)

Оценки тренда разных лет: (Rinsland et al, 2005)

1985-20.5%/год

1994 - 4.6%/год,

2004 – 0.02%/год

Измерения ACE: **2004-2010 – 0.74%/год (30N- 30S)**
(Brown et al., 2011)

С 2009 г. В Петергофе работает наземный комплекс на базе **Фурье-спектрометра Брюкер IFS-125** (Поберовский, 2010), на котором выполняются измерения солнечных спектров, в том числе, в линиях HF, что позволяет оценить ОС HF.

В области используемой линии HF **3039см⁻¹** отношение **сигнал/шум** около **1000**, спектральное разрешение в большинстве использованных спектров **0.005см⁻¹**

ИК-Фурье спектрометры серии IFS 125



IFS 125/HR регистрирует сложные спектры поглощения и излучения.

Разрешаемая полуширина линии $< 0.001\text{см}^{-1}$

Широкий спектральный диапазон: от 5см^{-1} в дальнем ИК до $>50,000\text{см}^{-1}$ в УФ

<http://www.brukeroptics.com/ifs125.html?&L=9>

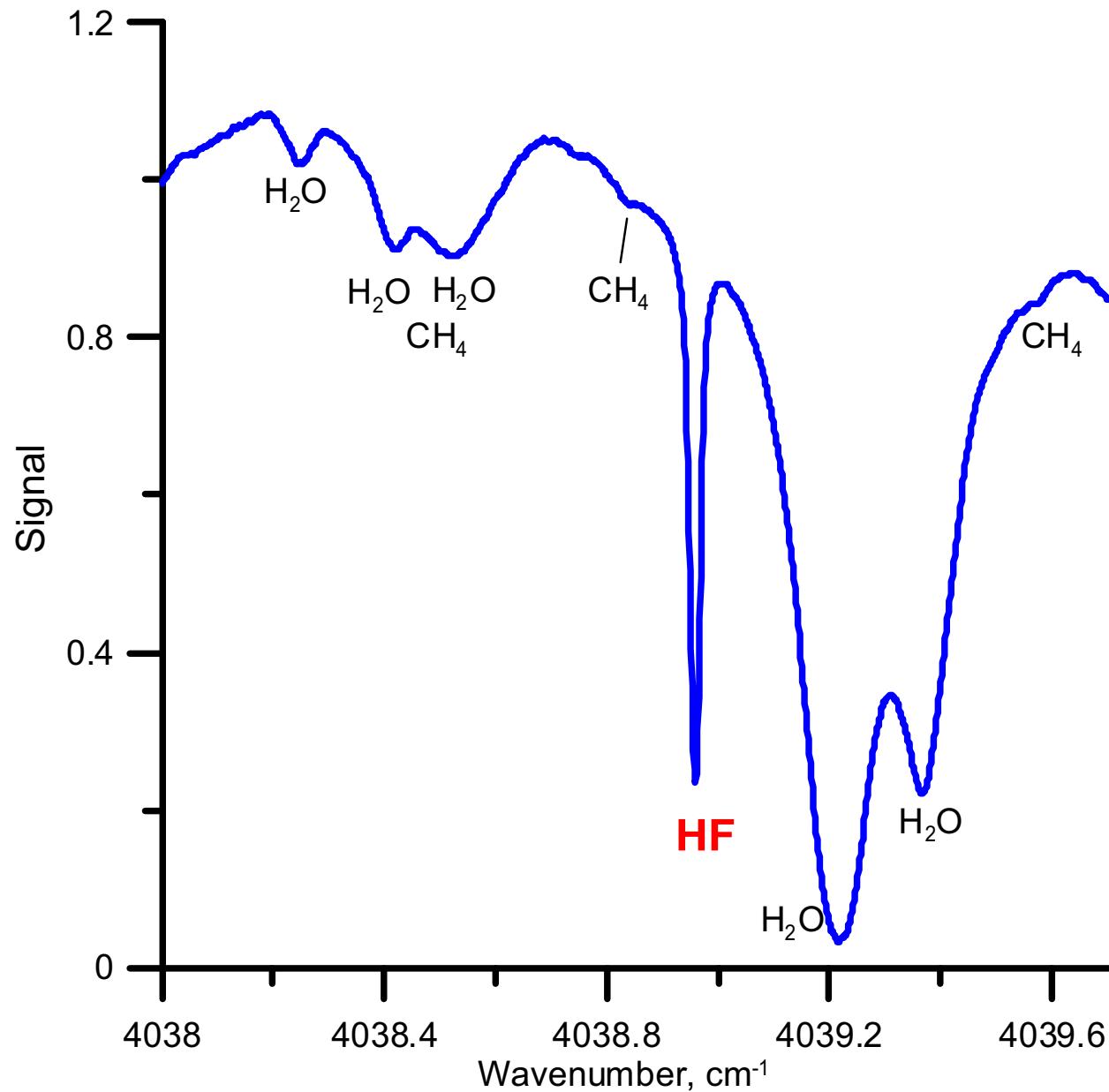


Рис. 1. Один из
измеренных
спектров.
Участок вблизи
линии HF.

Мы использовали SFIT2 (Zephyr2.393.3.21.07)

Его основные особенности:

- 1) Параметры спектральных линий HITRAN 2004 или 2008**
- 2) Итерационный алгоритм решения обратной задачи**
- 3) Использование различной априорной информации**

Наши оценки погрешности определения ОС HF :

**случайная 1 – 2% (по независимым оценкам
других авторов 1 - 5%)**

Систематическая 2 – 5%

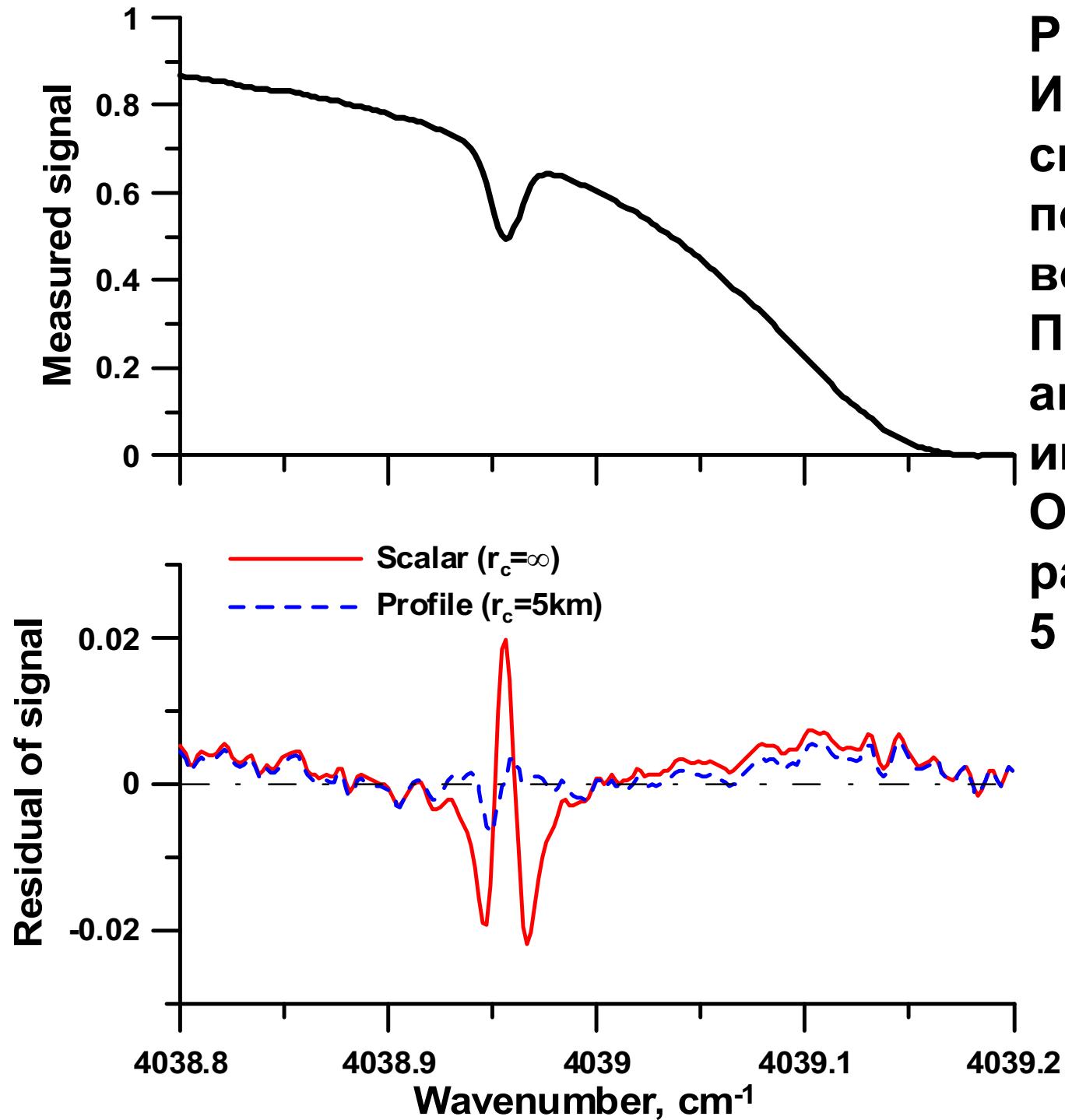


Рис. 2.
Измеренный
спектр и невязка
после
восстановления
При двух типах
априорной
информации
ОС HF
различается на
5 – 10%.

Общая статистика по наземным измерениям HF за период апрель 2009 – октябрь 2011 в Петергофе

отобрано для интерпретации 1285 спектров, 174 дня измерений

среднее среднесуточных	$1.75 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$,
суточная изменчивость	$5.06 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-2}$, (3%)
СКО среднесуточных	$2.86 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-2}$ (16%)
Минимальный результат	$1.28 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$,
максимальный	$2.90 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$.

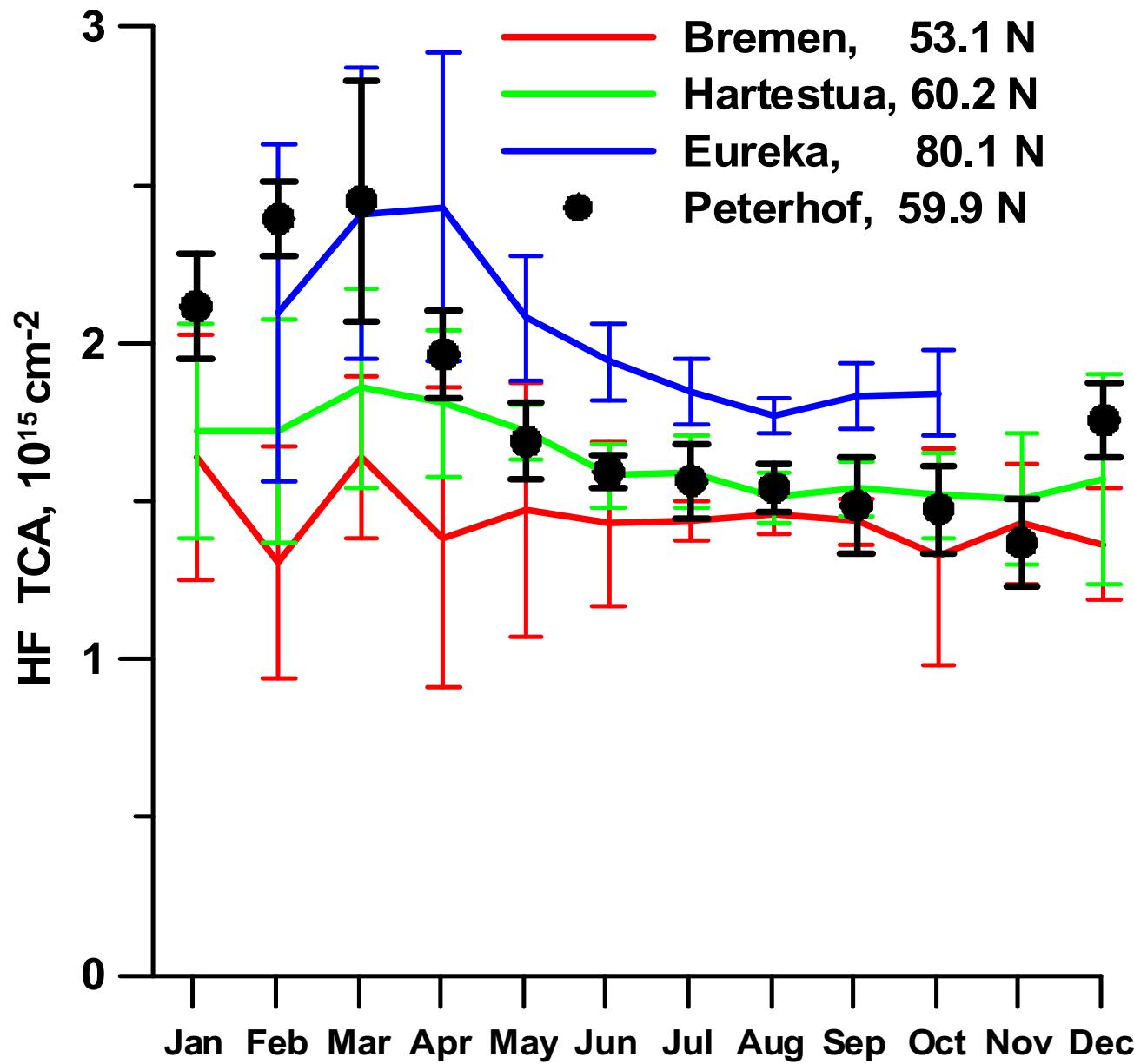


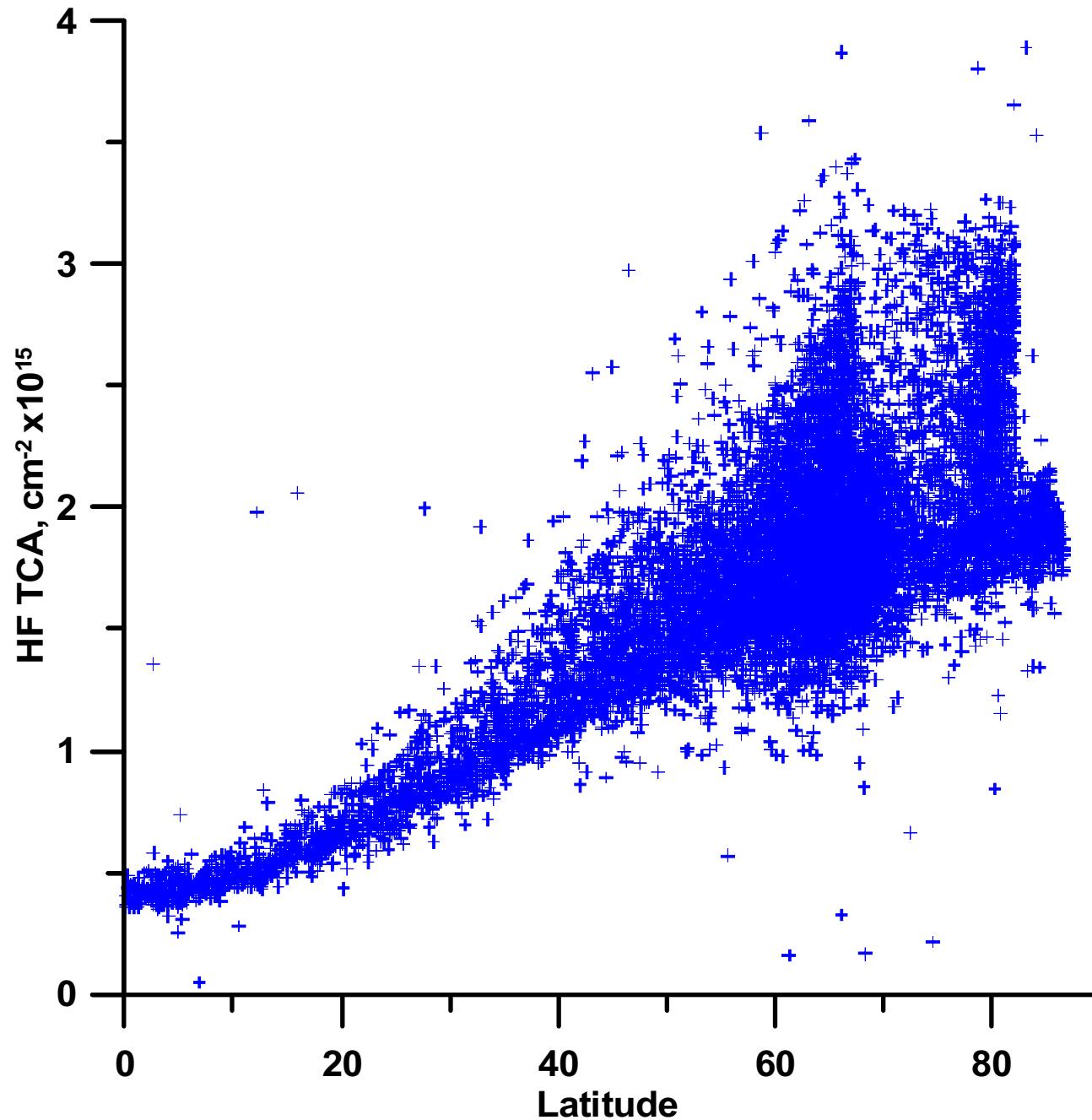
Рис. 3.
Средне-
месячные ОС
HF по данным
различных
измерений.
Max:
февраль-март,
Min:
лето-осень
Хорошее
согласие с
данными
станций
NDACC

ACE FTS



The ACE-FTS is the main instrument on SCISAT-1. It is a high spectral resolution (0.02 cm^{-1}) Fourier Transform Spectrometer (FTS) operating from 2.2 to $13.3\text{ }\mu\text{m}$ (750 - 4400 cm^{-1}) with a Michelson interferometer that was custom designed and built by ABB-Bomem in Quebec City.

The interferometer uses two cube corners rotating on a central flex pivot to produce the optical path difference. An "end" mirror inside the interferometer is used to double pass the radiation and increase the optical path difference. The ACE-FTS design is fully compensated for tilt and shear of both moving and stationary optics inside the interferometer. A pointing mirror, controlled by a suntracker servo-loop, locks on the Sun center and tracks it while the instrument is taking measurements.



**Рис. 4. ОС HF,
рассчитанное
по
результатам
ACE-FTS
(результат
интегрирова-
ния
профилей).
Все данные
за период
2005-2010гг**

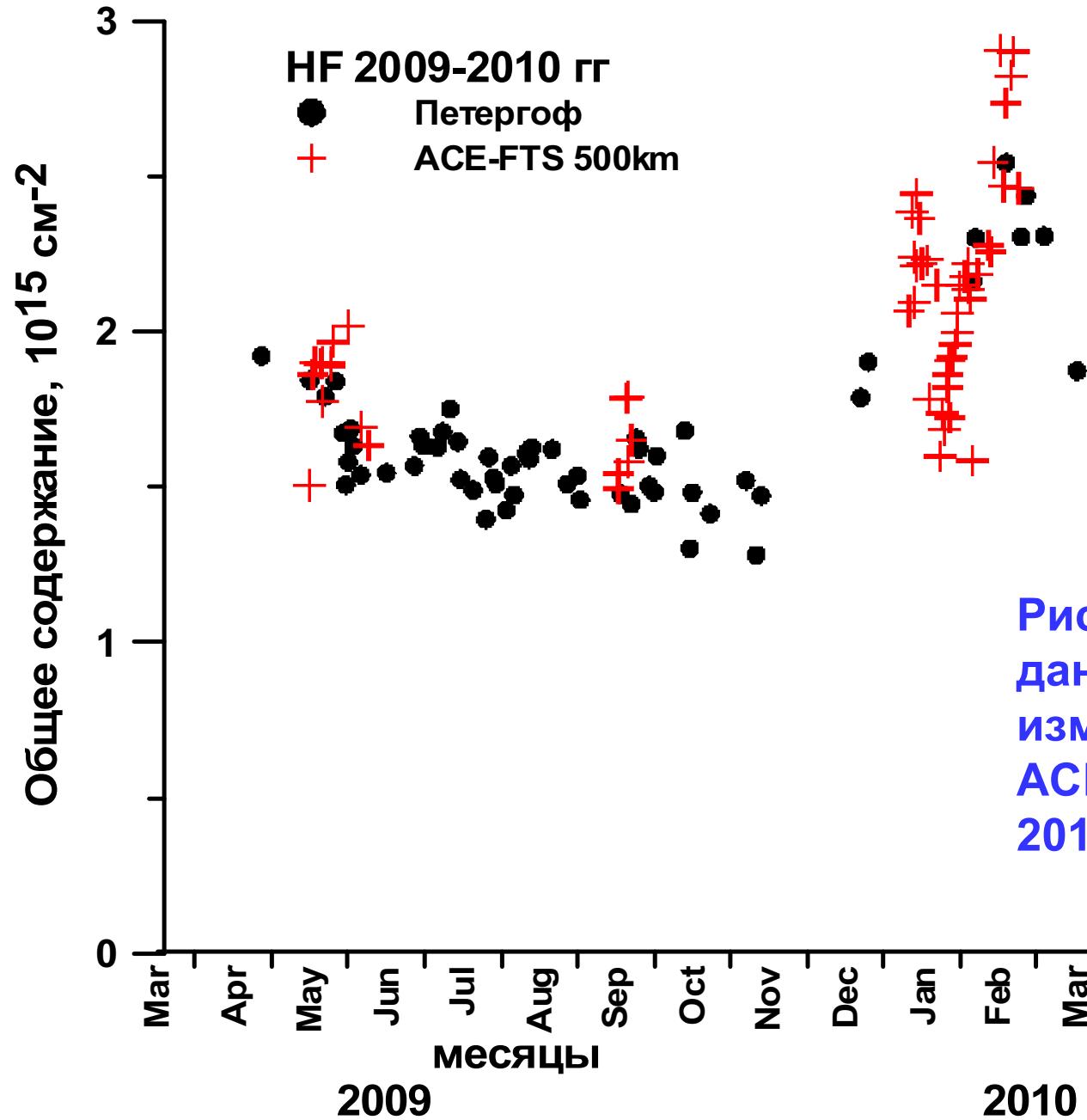


Рис. 5. ОС HF по
данным наземных
измерений СПБГУ и
ACE FTS в 2009 –
2010 гг.

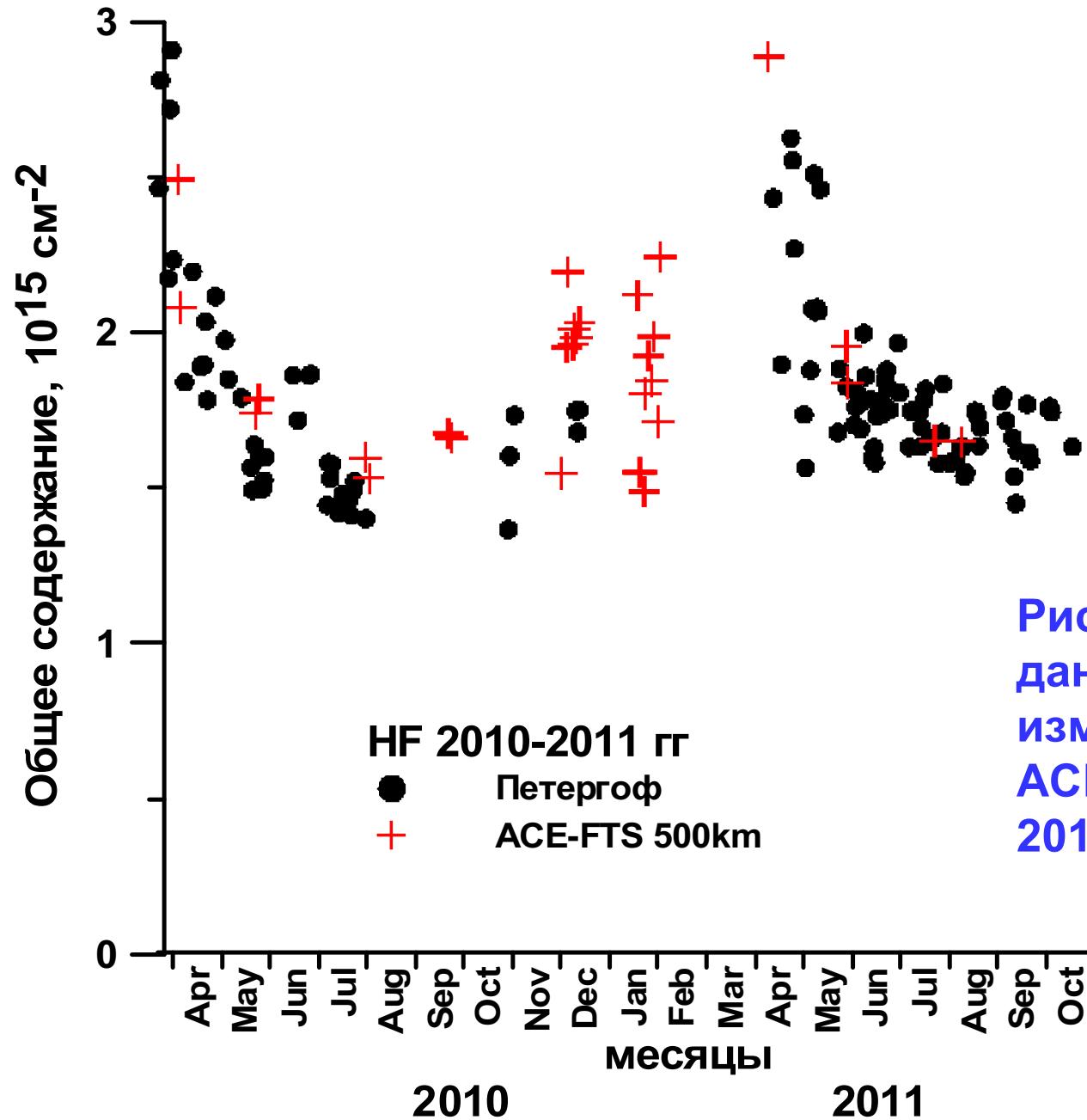


Рис. 6. ОС HF по
данным наземных
измерений СПБГУ и
ACE FTS в 2010 –
2011 гг.

Статистика по сопоставлению результатов наземных и спутниковых измерений НF за период апрель 2009 – октябрь 2011 в Петергофе

Совпадений с ACE (в тот же день) для дистанции 500: 9 случаев

Среднее: СПбГУ 1.62, ACE $1.75 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$,

Разности: средняя 1.34, среднеквадратичная 1.74, СКО $1.18 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-2}$,

Относительные разности (те же) 8%, 11%, 7%

Для малых расстояний:

40км – 1.62 и $1.64 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$,

152км – 1.50 и $1.40 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$

Совпадений с ACE (в тот же день) для дистанции 1000: 43 случаев

Среднее: СПбГУ 1.70, ACE $1.84 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$,

Разности: средняя 1.34, среднеквадратичная 2.51, СКО $2.15 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-2}$,

Относительные разности (те же) 8%, 15%, 13%

Выводы: средняя разность 8%.

Для дистанции 500 СКО разности – 7%, для дистанции 1000 - 13%. Налицо влияние расстояния, 1000 брать для сравнений нельзя.

Выводы

1. Впервые в России получены данные наземных измерений ОС HF в Петергофе (вблизи Санкт-Петербурга) за период Апрель 2009 - октябрь 2011. Различные оценки показывают величину случайной компоненты погрешности 1–5 %, систематической 5-6 %.
2. Сезонный ход ОС HF в Петергофе характеризуется минимальными значениями в летне-осенний период и максимумом зимой-в начале весны, что хорошо согласуется с данными наблюдений других авторов.
3. Сопоставление наземных (groundbased - G) измерений в Санкт-петербургском университете и спутниковых (satellite - S) измерений ОС HF (ACE-FTS) показало следующие результаты:
 - В случае наилучшего пространственно-временного совпадения (40км и тот же день) двух типов измерений результаты практически совпали (разность составила 1%).
 - При пространственном соответствии менее 500км средняя разность составляет 8%, СКО разности 7%
 - Для всего рассмотренного периода наблюдается хорошее качественное согласие сезонного хода двух типов измерений.
 - получены следующие показатели изменчивости ОС HF :
средние величины $1.62 \cdot 10^{15}$ (G) и $1.75 \cdot 10^{15}$ (S) sm^{-2} (разница 7,4 %)
и СКО 16 (G) and 18 (S) %.

Благодарности

В этой публикации использованы данные, предоставленные **Network for the Detection of Atmospheric Composition Change** (NDACC) в свободном доступе (см. <http://www.ndacc.org>).

Использованы также данные измерений спутникового эксперимента The Atmospheric Chemistry Experiment (ACE), поддержанного **Космическим агентством Канады и Национальным Центром научных и инженерных исследований Канады**.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке грантов ФЦП "Научные и научно-педагогические кадры инновационной России" (госконтракт № П969 от 27.05.2010) и НИР СПбГУ № 11.31.547.2010 и 11.37.28.204.

Литература

Zander R. Recent observations of HF and HCl in upper stratosphere // GRL, 1981. V. 8. No. 4. P. 413–416.

Beaver G. M., Russell J.M.III. The climatology of stratospheric HCl and HF observed by HALOE // Adv. Space Research. 1998. V. 21. No 10. P. 1373-1382.

Bernath P.F., McElroy C.T., Abrams M.C., et al., Atmospheric Chemistry Experiment (ACE): Mission overview // JGR. 2005. V. 32. No. L15S01, doi:10.1029/2005GL022386.

Rinsland C.P., R. Zander, E. Mahieu, L. S. Chiou, A. Goldman and N. B. Jones. Stratospheric HF column abundances above Kitt Peak (31.9°N latitude): trends from 1977 to 2001 and correlations with stratospheric HCl columns // JQSRT, 2002. V. 74. No 2. P. 205-216.

Rinsland C.P., et al. Trends of HF, HCl, CCl₂F₂, CCl₃F, CHClF₂ (HCFC-22), and SF₆ in the lower stratosphere from Atmospheric Chemistry Experiment (ACE) and Atmospheric Trace Molecule Spectroscopy (ATMOS) measurements near 30N latitude // GRL, 2005, V. 32, L16S03, doi:10.1029/2005GL022415

Brown A.T. et al., Trends in atmospheric halogen containing gases since 2004 // JQSRT, 2011, 112, 2552–2556

Поберовский А.В. Наземные измерения ИК-спектров солнечного излучения с высоким спектральным разрешением // Оптика атмосферы и океана. 2010. Т. 23. №1. С. 56–58.

Спасибо за внимание