

ДЛС и газоанализ метана в 1.65 мкм

Капитанов В.А, Пономарев Ю.Н., Тырышкин И.С.

E-mail: kvan@asd.iao.ru

Институт Оптики Атмосферы, Томск, Россия

Газоанализ метана спектроскопическими методами в области 1,65 мкм и его эмиссия растениями

- F.Keppler, J.T.G.Hamilton, M.Braz and T.Rockmann
Methane emissions from terrestrial plants under aerobic conditions // **Nature. V.439. P. 187-191. (2006)**
- C.Frankenberг, J.F.Meiring, M.van Weele, U.Platt, J.T.G.Wagner, Assessing methane emission from global space-borne observations. // **Science 308, 1010-1014 (2005)**

Глобальный поток метана в атмосферу

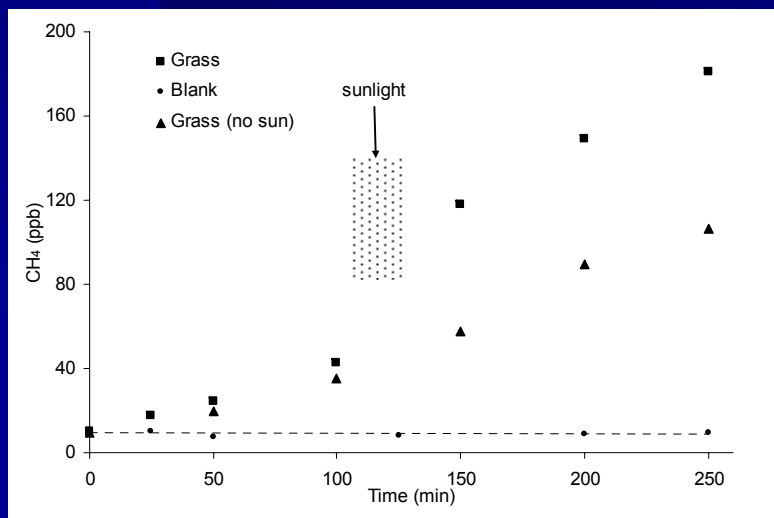
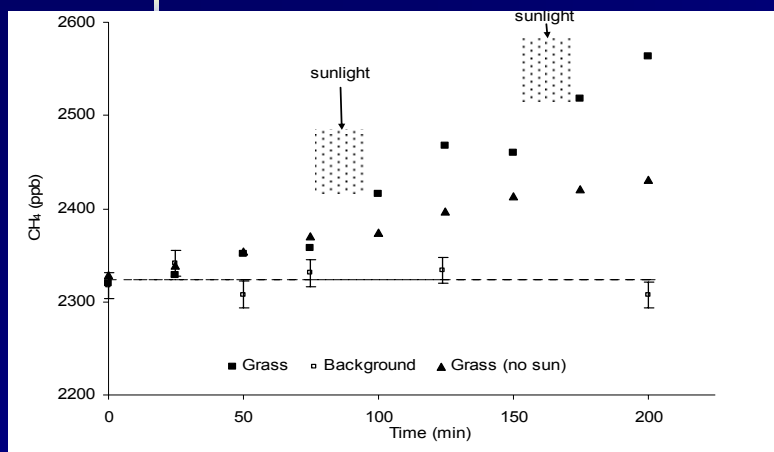
Естественные источники - 130 ± 40 Тг/год
(болота, озера, океаны, тундра, насекомые)

Растения + 62-236 Тг/год ?

Антропогенные источники - 480 ± 140 Тг/год
(рисовые поля, животные, свалки, добыча угля и газа, горение биомассы)

CH₄ mixing ratios (ppb) during chamber experiments of sweet vernal grass (*Anthoxanthum odoratum* L.)

F. Keppler and other...



- CH₄ mixing ratios (filled squares) in the chamber increased from **2320 to 2563 ppb** within 200 minutes yielding emission rates in the range of **36 to 126 ng g⁻¹ dw h⁻¹**. Sunlight exposure (indicated by dotted areas) significantly increased CH₄ release to **~320 ng g⁻¹ dw h⁻¹**. For experiments without sunlight (filled triangles) CH₄ mixing ratios in the chamber increased from 2329 to 2431 ppb within 200 minutes yielding emission rates in the range of **26 to 125 ng g⁻¹ dw h⁻¹** for the individual time steps. Dashed line shows the average CH₄ concentration without plants.
- Profile of CH₄ mixing ratio in a chamber purged with **CH₄ free air** prior to experiment. CH₄ (filled squares), increased from 10 to 181 ppb within 250 minutes, corresponding to emission rates in the range of **48 to 63 ng g⁻¹ dw h⁻¹**. Sunlight exposure increased CH₄ release to **~256 ng g⁻¹ dw h⁻¹**. After sunlight exposure release rates decreased to **~110 ng g⁻¹ dw h⁻¹**. For experiments without sunlight (filled triangles) CH₄ mixing ratios in the chamber increased from 9 to 106 ppb within 250 minutes yielding emission rates in the range of 37 to 109 ng g⁻¹ dw h⁻¹.

Оценка изменения объемного отношения смеси метана в инкубационном объеме с растениями

$$\Delta C_{\text{ppm}} = M/V * RT/\mu P * 10^6$$

$$M = \nu_{\text{эм}} * t_{\text{эк}} * m_{\text{рас}}$$

$$V = 0,02 \text{ m}^3$$

$$\nu_{\text{эм}} = 8.7 * 10^{-12} \text{ кг/г*час (листья Kerpler...)}$$

$$\nu_{\text{эм}} = 374 * 10^{-12} \text{ кг/г*час (растения Kerpler...)}$$

$$m_{\text{рас}} = 50-100 \text{ г,}$$

$$t_{\text{эк}} = 1 \text{ час}$$

$$\Delta C_{\text{ppm}} = (0.03 - 0.06) \text{ ppm}$$

Методика измерений



Методика измерений

Institute of Atmospheric Optics SB RAS

Version date: 29.12.99

Methane Detector

Concentration $-7,97E-1$ ppm

Laser

Amplitude 4,05

Slope 0,24

Duration 4,00

Period 4,50

Thermo

Set Temp 32,11

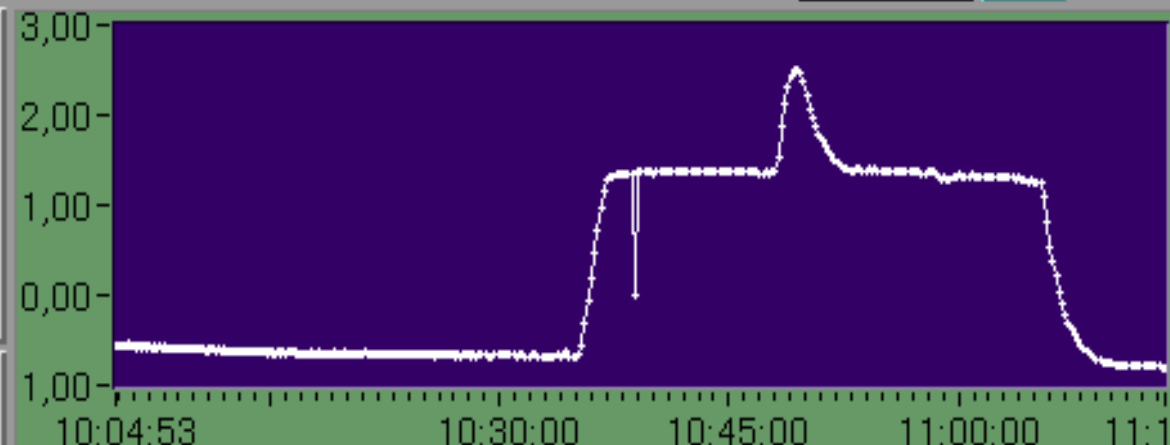
Temp, deg C 32,06



Auto LS

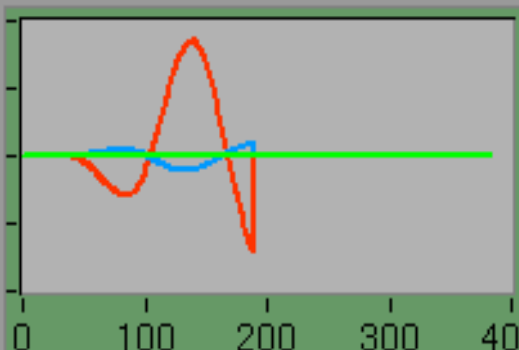
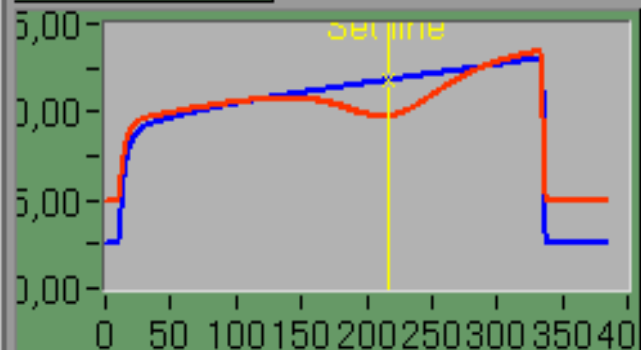
Line stab

System OK



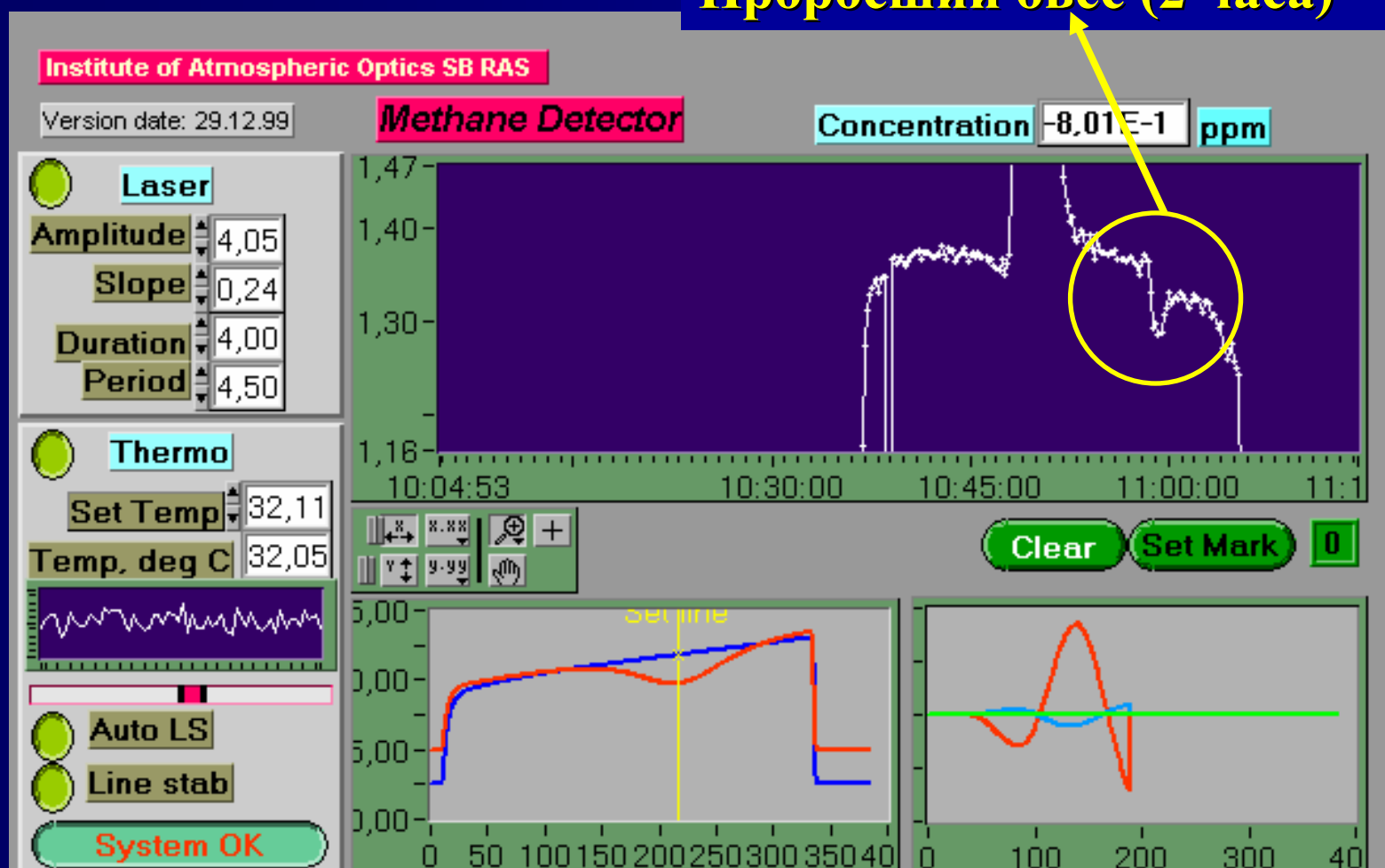
Navigation icons: Home, Back, Forward, Search, Zoom In, Zoom Out, Refresh, Help.

Clear Set Mark 0

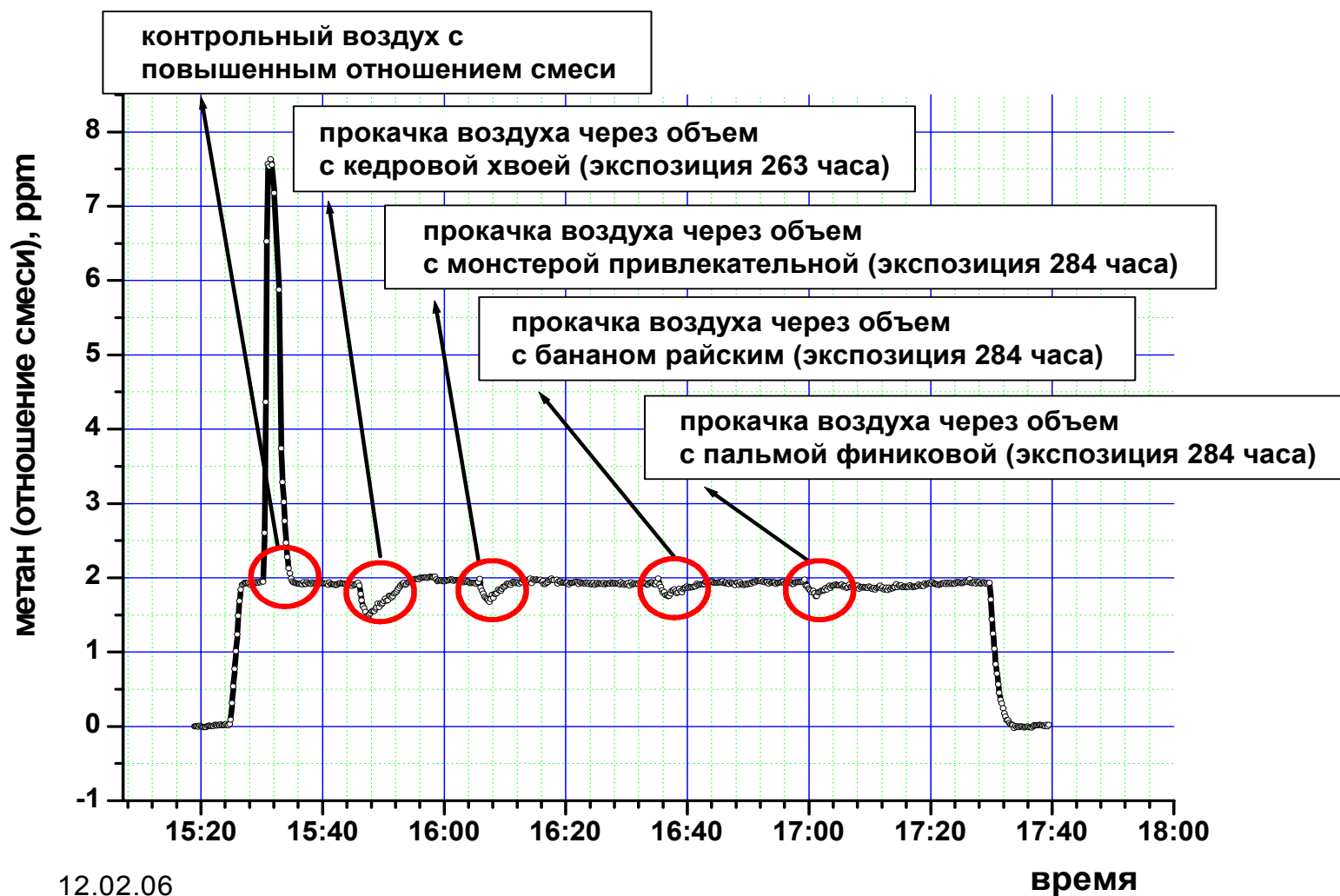


Методика измерений

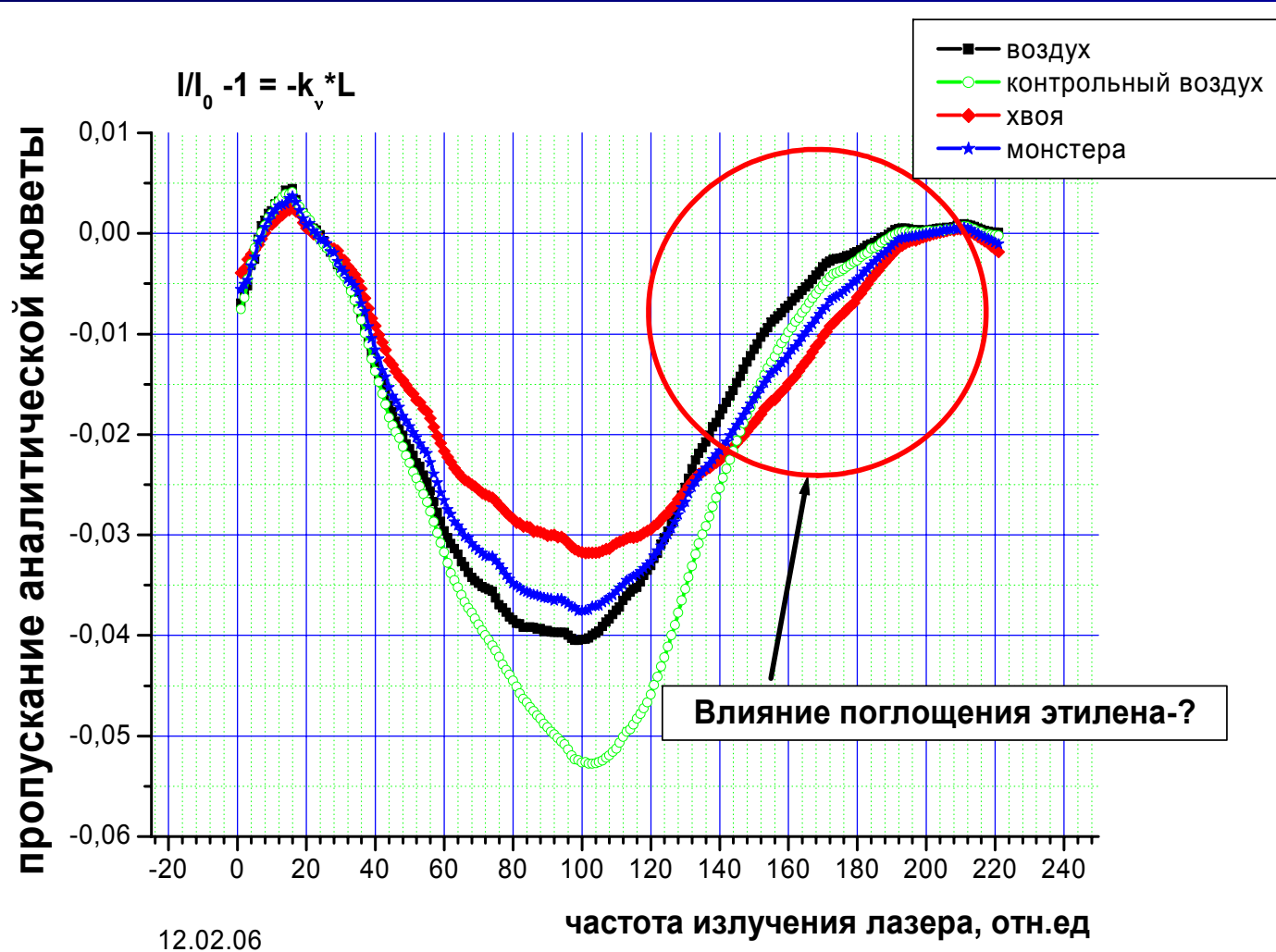
Проросший овес (2 часа)



Результаты



Спектр пропускания аналитической кюветы



Спектр пропускания аналитической кюветы с этиленом



Измерения:

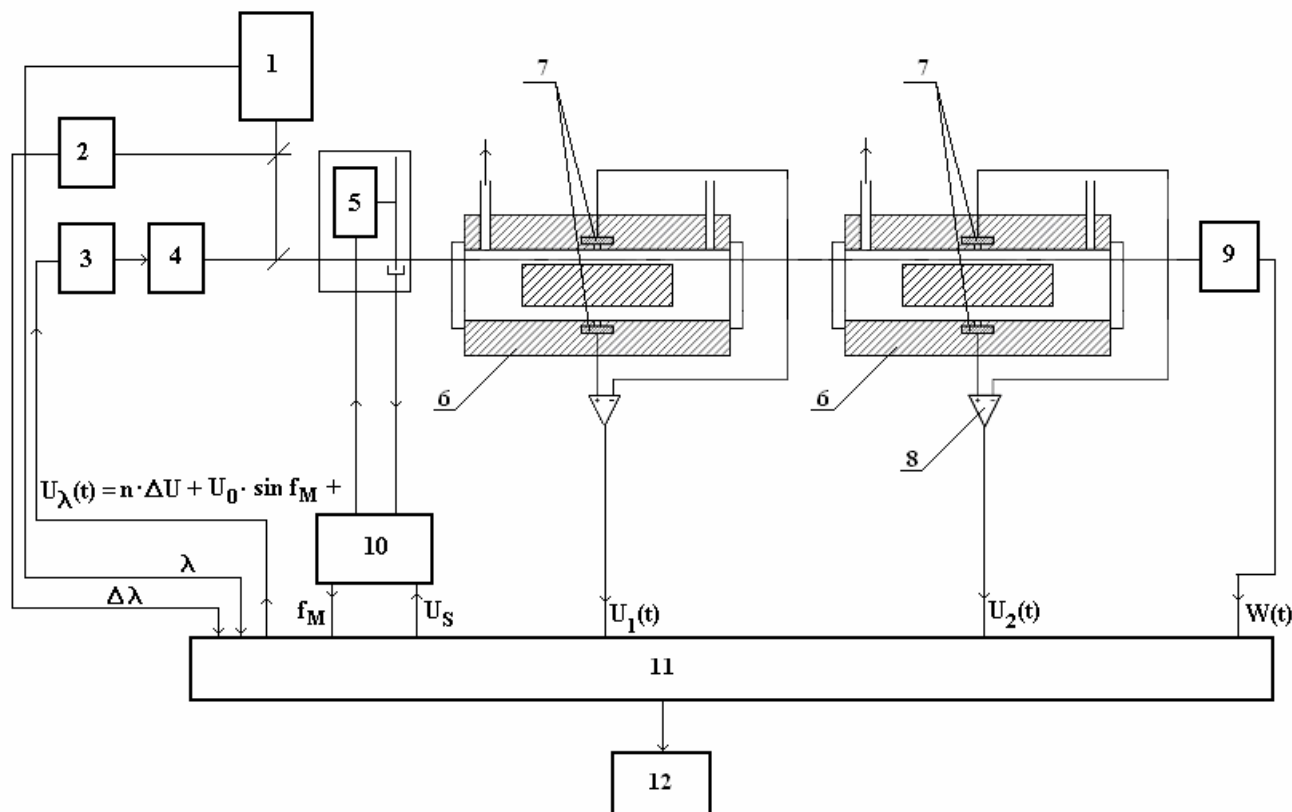
- ❑ Кедровая хвоя (20 изм.) – от 1 до 263 часов
- ❑ Диффенбахия (10 изм.) - от 1 до 30 часов
- ❑ Банан райский (3 изм.) – 2, 24 и 284 часа
- ❑ Монстера привлекательная (3 изм.) - 2, 24 и 284 часа
- ❑ Пальма финиковая (3 изм.) – 2, 24 и 284 часа
- ❑ Овес проросший (2 изм.) – 2 и 24 часа

Заключение

- С использованием вышеописанной методики в проведенной серии экспериментов не обнаружено эмиссии метана зеленой массой.
- В биохимии и физиологии растений не известны механизмы генерации метана растениями
- Сорванные листья, как и свежие растения, помещенные в инкубационную камеру, всегда выделяют газ, предположительно, - этилен.
- В биохимии и физиологии этилен относят к гормонам растений. При стрессовых воздействиях, повреждении растений, недостатке кислорода и т.д. всегда происходит синтез и выделение этилена

Оптико-акустический спектр метана и этилена в области 1,63 мкм

ОА спектрометр



- 1 - измеритель длины волны, 2 - интерферометр Фабри-Перо,
 3 - контроллер, управляющий характеристиками лазера,
 4 - диодный лазер, 5 - модулятор, 6 - ОАД, 7 - микрофоны,
 8 - дифференциальный предусилитель, 9 - измеритель мощности,
 10 - контроллер модулятора, 11 - контроллер спектрометра,
 12 - компьютер

Лазер:

$$\Delta\nu - 6060-6250\text{см}^{-1}$$

$$\delta\nu - 2,5-3\text{ см}^{-1}$$

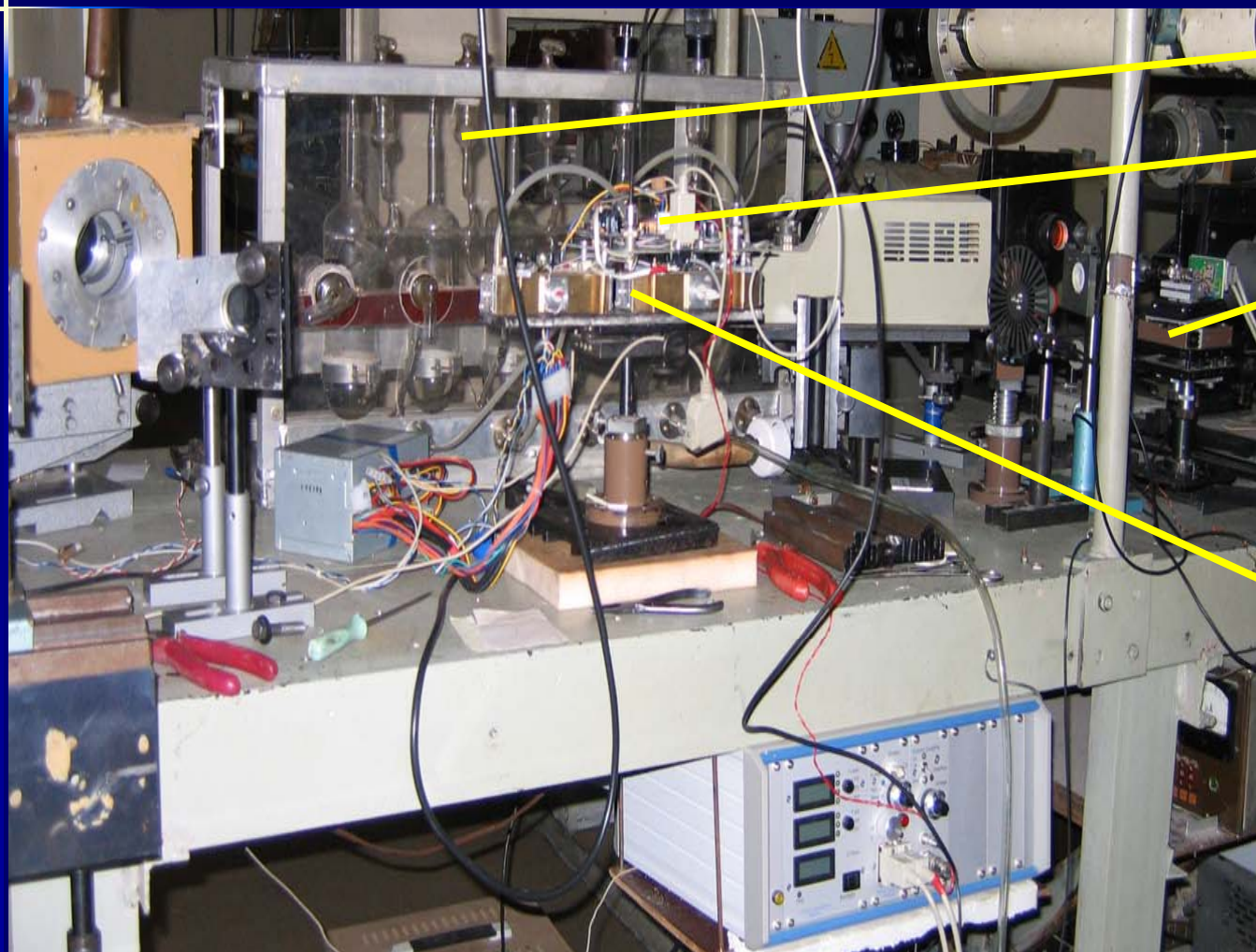
$$W - 3-7\text{ мВт}$$

ОАД:

$$\Delta = (U_{III}^2)^{1/2}/R$$

$$4 \cdot 10^{-9}\text{ см}^{-1}\text{Вт}$$

ОА спектрометр



Вакуумный
пост

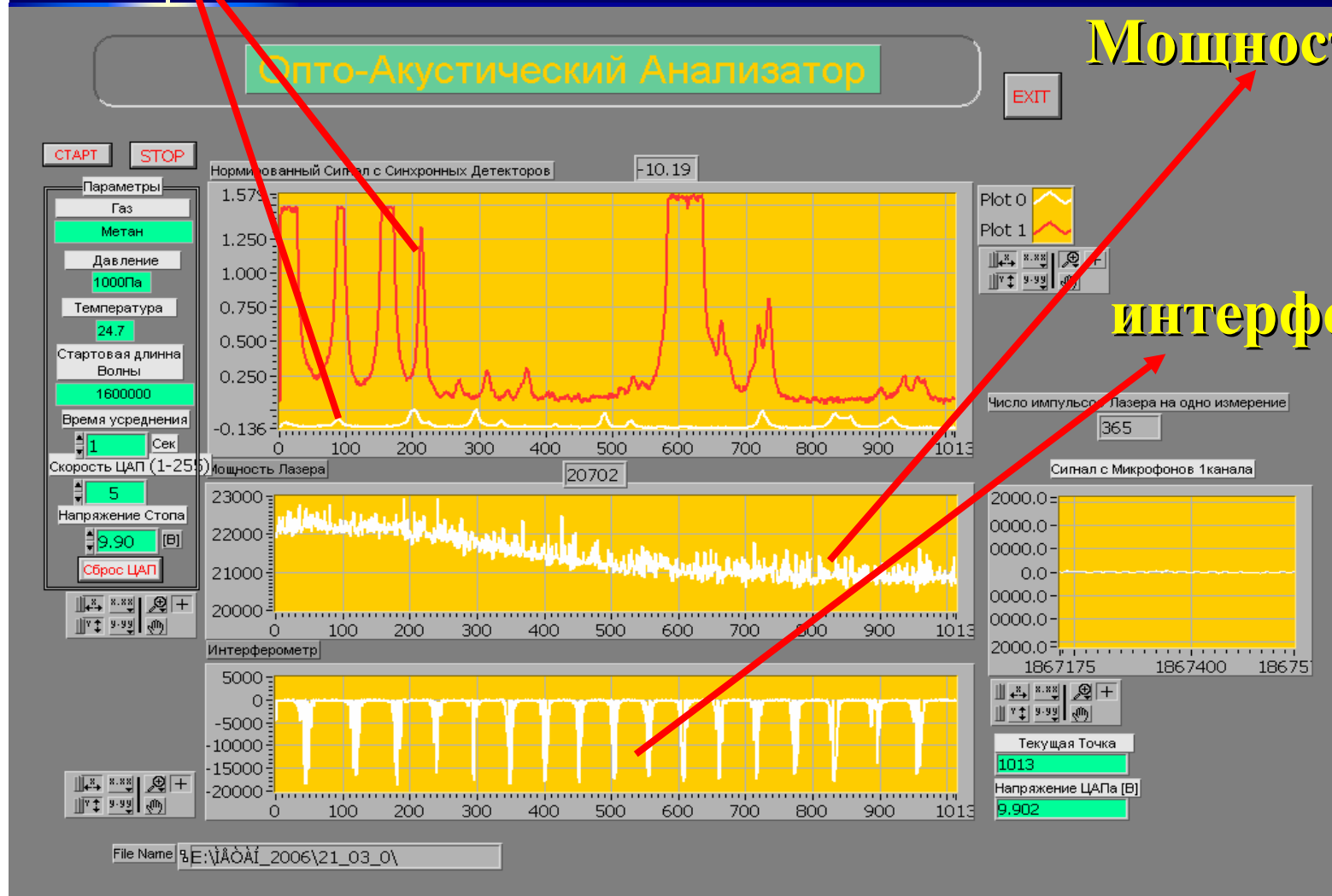
контроллер

лазер

Линейка ОАД

Панель управления ОА спектрометром

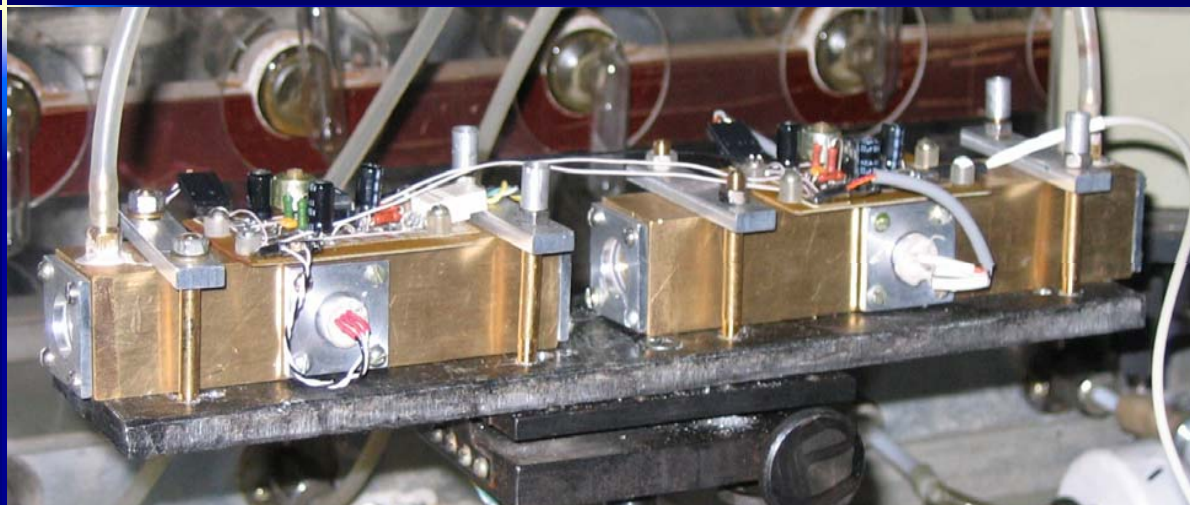
Сигналы ОА детекторов



Мощность лазера

интерферограмма

ОА детекторы

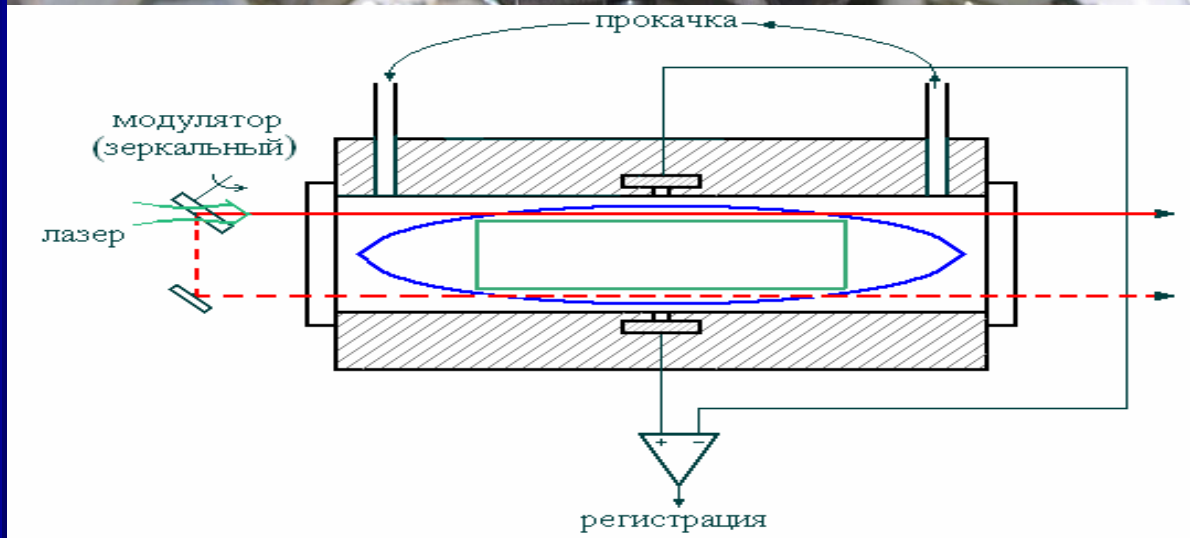


$L_1 = 120 \text{ мм}$

$L_2 = 150 \text{ мм}$

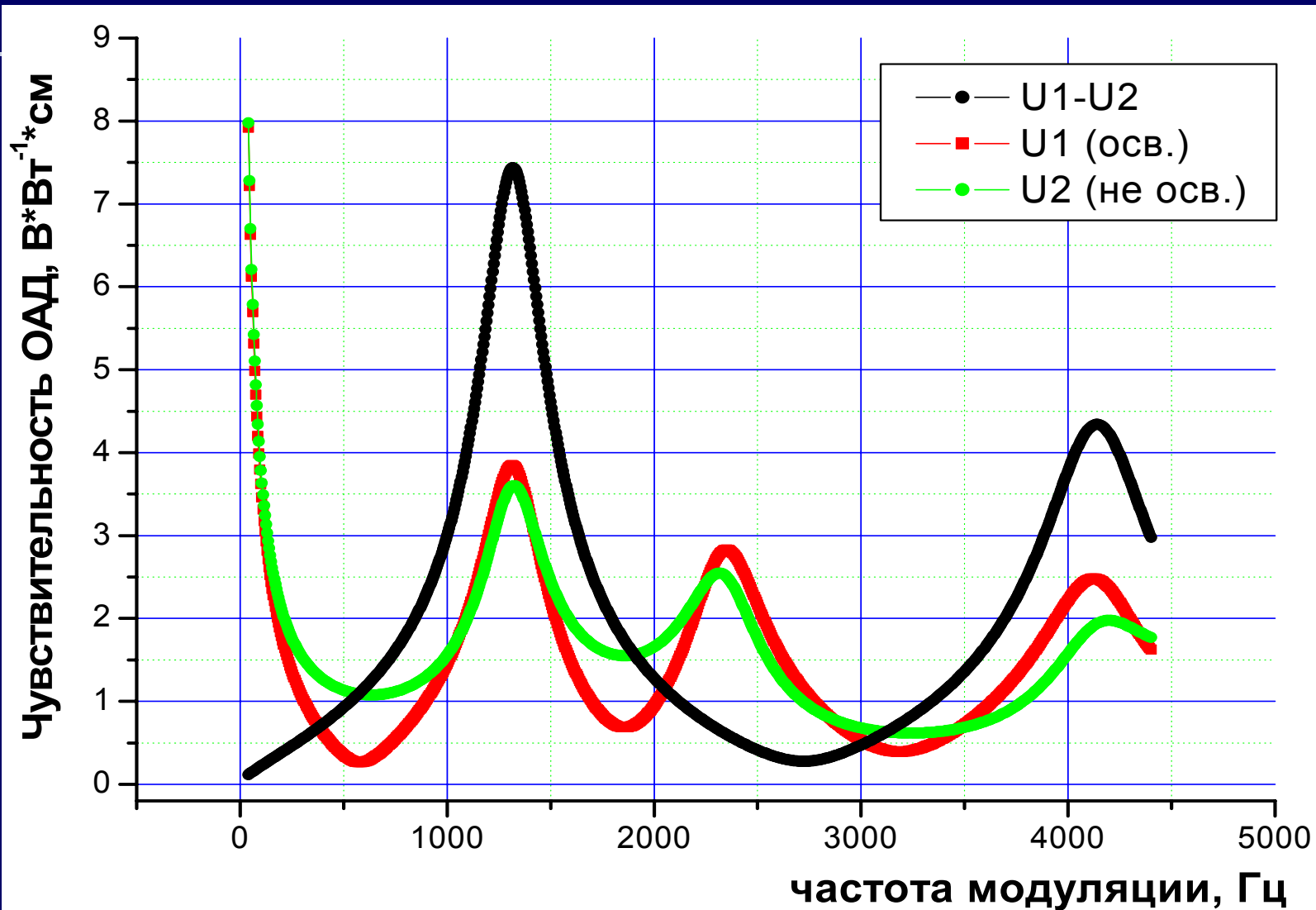
$\varnothing = 5 \text{ мм}$

$R = 7 \text{ мм}$

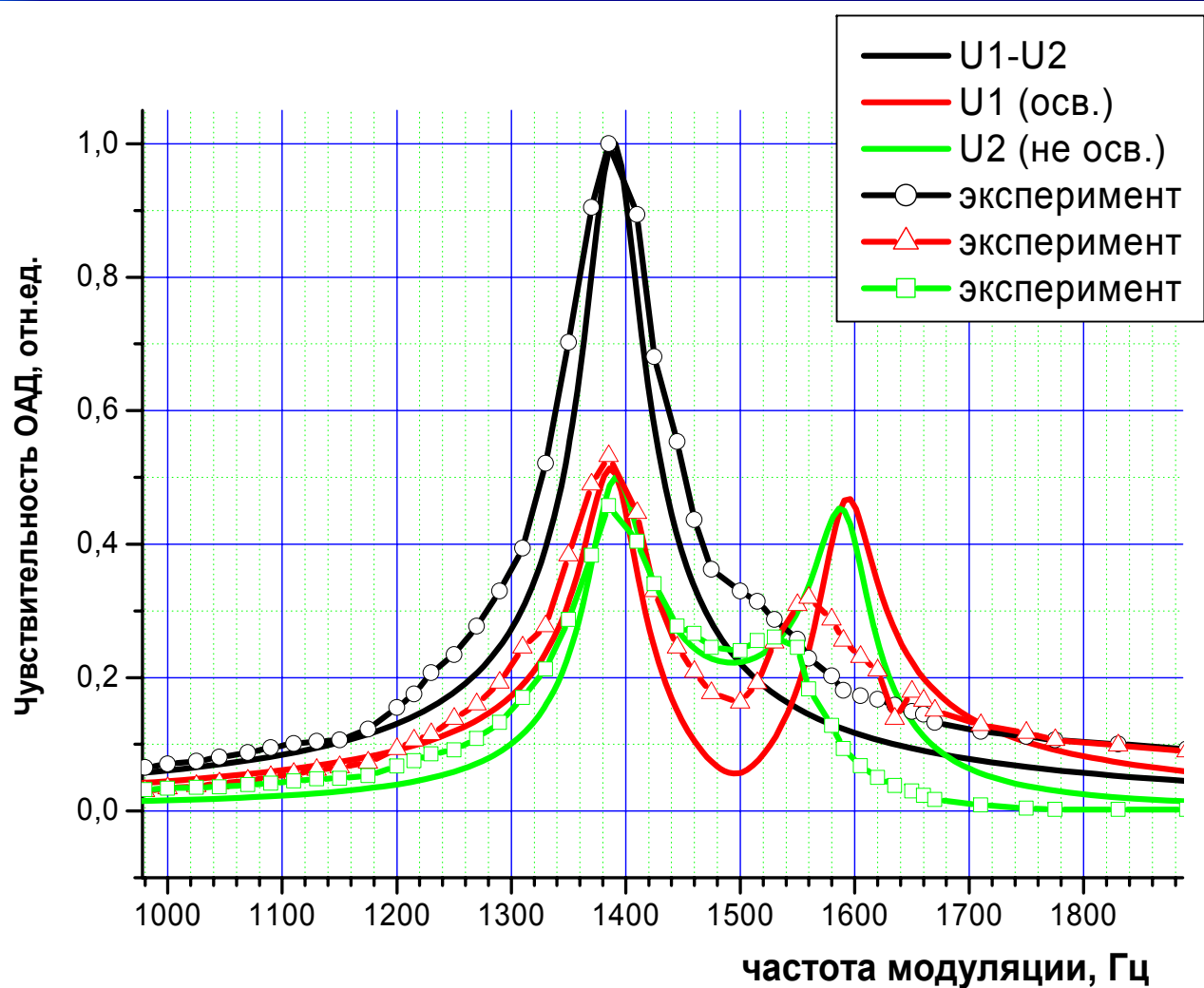


ОАД –
Патент № 51746
От 04.04.2005
Зеркальный
модулятор (x2) –
Патенты
№2815122,
№98119984/20

Расчет чувствительности ОАД (Метод электроакустической аналогии)



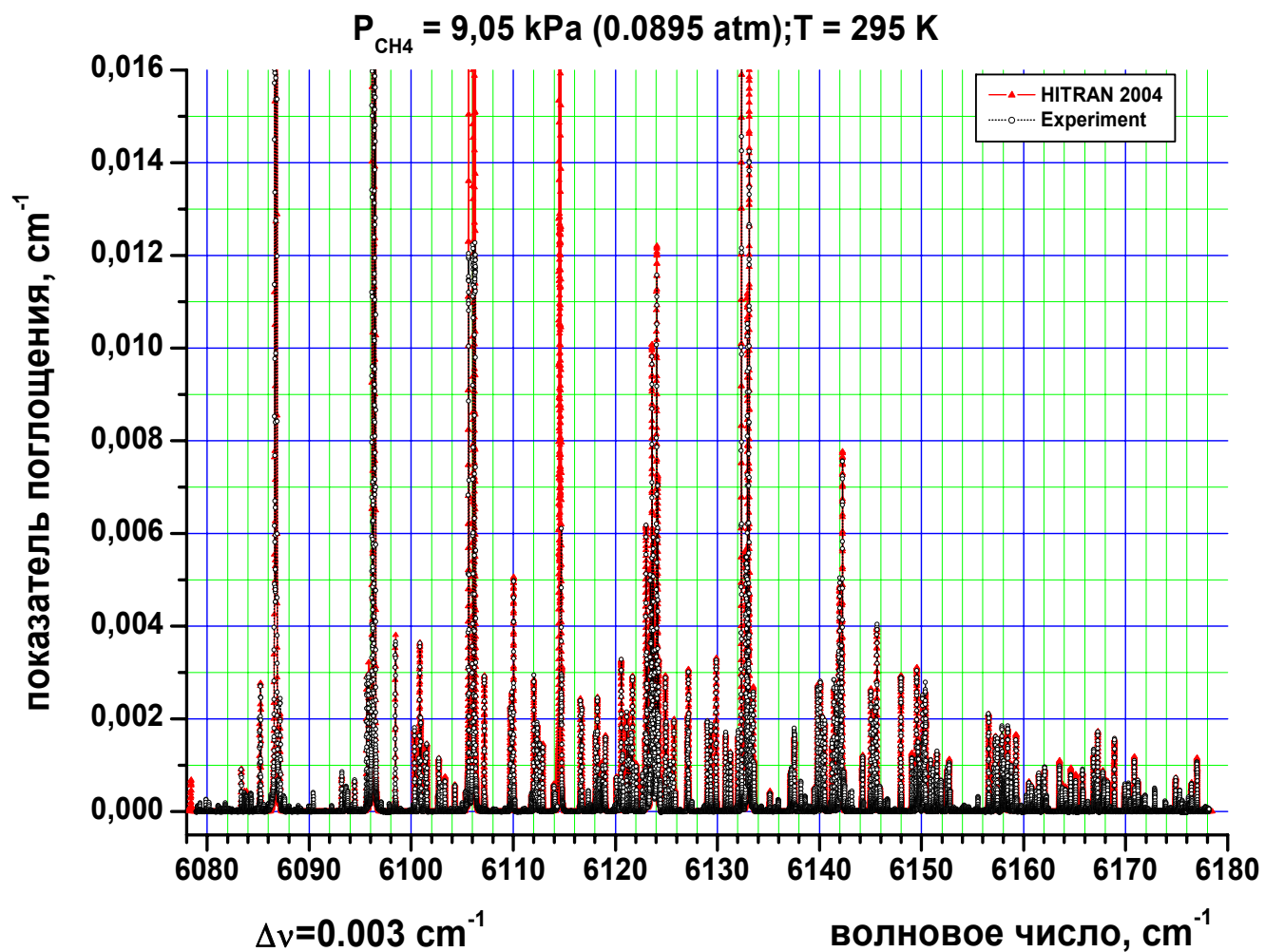
Расчет чувствительности ОАД (сравнение с экспериментом)



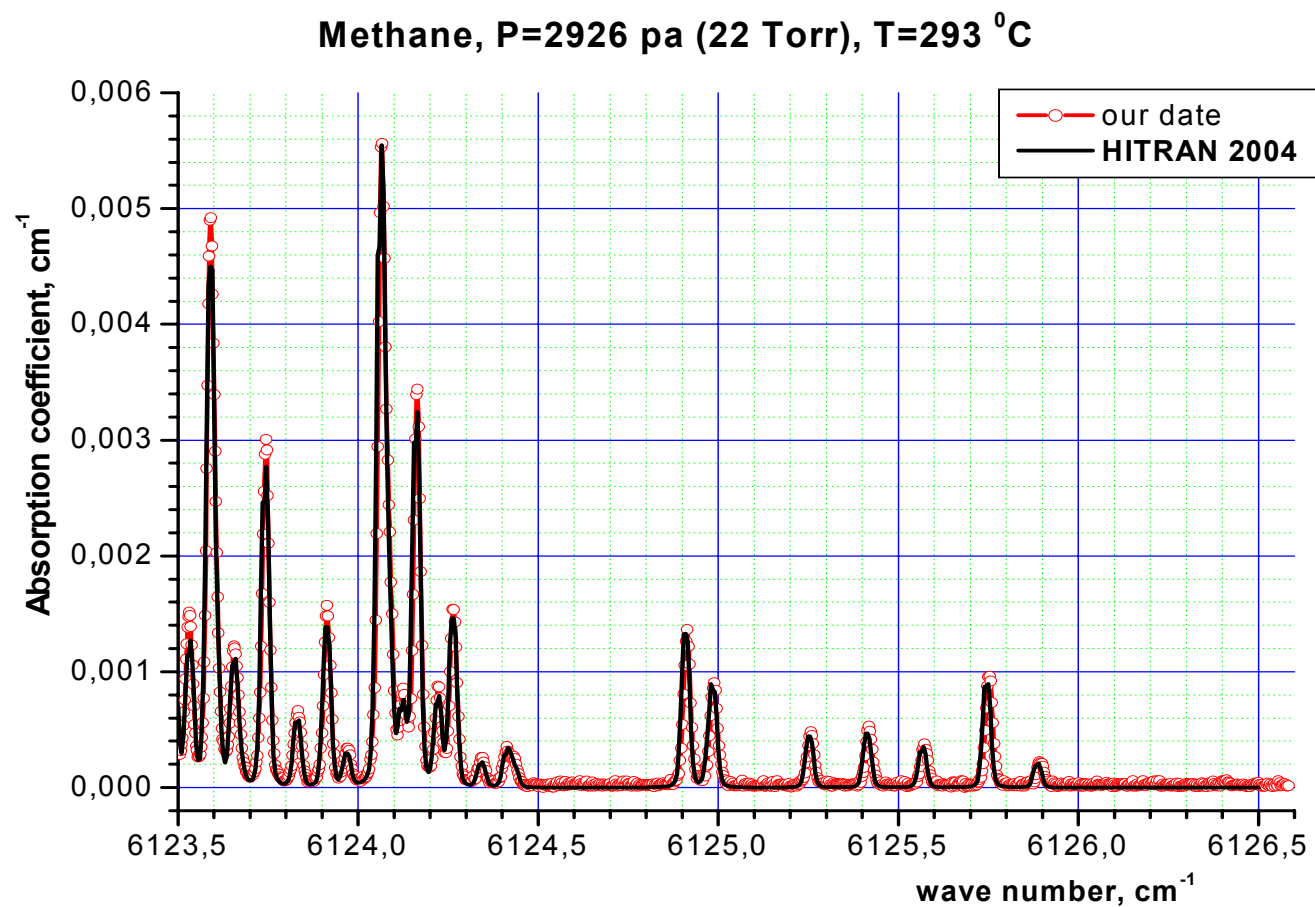
Спектр метана

HITRAN 2004 - 300 линий

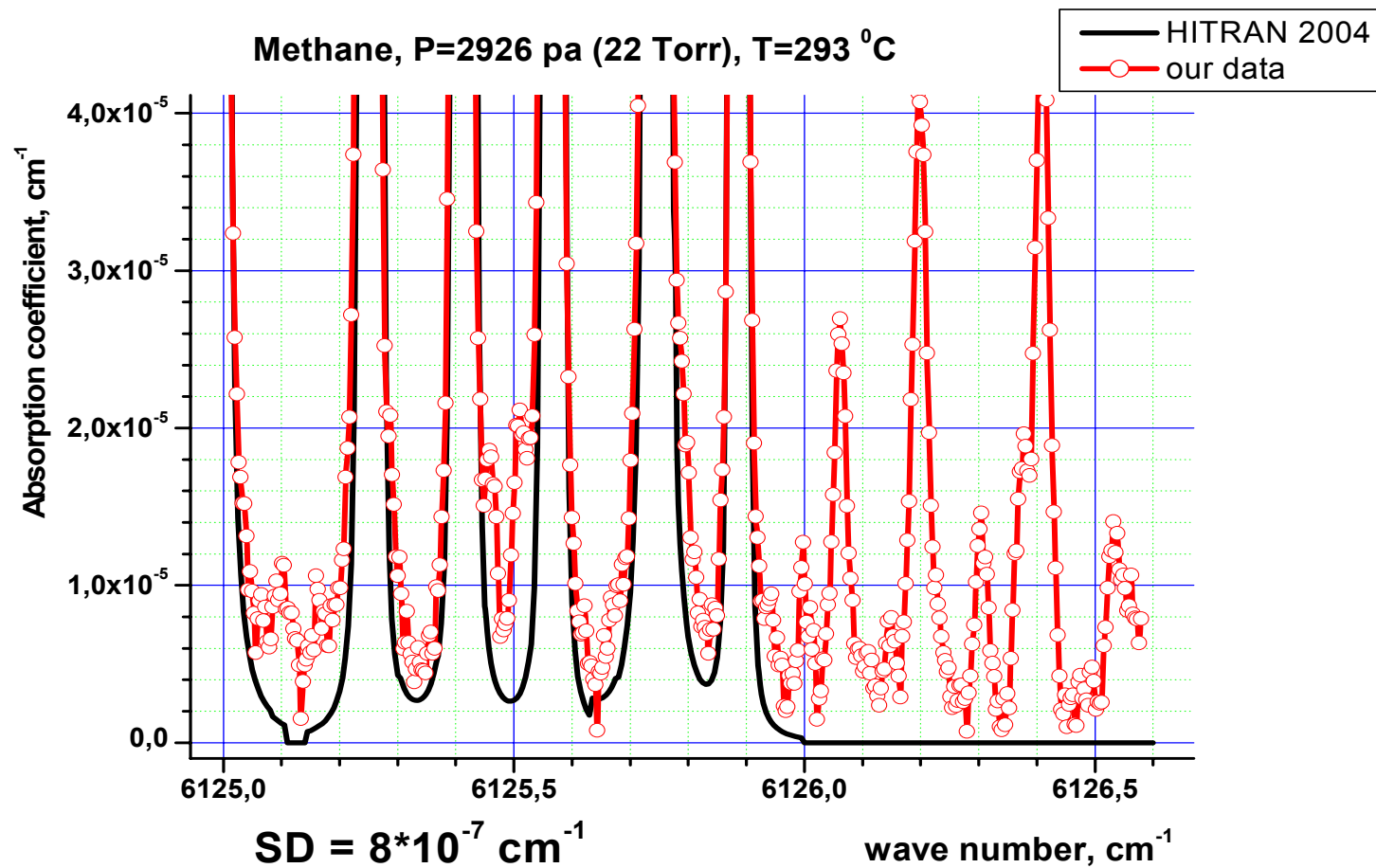
Эксперимент - более 600 линий



Спектр метана

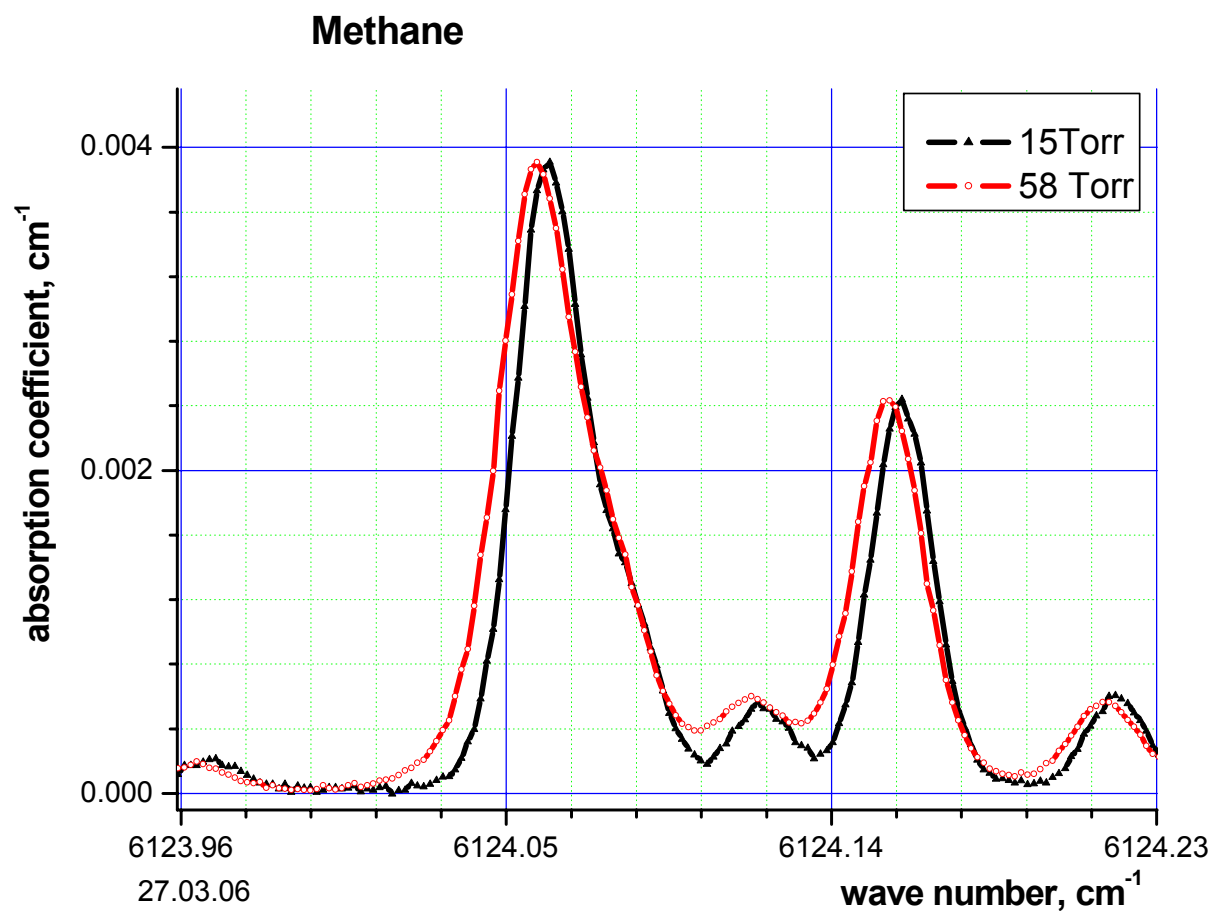


Спектр метана



Спектр метана

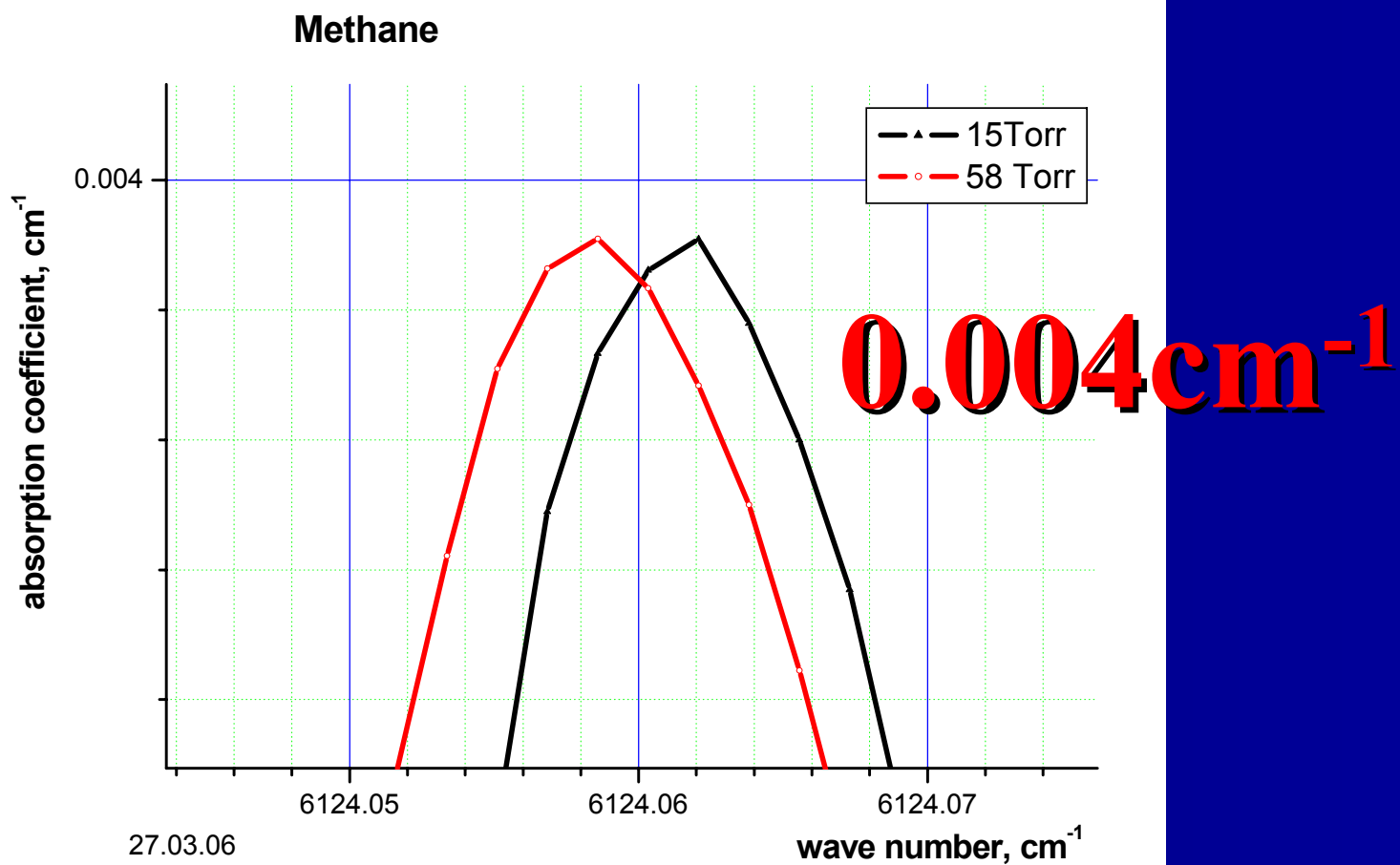
Самоуширение и самосдвиг



cm^{-1}

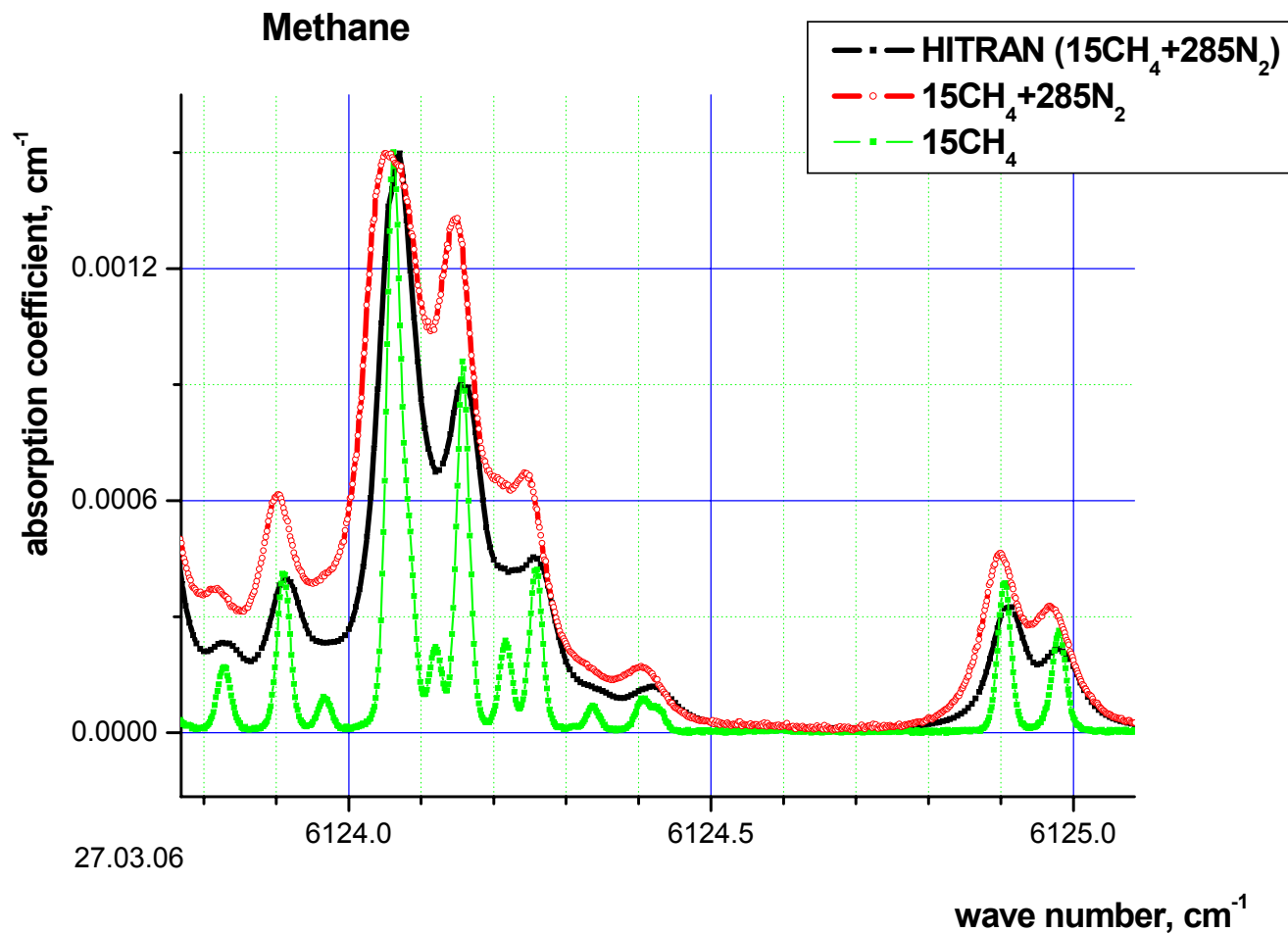
Спектр метана

Самоуширение и самосдвиг

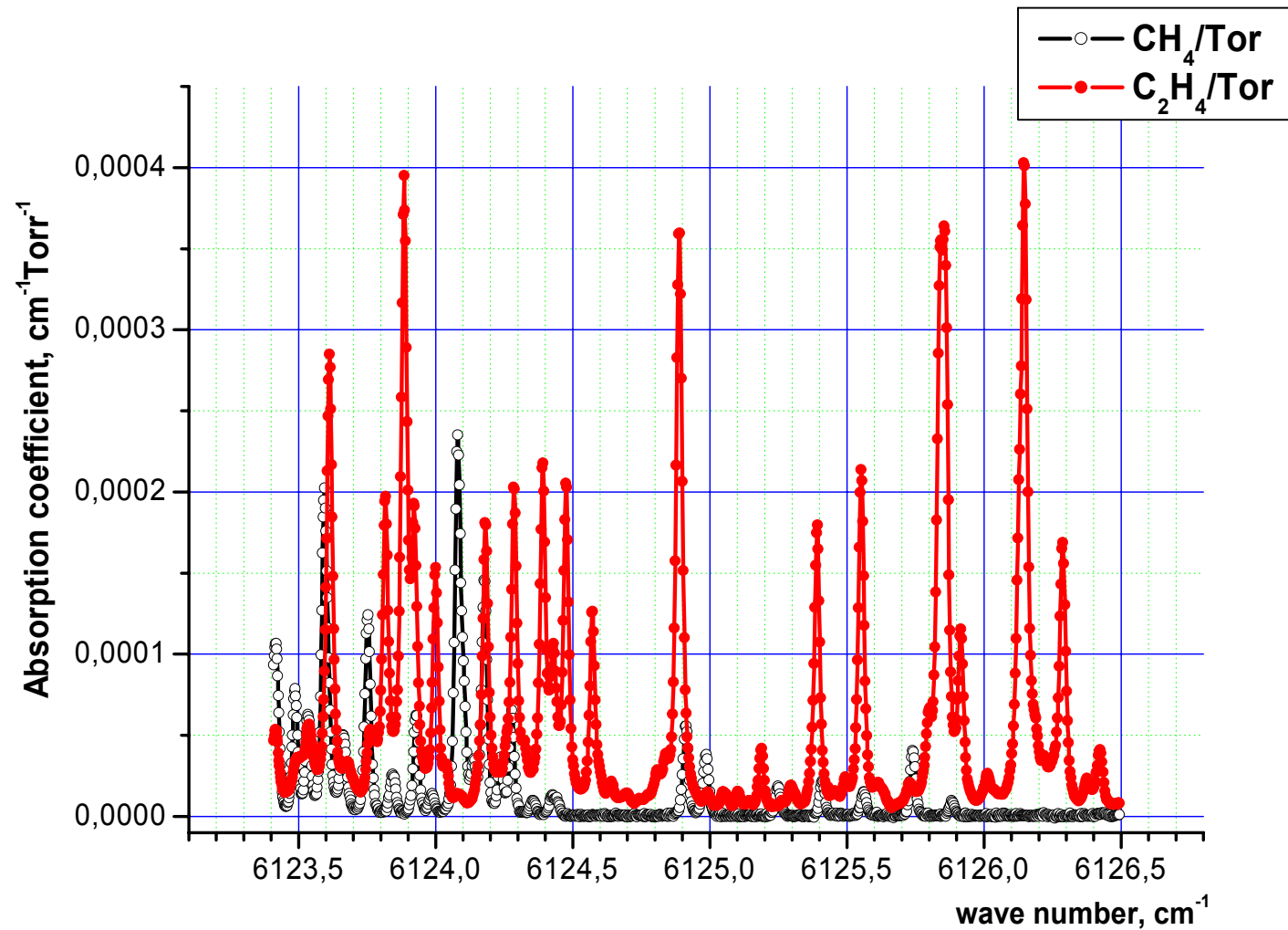


Спектр метана

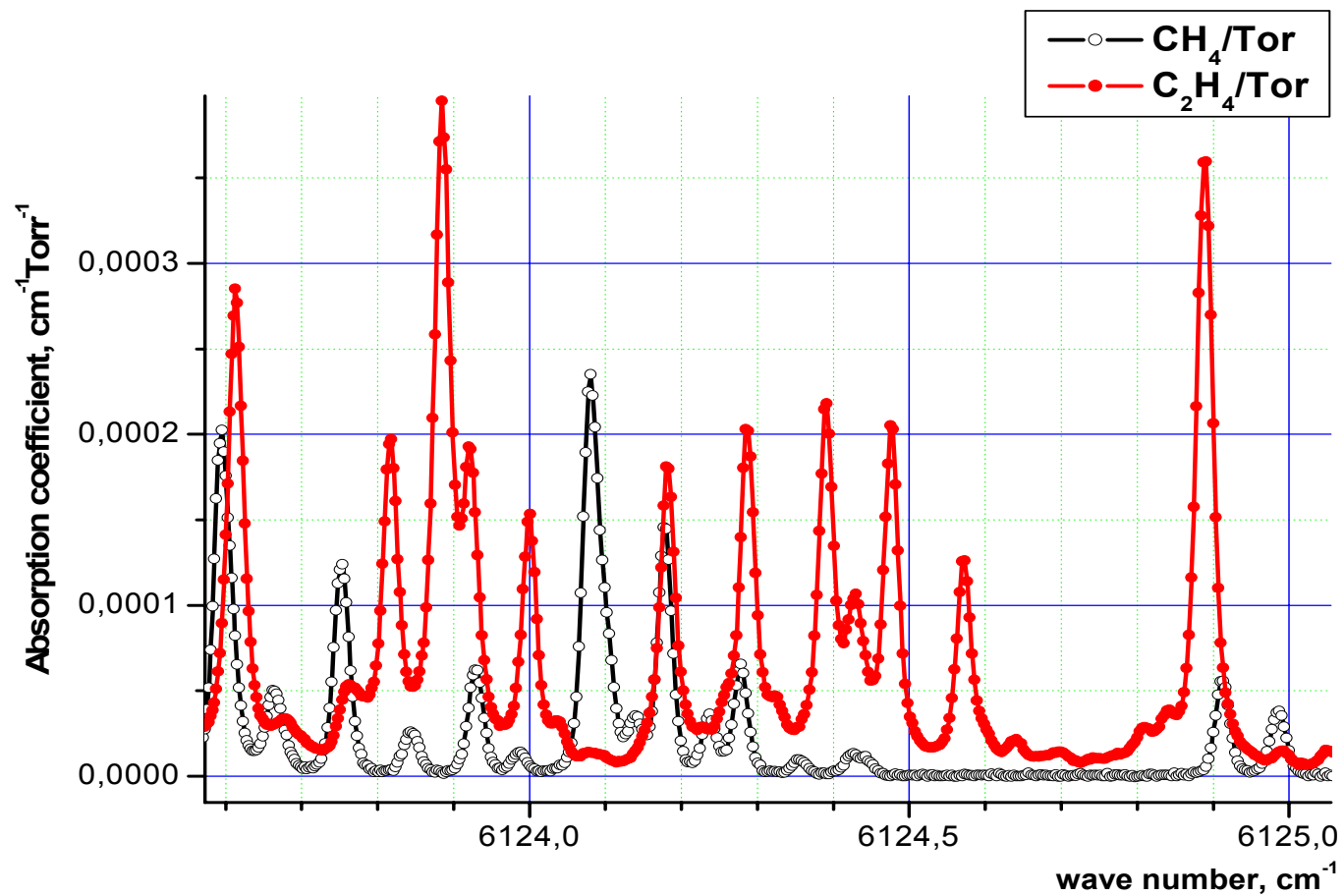
Уширение и сдвиг воздухом (300 Тор)



Спектр этилена и метана



Спектр этилена и метана



Заключение

Двухканальный ОА спектрометр

- **Спектральный диапазон (см-1)** 6060-6320
- **Диапазон непрерывной перестройки (см-1)** 2.5
- **Спектральное разрешение (см-1)** 0.0005
- **Пороговая чувствительность (см⁻¹*Вт*Hz^{-1/2})** 4E-9
- **Зарегистрирован спектр поглощения метана и этилена**
- **Проведены измерения уширения и сдвига спектральных линий метана**