

# Анализ эндогенного СО в выдыхаемом воздухе методами диодной лазерной спектроскопии

Степанов Е.В., Дьяченко А.И.  
Институт общей физики им. А.М.Прохорова РАН

Шулагин Ю.А.  
ГНЦ РФ Институт медико-биологических проблем РАН

# Молекулы-биомаркеры в выдыхаемом воздухе

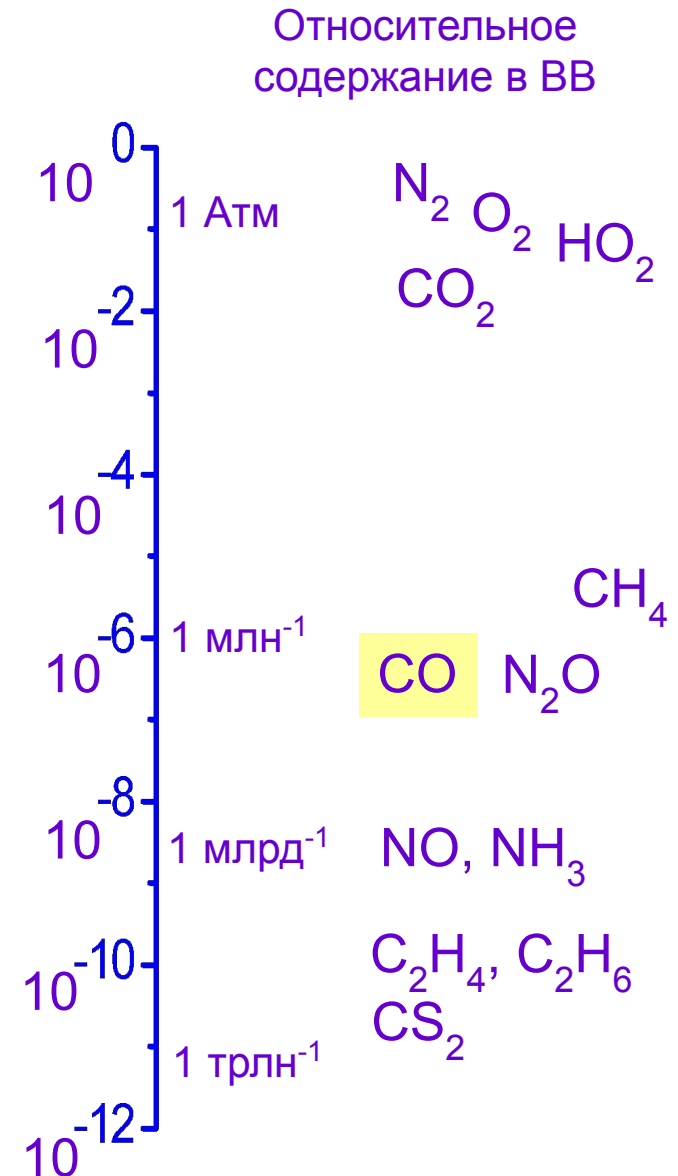
## Основное содержание

O<sub>2</sub> (кислород)  
CO<sub>2</sub> (углекислый газ)  
H<sub>2</sub>O (вода)  
N<sub>2</sub> (азот воздуха)

## Легкие молекулы-биомаркеры:

CO (угарный газ),  
NO (моноокись азота),  
NH<sub>3</sub> (аммиак), CH<sub>4</sub> (метан),  
C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> (этилен), C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> (этан),  
изомеры: <sup>13</sup>CO<sub>2</sub>, <sup>15</sup>NH<sub>3</sub>, HDO

+ еще около 600 летучих молекул  
(также потенциальных биомаркеров)



# Роль СО в организме и его диагностическая значимость

ОБРАЗУЕТСЯ в организме при гемолизе эритроцитов, т.е. при обновлении клеток крови

вторичный месенджер для нейромедиаторов и гормонов

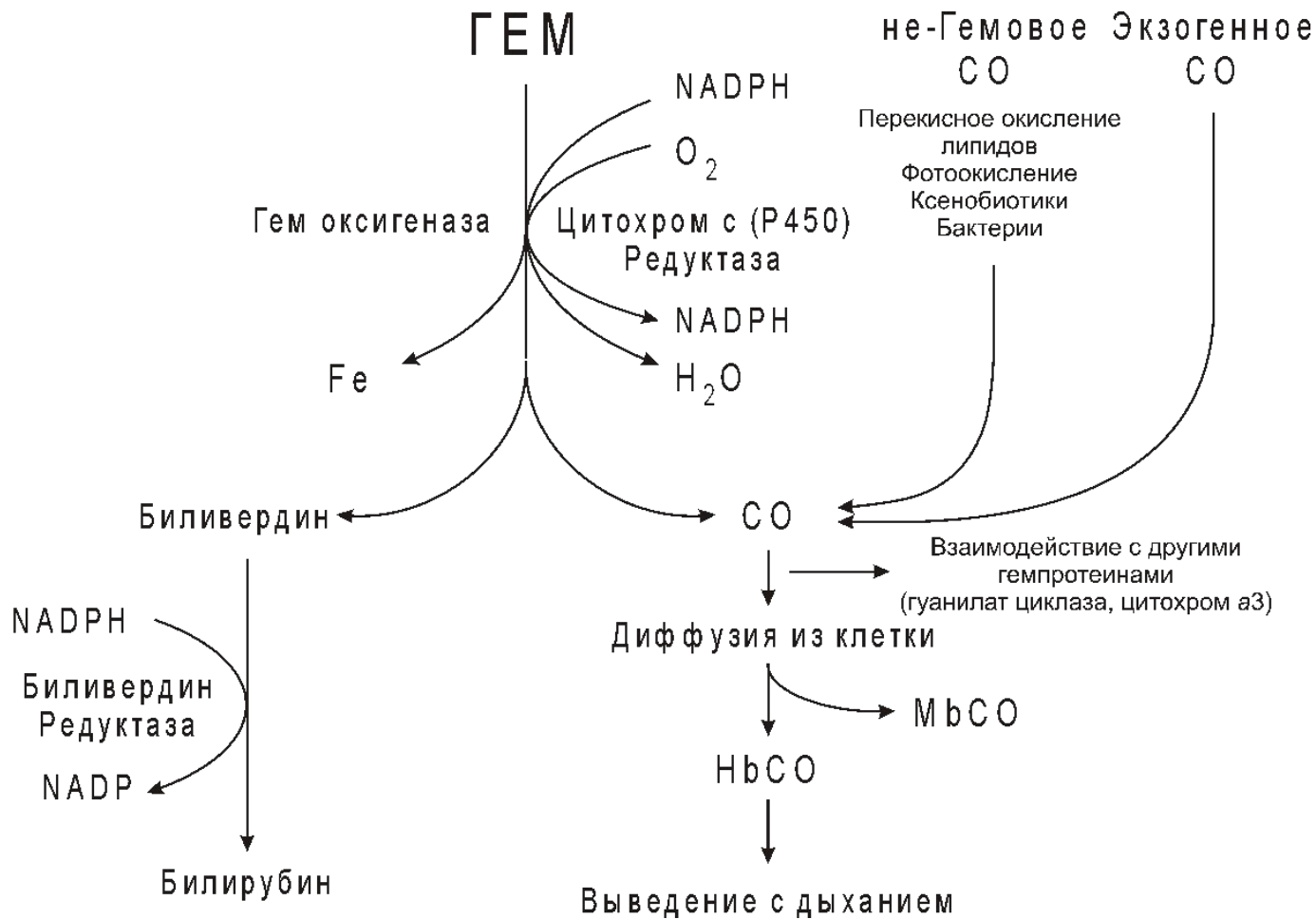
активизирует гуанилат циклазу и т.о. участвует в регуляции активности протеинкиназ и др. процессах

регулятор тонуса кровеносных сосудов

участвует в работе памяти

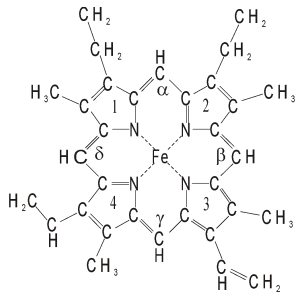
разделяет с  $O_2$  общую систему транспорта и буферирования (можно использовать как маркер при исследовании системы транспорта кислорода)

# Схема метаболизма CO в организме



# Транспорт эндогенного CO в организме

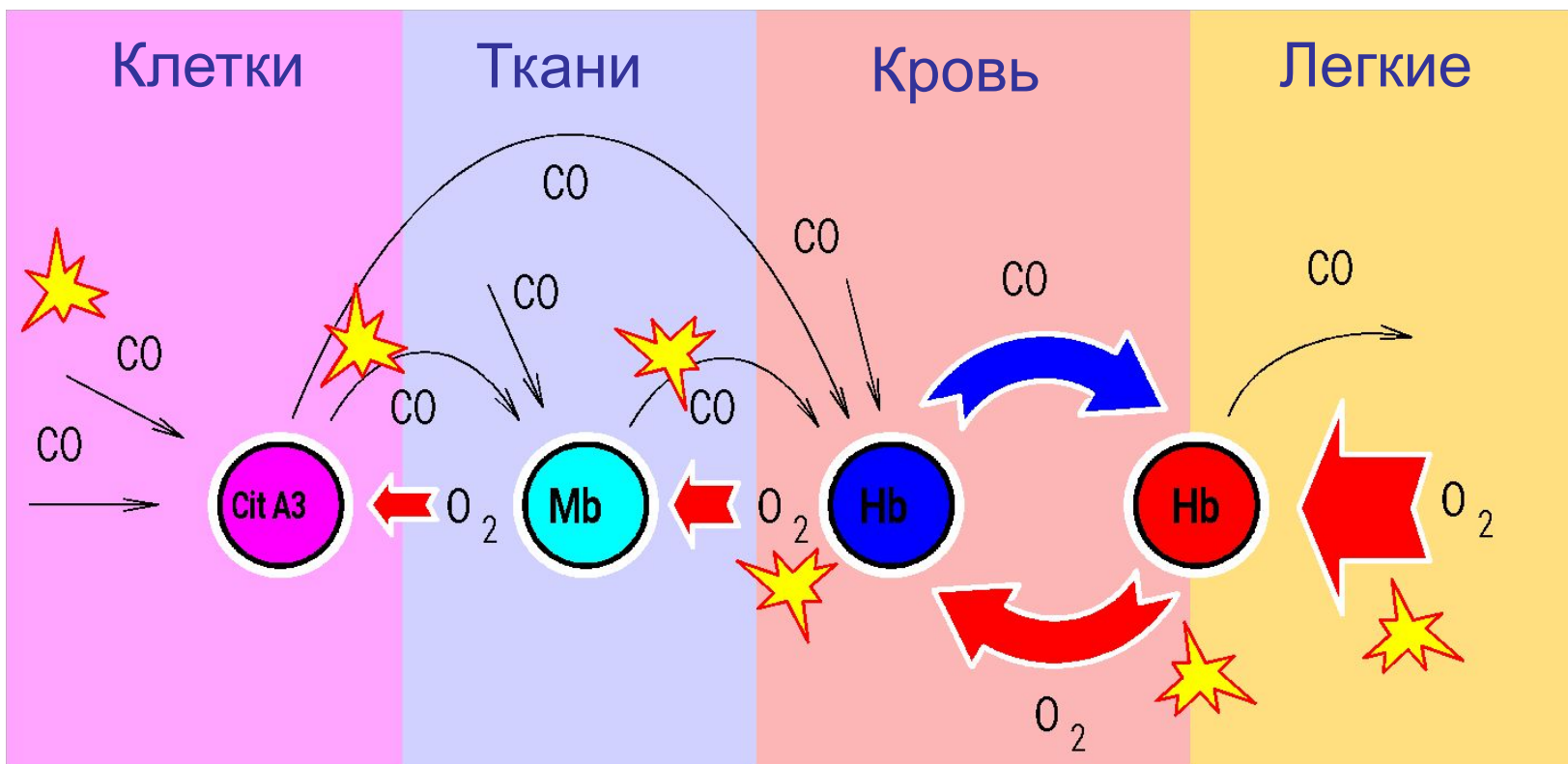
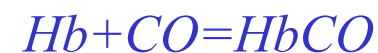
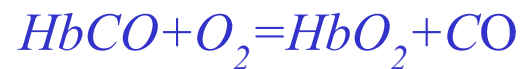
Гем



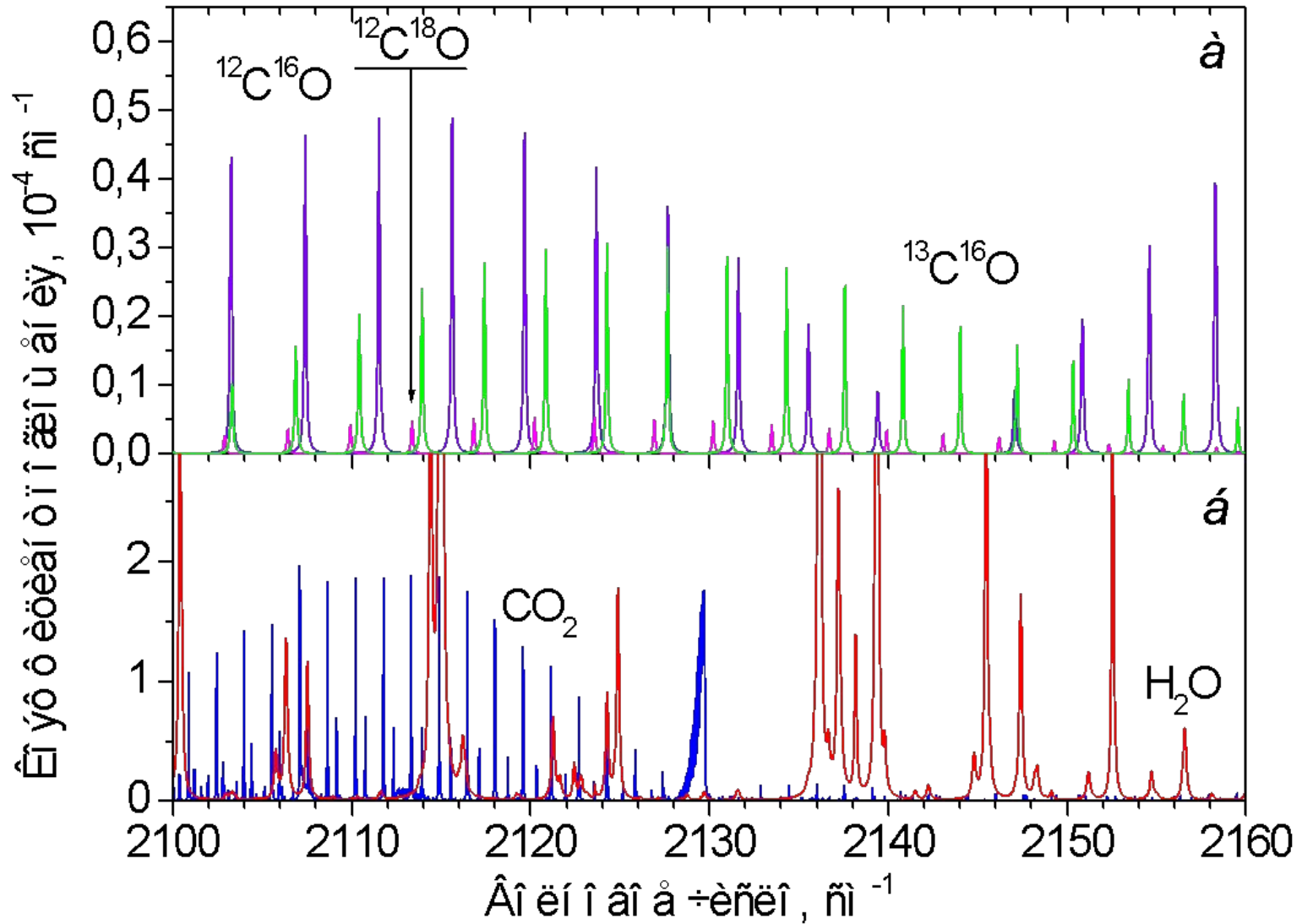
Гемоглобин



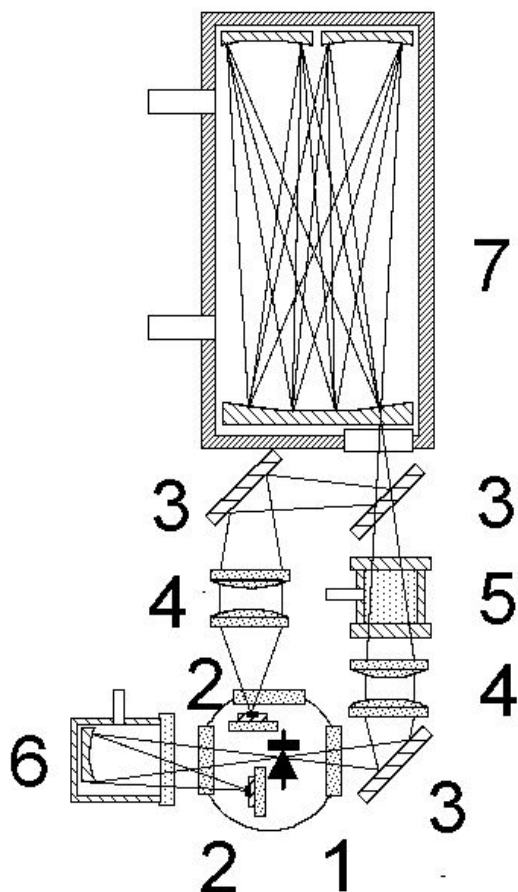
Эритроциты



# Спектр поглощения CO в среднем ИК-диапазоне



## Схема анализатора



## Характеристики

Чувствительность к CO	~5 ppb
Точность	~3%
Селективность	~100%
Быстродействие	~5 с
Время непрерывного мониторинга	не ограничено

1. ПДЛ в криостате
2. ИК фотоприемник
3. Поворотные зеркала
4. Двуминзовые объективы  $\text{CaF}_2$
5. Калибровочная кювета
6. Реперная кювета
7. Многоходовая кювета

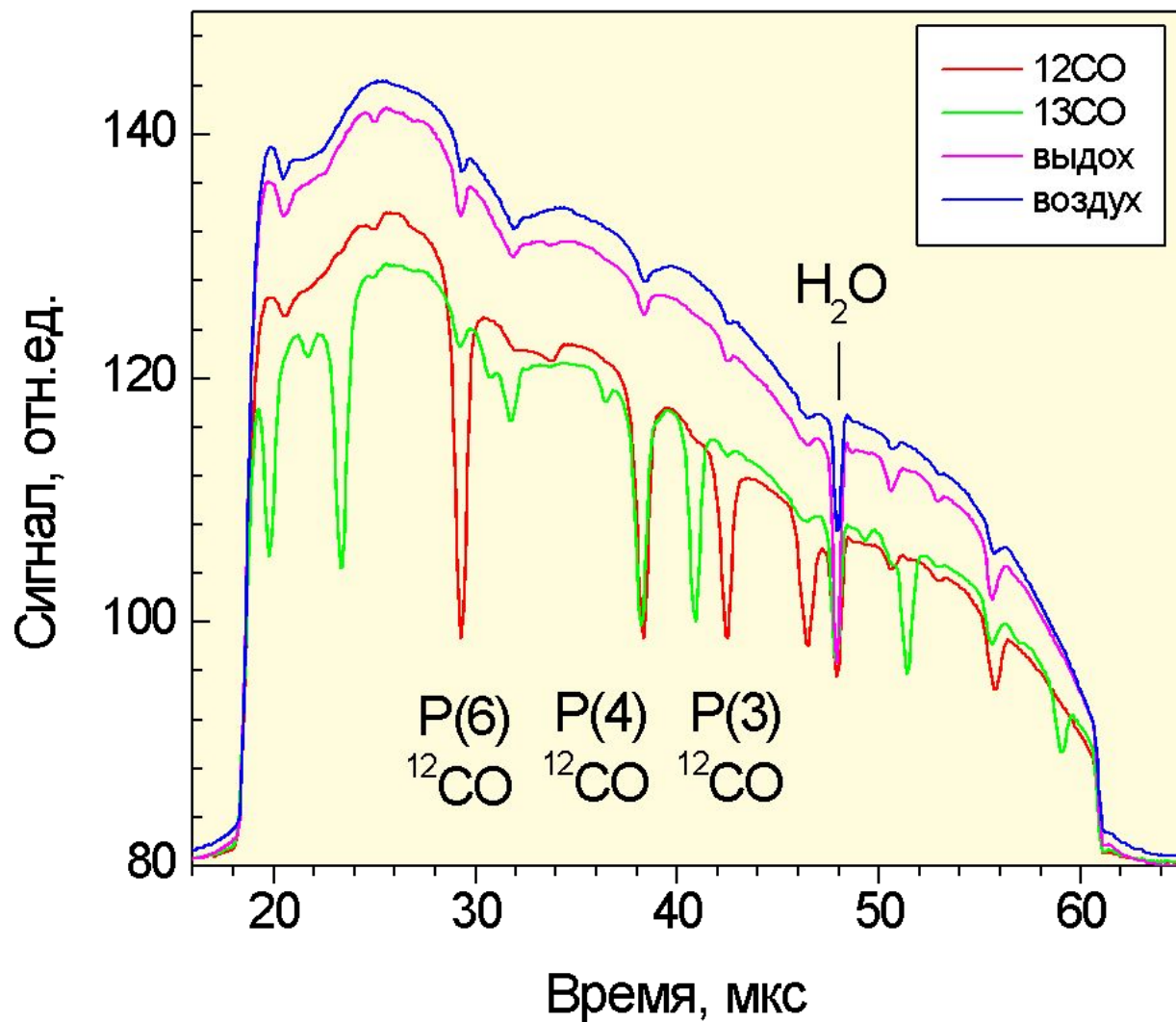
CO

# Лазерный анализатор CO в выдыхаемом воздухе и его клинические испытания





# Лазерный спектр пропускания CO



Параметры  
импульса  
(диффузионный  
лазер)

$T=78\text{ K}$

$I_{th}=0.8\text{ A}$

$\lambda_{РАБ}=4.73\text{ мкм}$

$I_{РАБ}=2.85\text{ A}$

длина мод  $\sim 4\text{ см}^{-1}$

$dv/dt=5\cdot 10^4\text{ см}^{-1}/\text{с}$

# Исследования выделения CO с выдыхаемым ВОЗДУХОМ

## Выделение в норме

- Пол
- Возраст
- Циркадные ритмы

## Зависимость от состава вдыхаемого воздуха

- Гипероксия ( $O_2$  ↑)
- Гипоксия ( $O_2$  ↓)
- Гиперкапния ( $CO_2$  ↑)
- Изменение уровня  $CO$  ↑

## Выделение при нагрузочных тестах

- Физическая нагрузка
- Гипервентиляция
- Задержка дыхания
- Гипербария

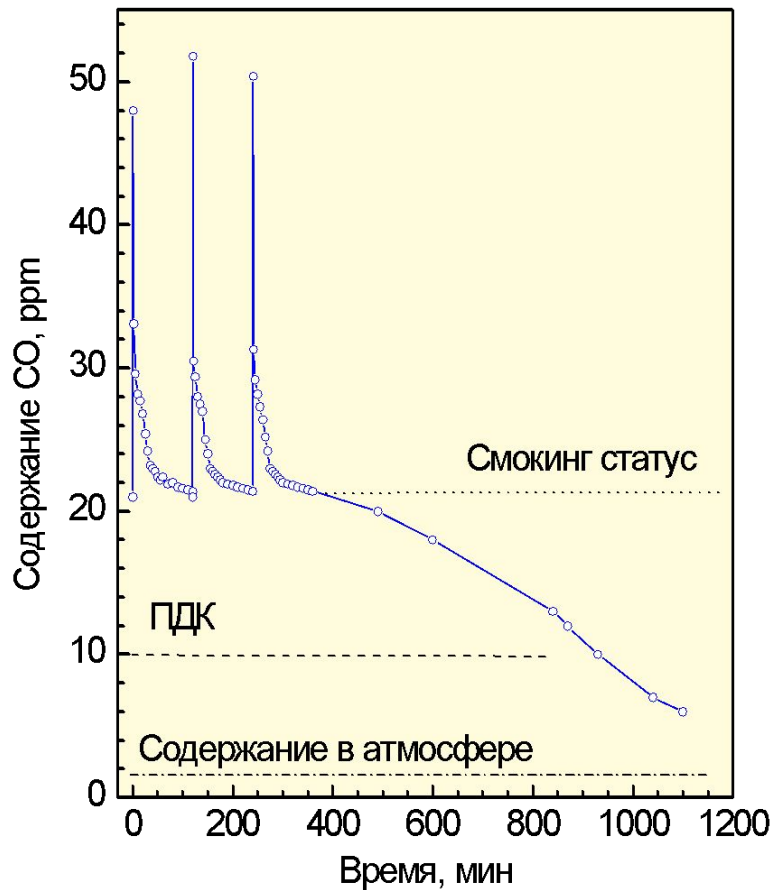
## Выделение при заболеваниях

- Органы дыхания
- Нарушения метаболизма

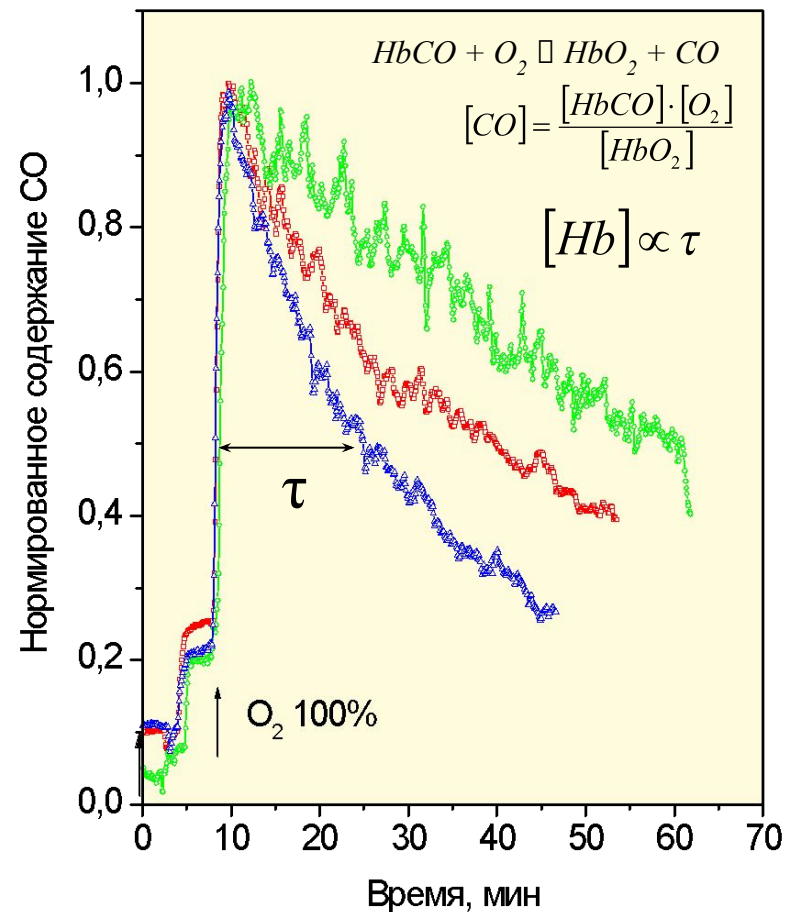


Модель выделения CO с выдыхаемым воздухом

## Динамика выведения экзогенного CO у курильщика

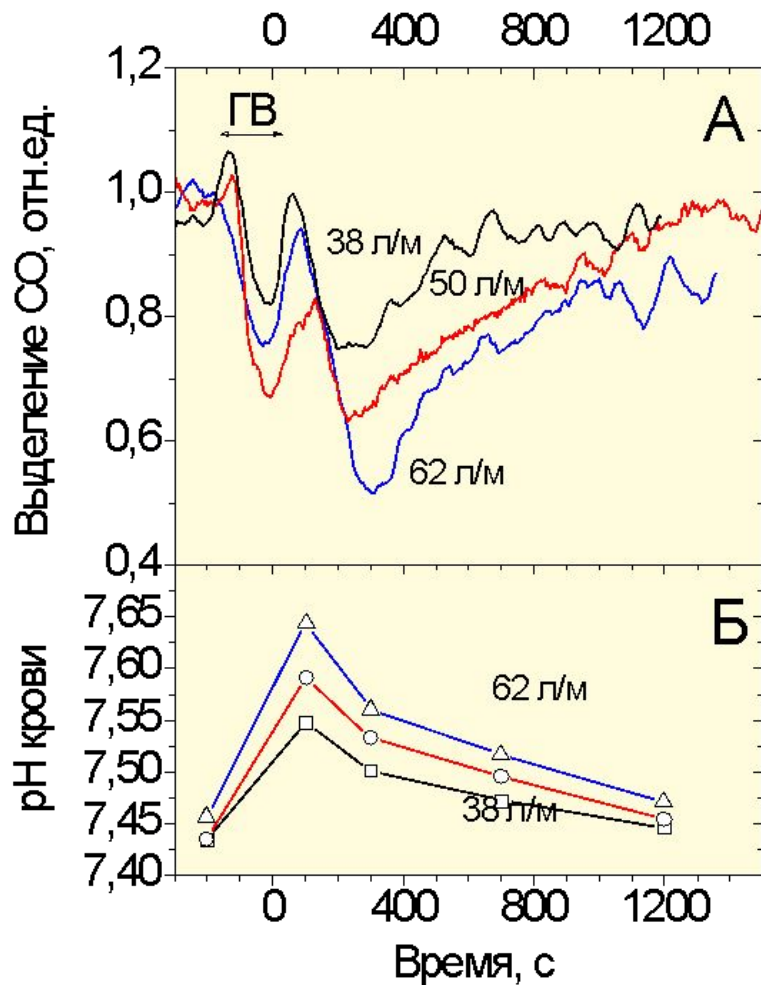


## Динамика выделения CO при дыхании кислородом неинвазивное определение концентрации гемоглобина крови

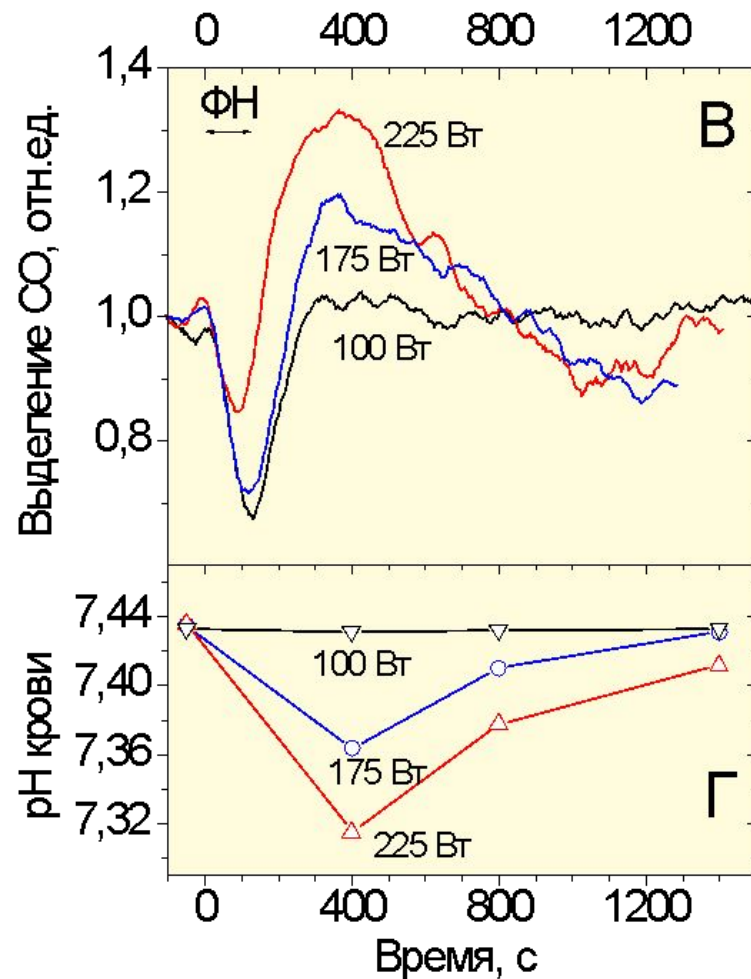


# Мониторинг динамики кислотно-основного состояния в организме

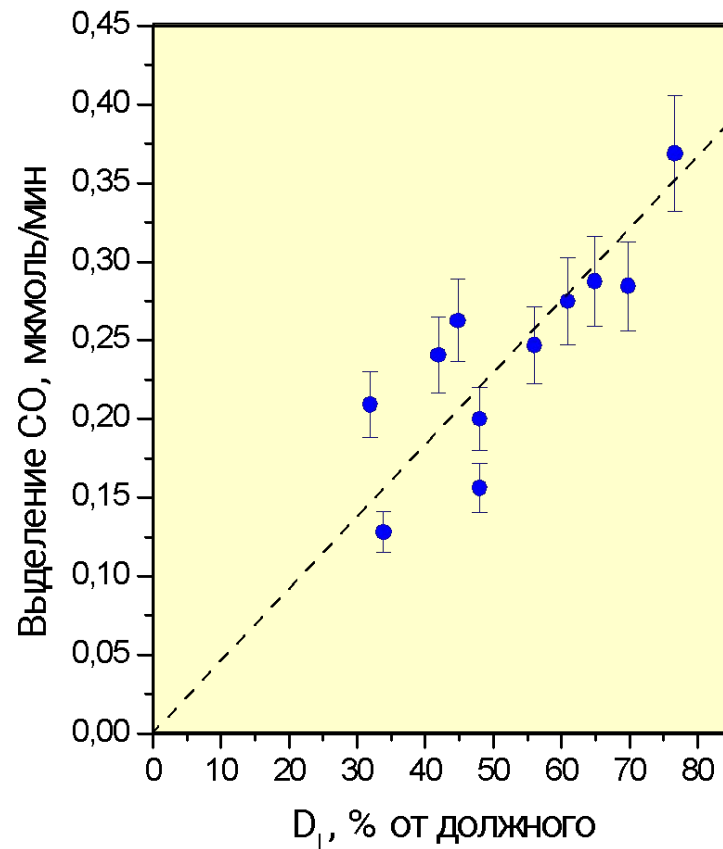
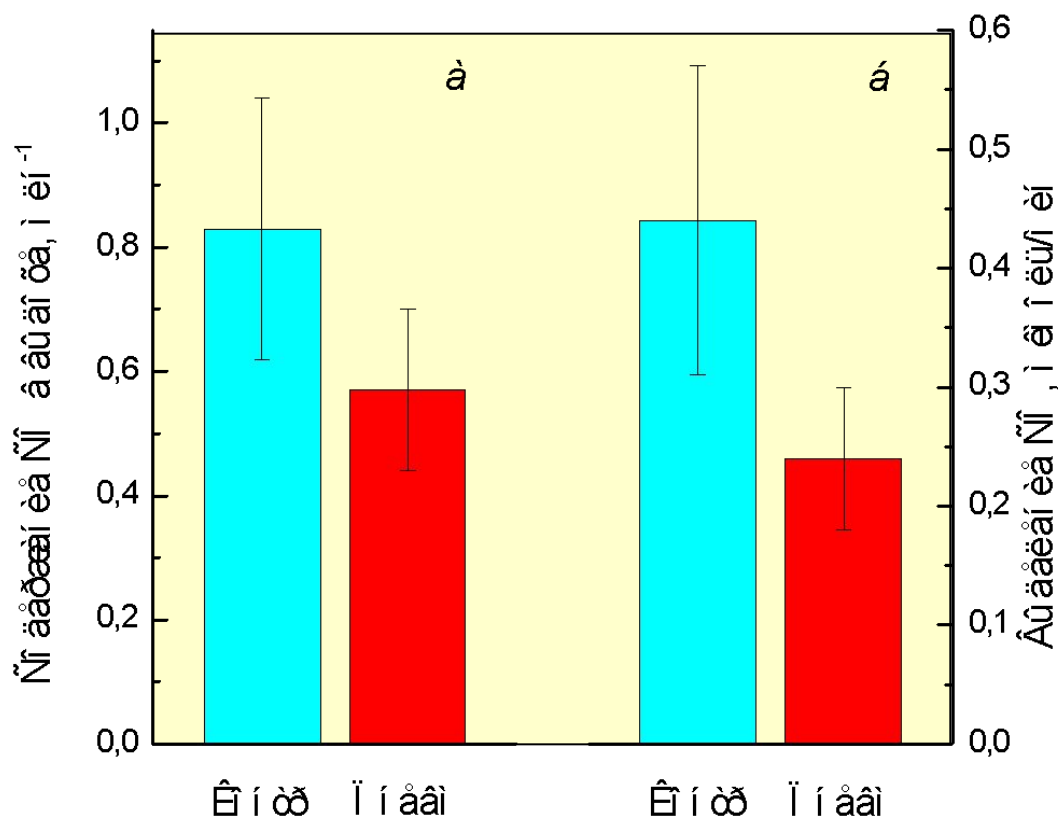
Гипервентиляция (pH ↑)



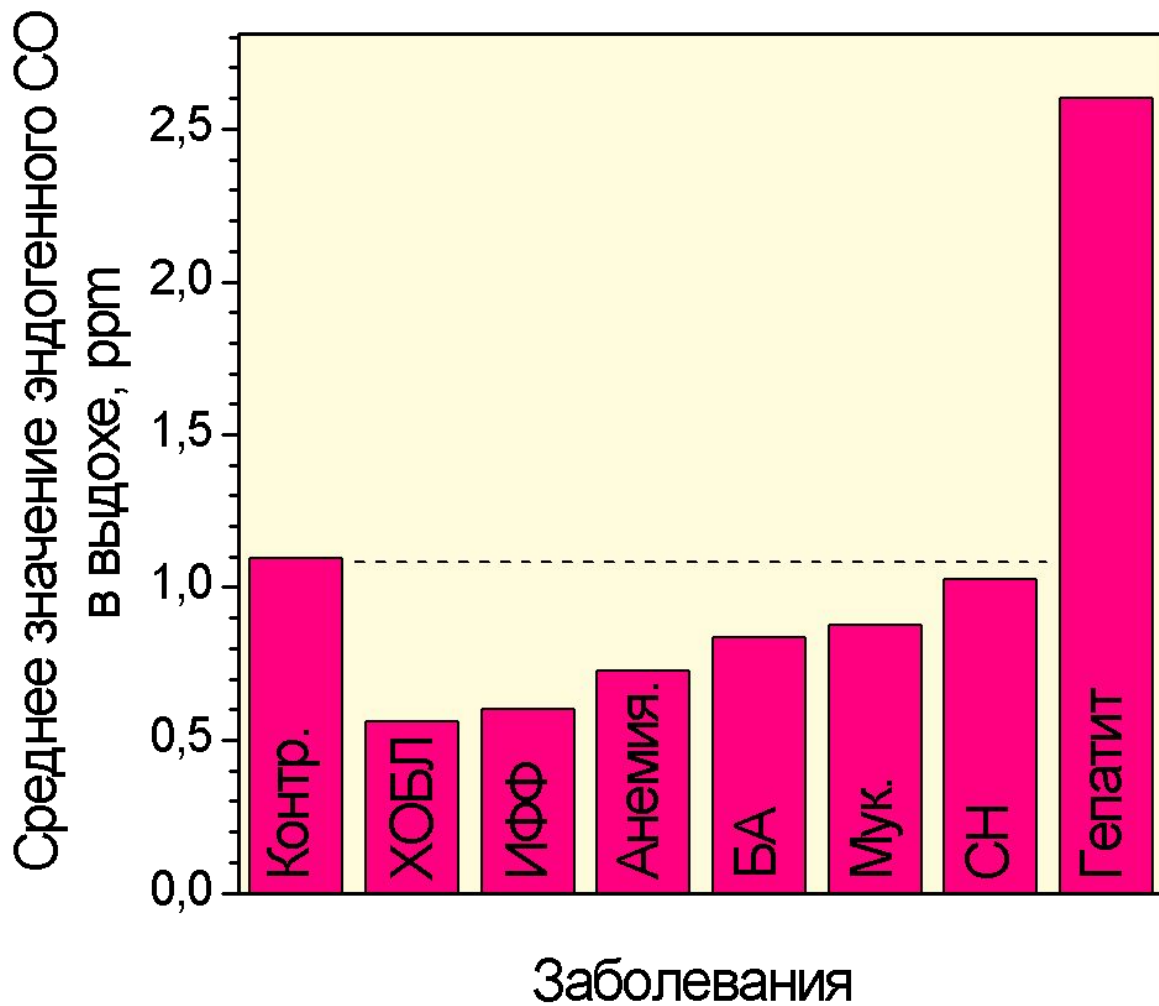
Физическая нагрузка (pH ↓)



# Вариации выделения эндогенного CO с выдыхаемым воздухом за счет снижения диффузионной емкости легких при пневмонии



# Выделение CO при различных заболеваниях



# Перспективы использования анализа эндогенного СО в биомедицинской диагностике

Диагностика патологий процессов гемолиза эритроцитов  
(анемии, гепатит, радиационные поражения)

Диагностика проницаемости легочной мембраны

Диагностика процессов доставки кислорода к тканям

Исследование динамики КОС в тканях

Гипербарическая физиология и спортивная медицина

Токсикология

Космическая медицина (оценка воздействия радиации)