

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

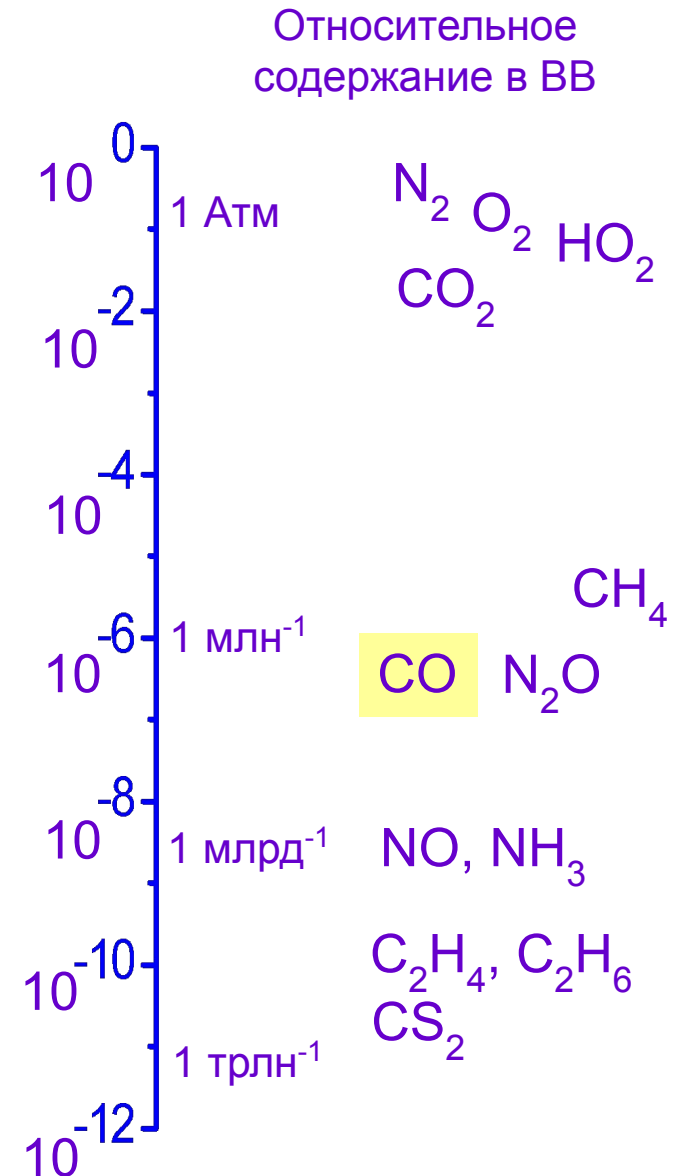
Основное содержание

O₂ (кислород)
CO₂ (углекислый газ)
H₂O (вода)
N₂ (азот воздуха)

Легкие молекулы-биомаркеры:

CO (угарный газ),
NO (моноокись азота),
NH₃ (аммиак), CH₄ (метан),
C₂H₄ (этилен), C₂H₆ (этан),
изомеры: ¹³CO₂, ¹⁵NH₃, 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

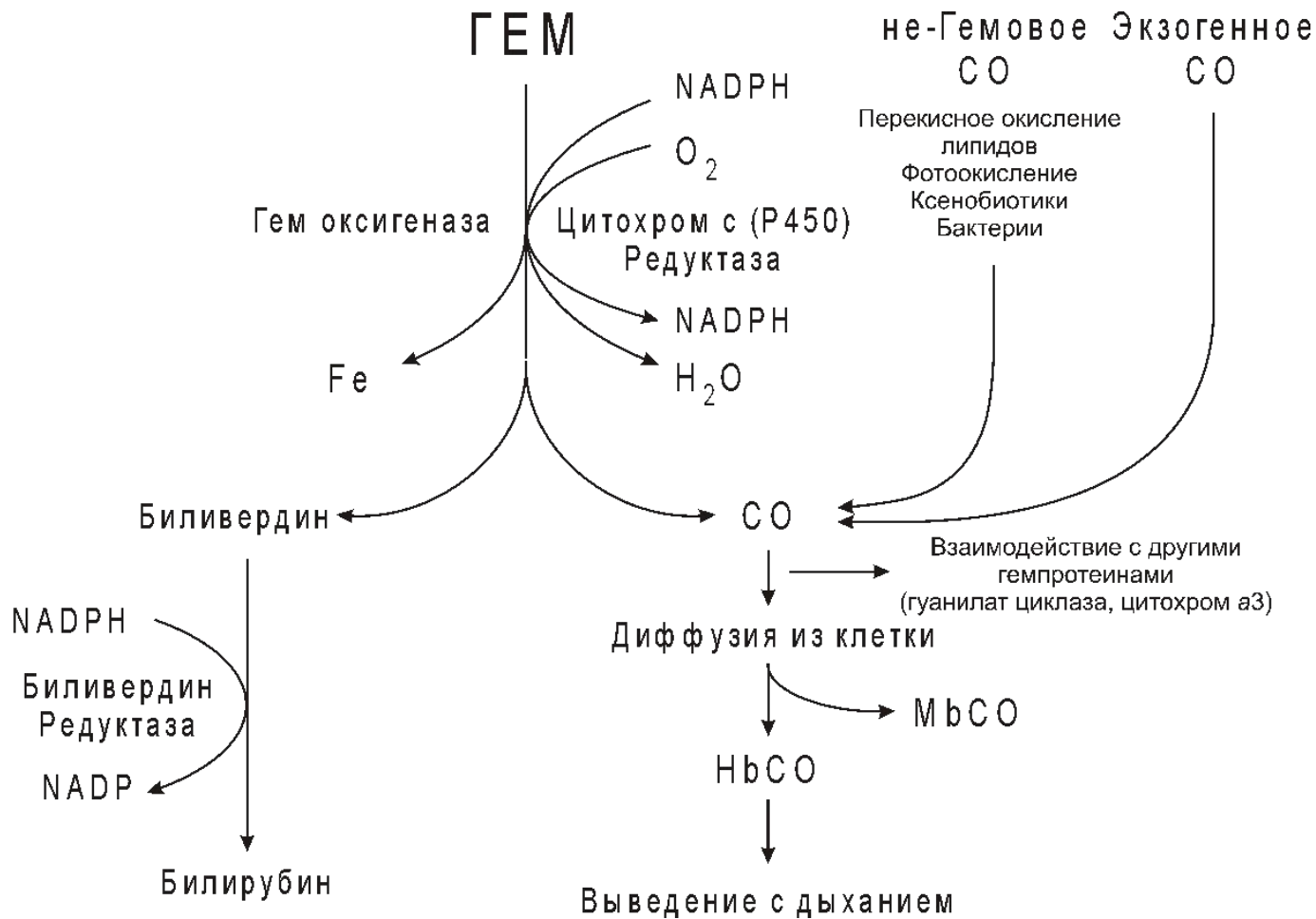
активизирует гуанилат циклазу и т.о. участвует в регуляции активности протеинкиназ и др. процессах

регулятор тонуса кровеносных сосудов

участвует в работе памяти

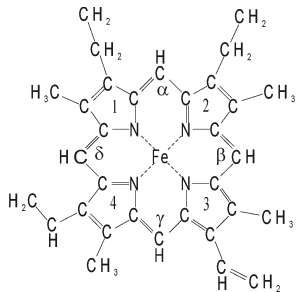
разделяет с O_2 общую систему транспорта и буферирования (можно использовать как маркер при исследовании системы транспорта кислорода)

Схема метаболизма CO в организме



Транспорт эндогенного CO в организме

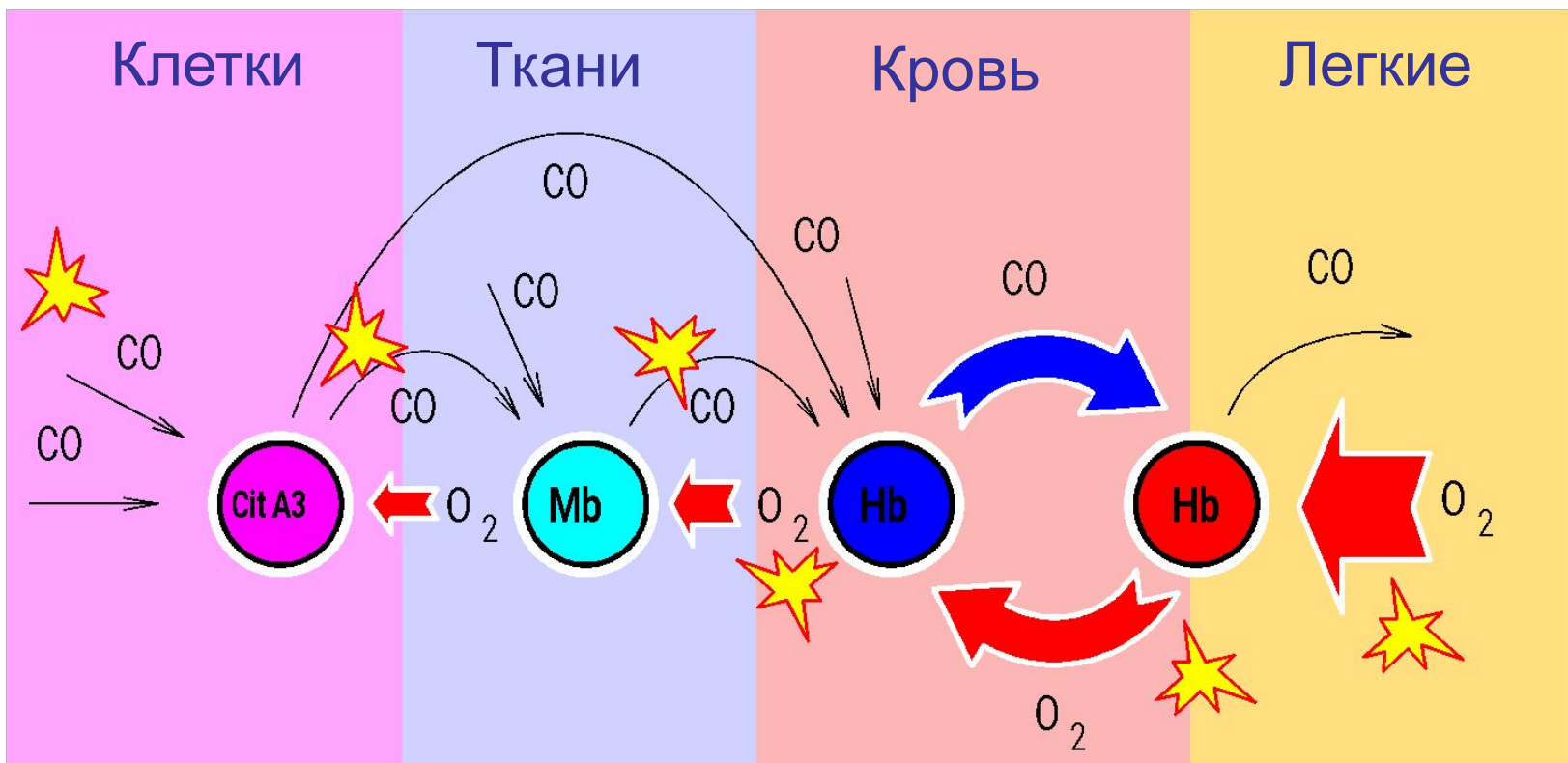
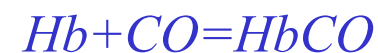
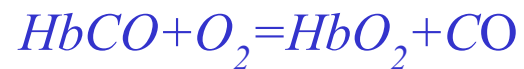
Гем



Гемоглобин



Эритроциты



Спектр поглощения CO в среднем ИК-диапазоне

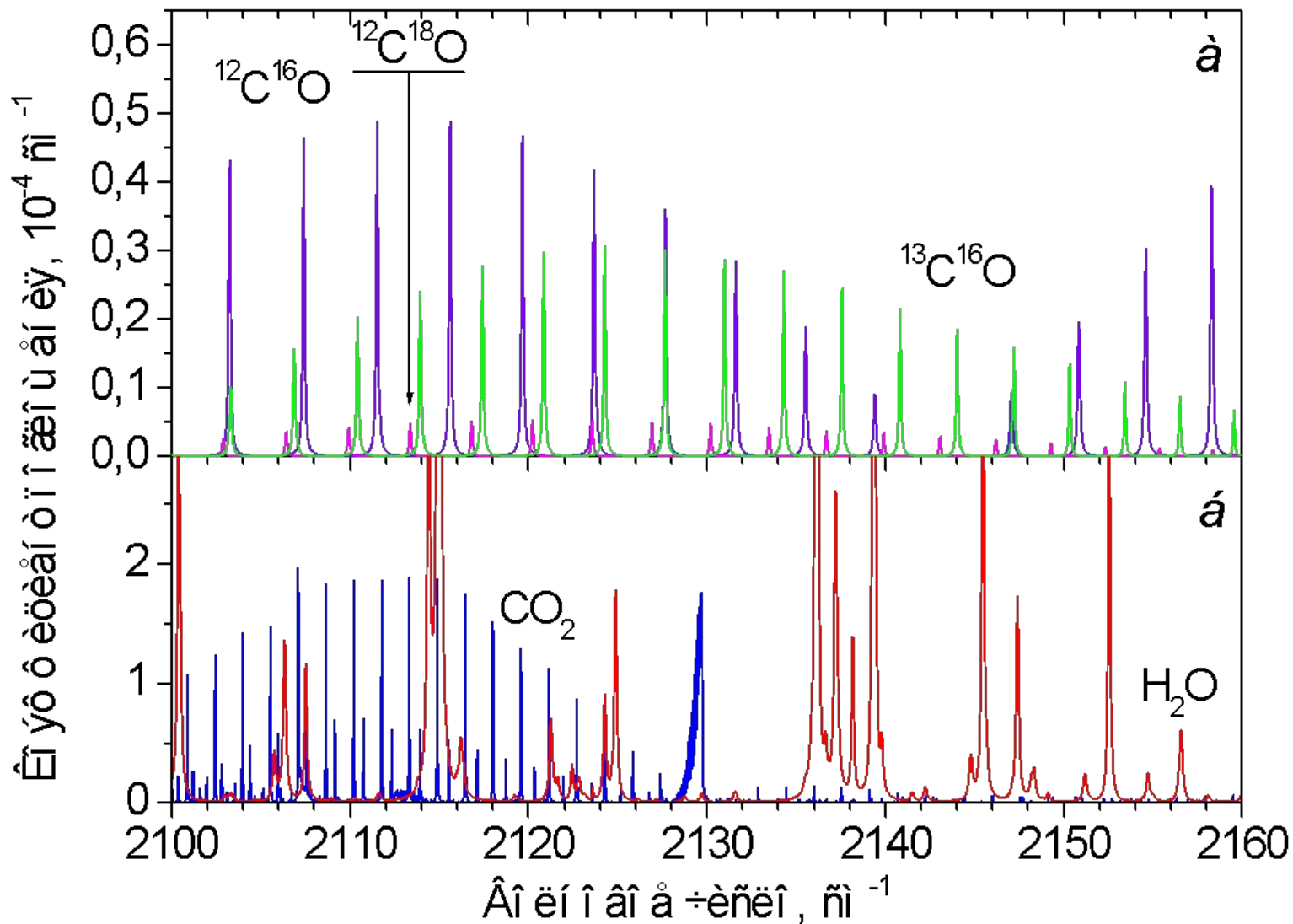
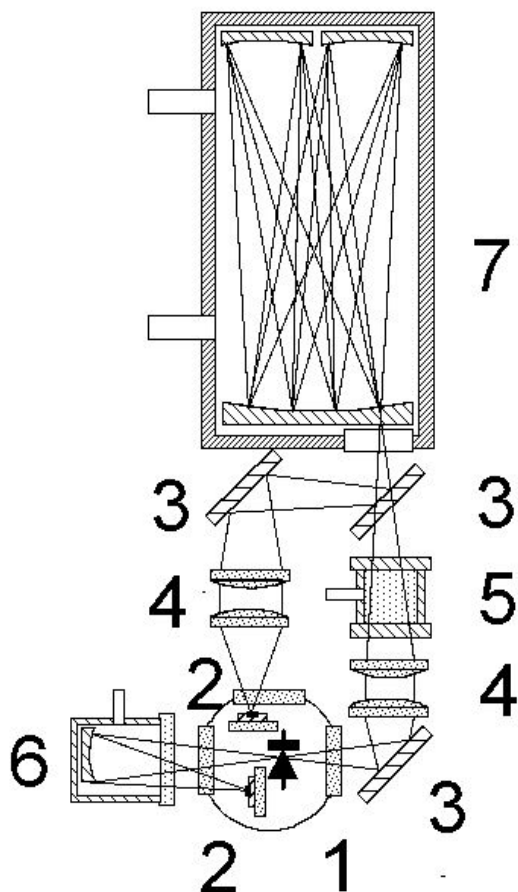


Схема анализатора



Характеристики

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

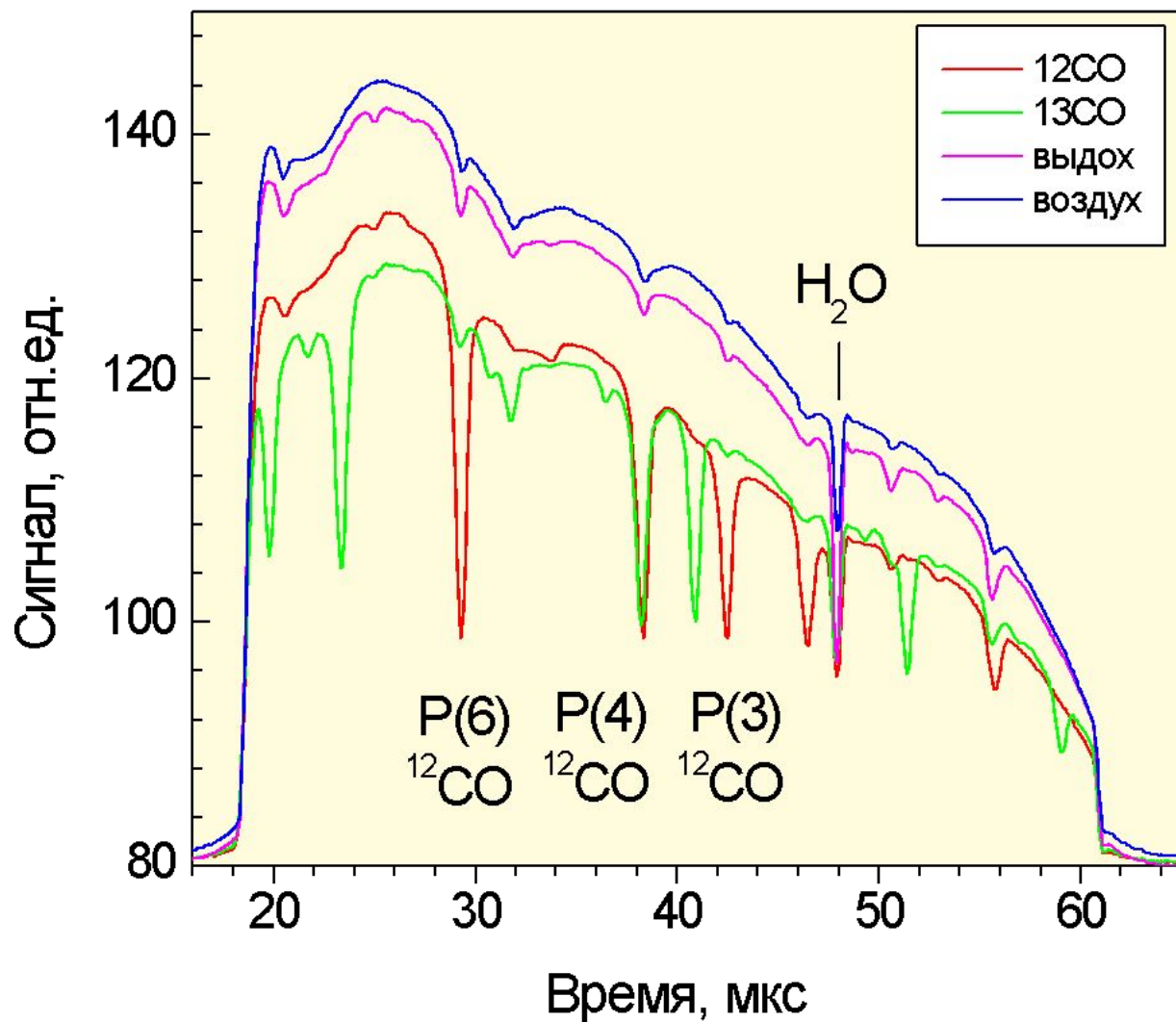
1. ПДЛ в криостате
2. ИК фотоприемник
3. Поворотные зеркала
4. Двухлинзовые объективы CaF_2
5. Калибровочная кювета
6. Реперная кювета
7. Многоходовая кювета

CO

Лазерный анализатор CO в выдыхаемом воздухе и его клинические испытания



Лазерный спектр пропускания CO



Параметры
импульса
(диффузионный
лазер)

$T=78\text{ K}$

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

$\lambda_{\text{РАБ}}=4.73\text{ мкм}$

$I_{\text{РАБ}}=2.85\text{ A}$

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

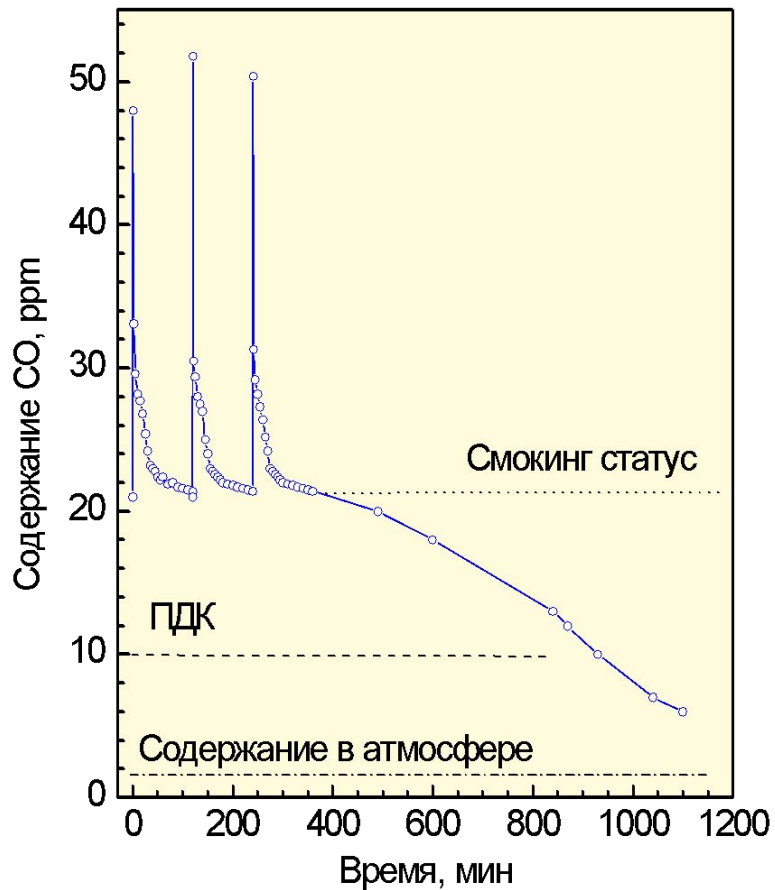
Выделение при заболеваниях

- Органы дыхания
- Нарушения метаболизма

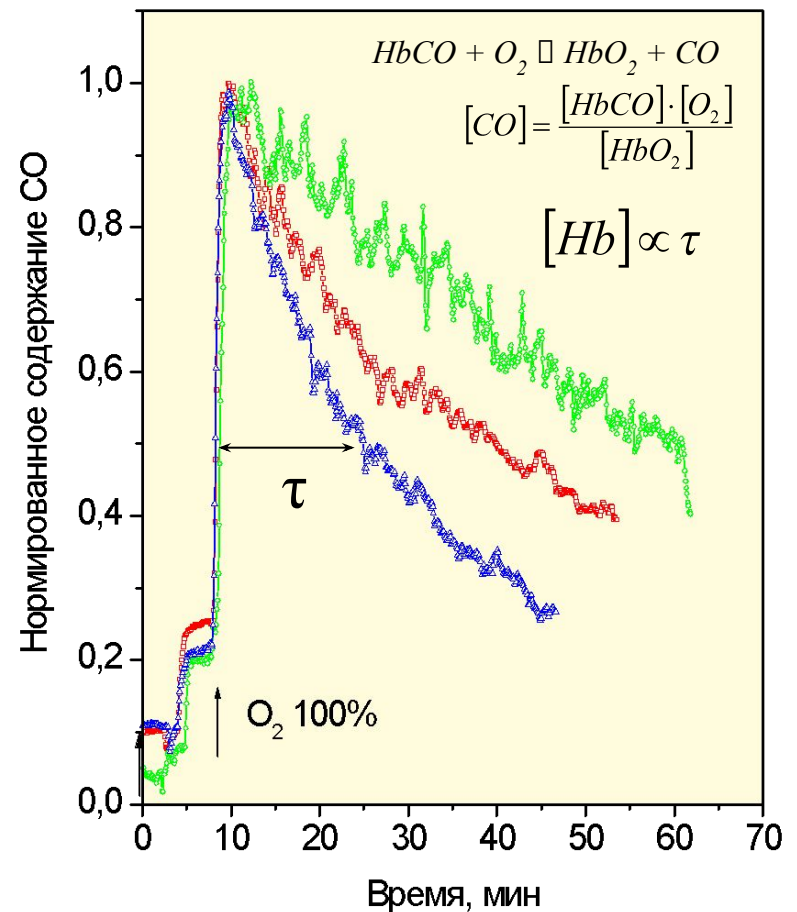


Модель выделения CO с выдыхаемым воздухом

Динамика выведения экзогенного CO у курильщика

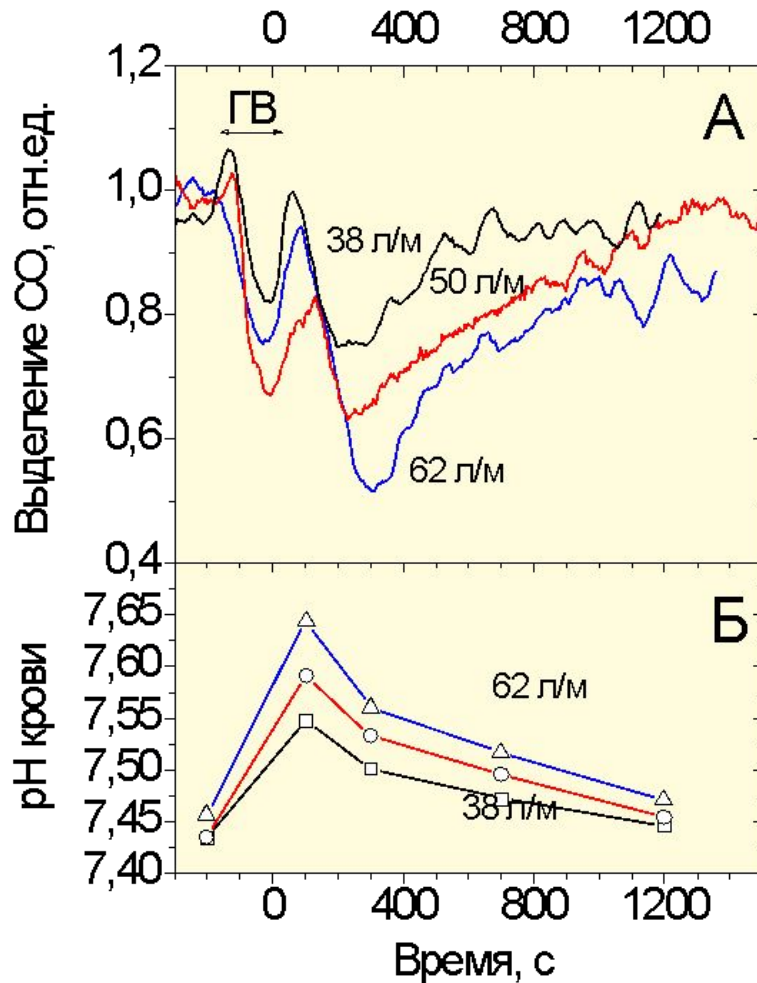


Динамика выделения CO при дыхании кислородом неинвазивное определение концентрации гемоглобина крови

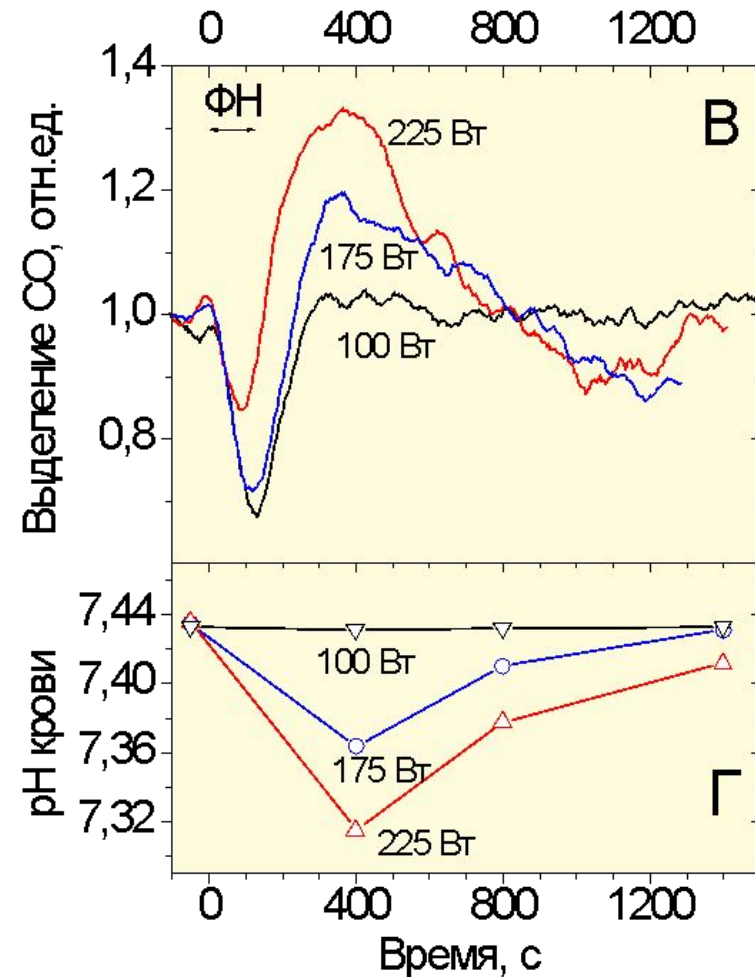


Мониторинг динамики кислотно-основного состояния в организме

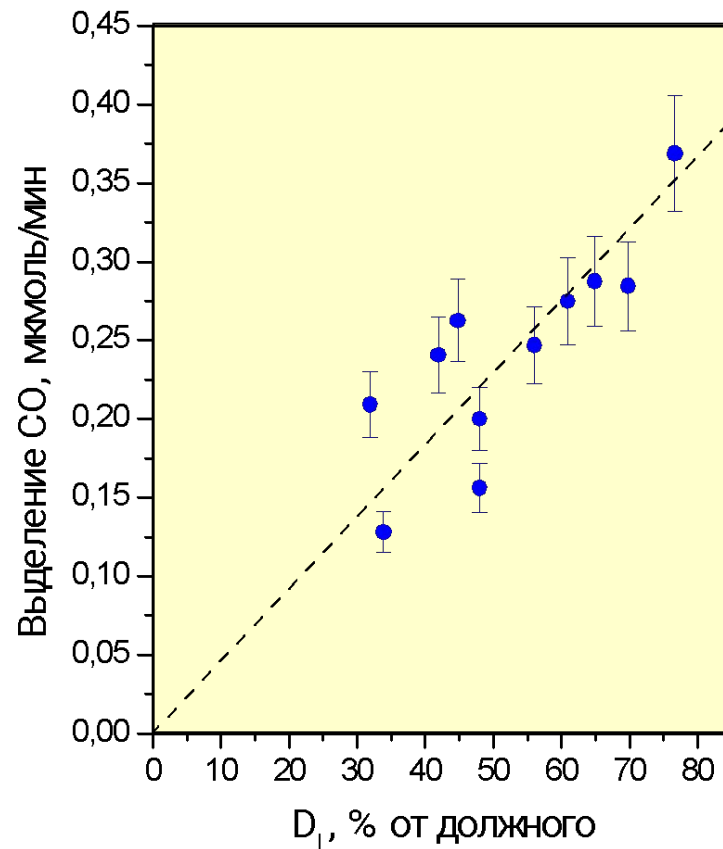
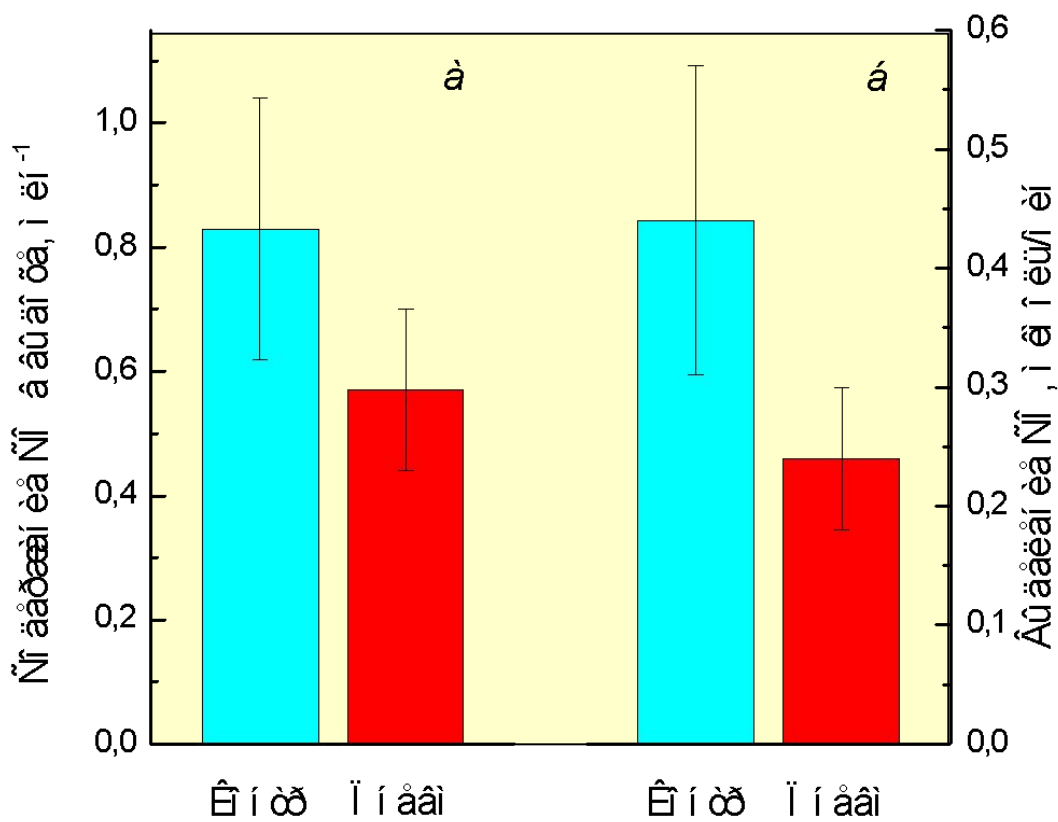
Гипервентиляция (pH ↑)



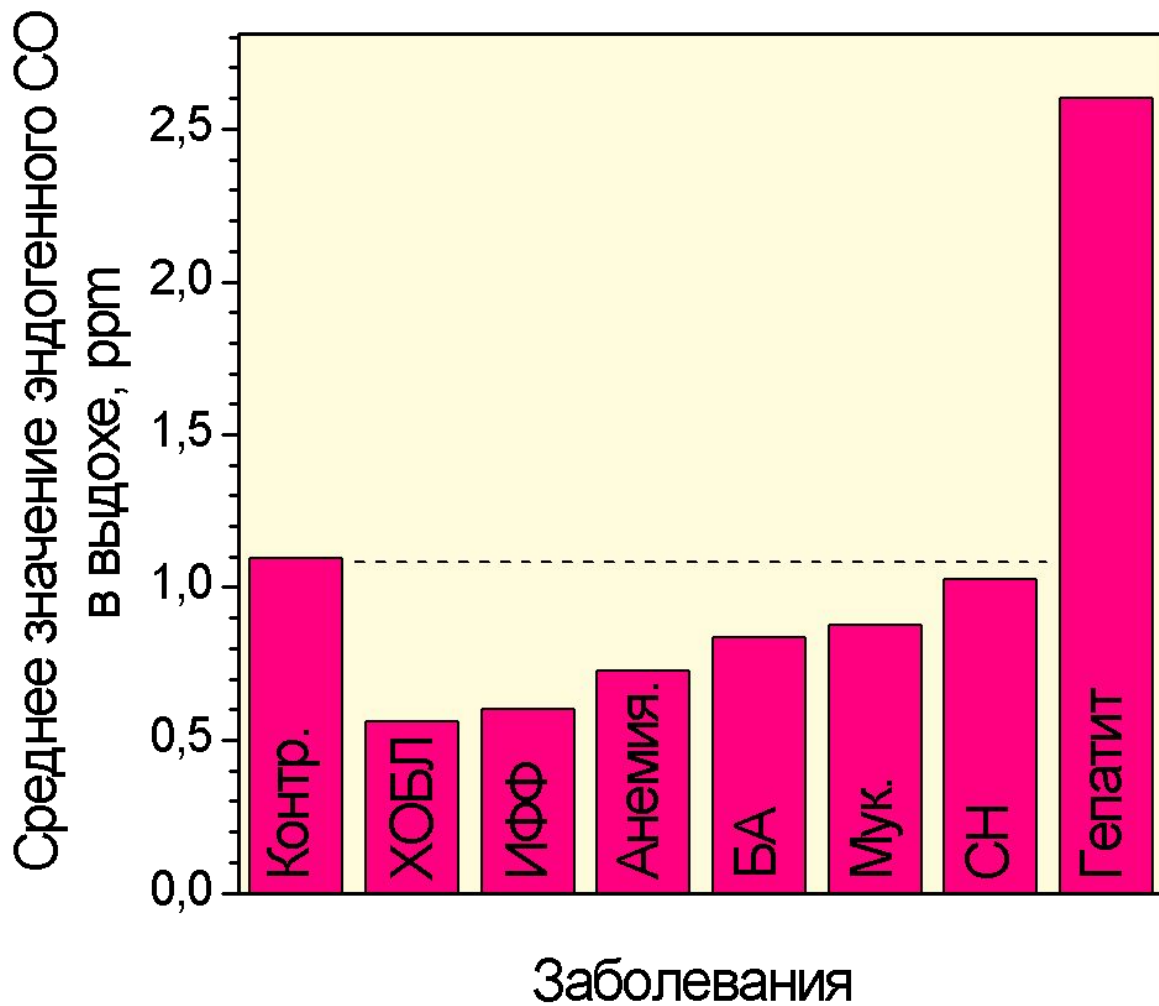
Физическая нагрузка (pH ↓)



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)