

Использование лазеров для медицинской диагностики

Лекция профессора Е.В.Степанова
Институт общей физики им. А.М.Прохорова РАН

Молекулы-биомаркеры в выдыхаемом воздухе

Основное содержание

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

Легкие молекулы-биомаркеры:

CO (угарный газ),

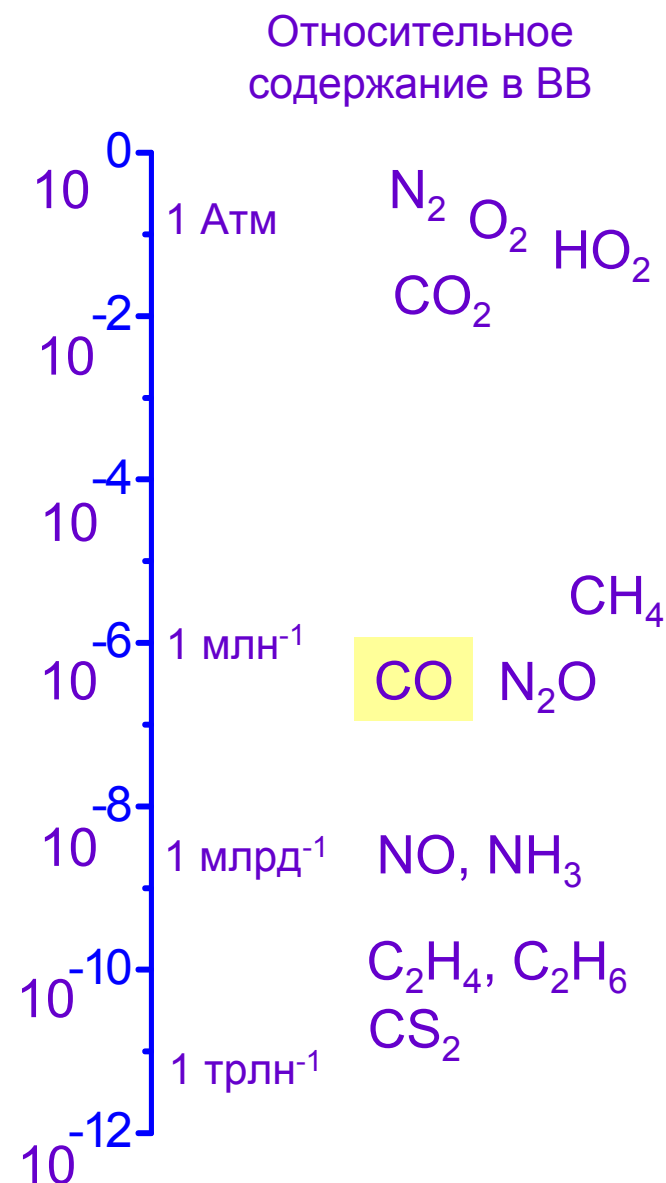
NO (моноокись азота),

NH₃ (аммиак), CH₄ (метан),

C₂H₄ (этилен), C₂H₆ (этан),

изомеры: ¹³CO₂, ¹⁵NH₃, HDO

+ еще около 600 летучих молекул
(также потенциальных биомаркеров)



СО

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

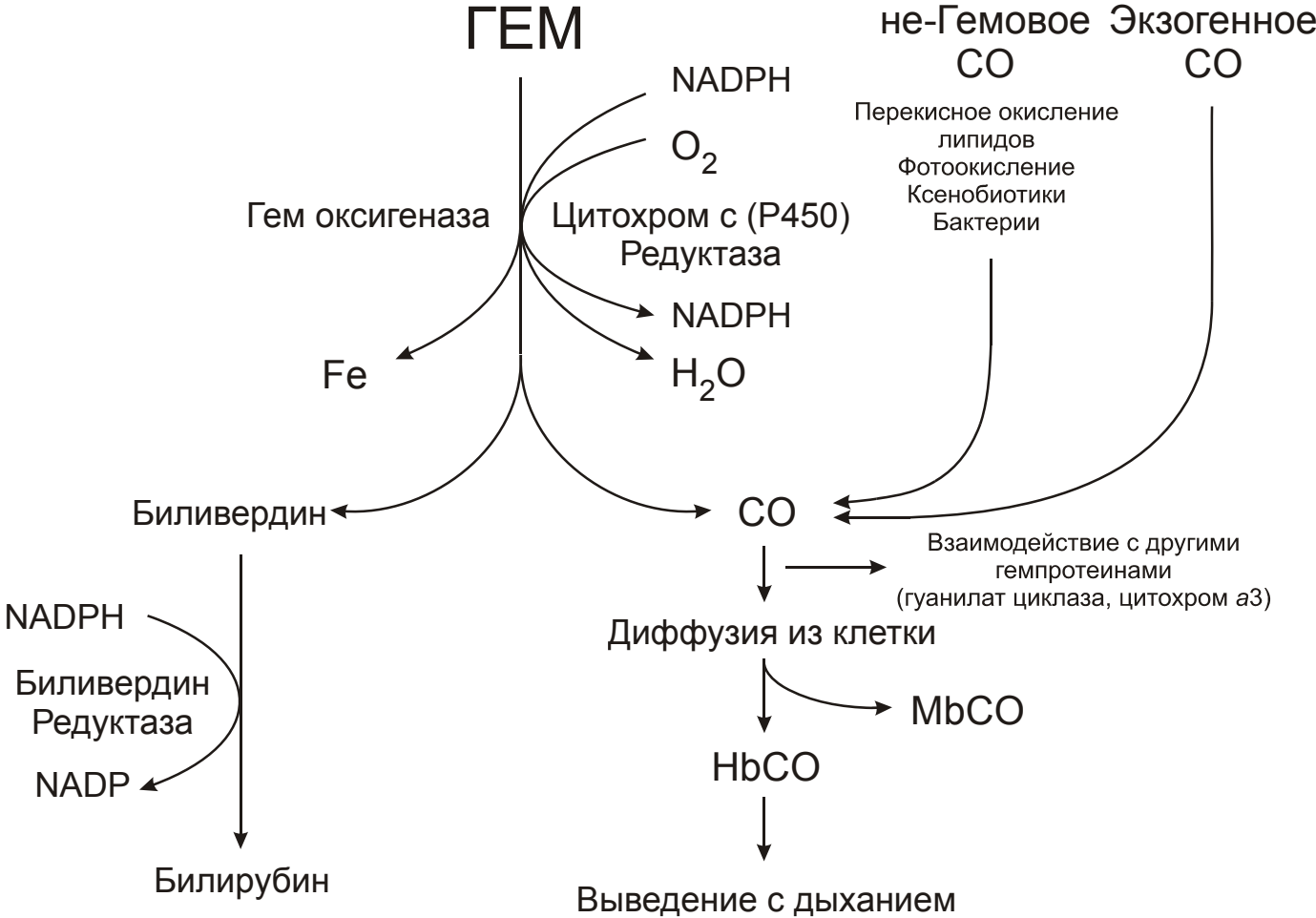
регулятор тонуса кровеносных сосудов

участвует в работе памяти

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

CO

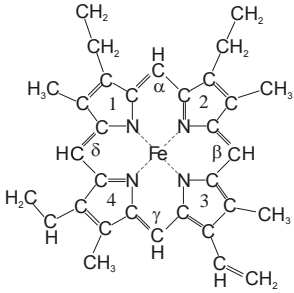
Схема метаболизма CO в организме



CO

Транспорт эндогенного CO в организме

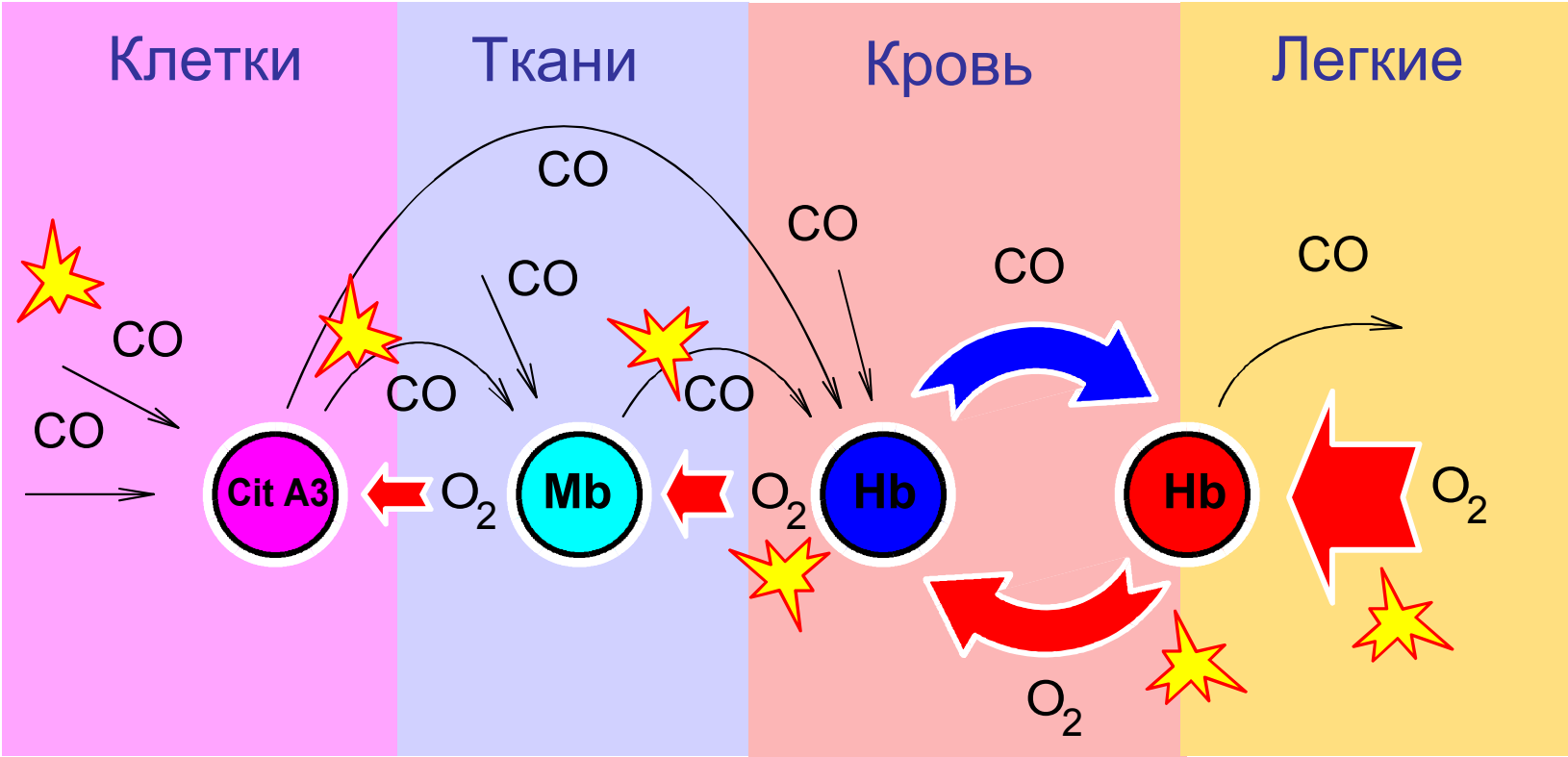
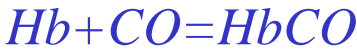
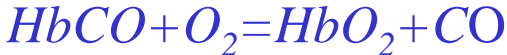
Гем



Гемоглобин

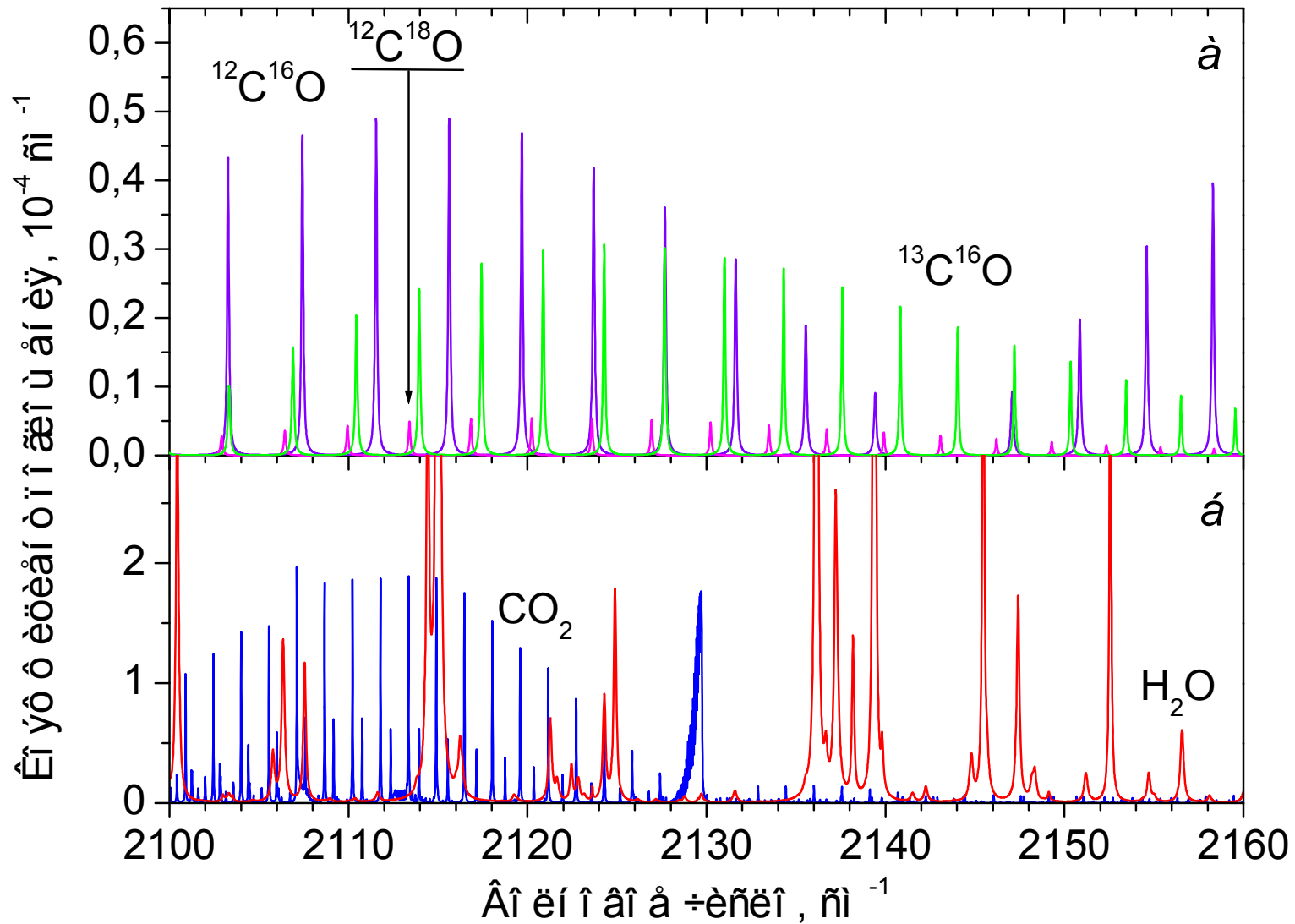


Эритроциты



CO

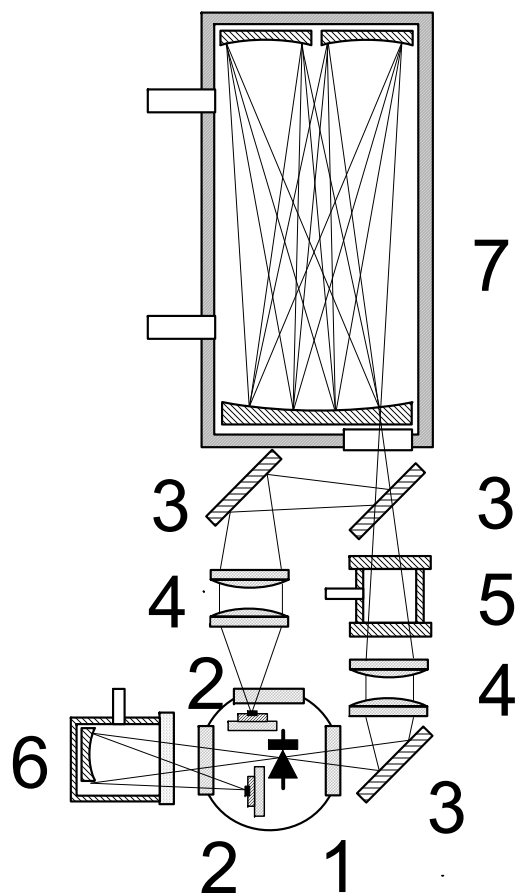
Спектр поглощения CO в среднем ИК-диапазоне



CO

Схема лазерного анализатора CO

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 CaF₂
5. Калибровочная кювета
6. Реперная кювета
7. Многоходовая кювета

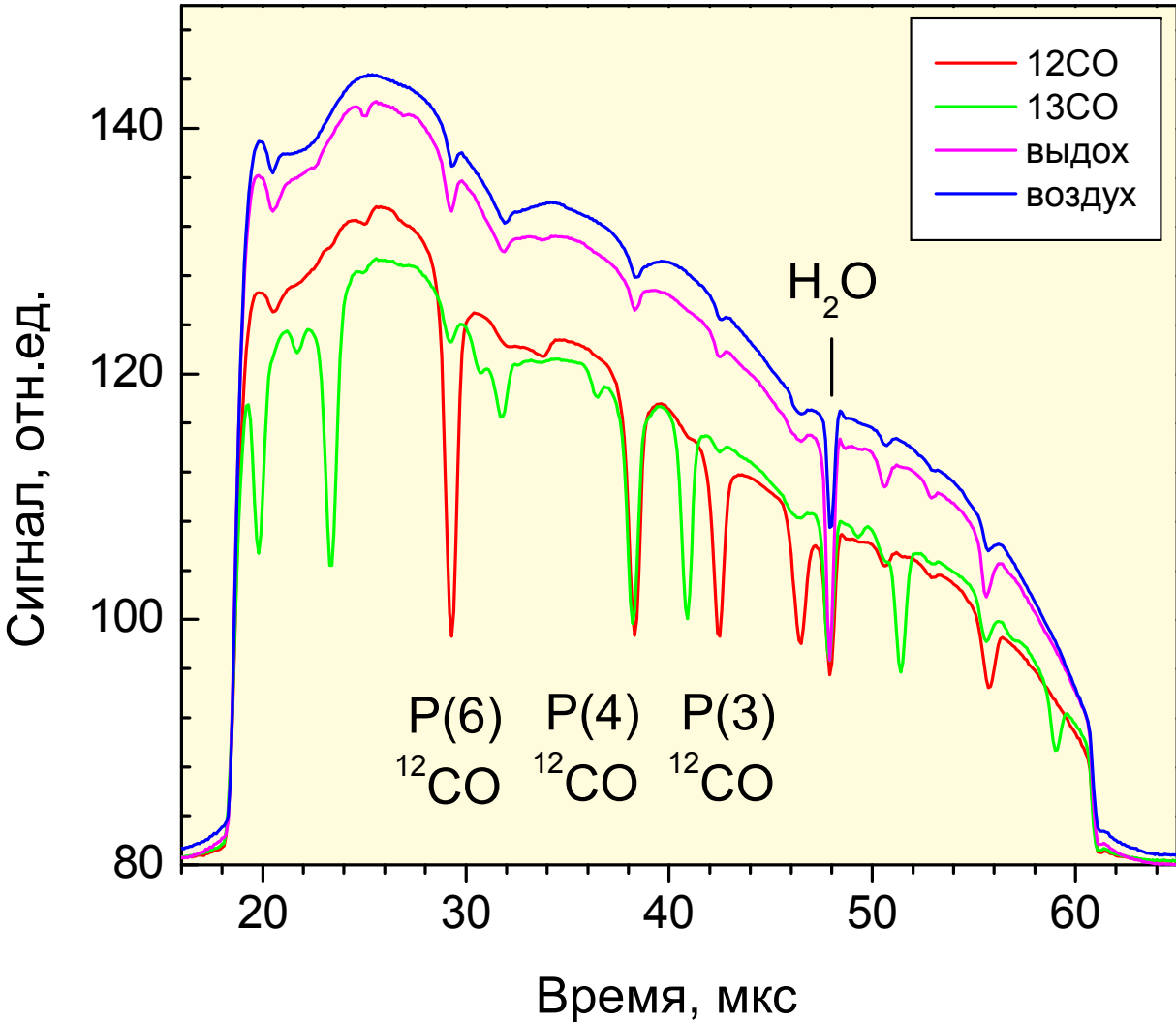
CO

Лазерный анализатор CO в выдыхаемом воздухе и его клинические испытания



CO

Лазерный спектр пропускания CO



Параметры импульса (диффузионный лазер)

T=78 K
I_{th}=0.8 A
λ_{РАБ}= 4.73 мкм
I_{РАБ}=2.85 A
длина мод ~4 см⁻¹
dv/dt=5*10⁴ см⁻¹/с

СО

Исследования выделения СО с выдыхаемым воздухом

Выделение в норме

- Пол
- Возраст
- Циркадные ритмы

Зависимость от состава вдыхаемого воздуха

- Гипероксия ($O_2 \uparrow$)
- Гипоксия ($O_2 \downarrow$)
- Гиперкапния ($CO_2 \uparrow$)
- Изменение уровня СО \uparrow

Выделение при нагрузочных тестах

- Физическая нагрузка
- Гипервентиляция
- Задержка дыхания
- Гипербария

Выделение при заболеваниях

- Органы дыхания
- Нарушения метаболизма

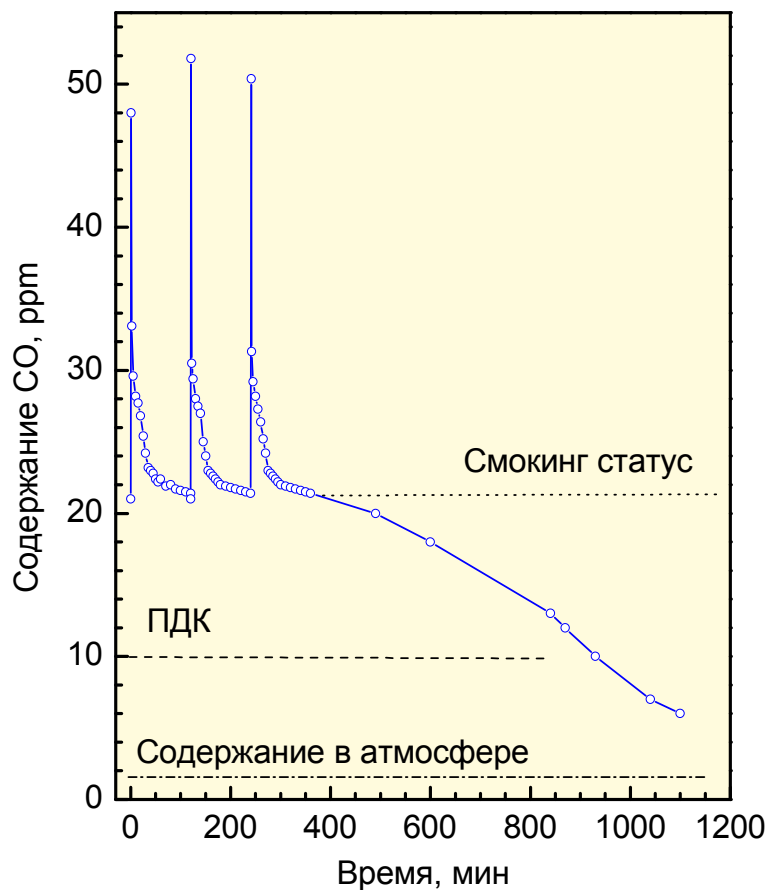


Модель выделения СО с выдыхаемым воздухом

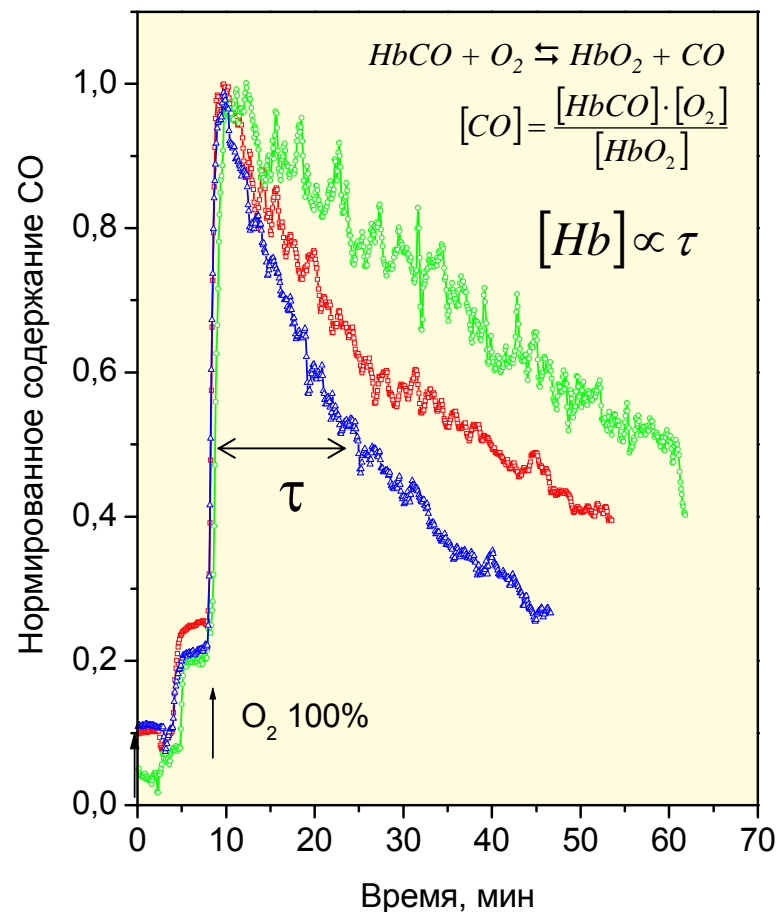
CO

Динамика опустошения буферных систем CO

Динамика выведения экзогенного CO у курильщика



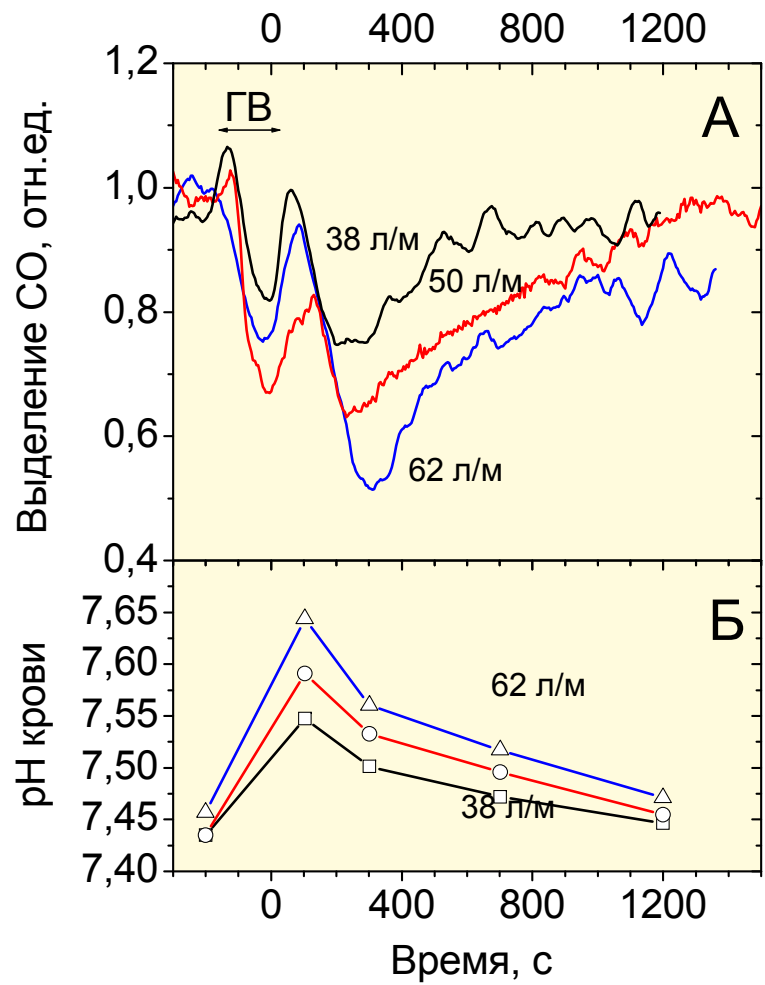
Динамика выделения CO при дыхании кислородом
неинвазивное определение концентрации гемоглобина крови



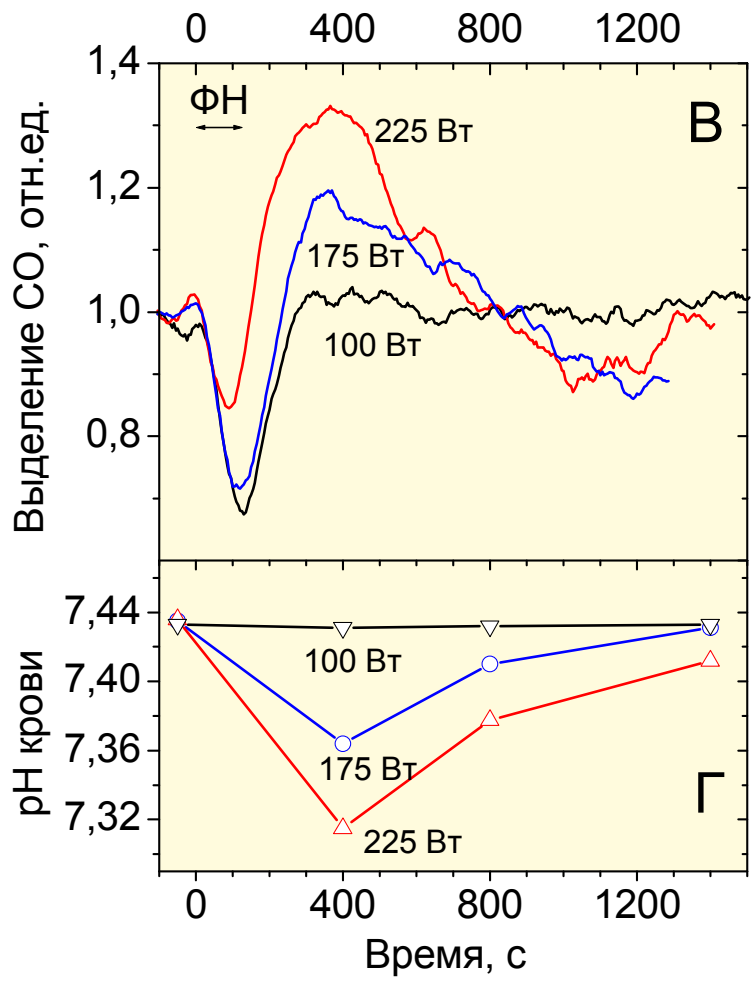


Мониторинг динамики кислотно-основного состояния в организме

Гипервентиляция (pH ↑)

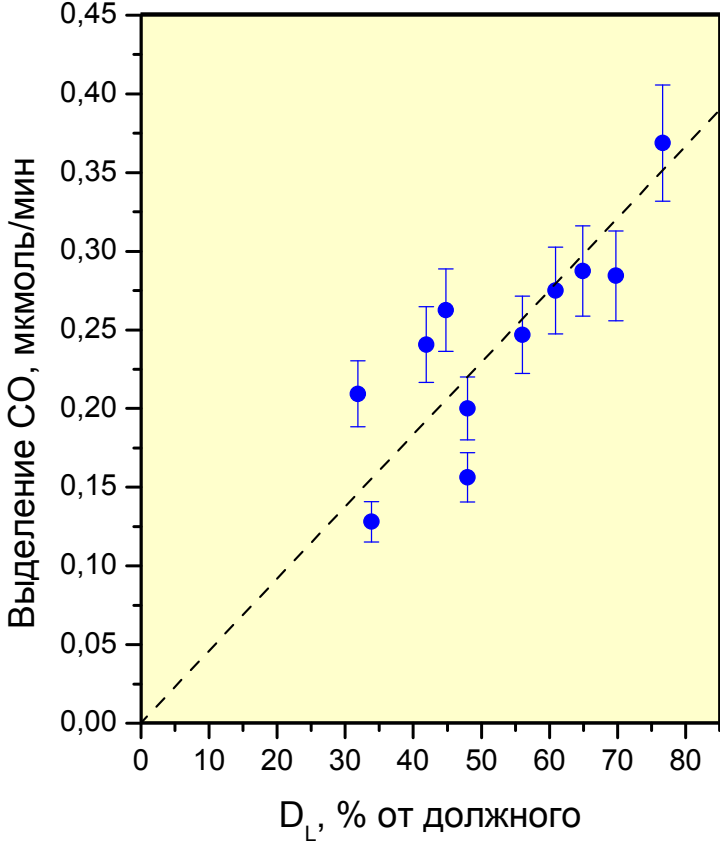
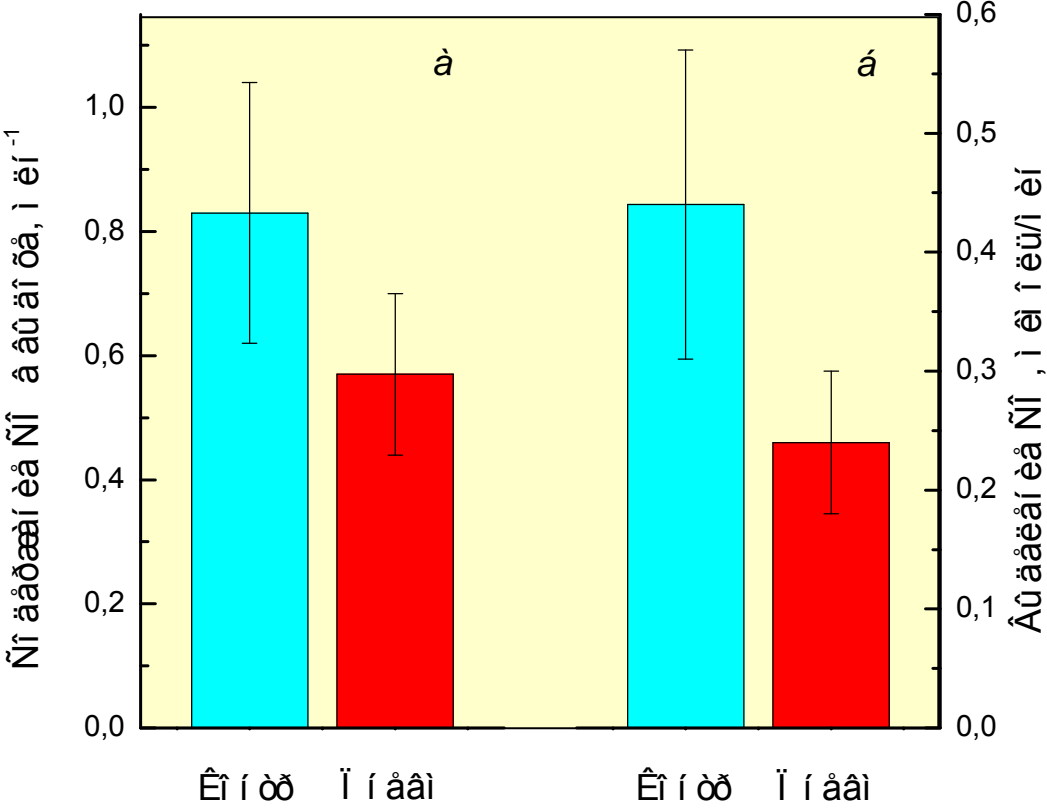


Физическая нагрузка (pH ↓)



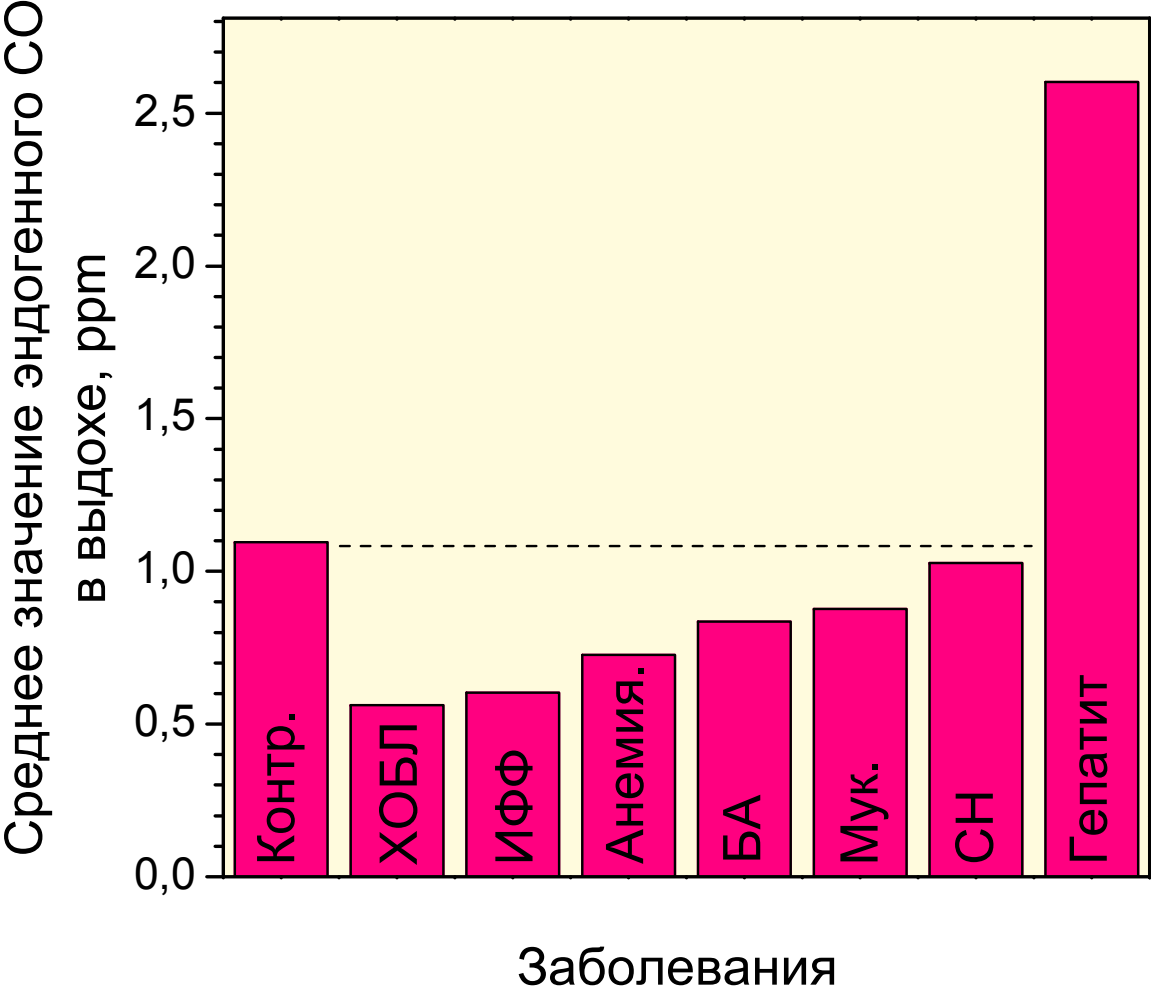


Вариации выделения эндогенного СО с выдыхаемым воздухом за счет снижения диффузионной емкости легких при пневмонии





Выделение CO при различных заболеваниях



СО

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)