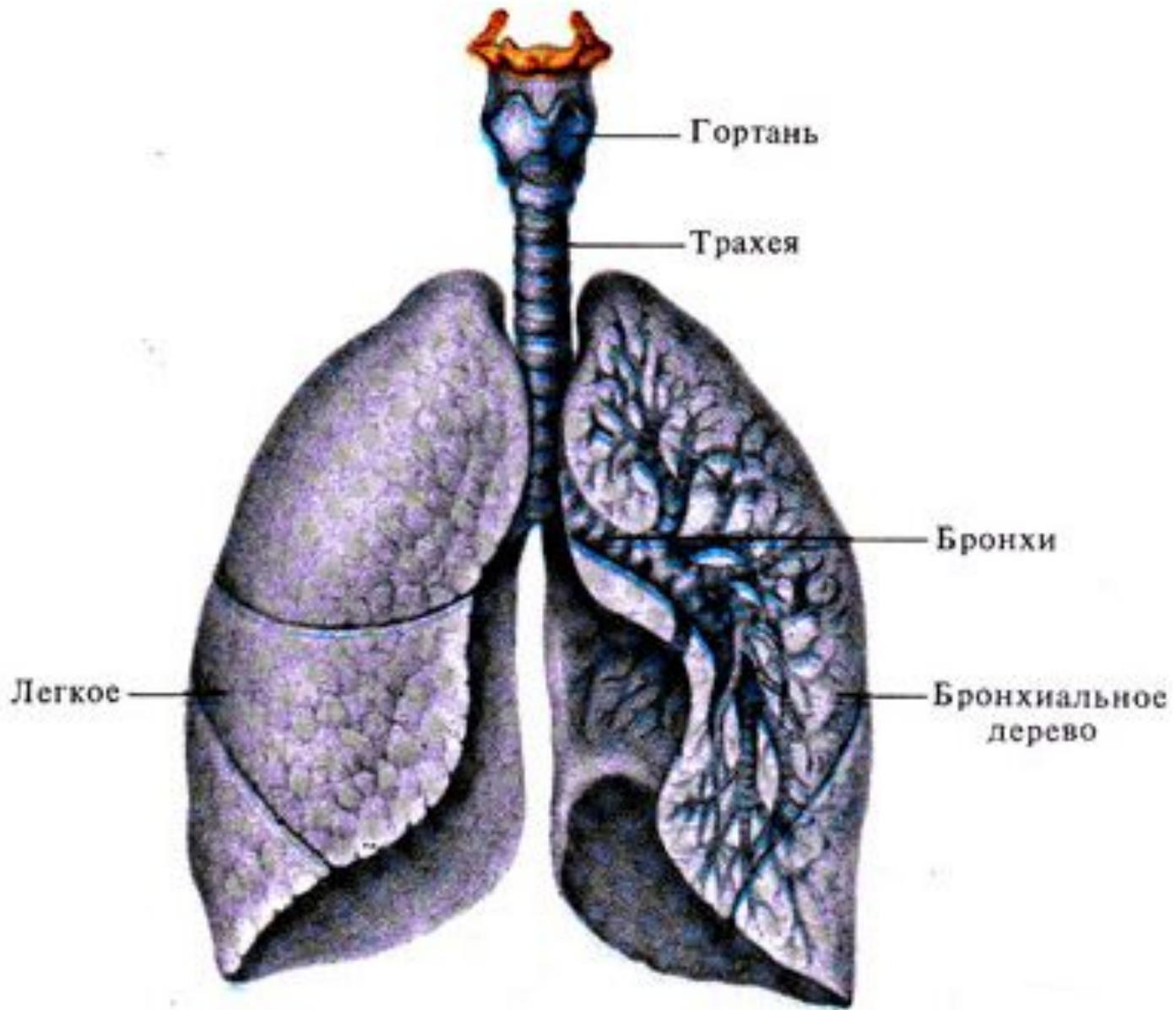


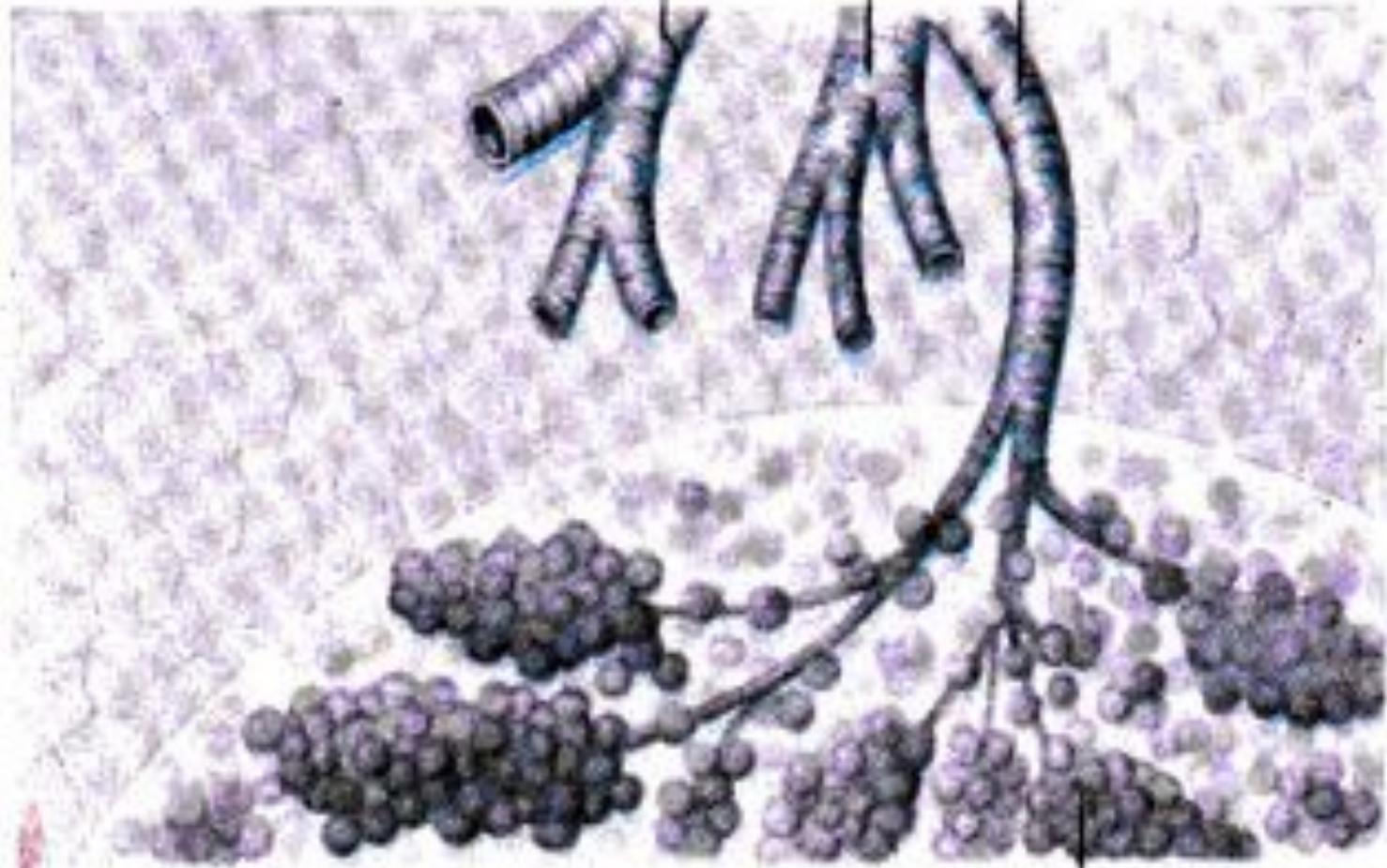


ФИЗИОЛОГИЯ ДЫХАНИЯ

Д.мед.н., проф. Тананакина Т.П.



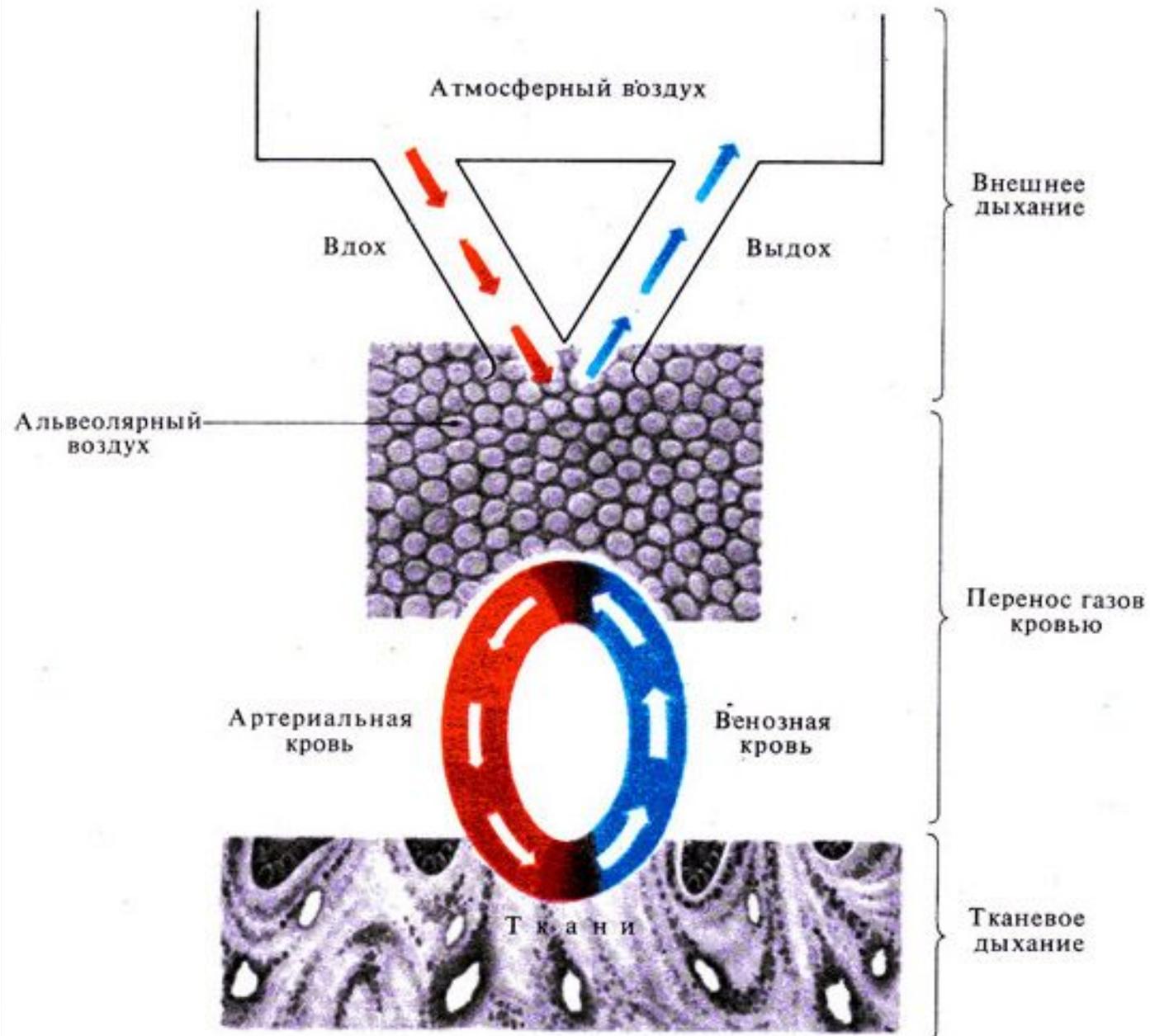
Бронхи



Альвеолы

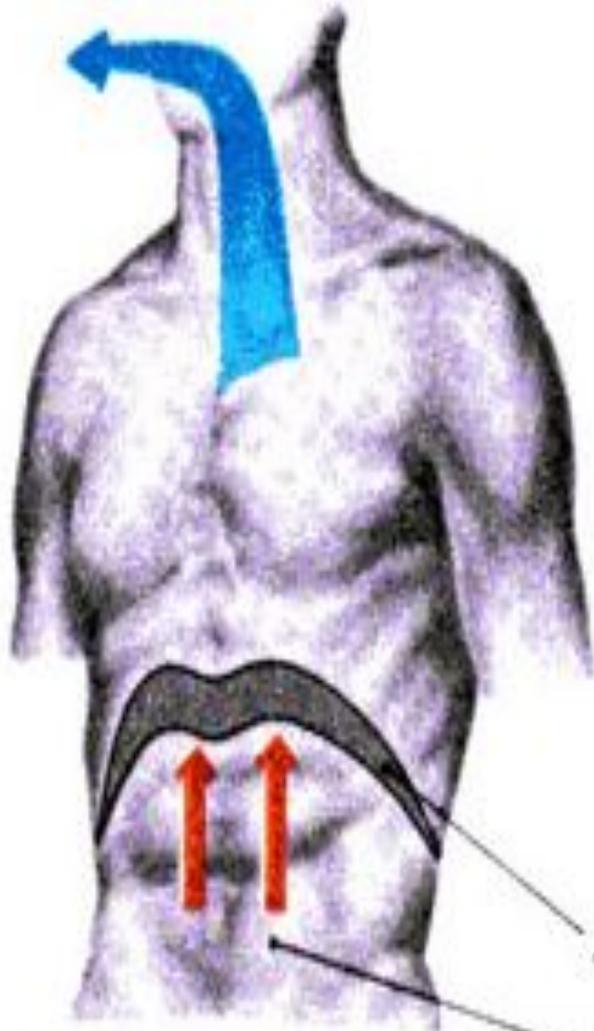


ЭТАПЫ ДЫХАНИЯ

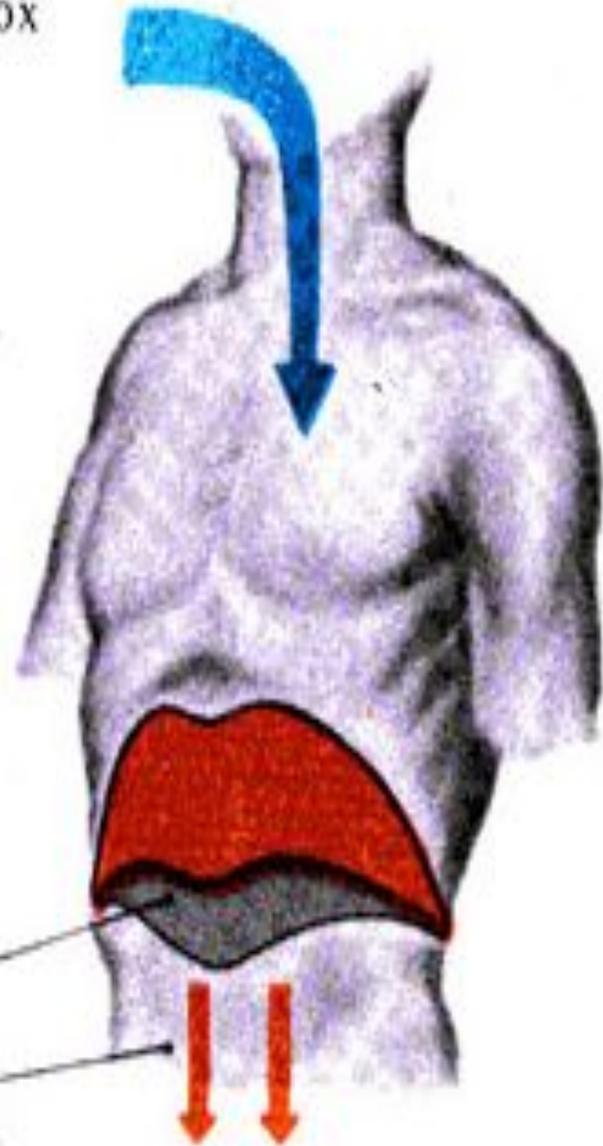


1. Внешнее дыхание – обмен газов между атмосферным воздухом и альвеолами. **Механизм – вдох и выдох**
2. Обмен газов между альвеолярным воздухом и кровью.
3. Транспорт газов кровью.
4. Обмен газов между кровью и тканями
5. Внутриклеточное дыхание

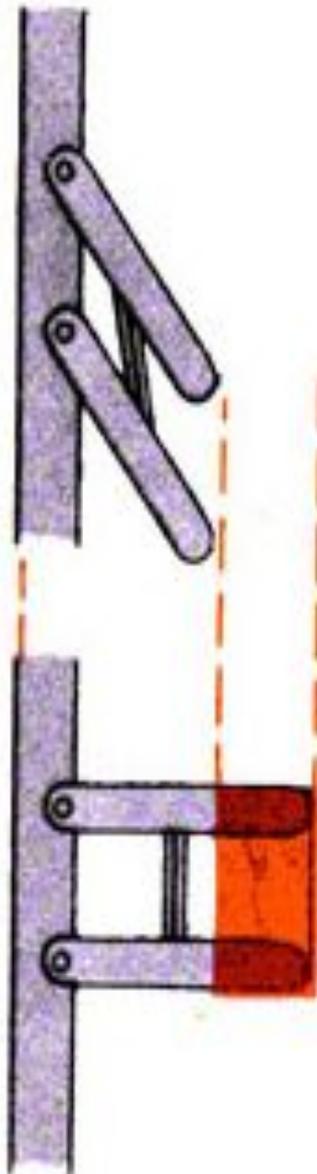
Выдох



Вдох



Диафрагма
Мышцы
брюшного пресса



Выдох

Наружные
межреберные
мышцы

Вдох



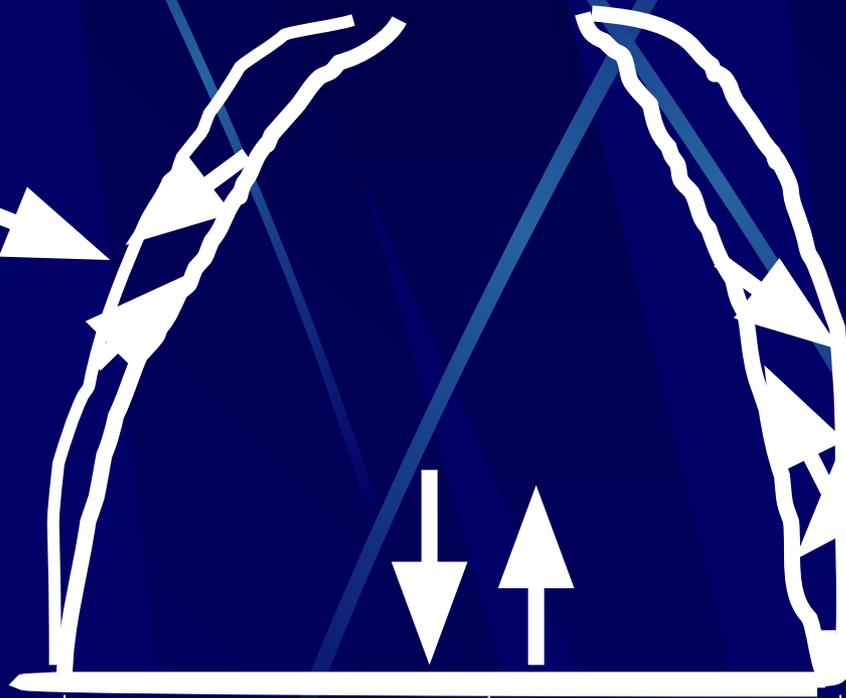
Движение диафрагмы и грудной клетки

ВДОХ

Р пл.щели
-6 мм рт.ст.

ВЫДОХ

Р пл.щели
-3 мм рт.ст.



ГР

Брюшная полость

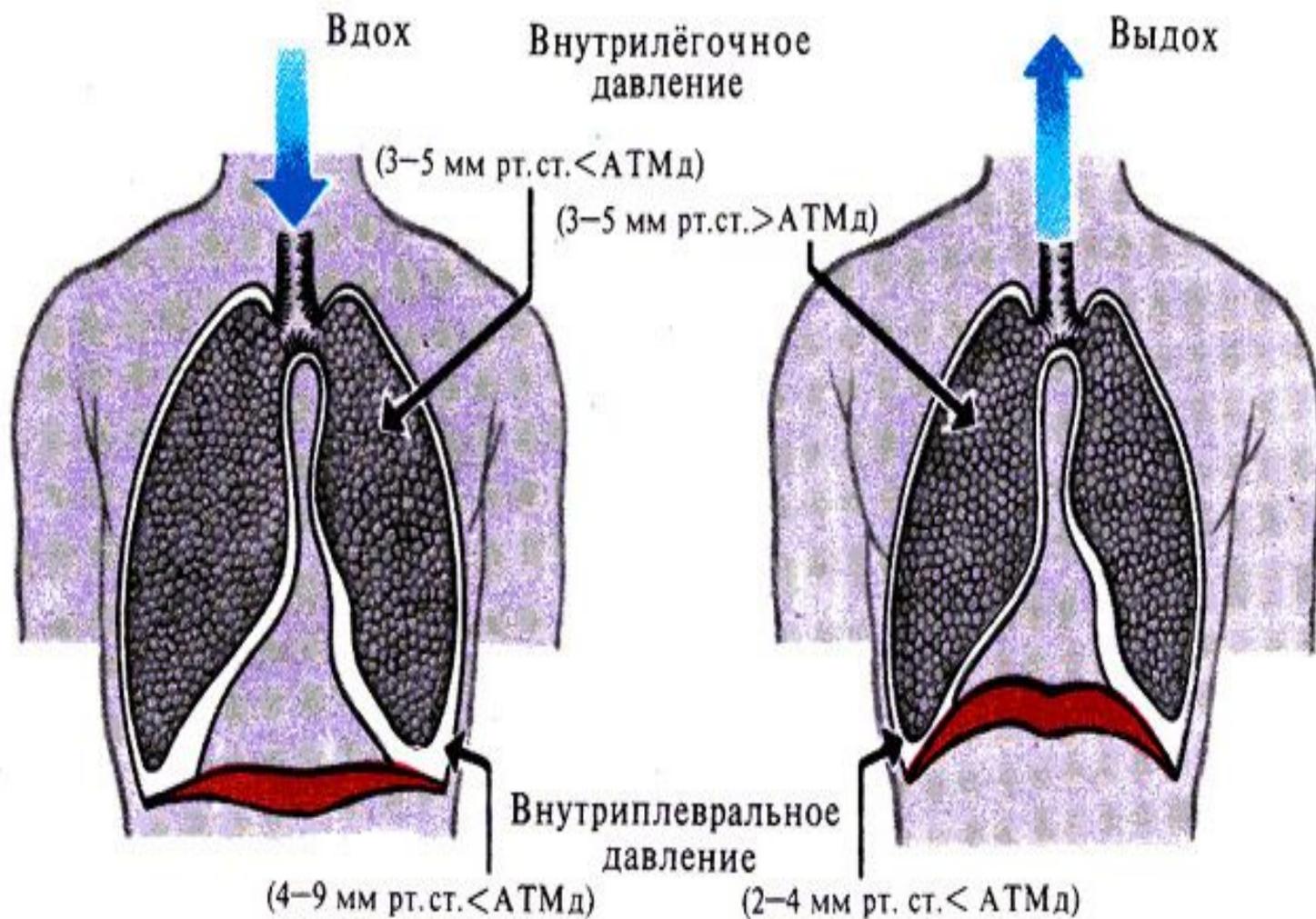
- **70-80% вентиляции легких обусловлено движением диафрагмы**
- **Форсированное дыхание – дополнительные мышцы вдоха и мышцы выдоха**

Механика вдоха

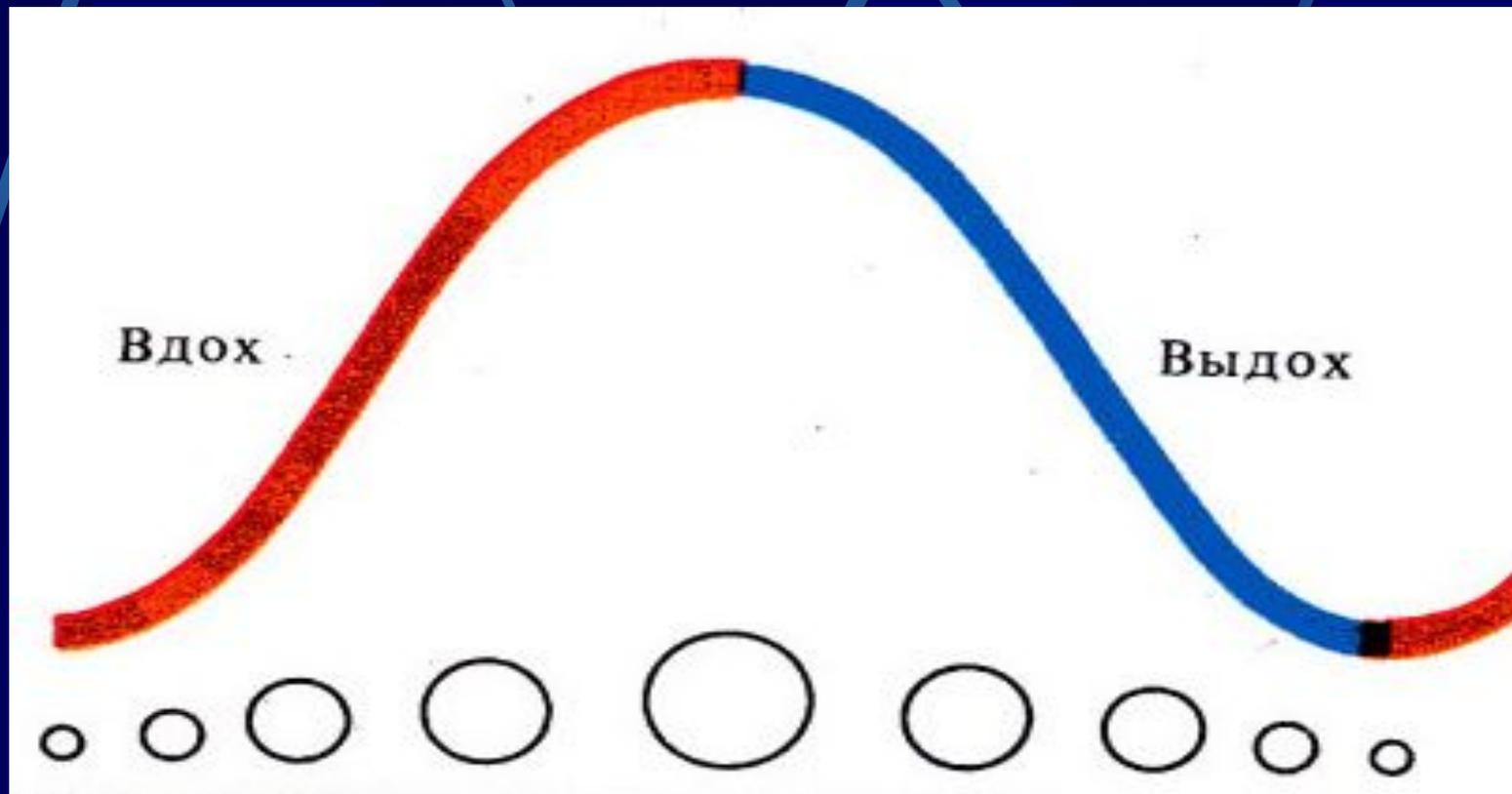
- Сокращение диафрагмы – уплощение и опускание, **ув. продольного размера** гр. клетки, ум. объема бр. полости – **ув. давления в бр.полости**
- Сокращение наружных межреберных косых мышц – поднятие ребер – **ув. поперечного размера гр.клетки**
- В результате увеличивается объем плевральной щели

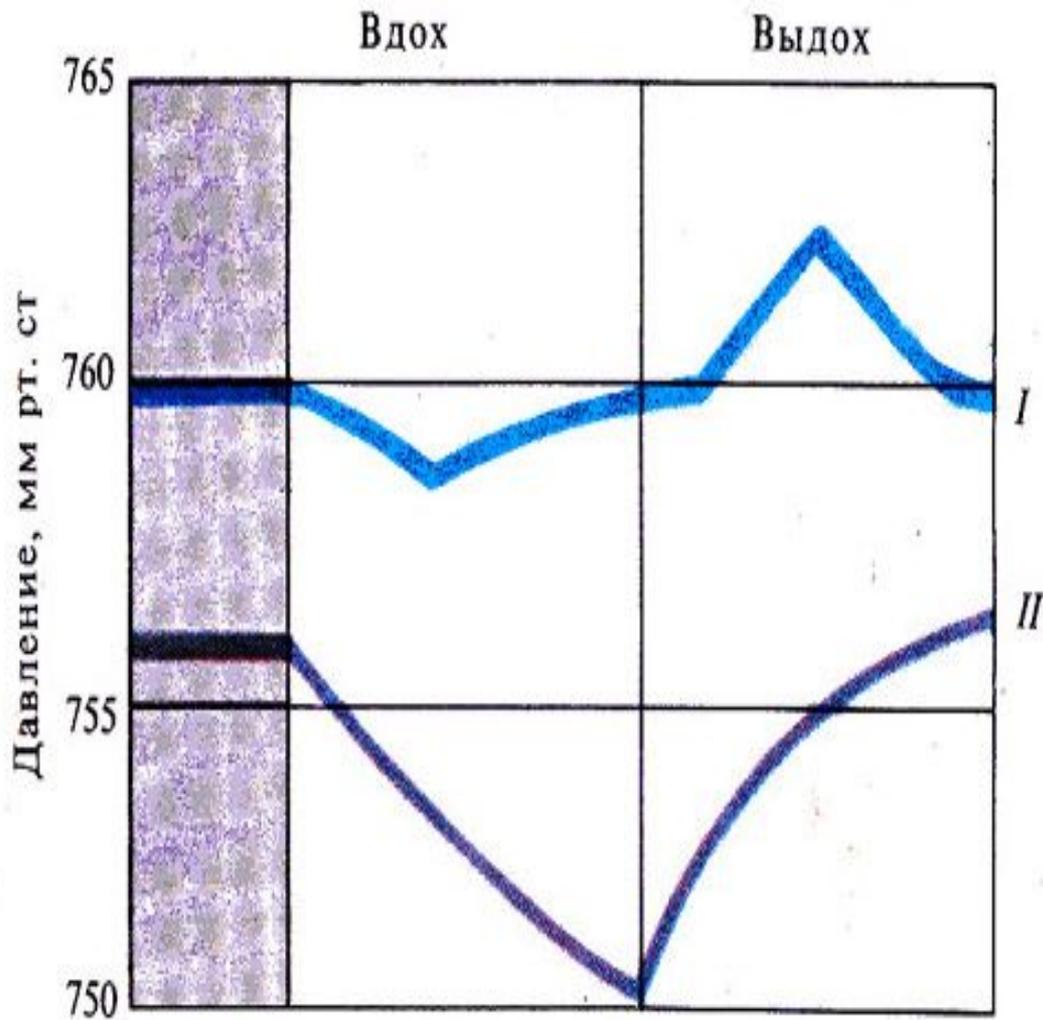
Механика выдоха

- Расслабление диафрагмы – под действием P бр.полости – диафрагма поднимается – **ум. продольный размер гр.клетки**
- Межреберные мышцы расслабляются – ребра под действием силы тяжести опускаются – **ум. поперечный размер гр.клетки**
- В результате уменьшается объем плевральной щели



Изменение объема альвеол



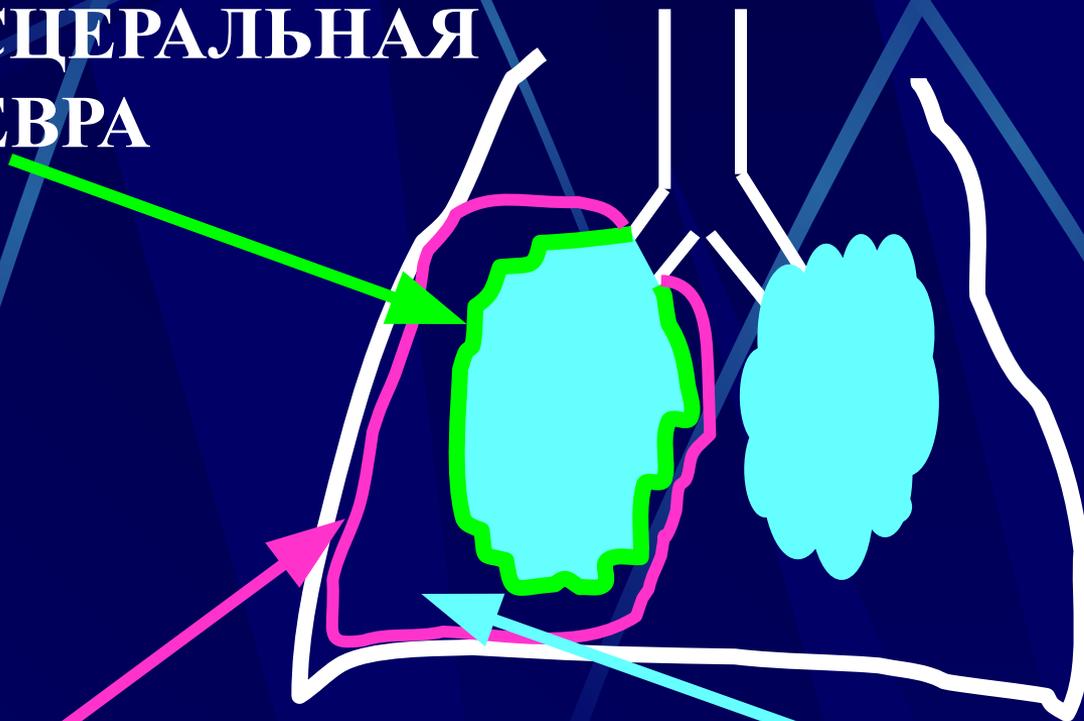


**I – внутри-
легочное
давление**

**II – внутри-
плевральное
давление**

ПЛЕВРАЛЬНАЯ ЩЕЛЬ

ВИСЦЕРАЛЬНАЯ
ПЛЕВРА



ПАРИЕТАЛЬНАЯ
ПЛЕВРА

ПЛЕВРАЛЬНАЯ
ЩЕЛЬ

Давление в плевральной щели

- Ниже атмосферного – отрицательное
- Спокойный выдох - **3мм рт.ст.**
(757мм рт.ст.)
- Форсированный выдох **0 мм рт.ст.**
- Спокойный вдох – **6мм рт.ст.**
(754мм рт.ст.)
- Форсированный вдох **-20мм рт.ст.**

Факторы, формирующие отрицательное давление в плевральной щели

- **Замкнутое пространство - герметичность**
- **Рост грудной клетки опережает рост паренхимы легкого (внутриутробно)**
- **Присасывающее действие листков плевры**
- **Эластическая тяга легких (легкие стремятся к спадению)**

Пневмоторакс

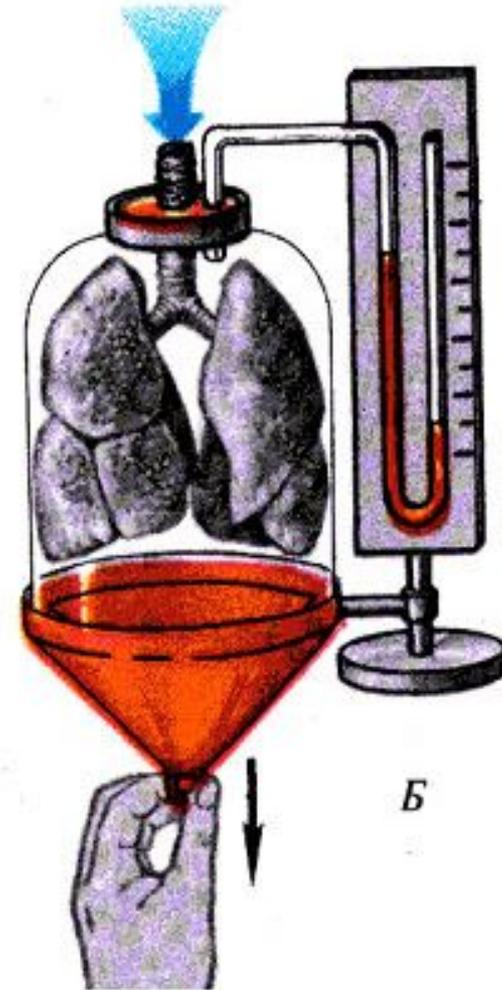
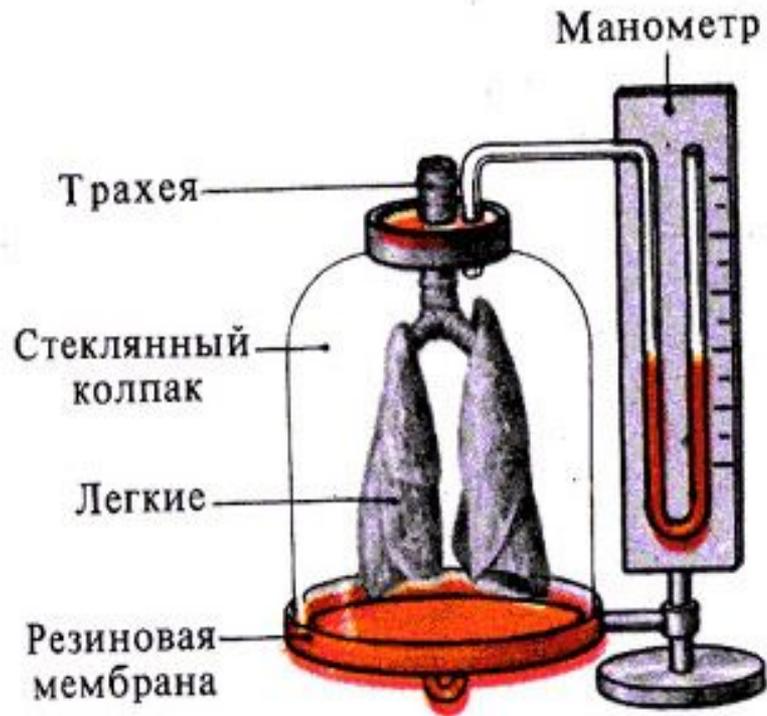
- **Нарушение герметичности плевральной щели:**
 - **Открытый**
 - **Закрытый**
 - **Клапанный**

Причины пассивного



движения легких за грудной
клеткой

Опыт Дондерса (1988г)



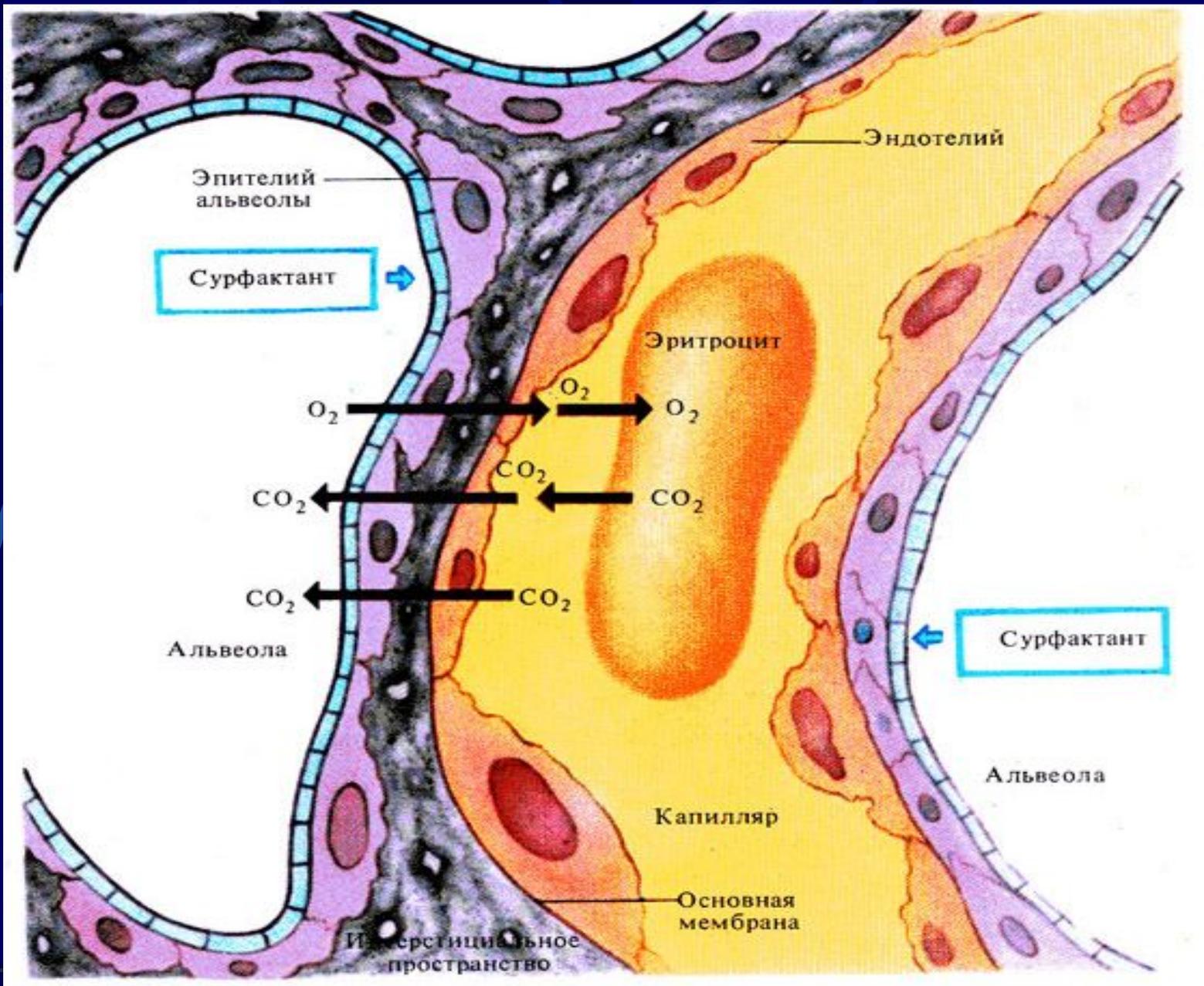


Эластическая тяга легких

- Это сила с которой легкие стремятся к спадению

Факторы, формирующие эластическую тягу легких

- Отрицательное давление в плевральной щели
- Эластические свойства ткани легкого
- Поверхностное натяжение альвеолярной жидкости



Сурфактант

- Поверхностно-активное вещество – ПАВ – вырабатывается пневмоцитами II типа
- Фосфолипид – *дипальмитилфосфатидилхолин*
- *Снижает поверхностное натяжение в 10 раз*

Функции сурфактанта

- Сохранение размеров и формы альвеол



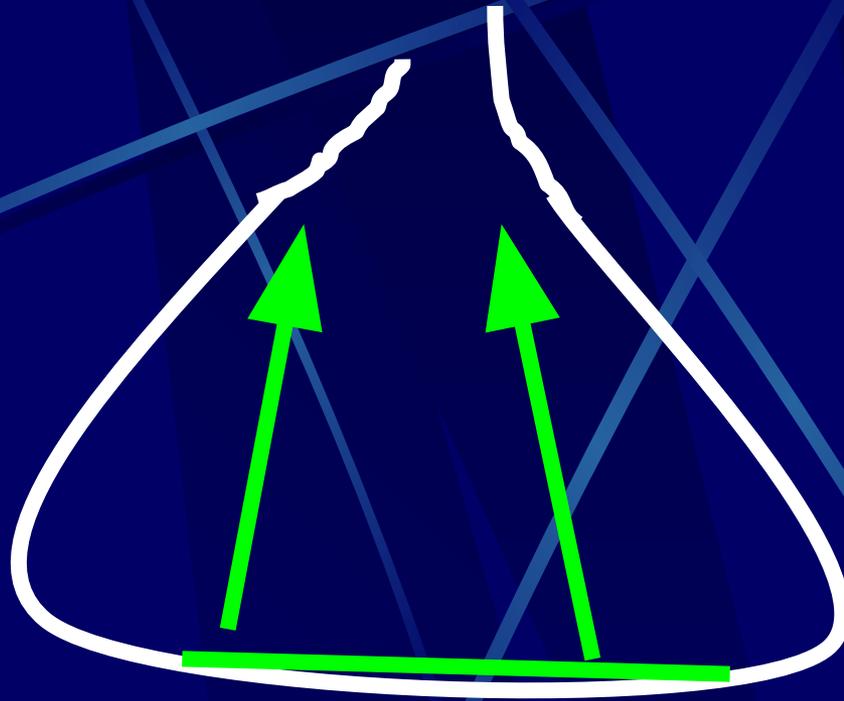
гидрофобный

гидрофильный

*Вдох –поверхностное
натяжение увеличивается,
альвеола не разрывается*

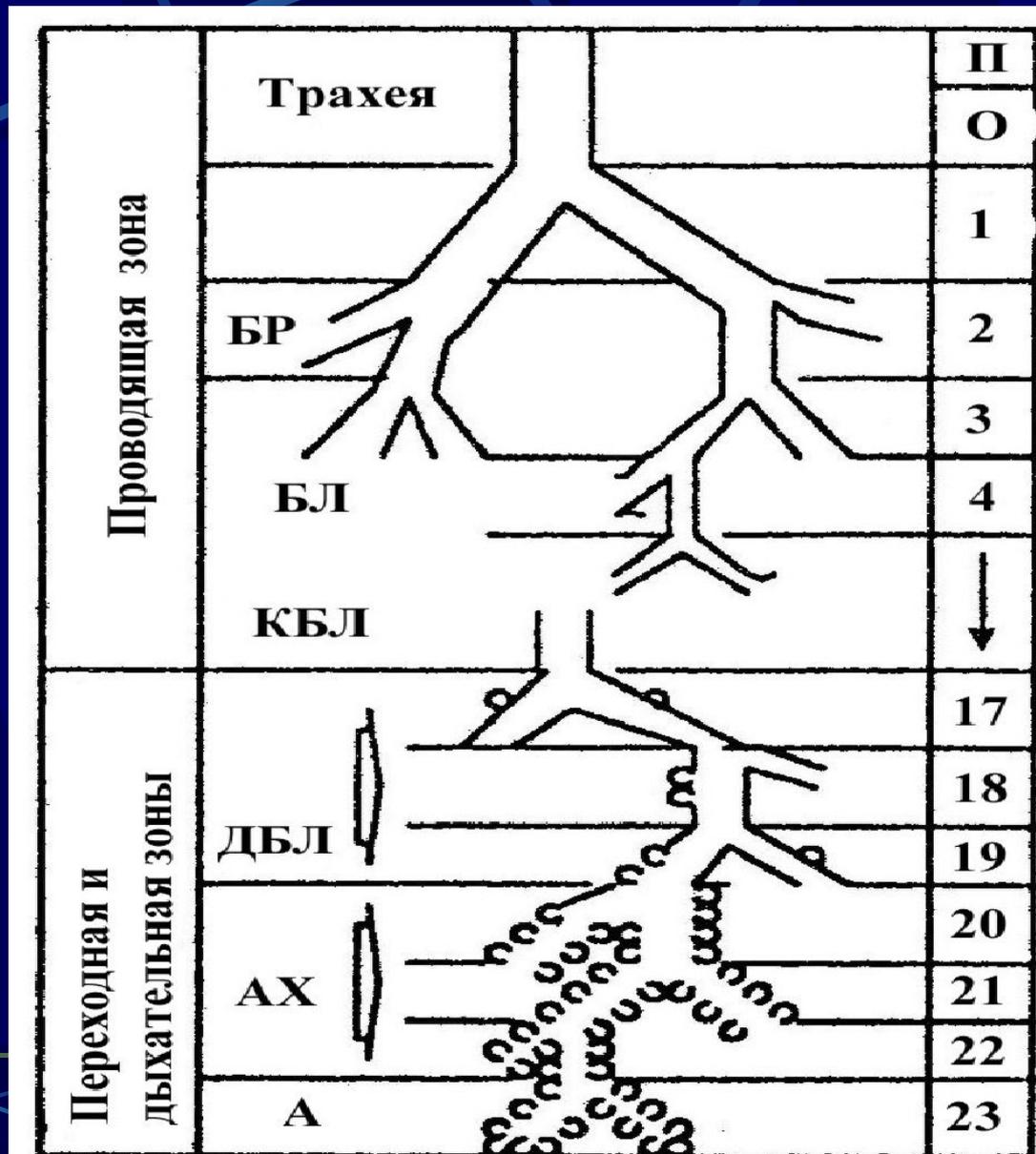
*Выдох –поверхностное
натяжение уменьшается,
альвеола не «слипается»*

- Обеспечивают **гистерезис** альвеол – задержка спадения альвеол при выдохе, т.к. при вдохе увеличивается концентрация ПАВ
- Периодическое выключение части альвеол из процесса дыхания (исчезает часть молекул сурфактанта и не обновляется)
- Очищение альвеол
- На 50% снижают испарение воды с поверхности альвеол



Синтез сурфактанта и низкое пов.натяжение

Бронхиальное дерево



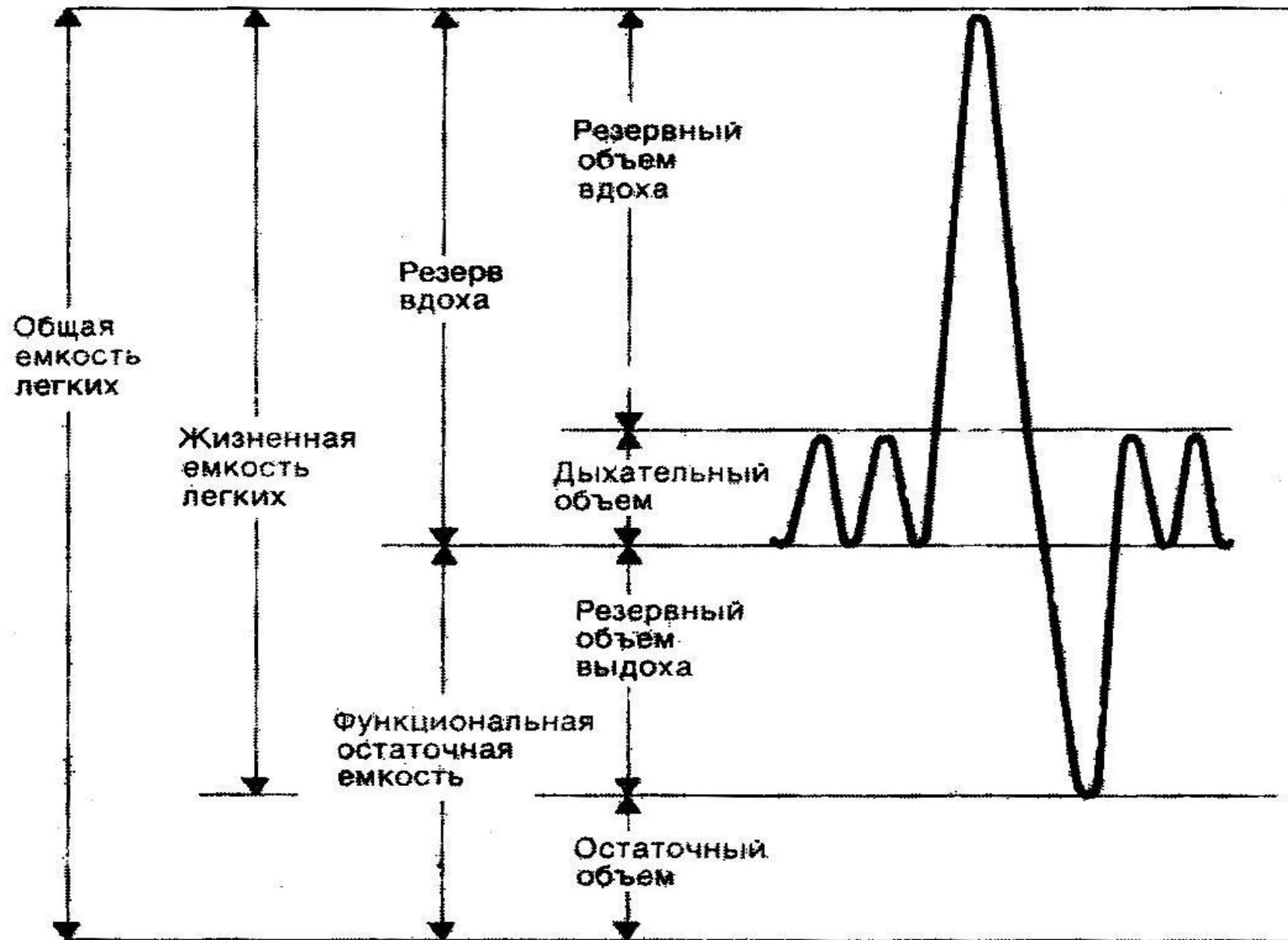
Функции воздухоносных путей

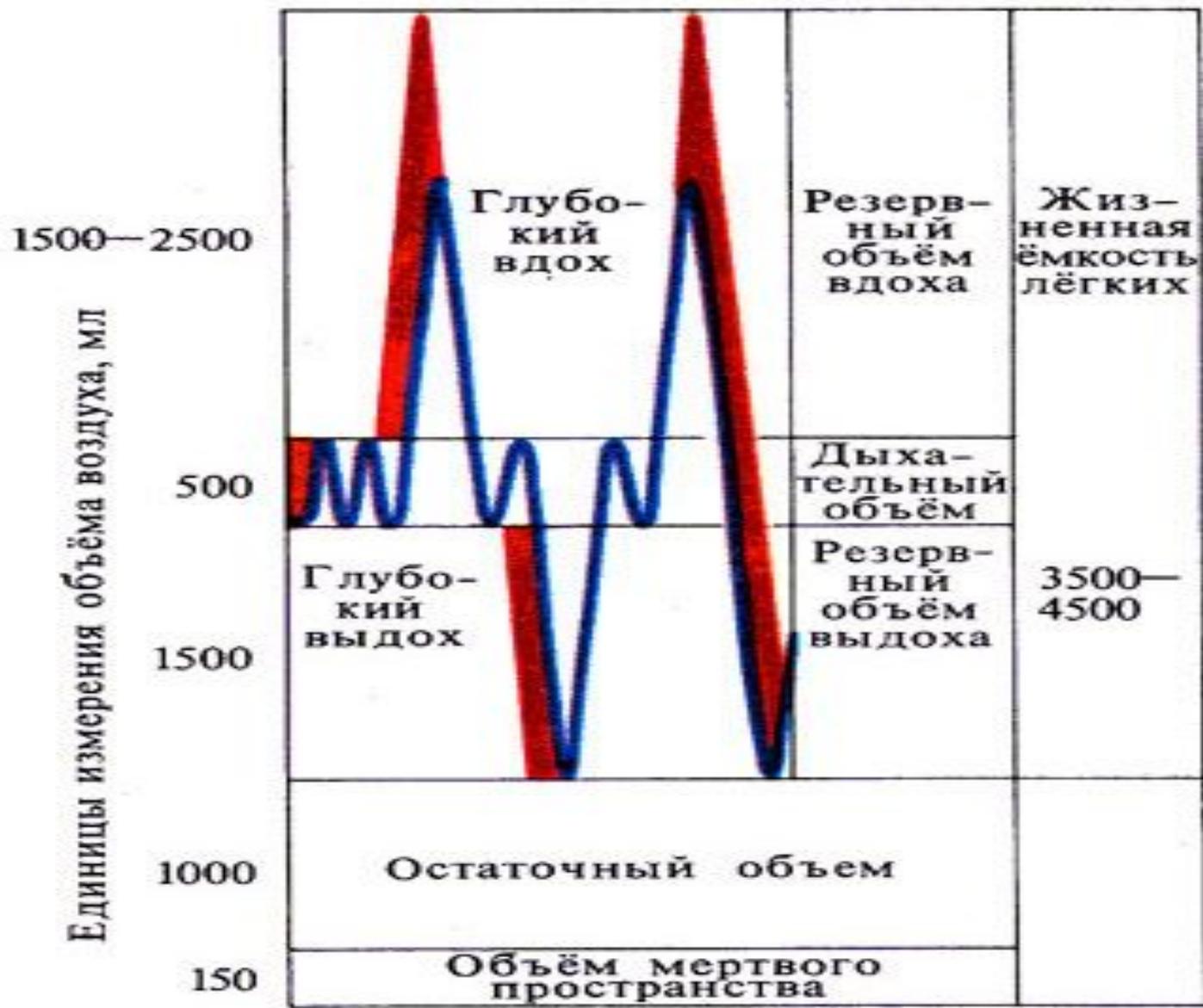
Функционально «мертвое пространство», т.е. не происходит газообмен. Однако, воздух здесь:

- **Согревается**
- **Очищается**
- **Увлажняется**



ДЫХАТЕЛЬНЫЕ ОБЪЕМЫ





1. **Дыхательный объем (ДО) - количество воздуха, которое человек вдыхает или выдыхает при спокойном дыхании - 500 – 800 мл.**
2. **Резервный объем вдоха (РО вд) – количество воздуха, которое человек может дополнительно вдохнуть после спокойного вдоха – около 3000 мл.**
3. **Резервный объем выдоха (РО выд) – количество воздуха, которое человек может дополнительно выдохнуть после спокойного выдоха – около 1300 мл.**

4. **Остаточный объем (ОО)** – количество воздуха, которое остается в легких после максимального выдоха – около 1200 мл.
5. **Функциональная остаточная емкость (ФОЕ)** – количество воздуха, которое остается в легких после спокойного выдоха – около 2500 мл.
4. **Общая емкость легких** – количество воздуха, которое содержится в легких при максимальном вдохе – около 6000 – 6500 мл.

Показатель работы дыхательной системы

- **МИНУТНЫЙ ОБЪЕМ ДЫХАНИЯ (МОД)** - объем воздуха, который вдыхается или выдыхается за 1 минуту

$$\text{МОД} = \text{ЧД} \times \text{ДО}$$

- МОД в покое около 7 – 10 л. При физической нагрузке МОД может достигать 120 л (при максимальной нагрузке)

Показатель эффективности дыхания

- Объем альвеолярной вентиляции (ОАВ) – объем воздуха, который достигает альвеол и участвует в газообмене.

$$\text{ОАВ} = \text{ЧД} \times (\text{ДО} - \text{МП}) \text{ или}$$

$$\text{ОАВ} = \text{МОД} - (\text{МП} \times \text{ЧД})$$

- МП – МЕРТВОЕ ПРОСТРАНСТВО – объем воздуха в воздухоносных путях который не участвует в газообмене.

ВИДЫ СОПРОТИВЛЕНИЯ ДЫХАНИЮ

- **ЭЛАСТИЧЕСКОЕ** (оценивается по показателю – ЖЕЛ/ДЖЕЛ x 100%)
- **НЕЭЛАСТИЧЕСКОЕ**
 - А) ВЯЗКОЕ**
 - Б) АЭРОДИНАМИЧЕСКОЕ**
(оценивается по показателю Вотчала-Тифно – ОФВ/ФЖЕЛ x 100%)

РЕГУЛЯЦИЯ ПРОСВЕТА БРОНХИАЛЬНОГО ДЕРЕВА

- **БЛУЖДАЮЩИЙ НЕРВ** – через *M-холонорецепторы* (ацетилхолин) суживает бронхиолы
- **СИМПАТИЧЕСКИЕ ВЛИЯНИЯ** - через *β -адренорецепторы* (адреналин) – расширяет бронхиолы.



ГАЗООБМЕН

ПАРАЦИАЛЬНОЕ ДАВЛЕНИЕ ГАЗОВ

- ЭТО ТА ЧАСТЬ ОБЩЕГО ДАВЛЕНИЯ СМЕСИ ГАЗОВ, КОТОРУЮ СОЗДАЁТ ДАННЫЙ ГАЗ ПРОПОРЦИОНАЛЬНО СВОЕМУ ПРОЦЕНТНОМУ СОДЕРЖАНИЮ

НАПРЯЖЕНИЕ ГАЗОВ

- ЭТО СИЛА, С КОТОРОЙ РАСТВОРЕННЫЙ ГАЗ СТРЕМИТСЯ ПЕРЕЙТИ В ГАЗООБРАЗНОЕ СОСТОЯНИЕ.
- ОНА ПРОПОРЦИОНАЛЬНА ПРОЦЕНТНОМУ СОДЕРЖАНИЮ ГАЗА В ЖИДКОСТИ

ДВИЖУЩАЯ СИЛА ГАЗО- ОБМЕНА В ОРГАНИЗМЕ

- **РАЗНОСТЬ ПАРЦИАЛЬНОГО
ДАВЛЕНИЯ И НАПРЯЖЕНИЯ
ГАЗОВ**

ПРОЦЕНТНЫЙ СОСТАВ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ

ВОЗДУХ	O_2	CO_2	N_2
АТМОС- ФЕРНЫЙ	20,93	0,03	79,04
ВЫДЫ- ХАЕМЫЙ	16,0	4,5	79,5
АЛЬВЕО- ЛЯРНЫЙ	14,0	5,5	80,5

РАСЧЕТ ПАРЦИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ

АЛЬВЕОЛЯРНЫЙ ВОЗДУХ СОСТОИТ ИЗ:

- КИСЛОРОДА
- УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА
- АЗОТА
- ВОДЯНЫХ ПАРОВ-

47 мм рт.ст.

760 мм
рт.ст.

- Кислород + углекислый газ + азот =
760-47= 713мм рт.ст.

Кислород (X мм рт.ст.) – 14%

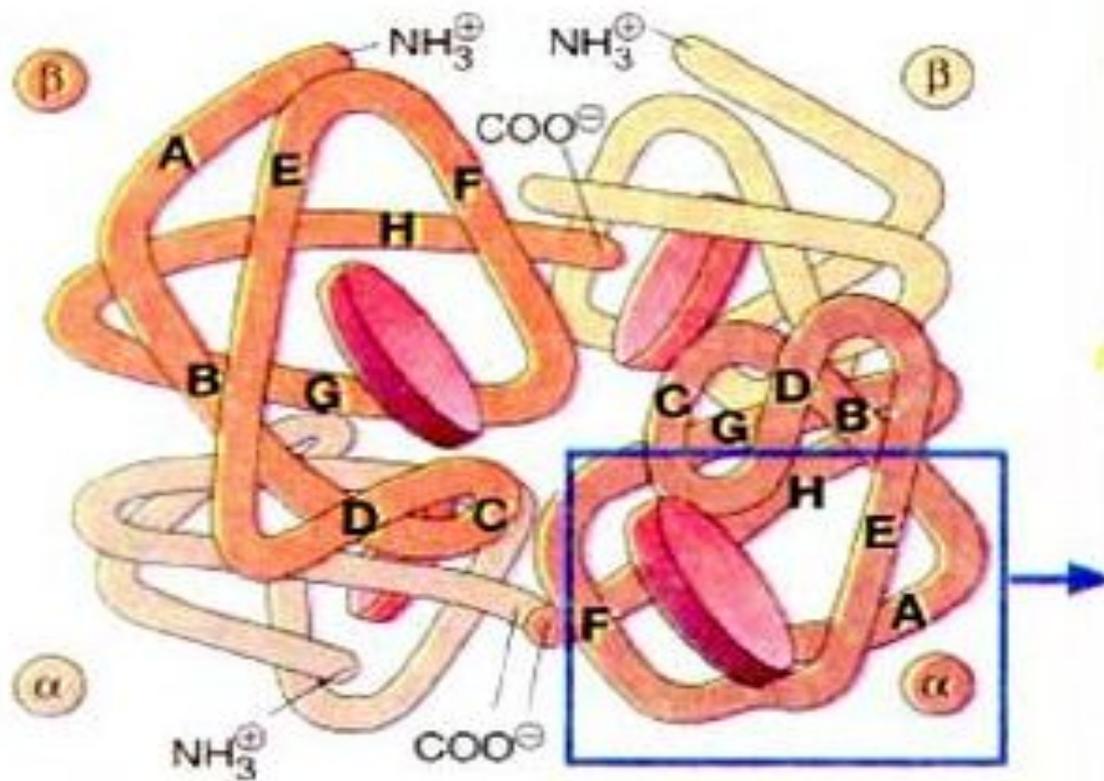
Смесь (713 мм рт.ст.) - 100%

**713 x 14/ 100 ~100мм рт.ст.
(13,6 кПа)**



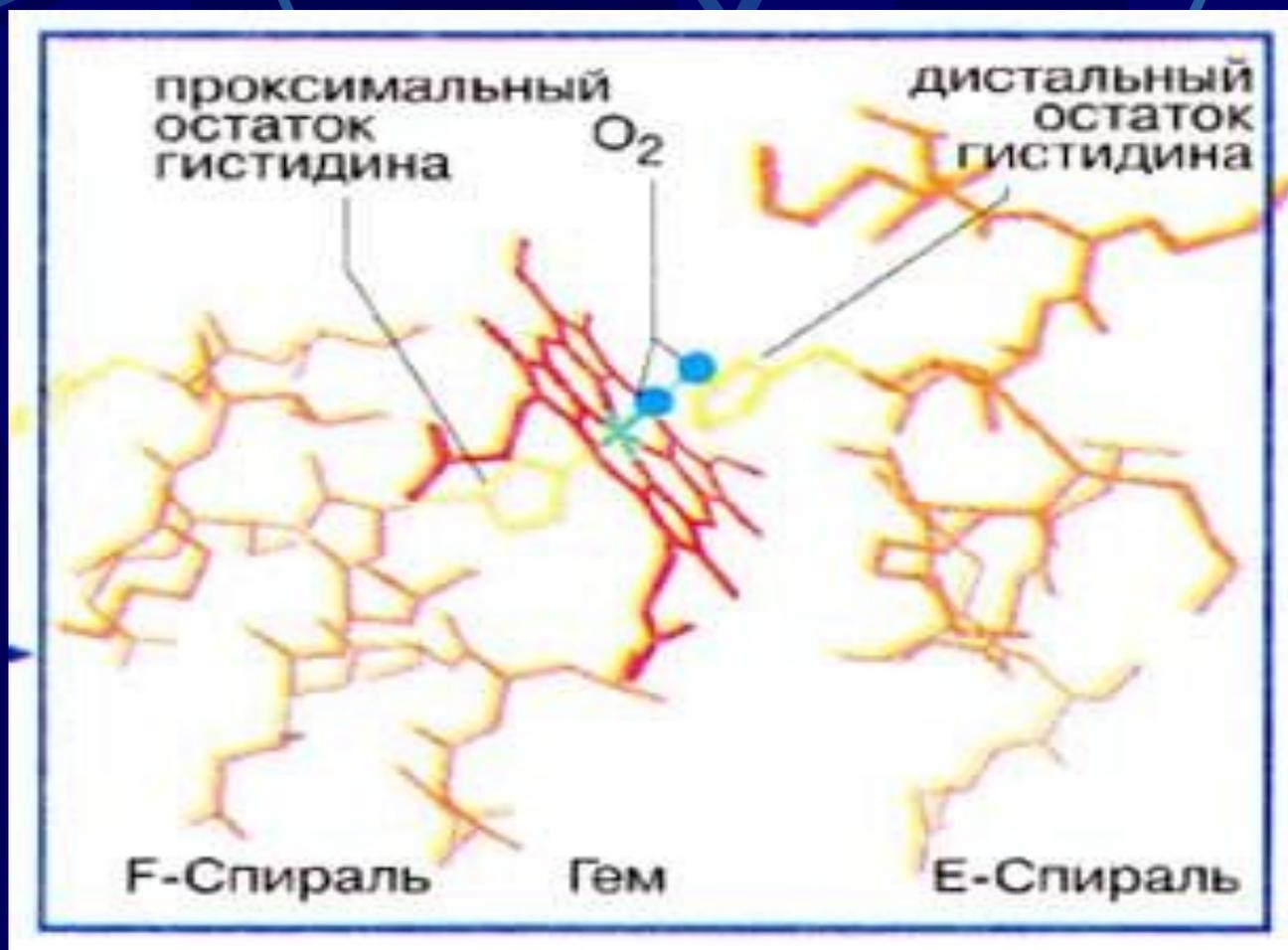
Транспорт газов кровью

Структура гемоглобина

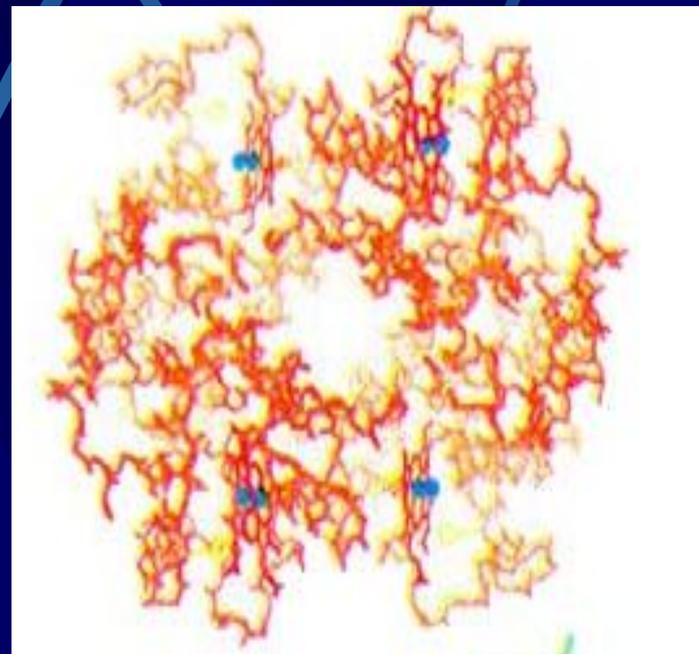
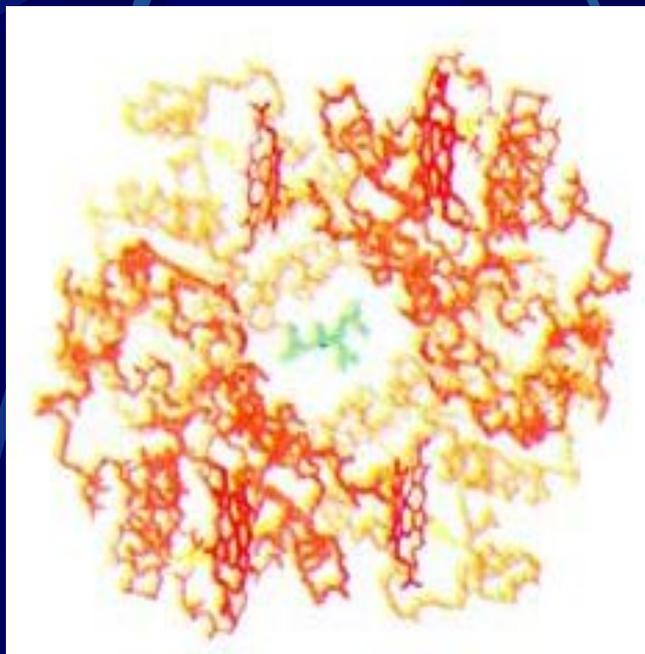


Гемоглобин А $(\alpha_2 \beta_2)$ М: 65 кДа

Фрагмент гемоглобина



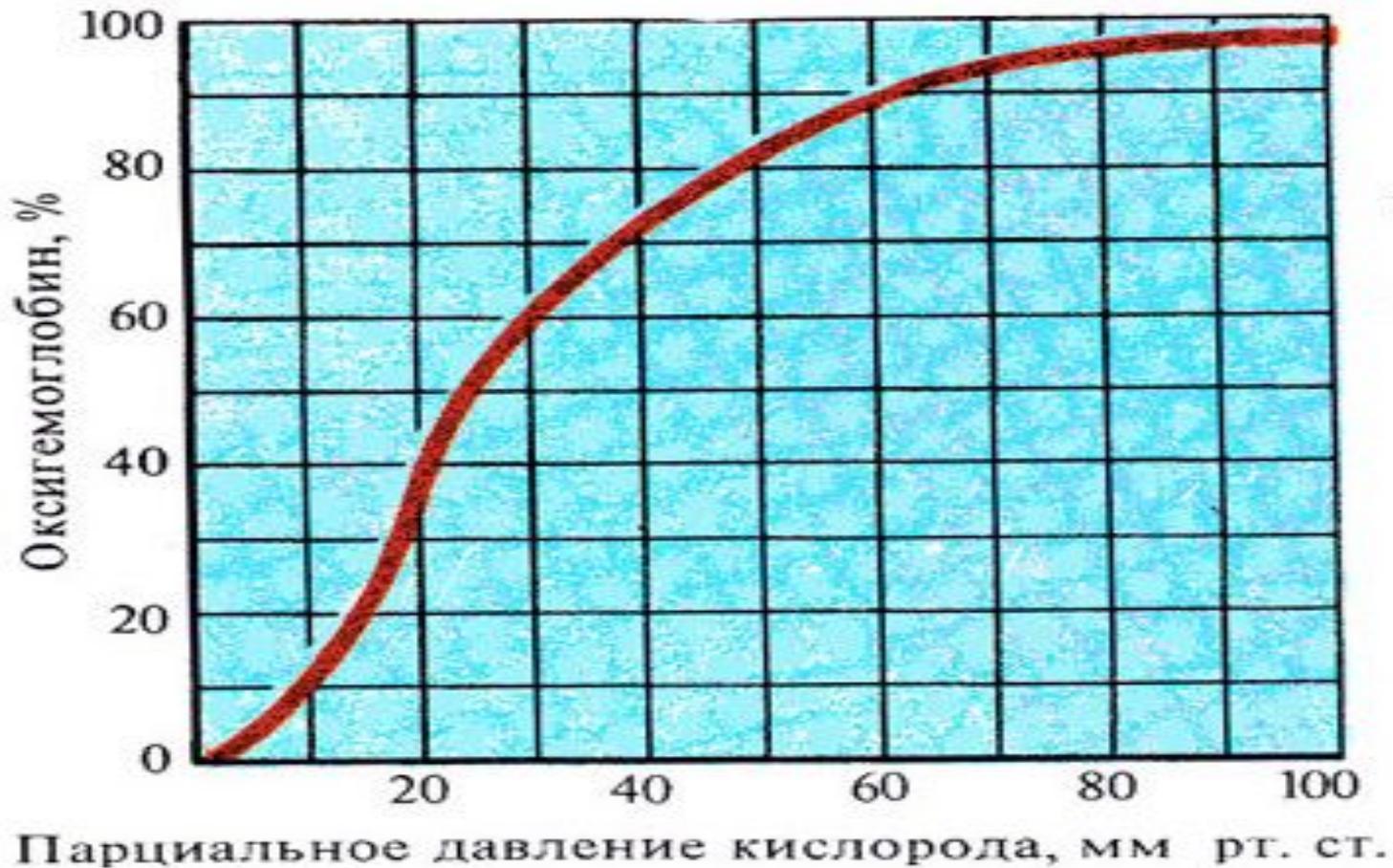
ГЕМОГЛОБИН

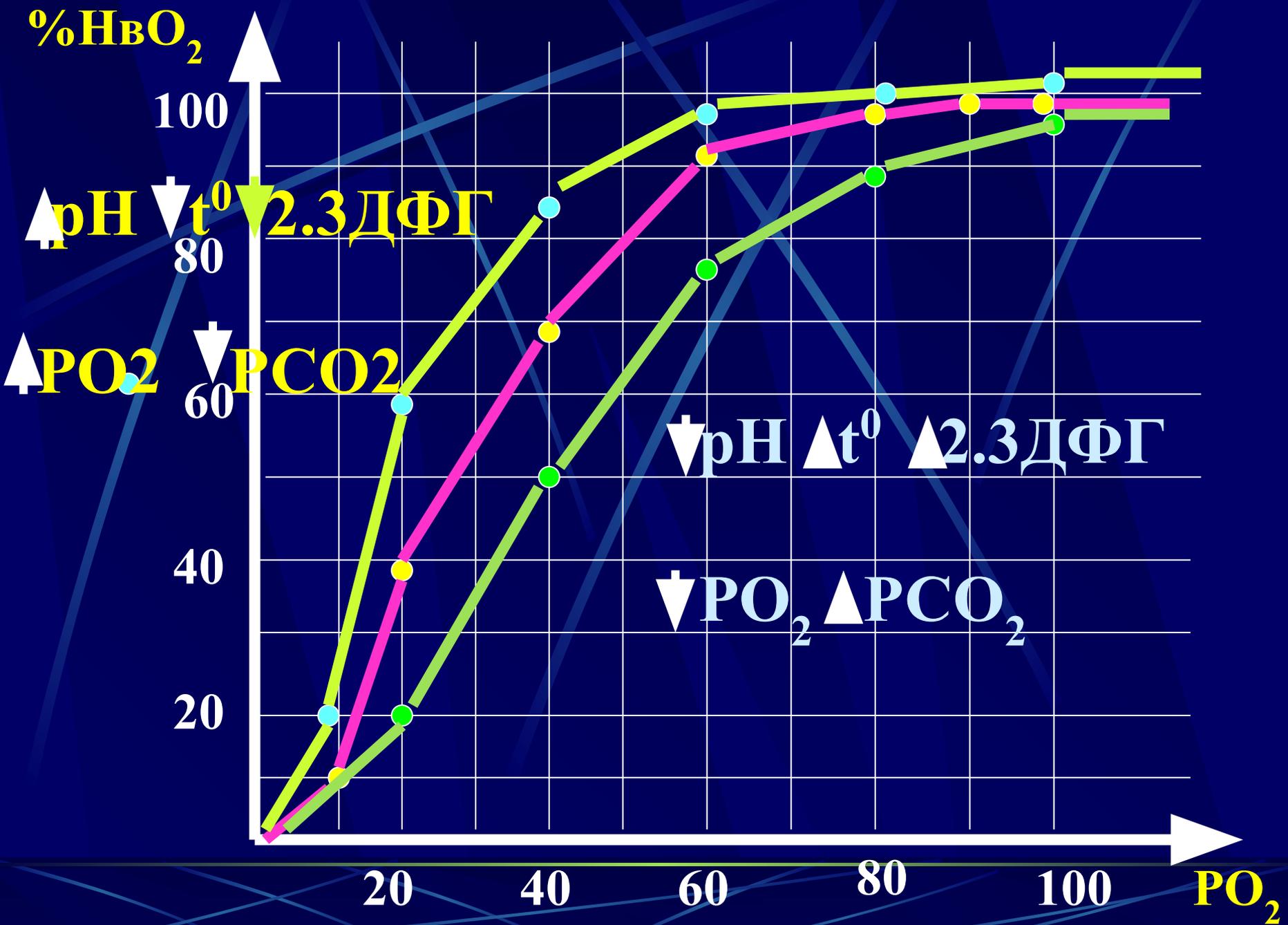


Кислородная ёмкость крови (КЁК)

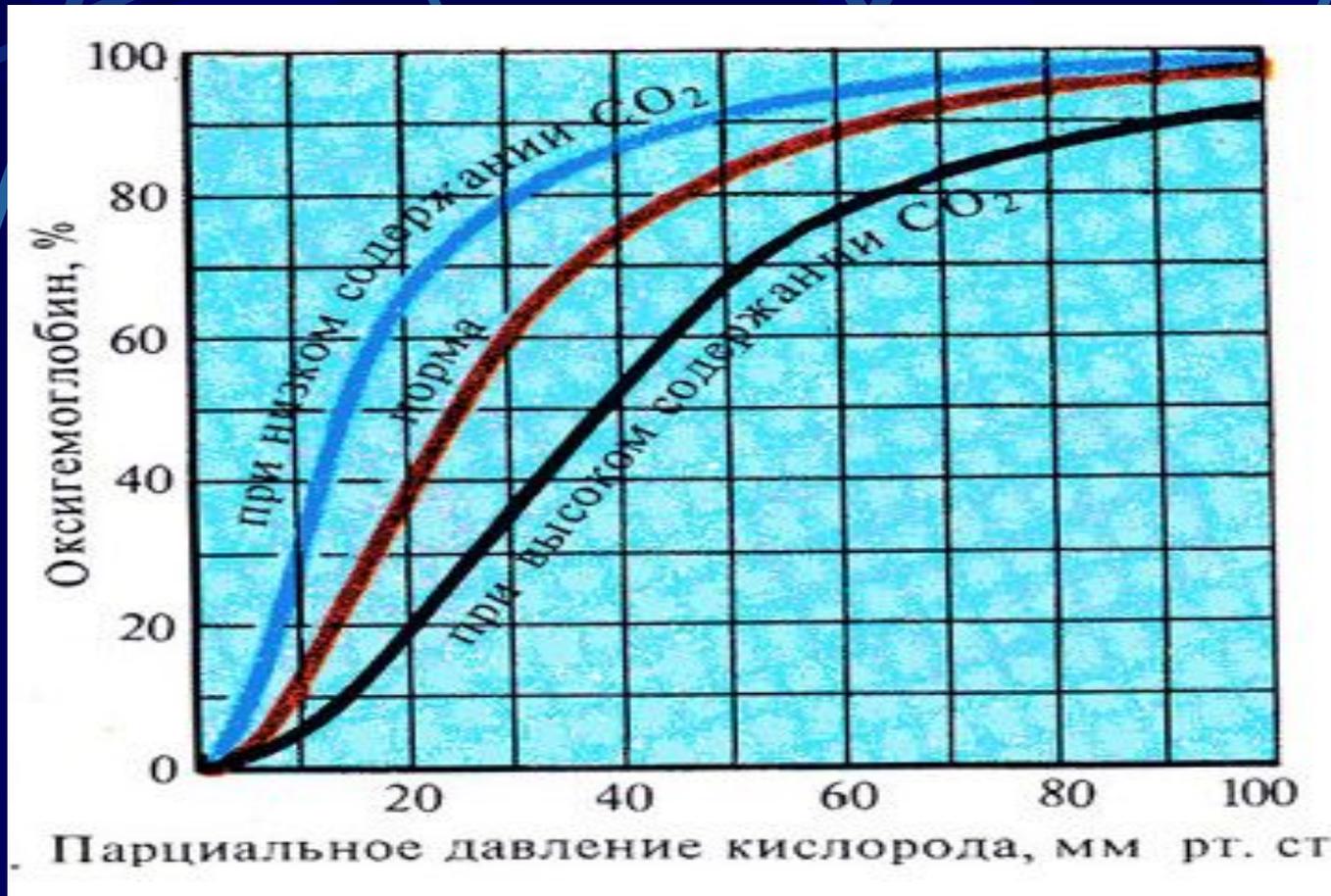
- 1 молекула Hb – 4 молекулы O₂
- 1г Hb - 1,34мл O₂
- 100 мл крови – 15г Hb
- КЁК=15х1,34=20мл O₂ в 100мл крови
- Растворенный в крови O₂ – 0,3 мл/100мл крови

Кривая диссоциации оксигемоглобина





Влияние напряжения CO_2 на кривую



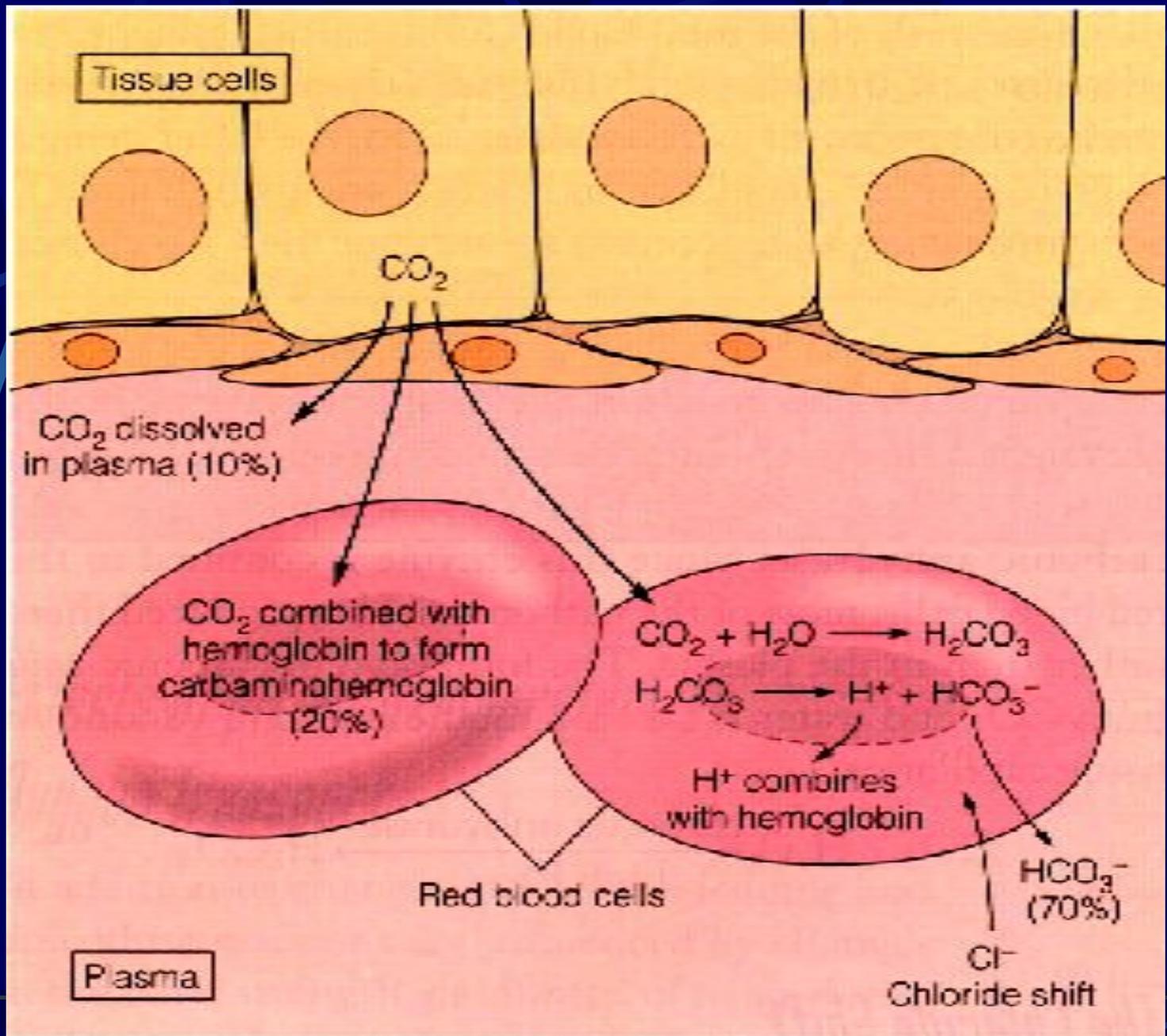
Формы транспорта CO_2

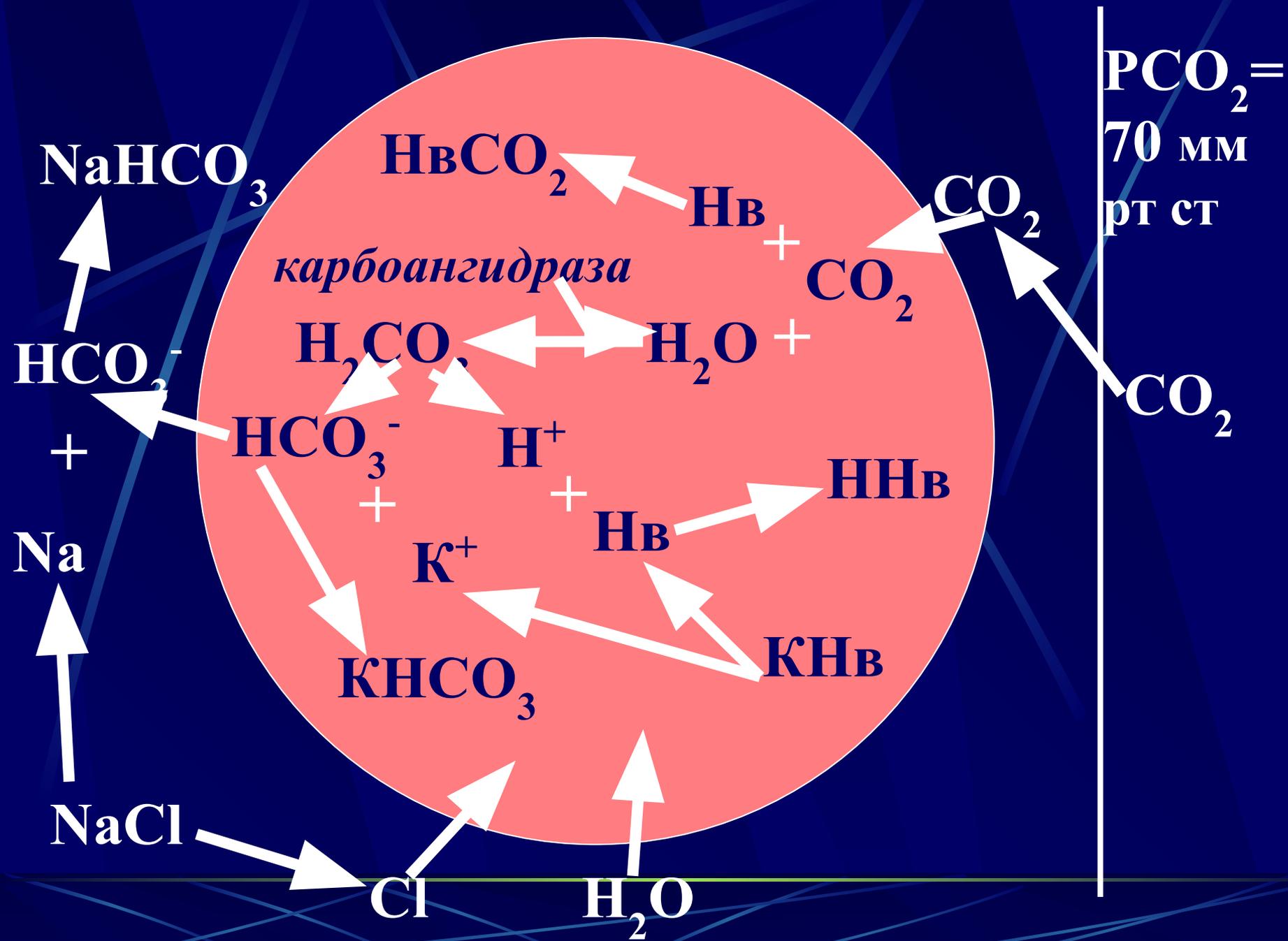
- Углекислота
- Соли углекислоты
- Растворенный (5% всего объема газа крови)

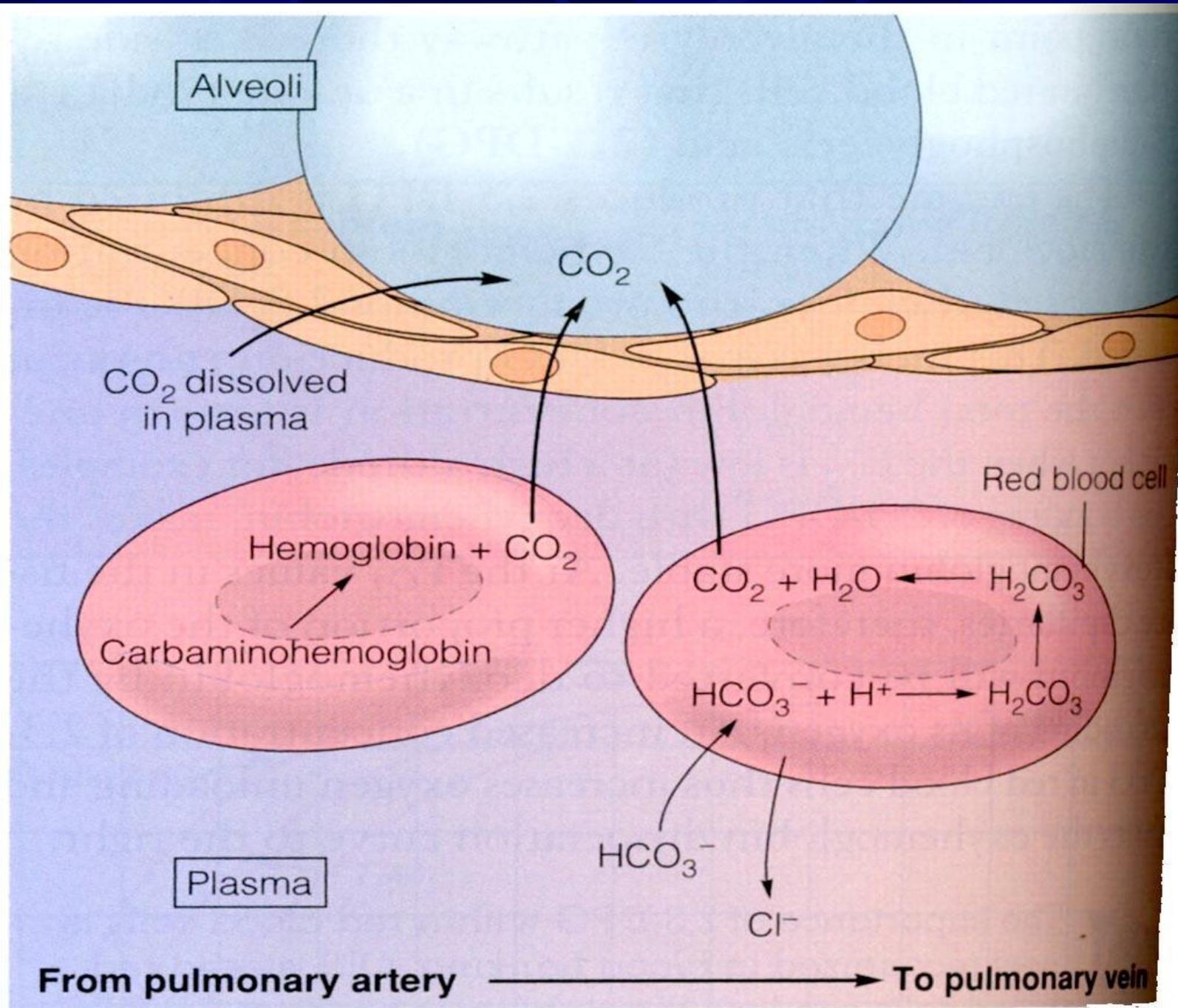
Формы химически связанного

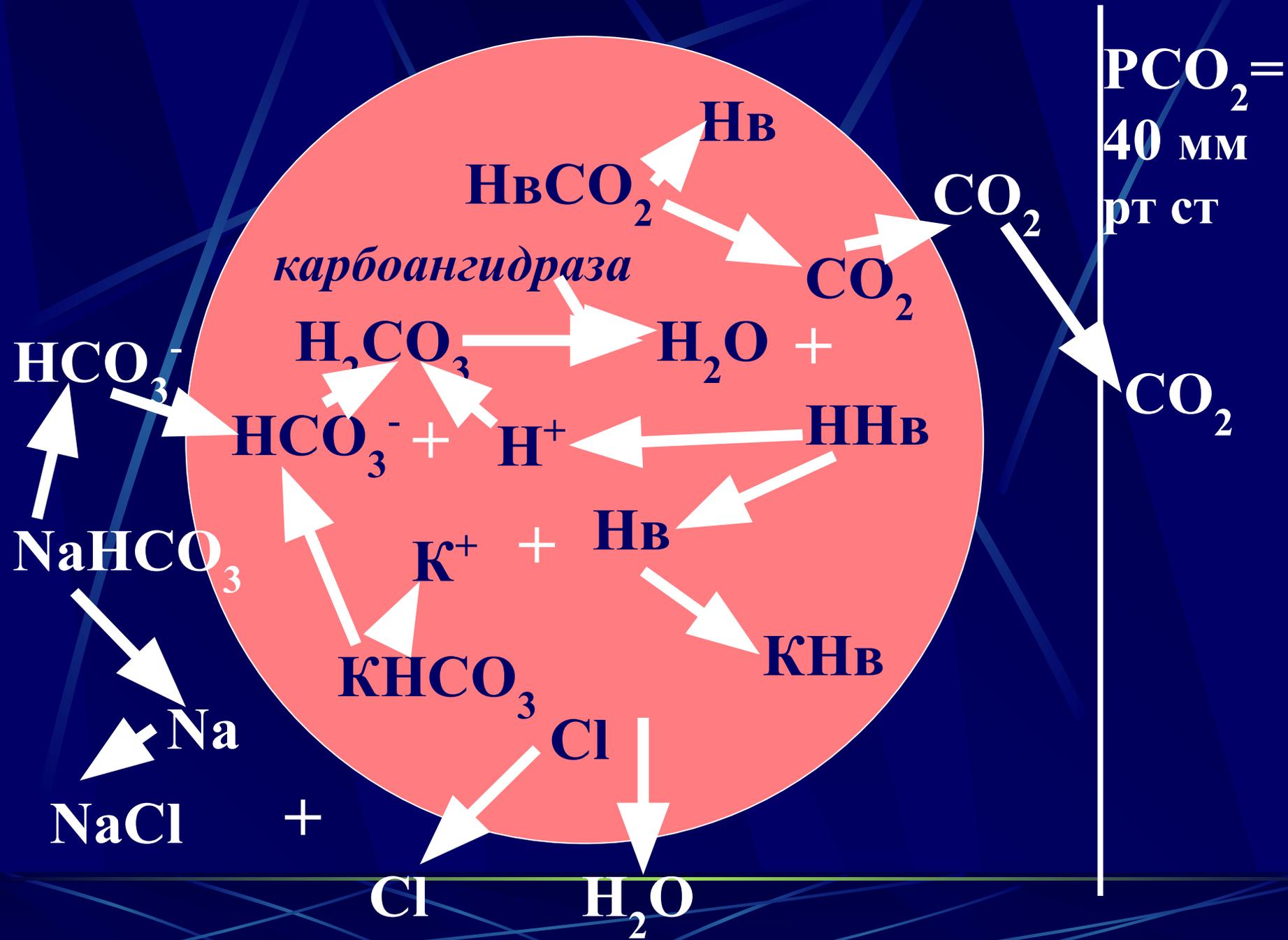


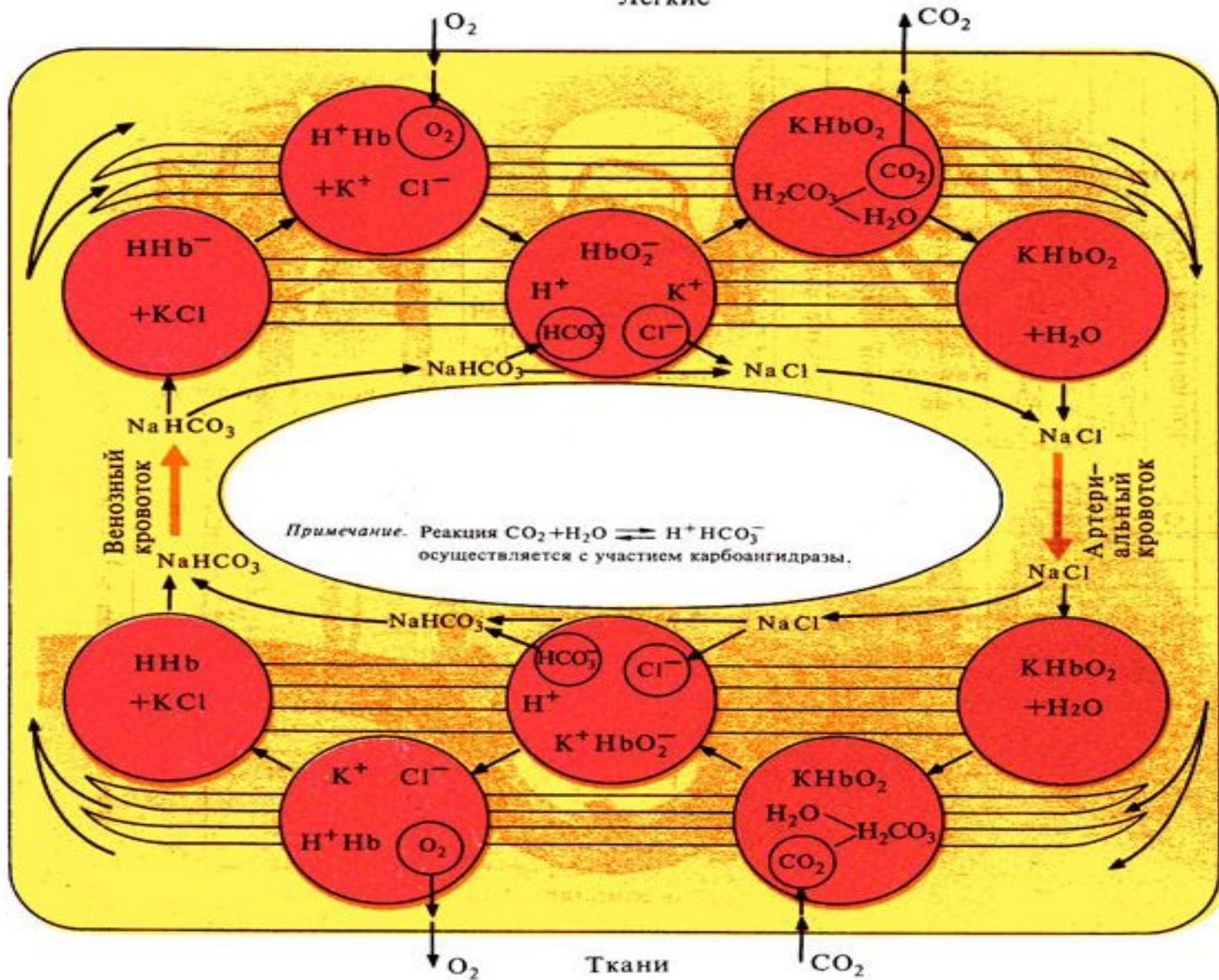
- Углекислота H_2CO_3 – 7%
- Бикарбонатный ион - HCO_3^- - 70%
- Карбаминогемоглобин HbCO_2 – 23%





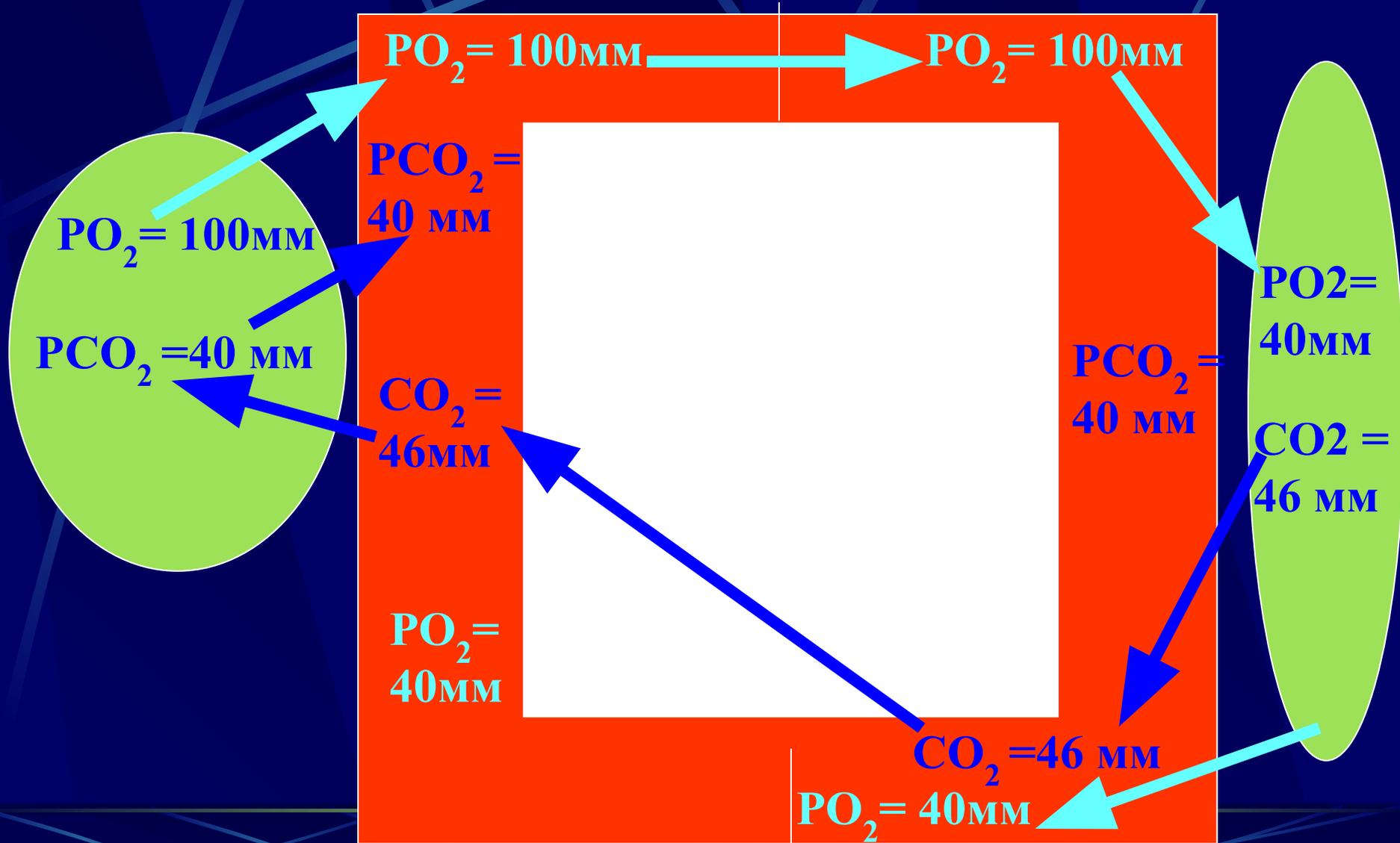


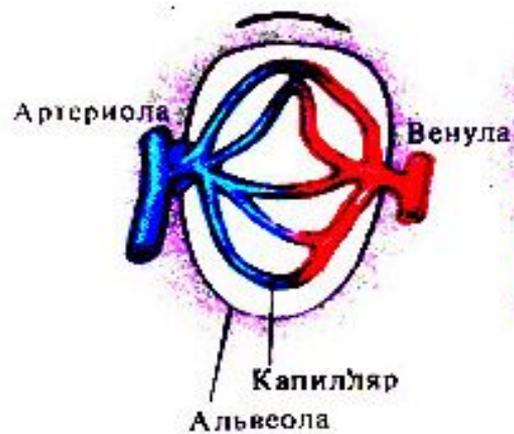




альвеолы

ТКАНИ





Оксигенация крови



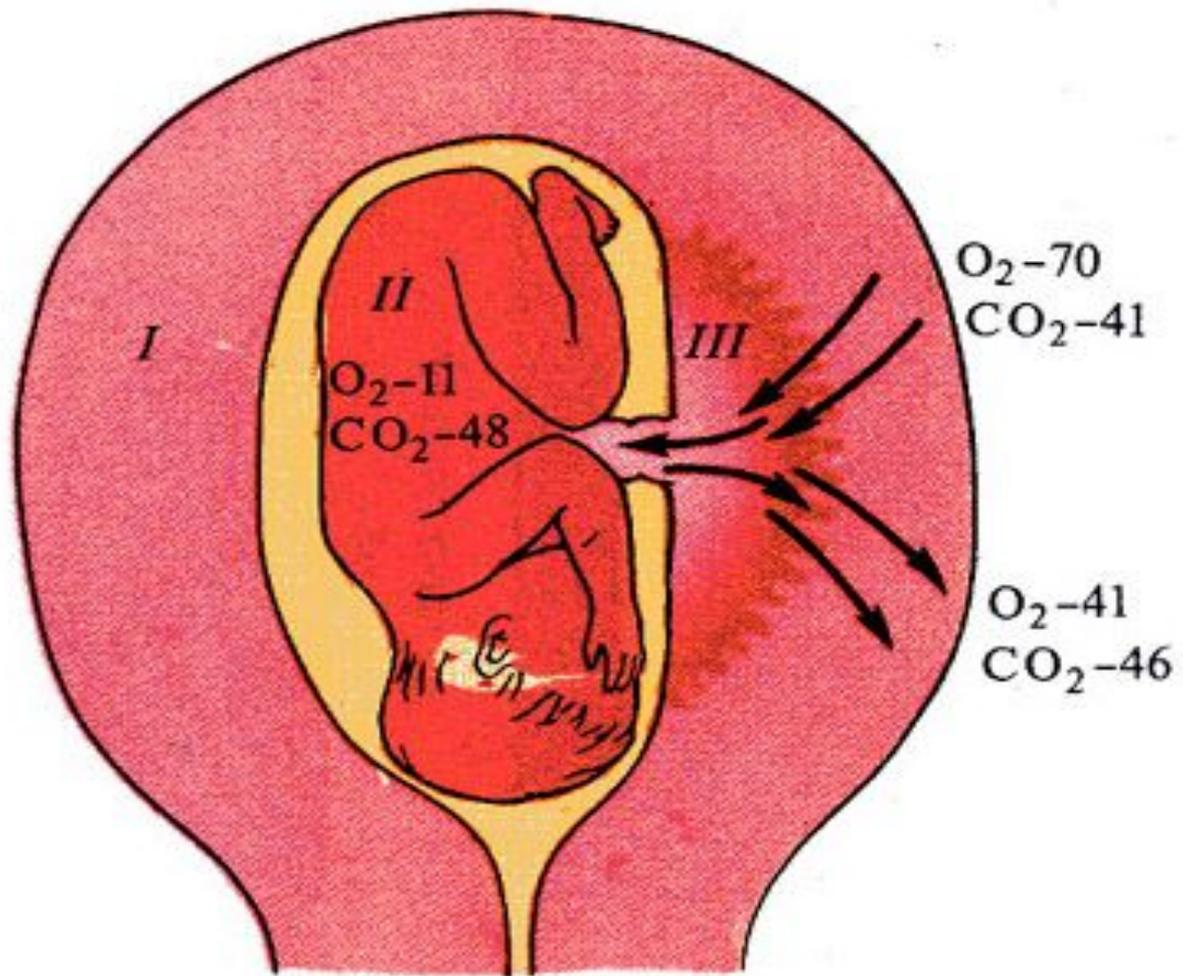
Отсутствие оксигенации



А

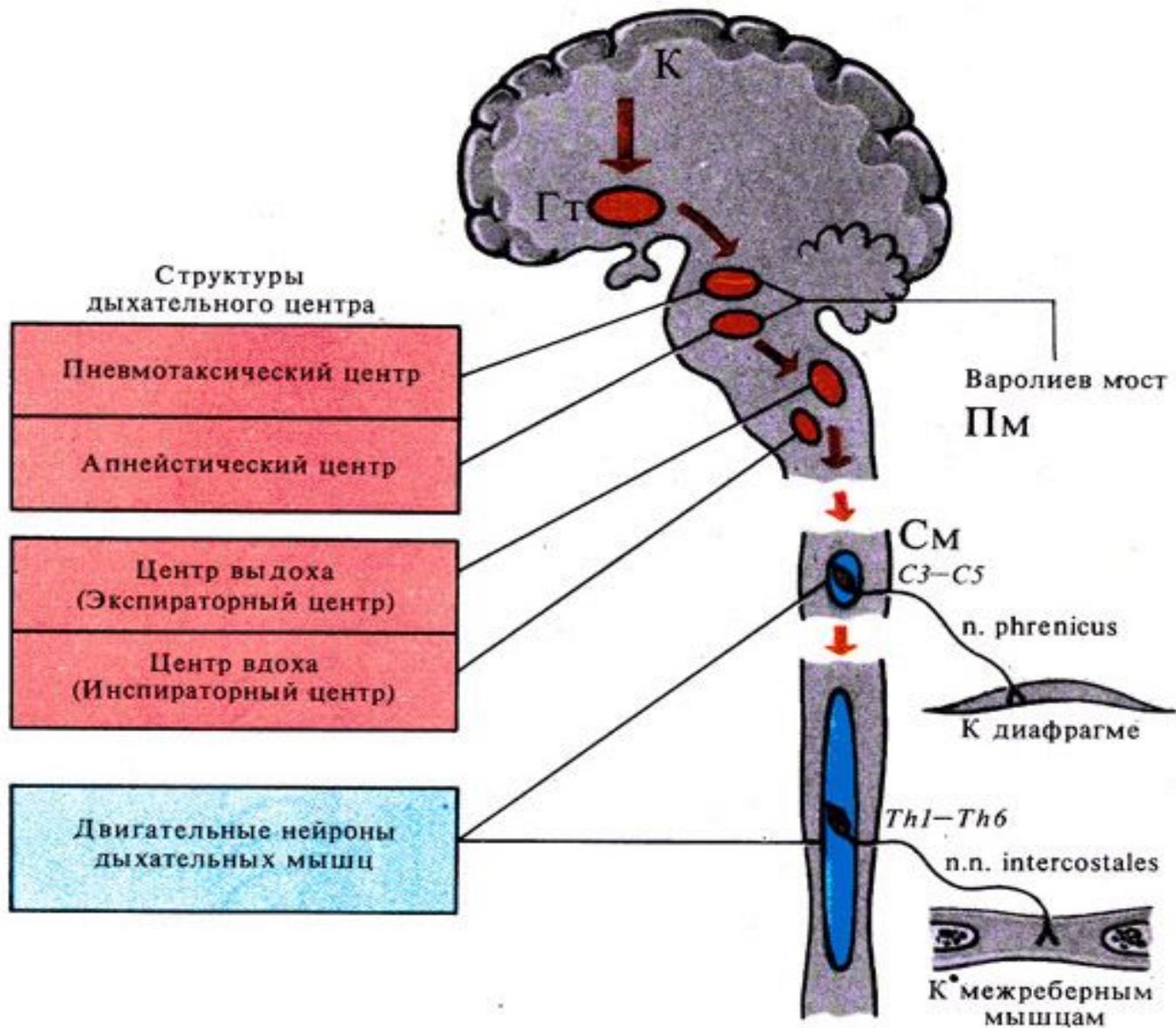


Б



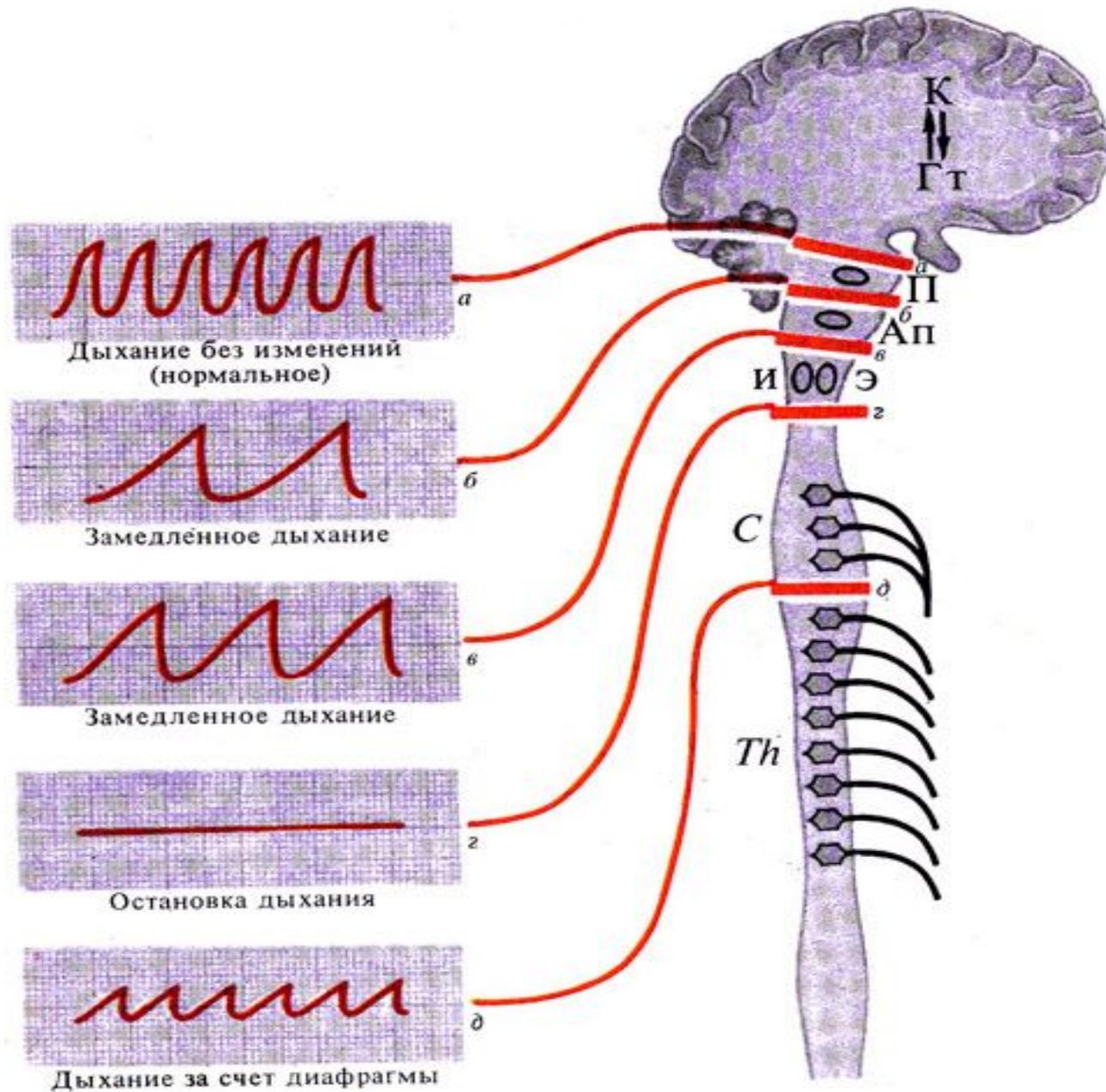


Регуляция дыхания



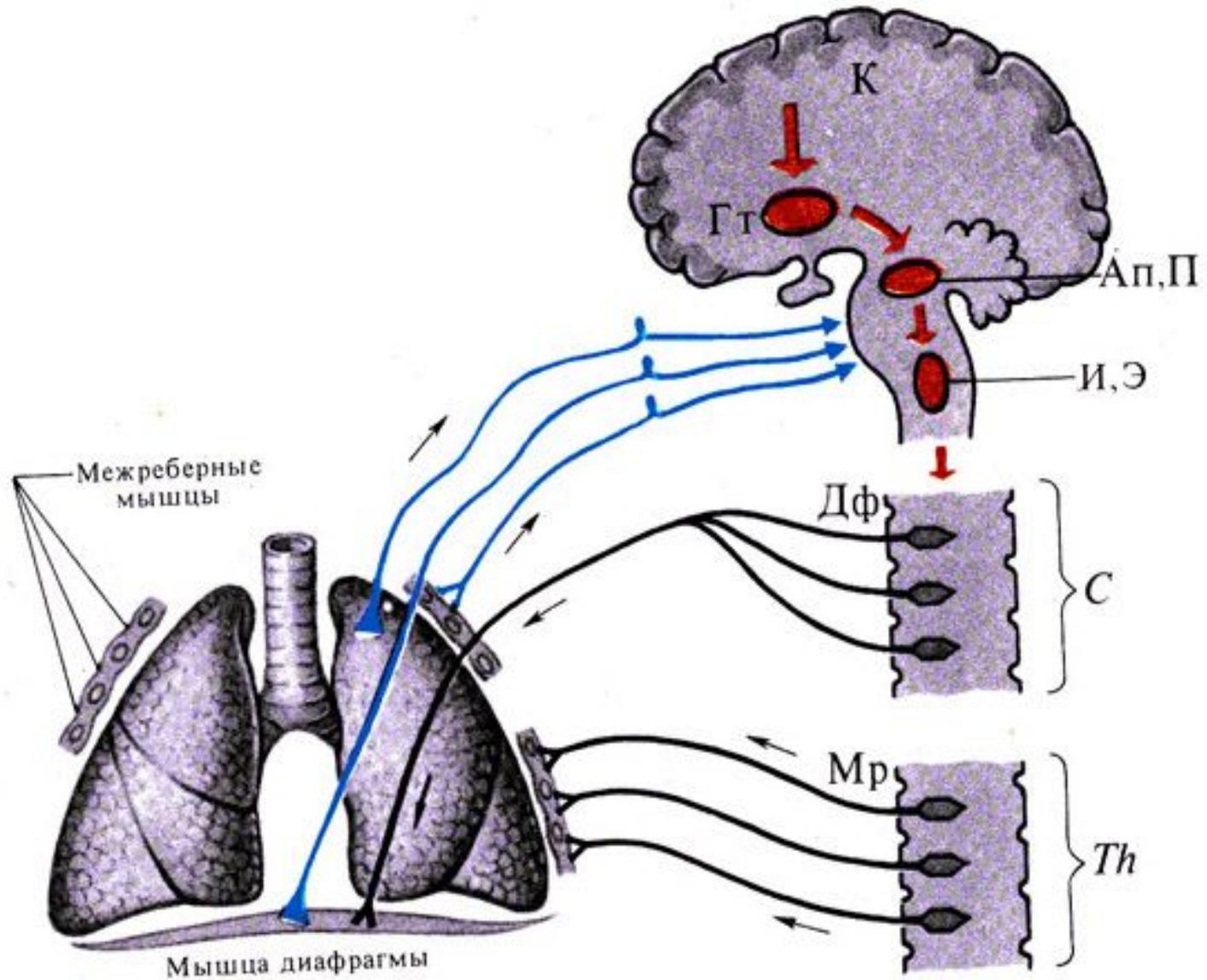
Влияние на дыхание перерезок центральной нервной системы на различных уровнях

- **а — д** — уровни перерезок и соответствующие им пневмограммы,
- **К** — представительство дыхательного центра в коре (условно),
- **Гт** — представительство дыхательного центра в гипоталамусе,
- **П** — пневмотаксический центр, **Ап** — апнеистический центр (варолиев мост),
- **Э** — экспираторный центр (продолговатый мозг),
- **И** — инспираторный центр (продолговатый мозг)



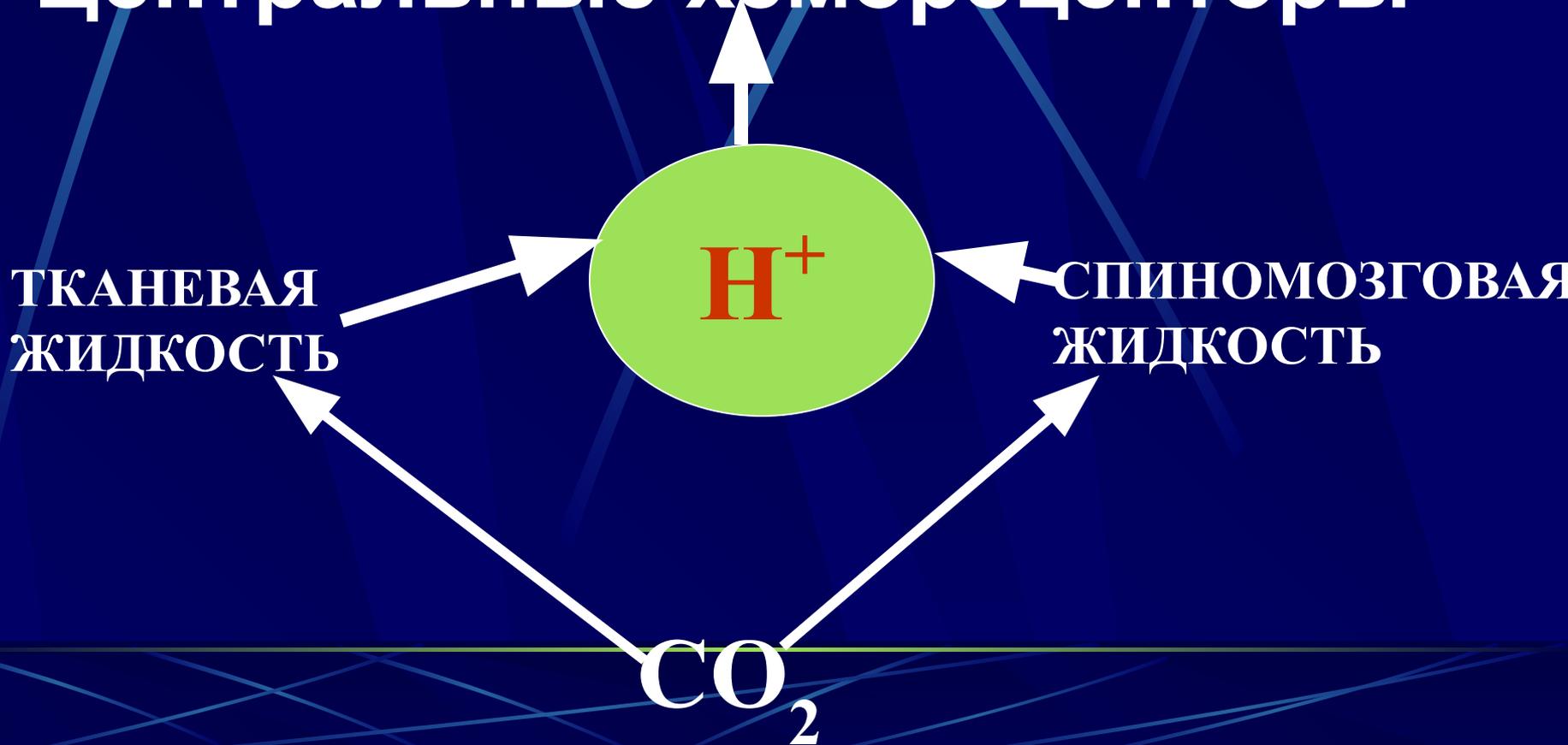
Иннервация органов дыхания

- Гт — представительство дыхательного центра в гипоталамусе,
- К — корковое представительство дыхательного центра (условно),
- Ап, П—апнейстический и пневмотаксический центры моста.
- И, Э—инспираторный и экспираторный бульбарные центры,
- Дф и Мр — центры диафрагмального и межреберных нервов в спинном мозге



ВИДЫ РЕЦЕПТОРОВ, участвующих в регуляции ДЦ

- Центральные хеморецепторы



ВИДЫ РЕЦЕПТОРОВ, участвующих в регуляции ДЦ

СНИЖЕНИЕ ПАРЦИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ O_2

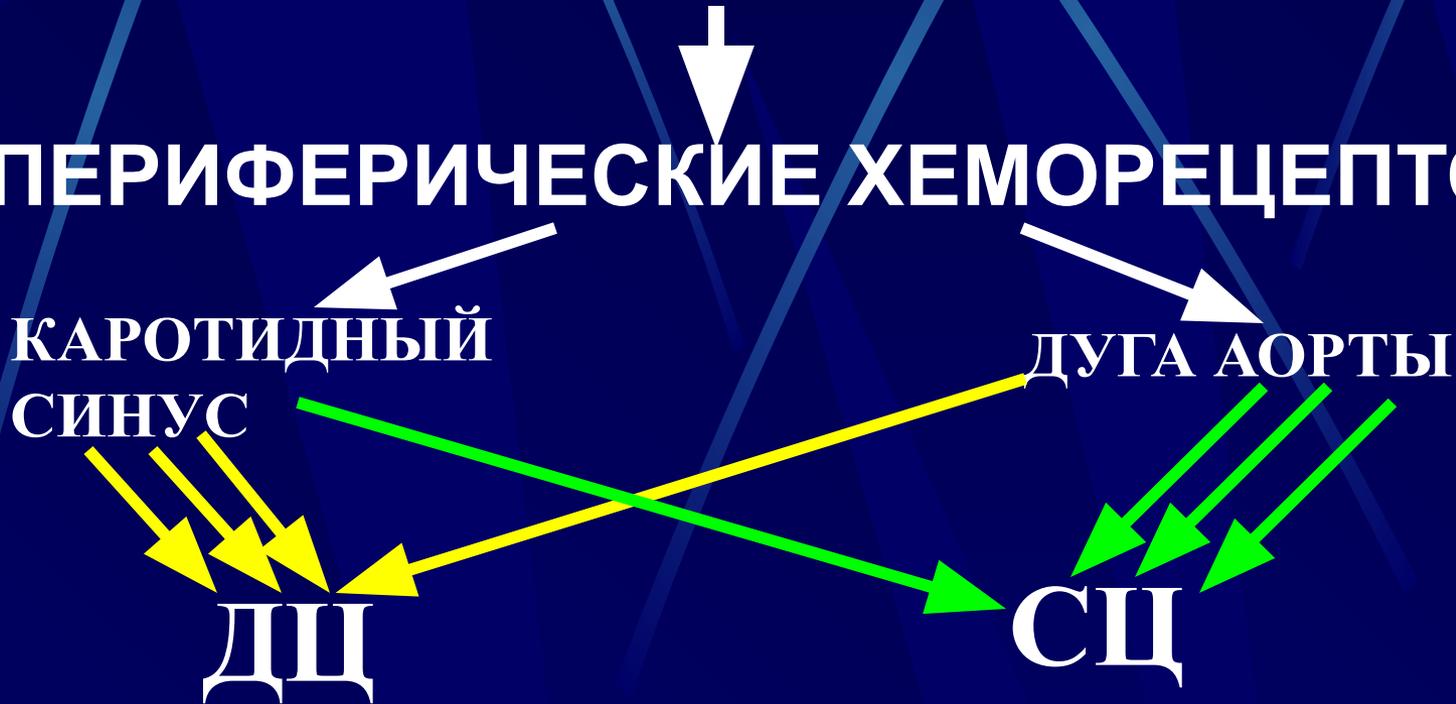
• ПЕРИФЕРИЧЕСКИЕ ХЕМОРЕЦЕПТОРЫ

КАРОТИДНЫЙ
СИНУС

ДУГА АОРТЫ

ДЦ

СЦ

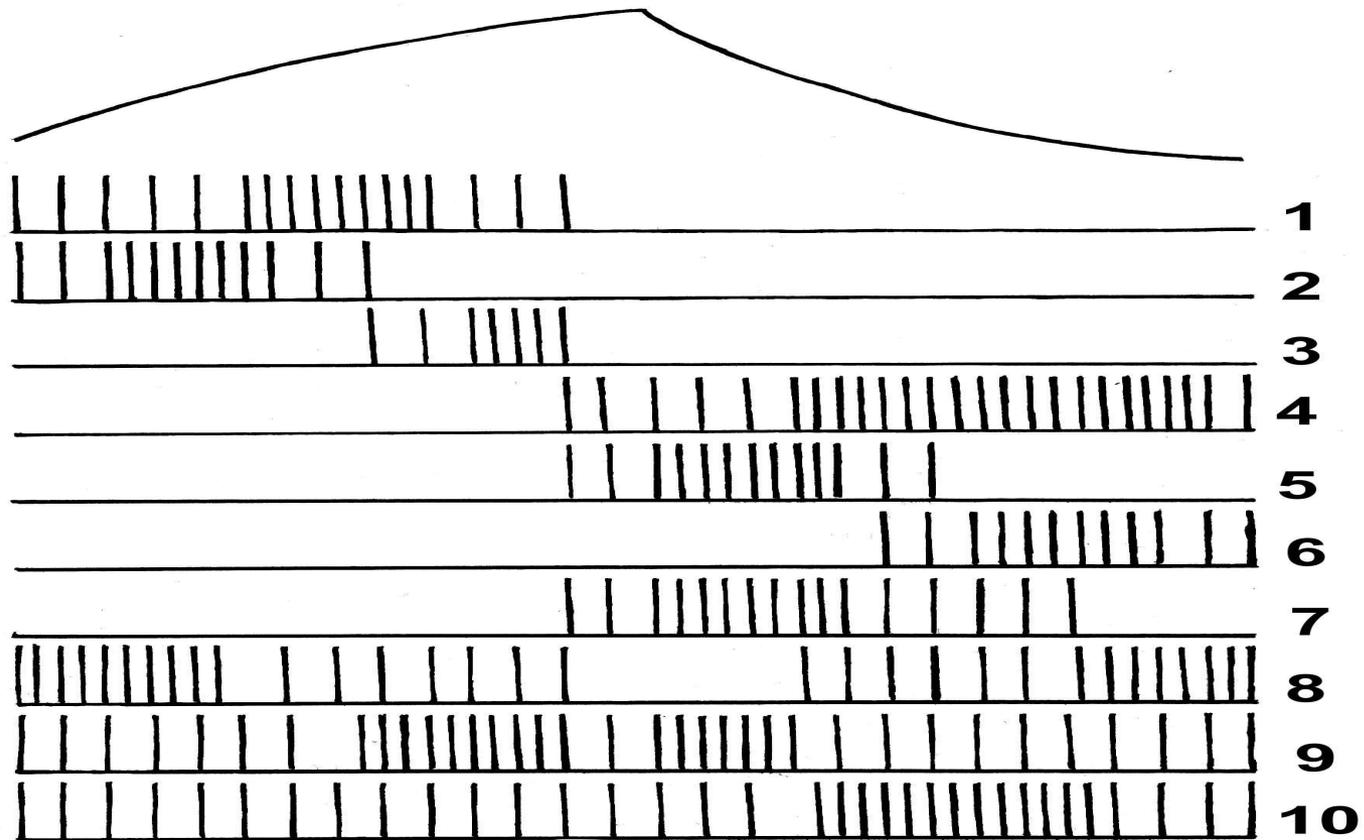


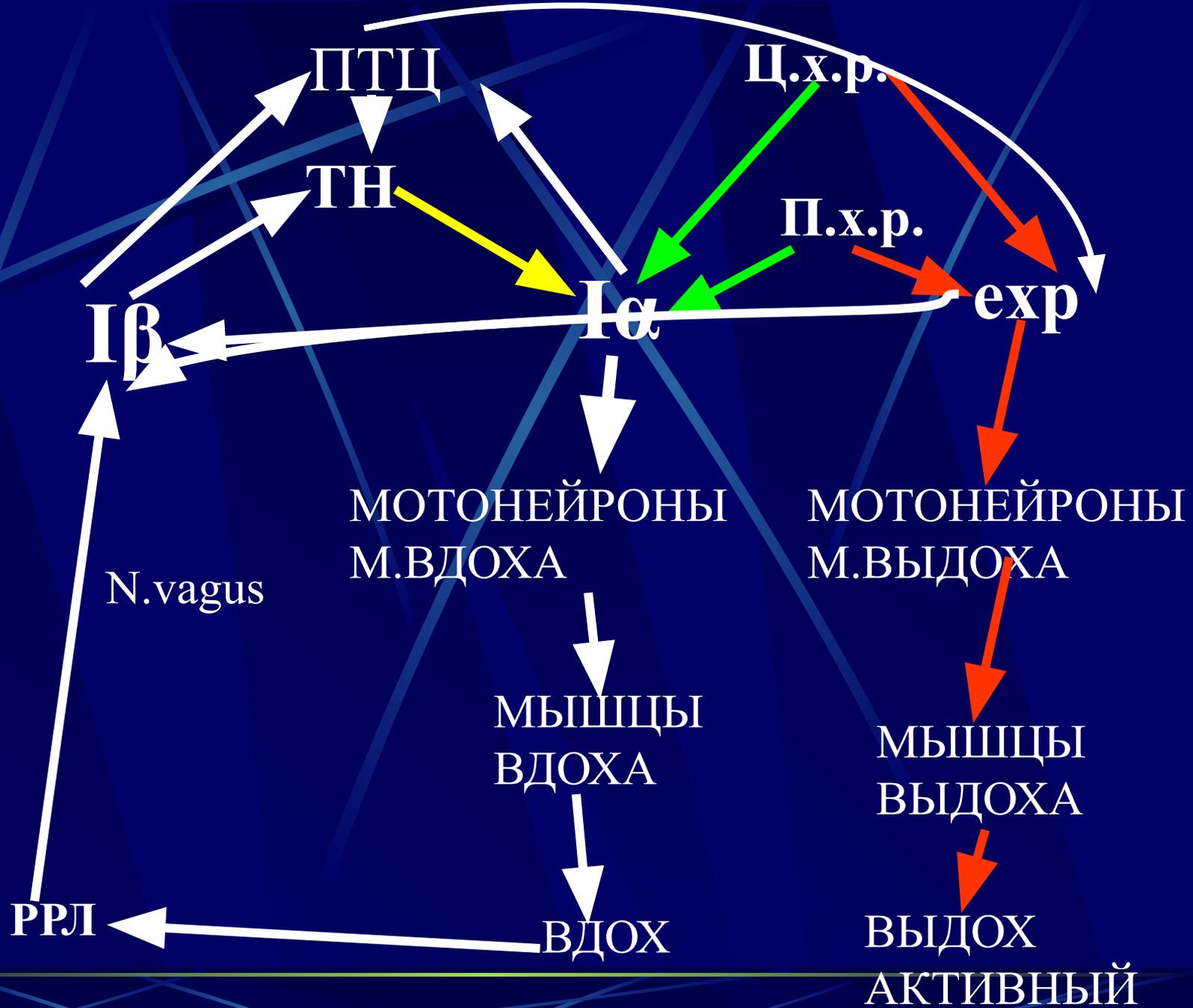
- Снижение P_{H_2O} =7,32 на 0,01 в СМЖ приводит к увеличению МОД на 4 л
- Снижение P_{O_2} ниже 100мм рт. ст. усиливает импульсацию периферических рецепторов.

МЕХАНОРЕЦЕПТОРЫ ЛЁГКИХ И ДЫХАТЕЛЬНЫХ ПУТЕЙ (1000 РЕЦЕПТОРОВ В КАЖДОМ ЛЁГКОМ)

- **ВЫСОКОПОРОВО-
ГОВЫЕ** –
возбуждаются при
глубоком вдохе
- **НИЗКОПОРОВОГОВЫЕ**
–
 - При вдохе усиливают
импульсацию
 - При выдохе –
уменьшают
импульсацию

АКТИВНОСТЬ ДЫХАТЕЛЬНЫХ НЕЙРОНОВ





Кора б.п.
Лимбическая система
гипоталамус

+ ↓ -
ПТЦ

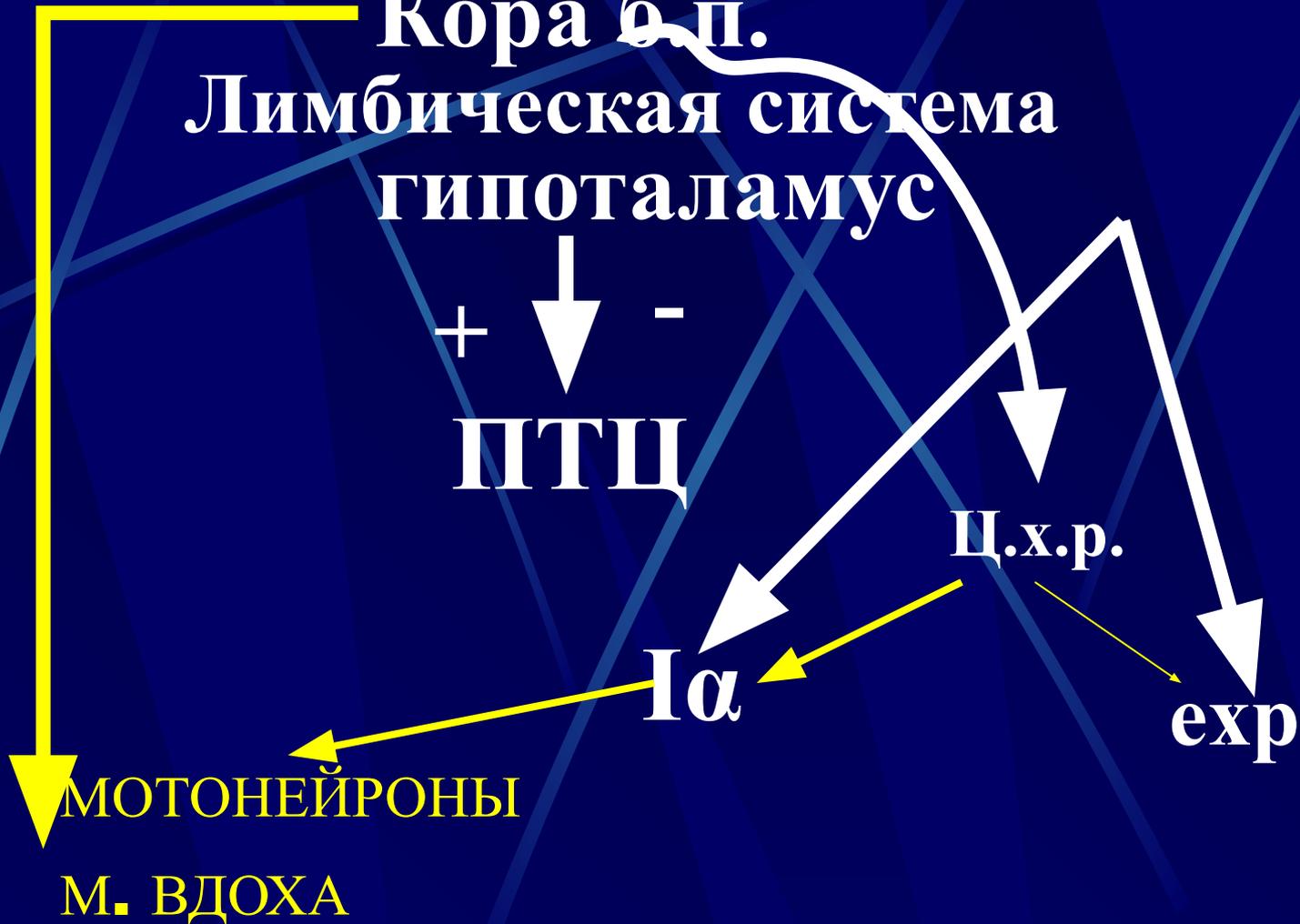
Ц.х.р.

I α

exp

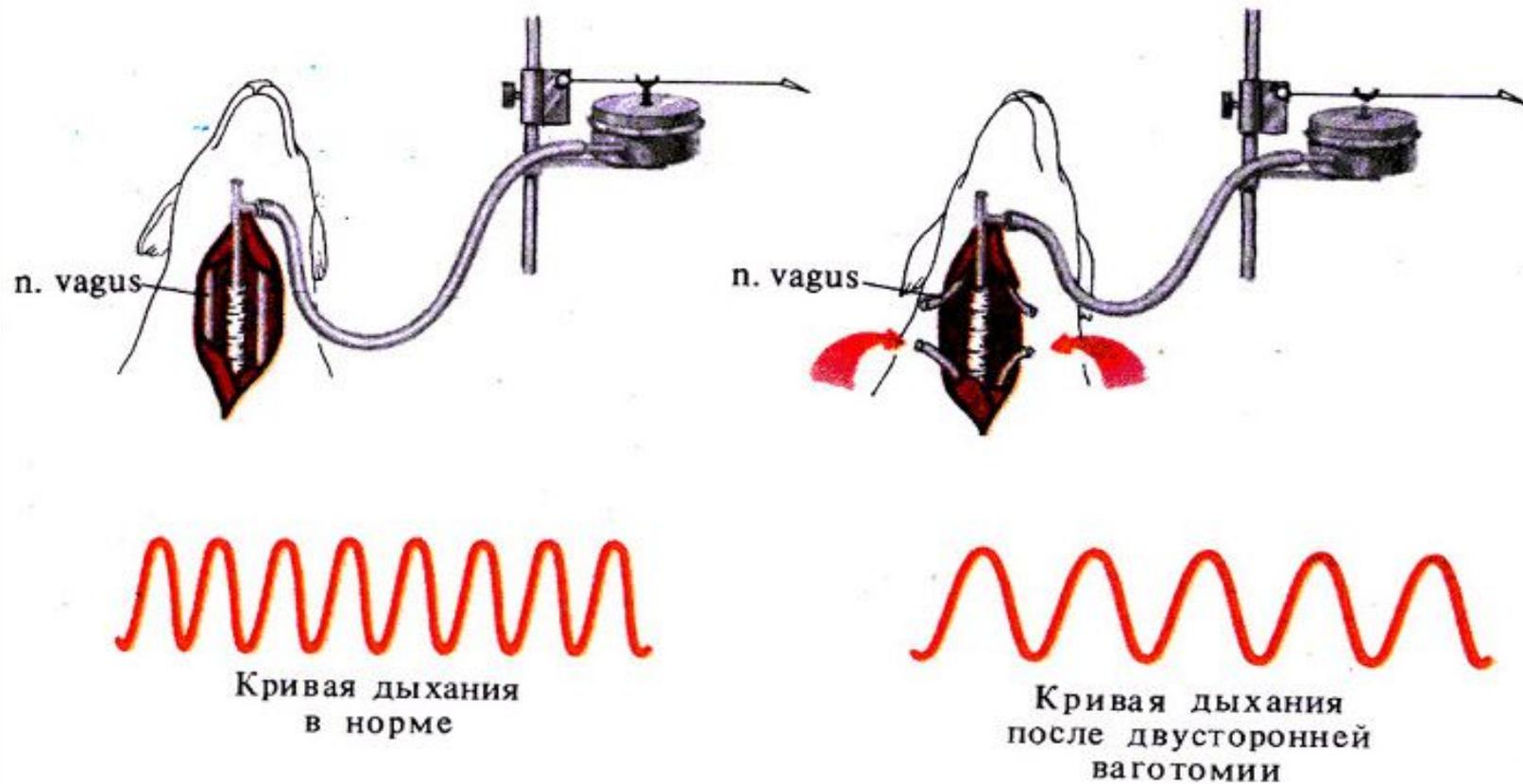
МОТОНЕЙРОНЫ

М. ВДОХА

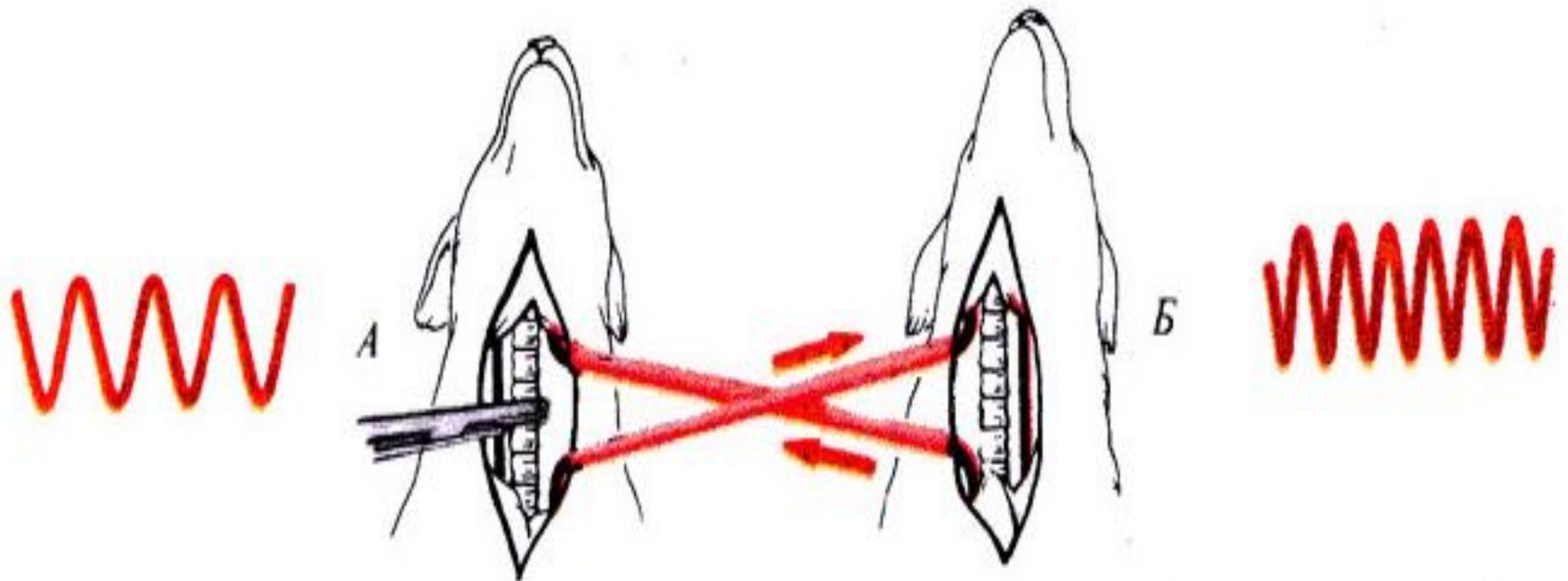




Роль блуждающего нерва



Опыт с перекрестным кровообращением (по Л. Фредерику)



- **Пережатие трахеи у собаки А вызывает одышку у собаки Б;**
- **Одышка собаки Б вызывает замедление дыхания у собаки А**