

ГБОУ ВПО УГМУ Минздрава РФ  
Кафедра биохимии

**Дисциплина: Биохимия**

# **ЛЕКЦИЯ № 17**

**Кислотно-основное  
состояние организма**

Лектор: Гаврилов И.В.  
Факультет: лечебно-профилактический,  
Курс: 2

**Екатеринбург, 2014г**

# План лекции

## 1. Определение понятия КОС. Биологическое значение. Основные принципы регуляции КОС:

- изоосмолярность,
- электронейтральность,
- постоянство рН.

## 2. Гомеостатические механизмы регуляции КОС.

- Физико-химический механизм (*буферные системы органов и тканей*). Бикарбонатный, белковый, гемоглобиновый, фосфатный буферы.
- Физиологический механизм (роль органов и тканей в регуляции КОС). Легкие, почки, печень, костная ткань, ЖКТ.
- Метаболический механизм (процессы на клеточном уровне).

## 3. Нарушения КОС. Последствия нарушений.

- Показатели оценки состояния КОС.
- Классификация нарушений КОС и клинические проявления.
- Ацидозы или алкалозы газовые или негазовые.

# Определение понятия

## Современное название

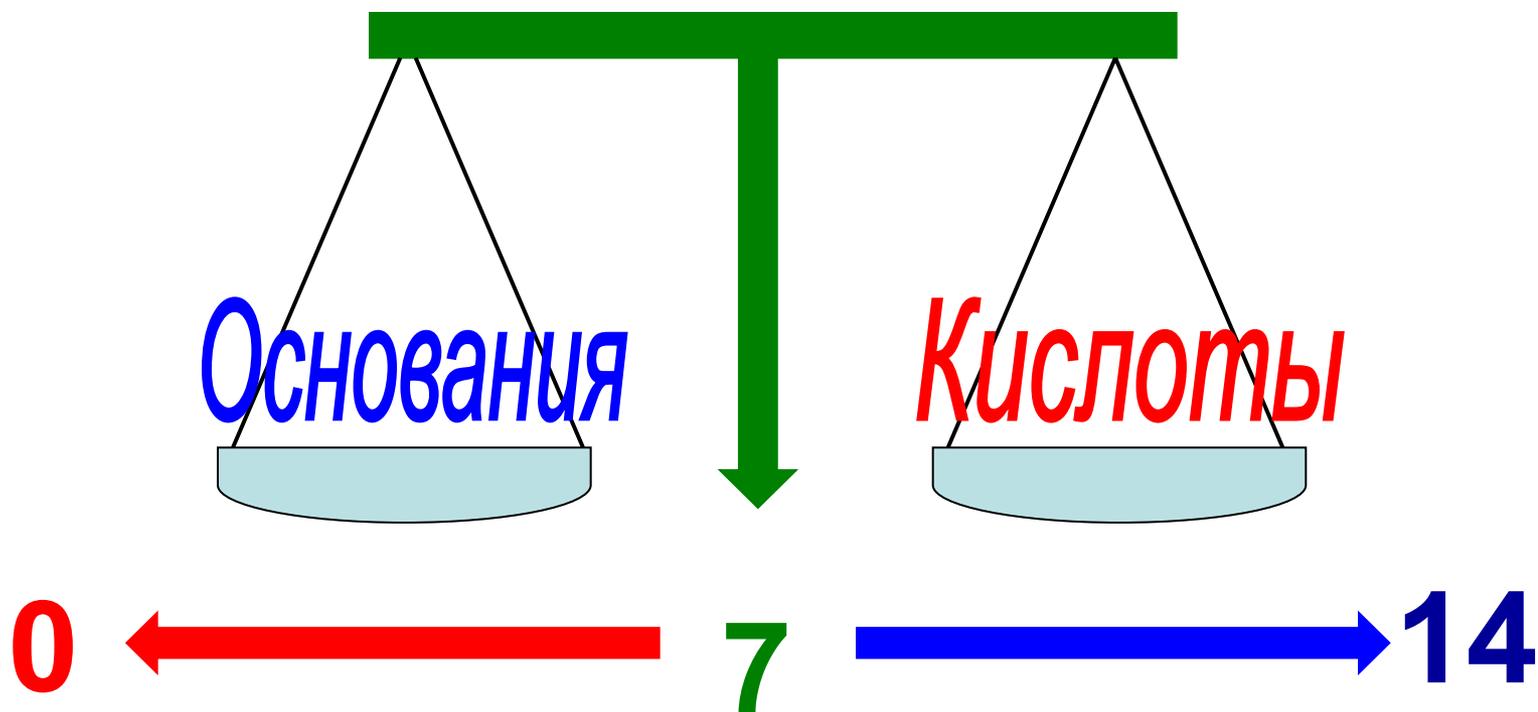
**КОС (кислотно-основное состояние) - относительное постоянство реакции внутренней среды организма, количественно характеризующееся концентрацией  $H^+$ .**

## Устаревшие аббревиатуры

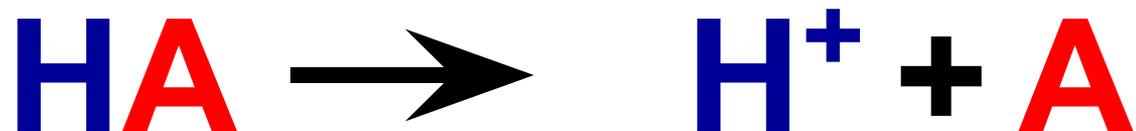
- **КЩР – кислотно-щелочное равновесие**  
*(недостаток – равновесия не существует даже в норме)*
- **КЩС - кислотно-щелочное состояние**  
*(недостаток – в организме больше оснований, чем щелочей)*

Концентрацию  $H^+$  выражают с помощью величины рН - отрицательного десятичного логарифма концентрации ионов  $H^+$ .

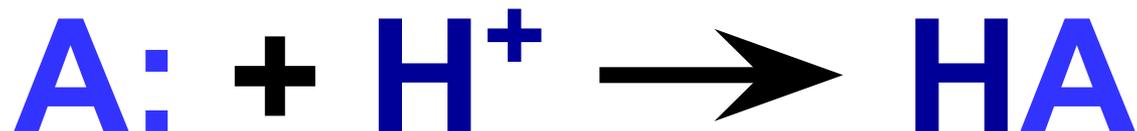
## Величина рН



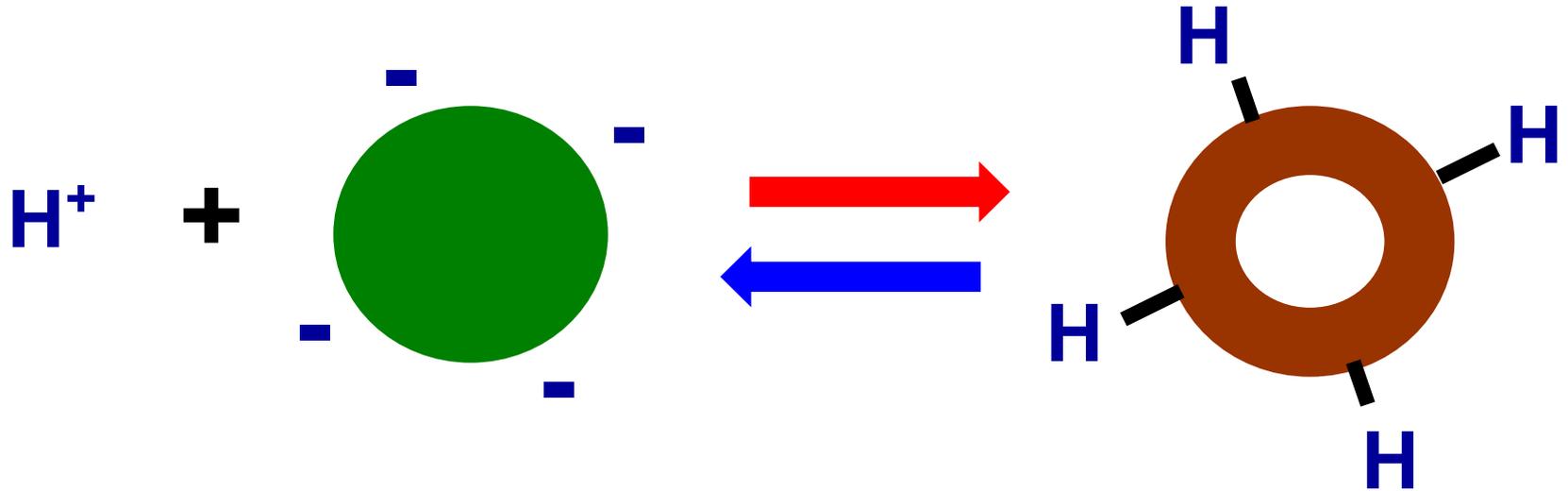
***Кислоты Бренстеда*** - молекулы или ионы,  
способные отдавать  $\text{H}^+$



***Основания Бренстеда*** - соединения,  
способные принимать  $\text{H}^+$



# Биологическое значение регуляции КОС



**1.  $H^+$ , соединяясь с органическими молекулами, меняют их строение и свойства:**

Белков (главное ферментов)

Нуклеиновых кислот

Углеводов

Липидов (амфифильных) и т.д.

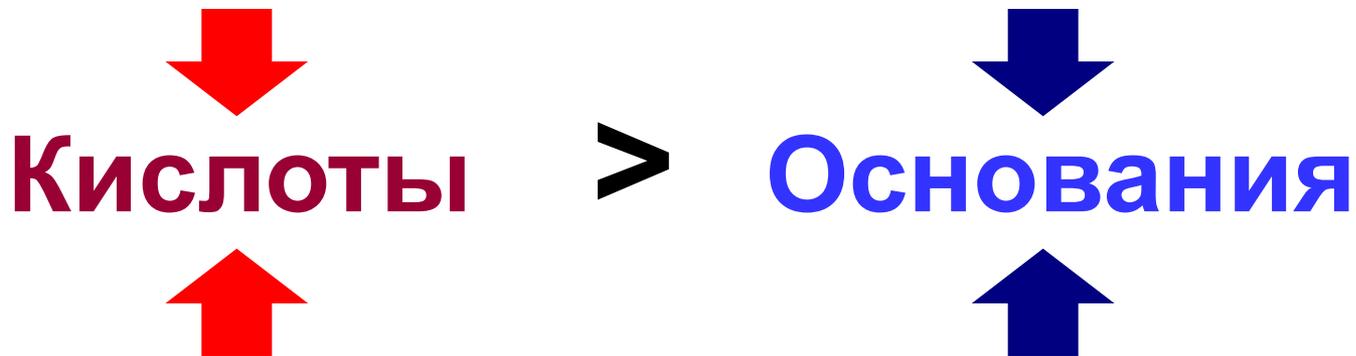
**2. В организме происходит накопление кислот и оснований, при этом кислоты обычно накапливаются быстрее чем основания.**

# Источники кислот и оснований в организме

$\text{H}_2\text{CO}_3 = 20$  моль/сут  
 $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  
окси-, кето-, амино-,  
нуклеиновые, жирные  
и т.д. = 80 ммоль/сут

Аммиак, аргинин и лизин,  
биогенные амины  
(катехоламины, гистамин,  
серотонин) и т.д.

Эндогенное происхождение (метаболизм)



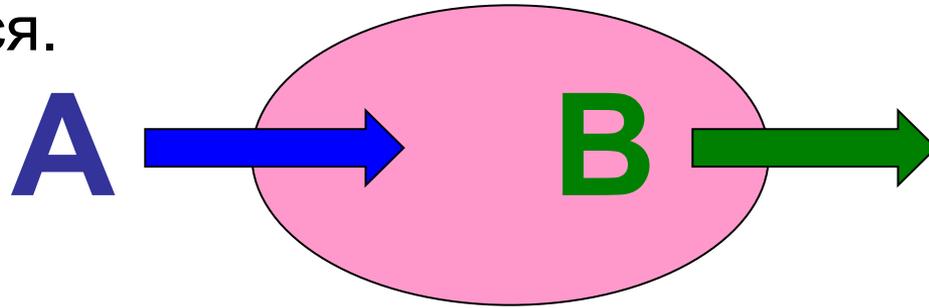
Экзогенное происхождение (пища)

Уксус, лимонная к-та  
яблочная к-та и т.д.

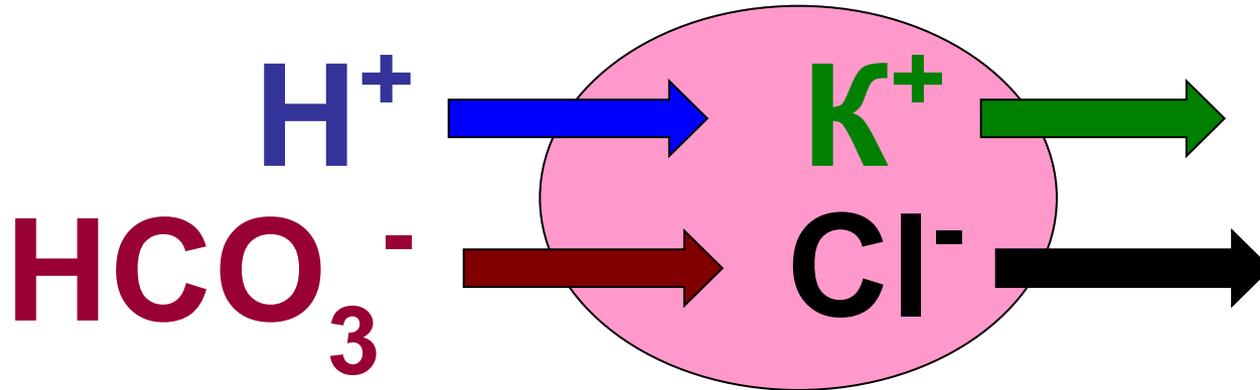
Сода

# Основные принципы регуляции КОС

- 1. постоянство pH.** Все механизмы регуляции КОС направлены на постоянство pH.
- 2. изоосмолярность.** При регуляции КОС, концентрация частиц в межклеточной и внеклеточной жидкости не изменяется.



- 3. электронейтральность.** При регуляции КОС, количество положительных и отрицательных частиц в межклеточной и внеклеточной жидкости не изменяется.



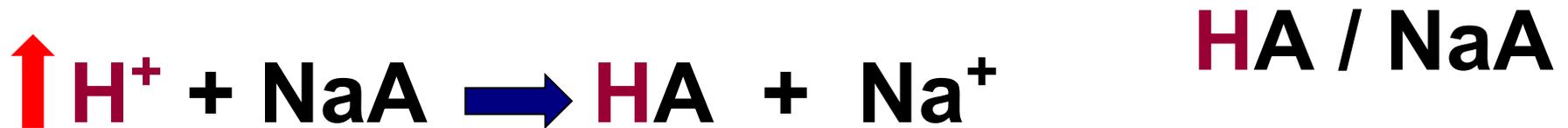
# Механизмы регуляции КОС

- I. Физико-химический механизм**, это буферные системы крови и тканей;
- II. Физиологический механизм**, это органы и ткани: легкие, почки, костная ткань, печень, кожа, ЖКТ.
- III. Метаболический** (на клеточном уровне за счет *изоосмолярности и электронейтральности*).

№	Показатели	Буферные системы	Органы и ткани
1	Скорость регуляции КОС	быстро: секунды	медленно: минуты - часы
2	Степень регуляции КОС	Частично (регулирую $H^+$ )	Полностью (регулируют конц. кислот и оснований)
3	Расходование при регуляции КОС	расходуются	не расходуются

# I. Физико-химические механизмы регуляции КОС

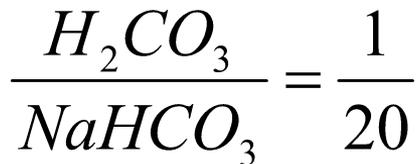
**Буфер** – это система, состоящая из слабой кислоты и ее соли с сильным основанием (кислотно-основная пара):



При работе буферной системы один из ее компонентов расходуется и требует восстановления (*восстанавливают компоненты буферных систем органы и ткани, другие буферы*).

**Буферные системы характеризуются:**

1. соотношением компонентов кислотно-основной пары;
2. емкостью (самая высокая у гемоглобинового буфера);
3. чувствительностью (самая высокая у бикарбонатного буфера);
4. локализацией (60%  $\text{H}^+$  связывают клеточные и 40% внеклеточные буферы);
5. величиной pH, которую они поддерживают.



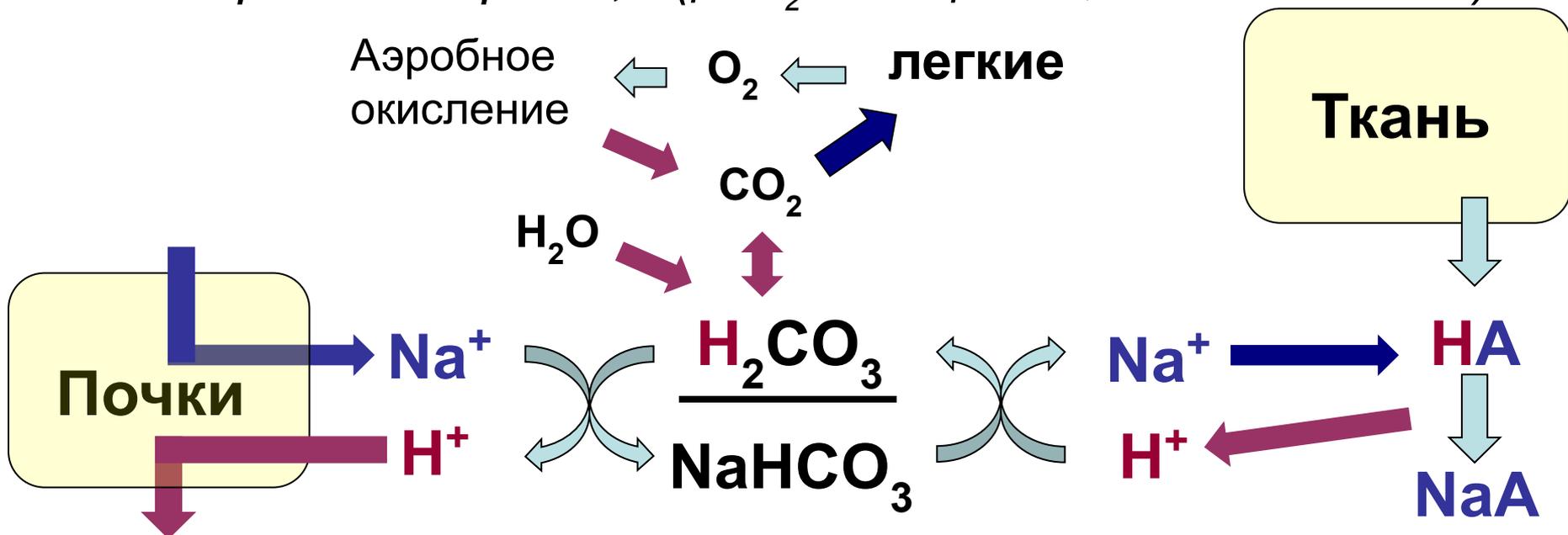
# Бикарбонатный буфер

Является одним из самых важных буферов, так как он:

- интегрирует работу основных буферных систем и физиологических механизмов регуляции КОС.
- Самый чувствительный (связывает до **40%** «лишних»  $H^+$ )

Основная локализация: *внеклеточная*; Емкость: *10%*

Поддерживает  $pH=7,4$  ( $pCO_2=40$ мм.рт.ст,  $Na^+ =150$ ммоль/л)

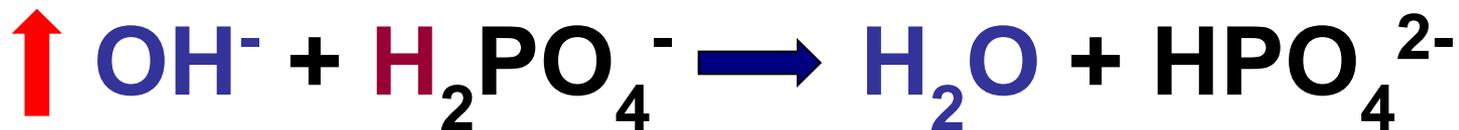


В связи с этим, бикарбонатный буфер является индикатором КОС, определение его компонентов – основа для диагностики нарушения КОС

# Фосфатный буфер

- Основная локализация: клеточная 14% (1% в межклеточной жидкости);
- Обеспечивает выведение  $H^+$  с мочой

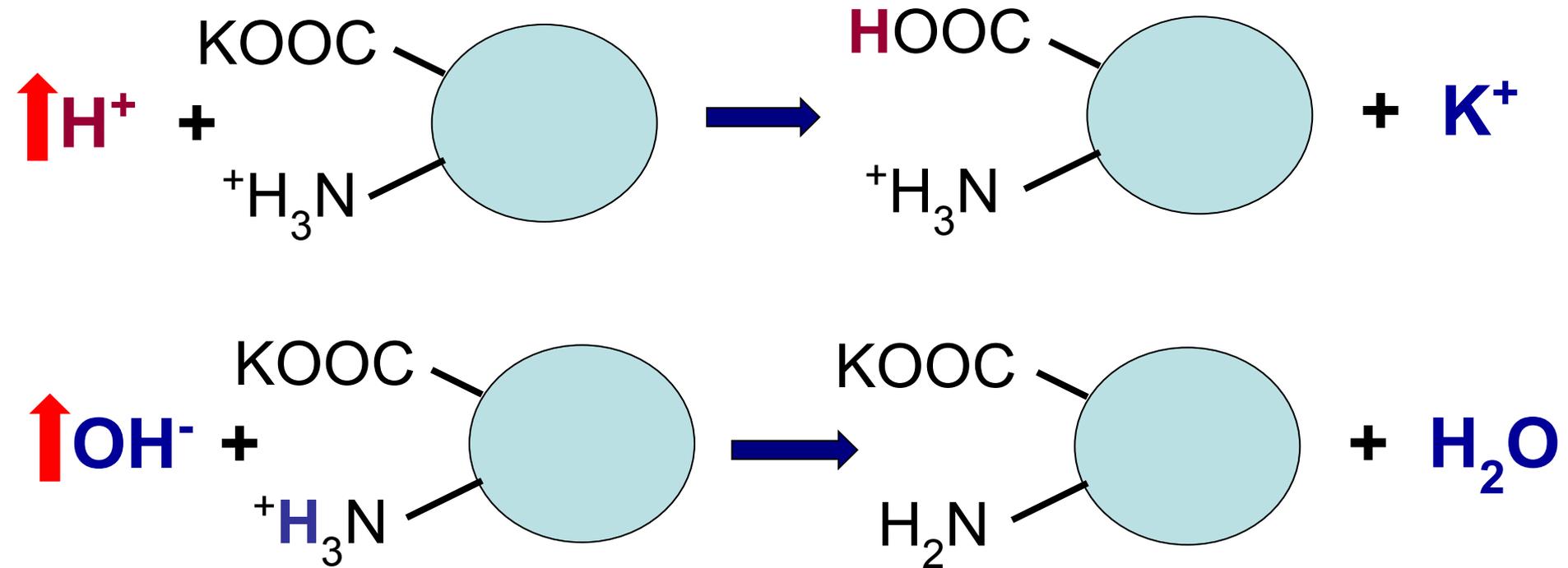
В плазме:  $\frac{NaH_2PO_4}{Na_2HPO_4} = \frac{1}{4}$       В моче:  $\frac{NaH_2PO_4}{Na_2HPO_4} = \frac{25}{1}$



# Белковый (протеиновый) буфер

Основная локализация: клеточная

$$\frac{\text{протеин} - H}{\text{протеин} - K}$$



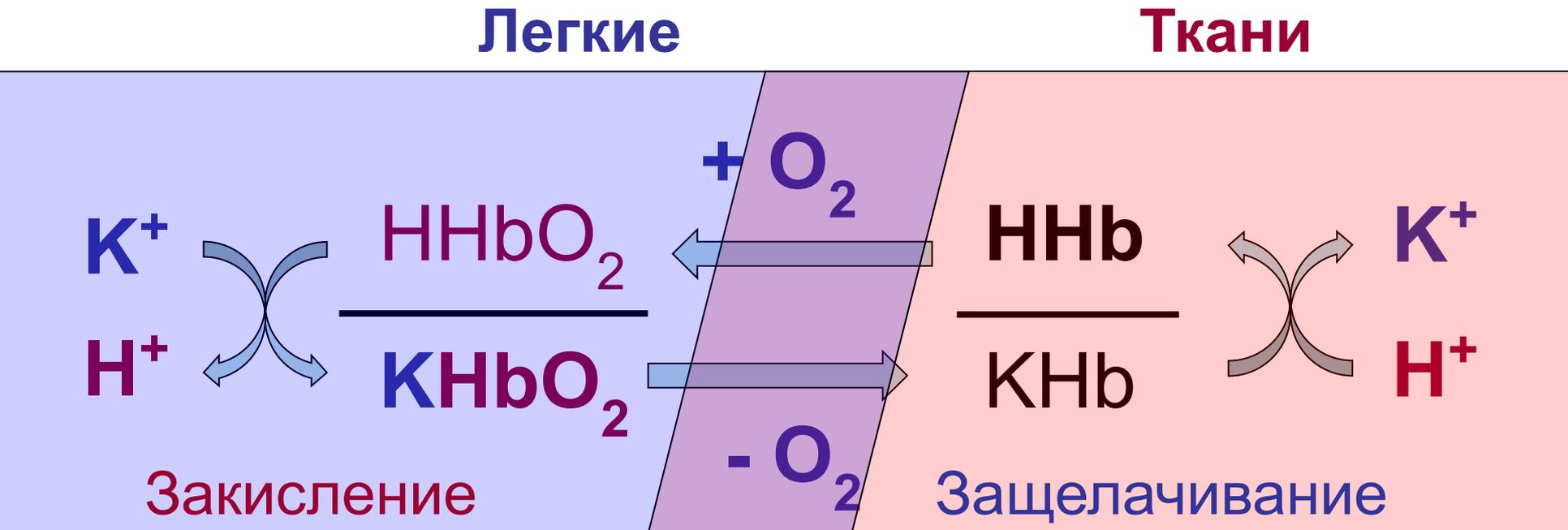
# Гемоглобиновый буфер

Состоит из 2 пар:

Локализация: клеточная, в эритроцитах;

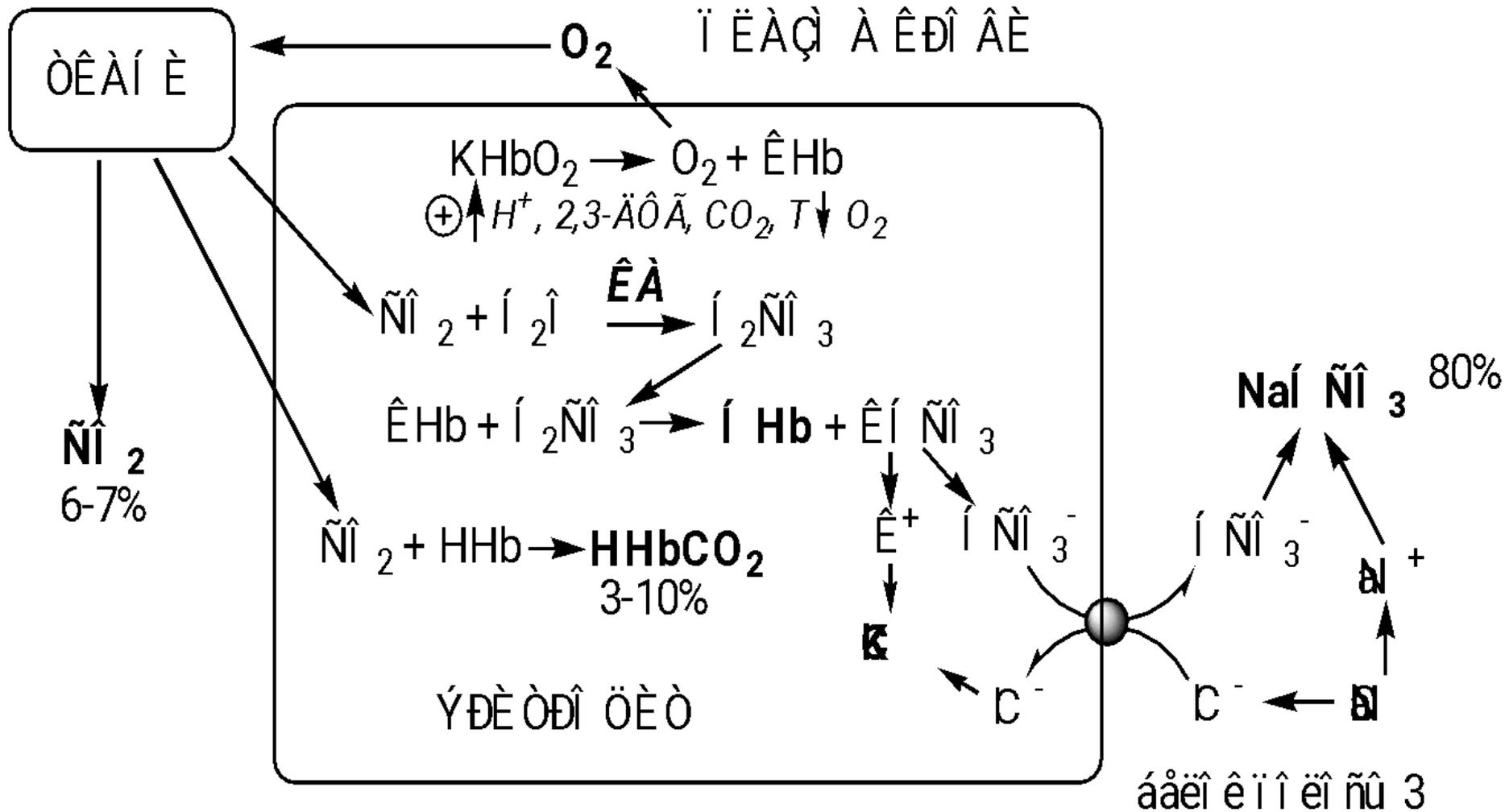
Емкость самая высокая: **75%** (от общей буферной емкости);

Работа напрямую связана с газообменом;



Кислотность  $HbO_2$  по сравнению с  $Hb$  в 70 раз выше

# Работа гемоглинового и бикарбонатного буферов в тканях





**В ходе метаболизма в организме образуются:**

1. летучие кислоты ( $H_2CO_3$ ) и основания ( $NH_3$ )
2. нелетучие кислоты (*лактат, кетоновые тела и жирные кислоты, мочева, фосфорная, серная кислота*) и основания (*биогенные амины*).

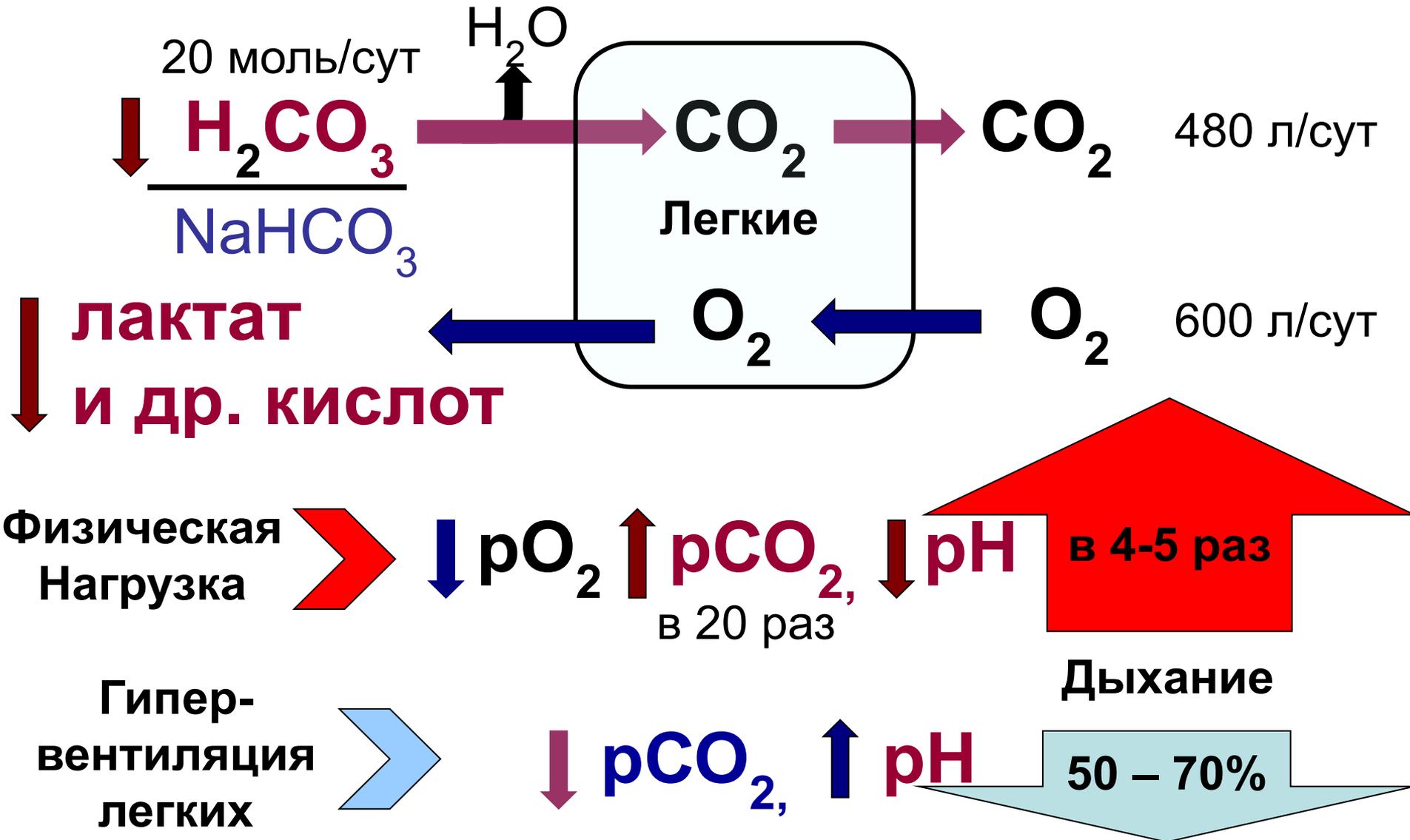
## **II. Физиологические механизмы регуляции КОС**

**Органы и ткани регулируют КОС:**

1. **выведением из организма кислот и оснований;**
  - *Легкие выводят летучие кислоты и основания;*
  - *Почки выводят нелетучие кислоты и основания.*
2. **превращением кислот и оснований в нейтральные вещества.**
3. **восстановлением компонентов буферных систем**

# Роль легких в регуляции КОС

Вклад в регуляцию КОС 50-70%



# Роль почек в регуляции КОС

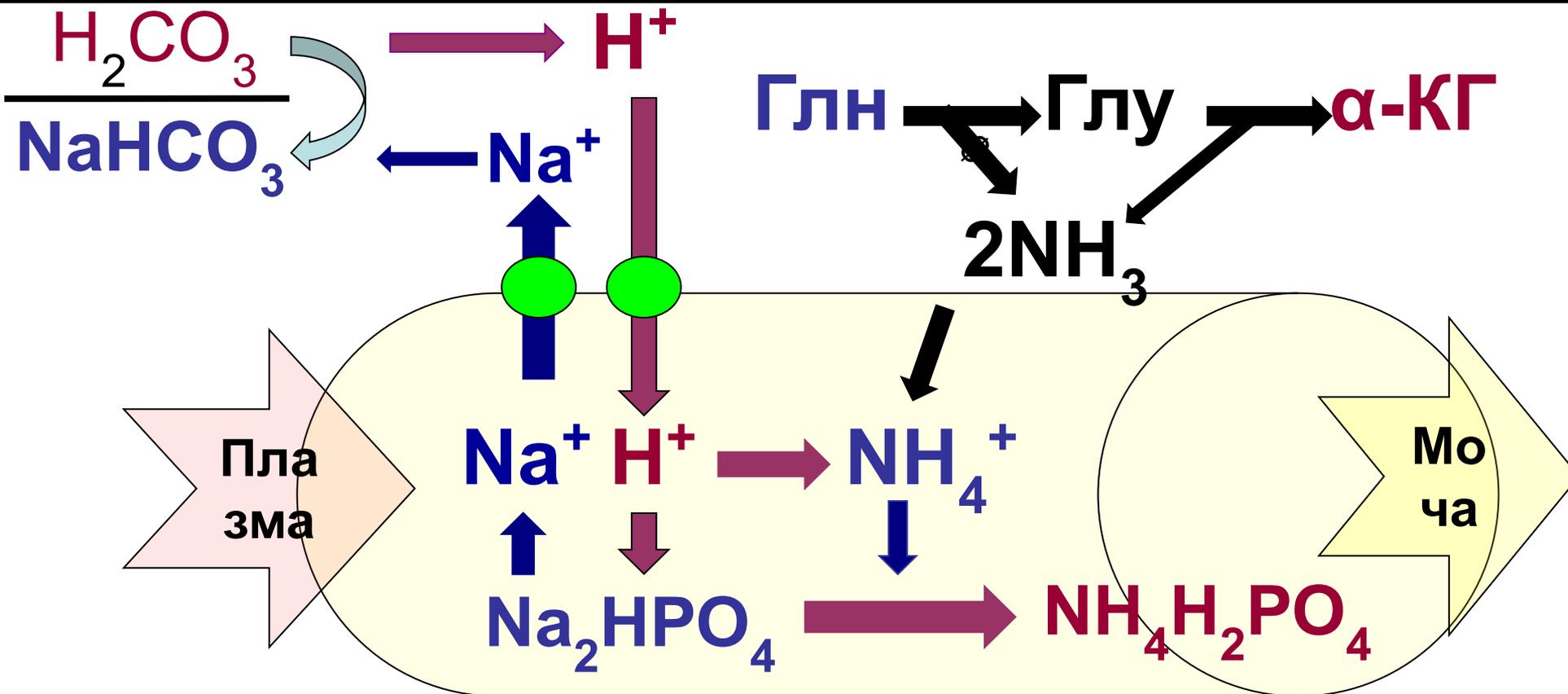
Аминокислоты,  
Лактат

Глюкоза

↓ pH

→ глюконеогенез

→ глюкоза



# Роль печени в регуляции КОС

**Амино-,  
кетокислоты,  
Лактат**

**Глюкоза**

**$\text{NH}_4^+$**

**Мочевина**

**Белковый  
буфер**

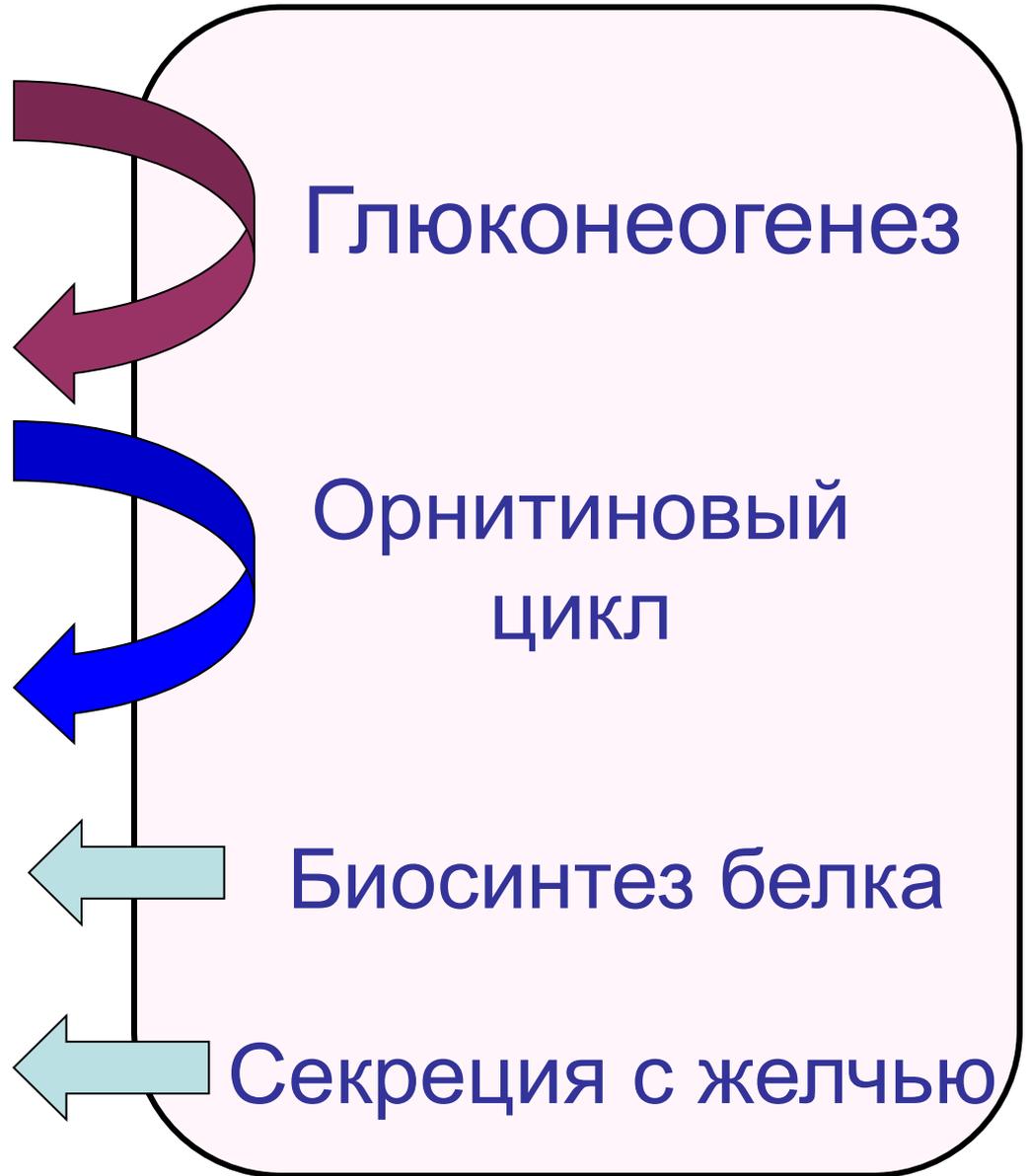
**Кислоты,  
основания**

**Глюконеогенез**

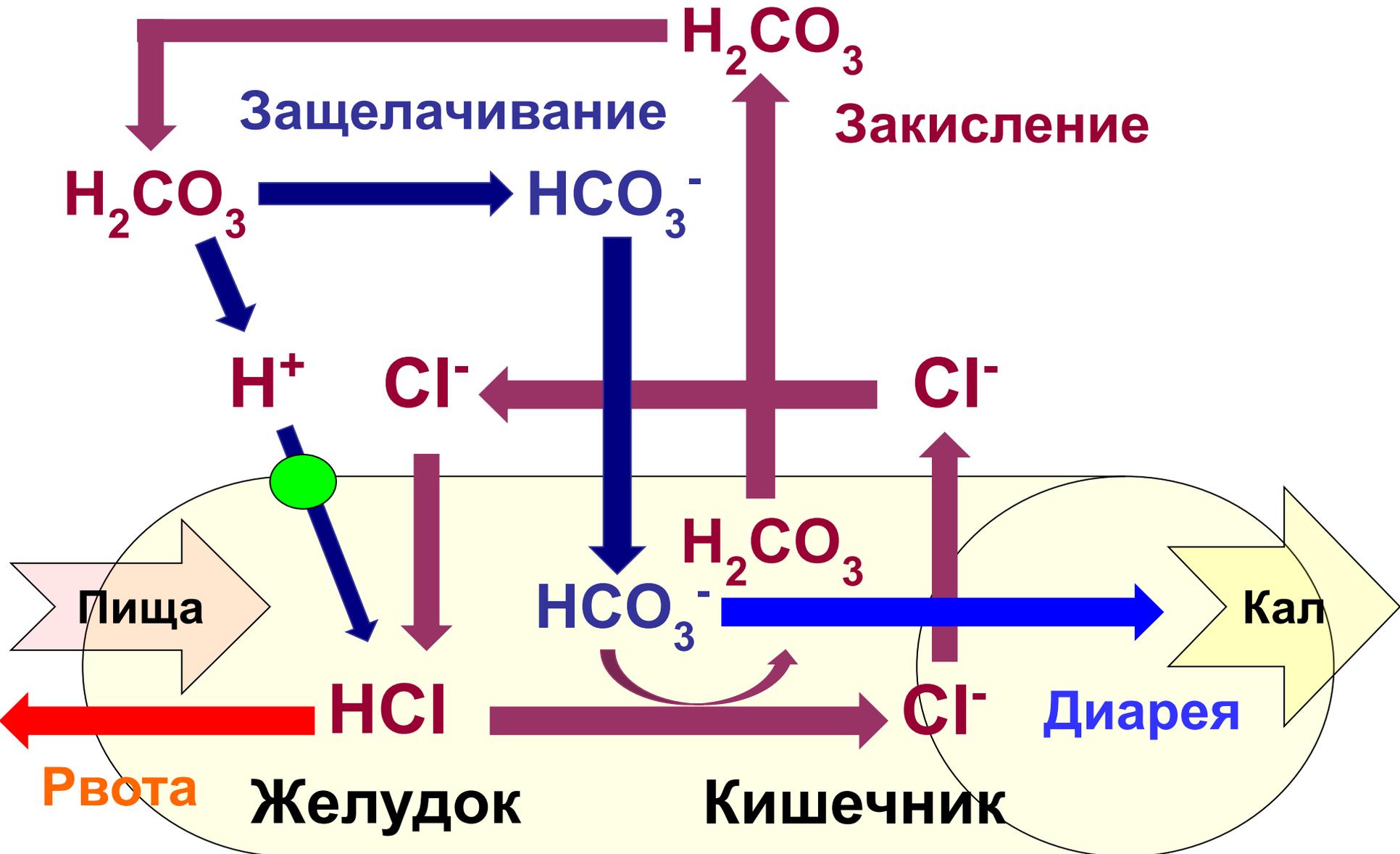
**Орнитиновый  
цикл**

**Биосинтез белка**

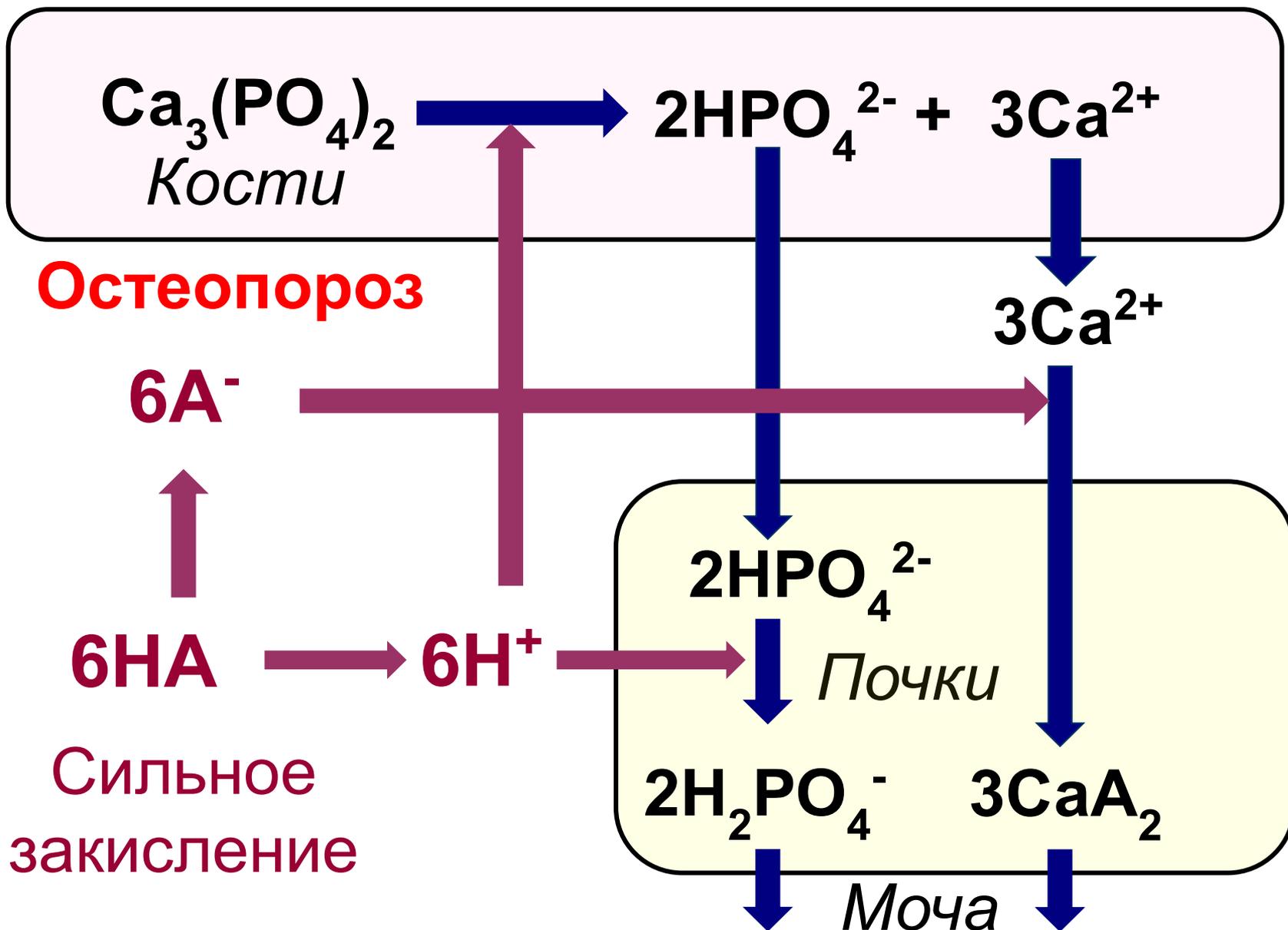
**Секреция с желчью**



# Роль ЖКТ в КОС



# Роль костной ткани в регуляции КОС



# Основные показатели КОС

Показатель	Значение показателя	Норма
1. pH	Отрицательный десятичный логарифм концентрации $H^+$ в жидкой среде	в капиллярной крови 7,37 - 7,45 венозной крови 7,32-7,42
2. $pCO_2$	Парциальное давление $CO_2$ , находящегося в равновесии с $H_2CO_3$ цельной крови	в капиллярной крови у ♂ 32 - 45 мм.рт.ст., у ♀ 35-48 мм.рт.ст. в венозной крови 42-55 мм.рт.ст.
3. $pO_2$	парциальное давление $O_2$ в цельной крови	в капиллярной крови 83–108 мм.рт.ст., в венозной 37-42 мм.рт.ст.
4. АВ актуальный бикарбонат	фактическая концентрация $HCO_3^-$	у ♂ 23,6 - 27,2 ммоль/л у ♀ 21,8 –27,2 ммоль/л

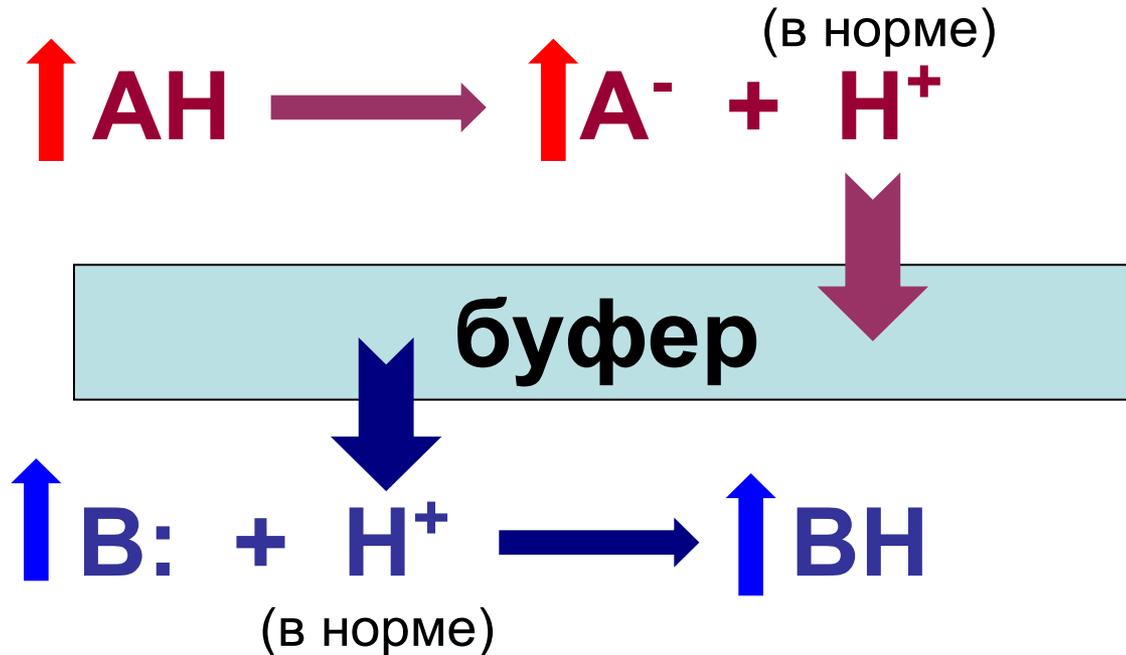
# Основные показатели КОС

Показатель	Значение показателя	Норма
<b>5. SB</b> стандартный бикарбонат	содержание $\text{HCO}_3^-$ при стандартных условиях ( $\text{pCO}_2 = 40\text{мм.рт.ст.}$ , $\text{pH}=7,4$ , $t^\circ = 38^\circ\text{C}$ , 100% насыщение $\text{Hb O}_2$ )	<b>в капиллярной крови</b> <b>18 - 23 ммоль/л,</b> <b>в венозной</b> <b>22-29 ммоль/л</b>
<b>6. BB</b> (buffer base) буферные основания или все анионы крови	Включает бикарбонатный, белковый, гемоглобиновый, фосфатный буфер.	<b>в капиллярной крови</b> <b>43,7 – 53,6 ммоль/л</b>
<b>BE</b> (base excess) избыток оснований или их недостаток	Разница между фактической и должной буферной емкостью	<b>в капиллярной крови</b> ♂ от $-2,7$ до $+2,5$ ммоль/л, ♀ от $-3,4$ до $+1,4$ ммоль/л,
<b>AP</b> анионная разность	определяется по разности концентраций катионов и анионов.	$\text{AP} = [\text{Na}^+] + [\text{K}^+] -$ $[\text{Cl}^-] - [\text{HCO}_3^-] = 12 \text{ ммоль/л}$

# Нарушения КОС

1. **Ацидоз** – абсолютный или относительный избыток кислот или дефицит оснований.
2. **Алкалоз** – абсолютный или относительный избыток оснований или дефицит кислот.

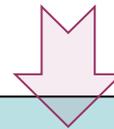
*А. Компенсированный ацидоз и алкалоз - возникает при работе буферной системы*



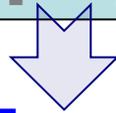
# Нарушения КОС

*Б. Декомпенсированный ацидоз и алкалоз - возникает при израсходовании буферной емкости*

**Ацидемия** – снижение величины рН ниже нормы



Буфер израсходован



**Алкалемия** - повышение величины рН выше нормы

# При ацидемии возникает:

1. Усиление дыхания до резкой отдышки, нарушение дыхания в результате бронхоспазма;
2. Нарушение работы сердечно-сосудистой системы. Слабая ацидемия повышает АД и кровоток. Сильное - угнетает сердечную деятельность, снижает АД, возникает аритмию.
3. нарушение работы ЖКТ: рвота, диарея (*подавления активности  $\alpha$  и  $\beta$  адренорецепторов и усиления парасимпатических эффектов*)
4. нарушение работы ЦНС: головокружение, сонливость, затем ацидотическая кома.
5. внеклеточная гипергидрия. Избыток  $H^+$  с  $HCO_3^-$  поступает в клетки. Взамен из клетки выходит  $K^+$  и  $Cl^-$ , которые повышают осмотическое давление внеклеточной жидкости.

# При алкалемии возникает:

1. подавление дыхания.
2. повышение нервно-мышечной возбудимости, тетания (*снижение в плазме крови  $Ca^{2+}$* ).
3. нарушение работы ЖКТ - запоры (*за счет активации  $\beta$  адренорецепторов и угнетения парасимпатических эффектов*).
4. нарушение работы сердечно-сосудистой системы – учащение сердцебиения, снижение АД (*за счет активации  $\beta$  адренорецепторов и угнетения парасимпатических эффектов*).

Сдвиг pH на 0,3 приводит к развитию комы, а на 0,4 - часто несовместим с жизнью.

# Нарушения КОС

По изменению концентраций в крови  $\text{CO}_2$  и  $\text{HCO}_3^-$

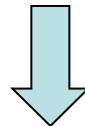
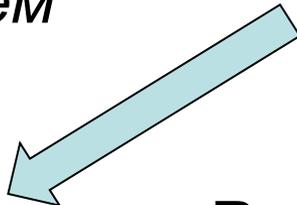


## Газовые

*Связаны  
с дыханием*

## Негазовые

*По происхождению  
кислот и оснований*



## Метаболические

*Связаны  
с синтезом кислот  
или оснований*

## Выделительные

*Связаны  
с выделением  
из организма  
кислот  
или оснований*

## Экзогенные

*Связаны  
с поступлением  
в организм кислот  
или оснований  
с пищей*

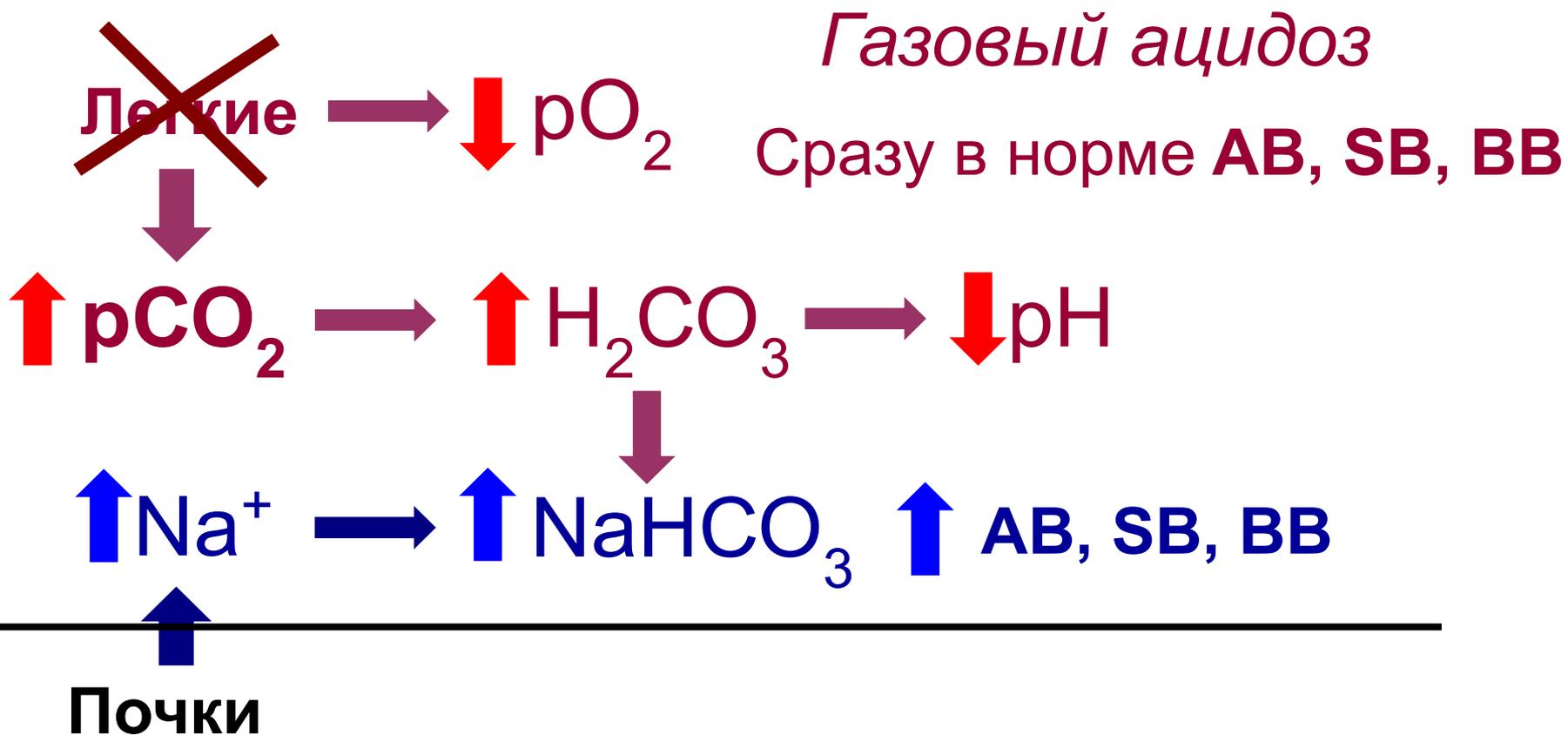
**Компенсация КОС** - приспособительная реакция со стороны органа, не виновного в нарушение КОС.

**Коррекция КОС** – приспособительная реакция со стороны органа, вызвавшего нарушение КОС.

# Газовый (дыхательный) ацидоз

## Причины:

1. затруднение выделения  $\text{CO}_2$  при нарушениях внешнего дыхания
2. высокая концентрация  $\text{CO}_2$  в окружающей среде



*Через 10-20ч выделительный алкалоз*

# Газовый (дыхательный) алкалоз

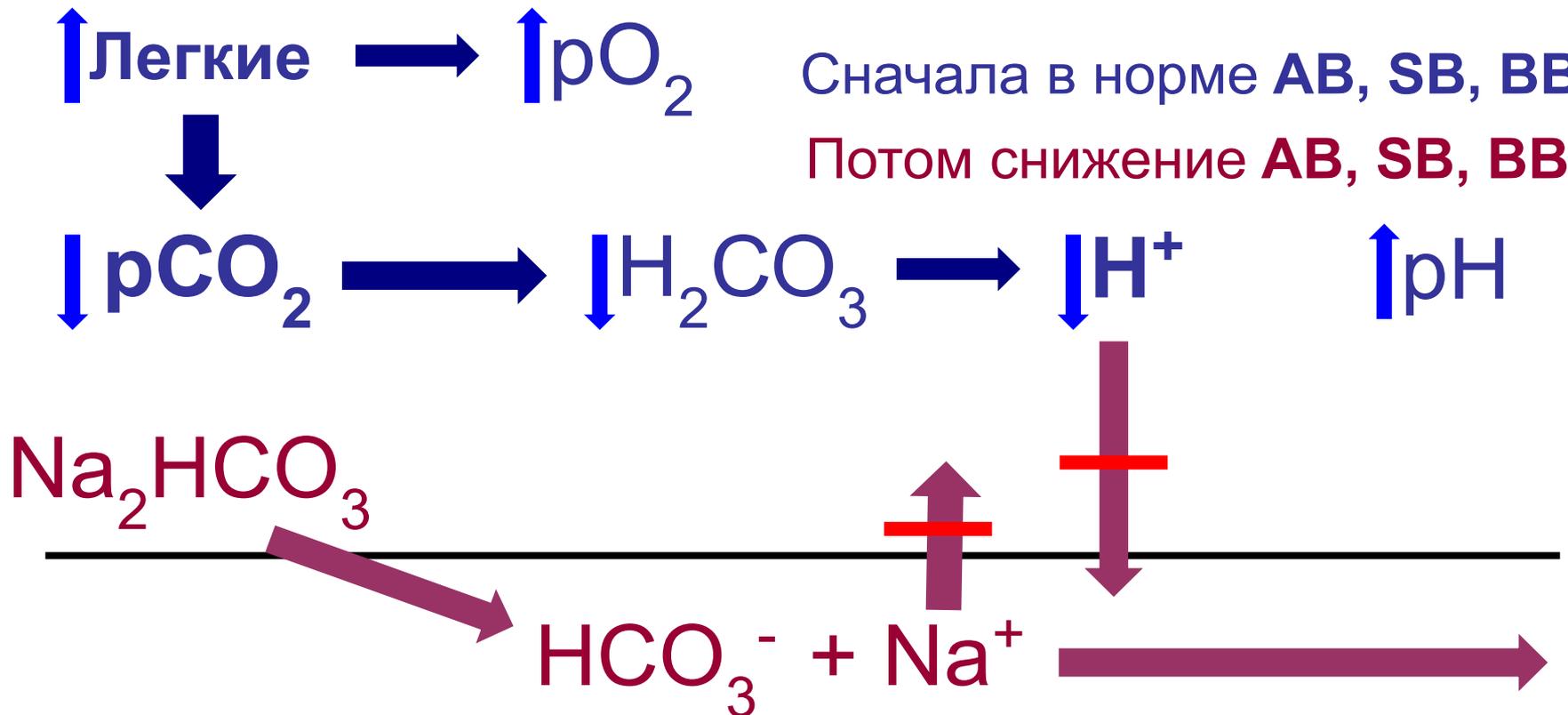
Причины:

1. усиленное выведение  $\text{CO}_2$  при активации внешнего дыхания (нейротоксический синдром, инфекционно-вирусные состояния, истерии, эпилепсии).
2. усиленное выведение  $\text{CO}_2$  при дефицит  $\text{O}_2$  во вдыхаемом воздухе (высотная болезнь)

## Газовый алкалоз

Сначала в норме **AB, SB, BB**

Потом снижение **AB, SB, BB**

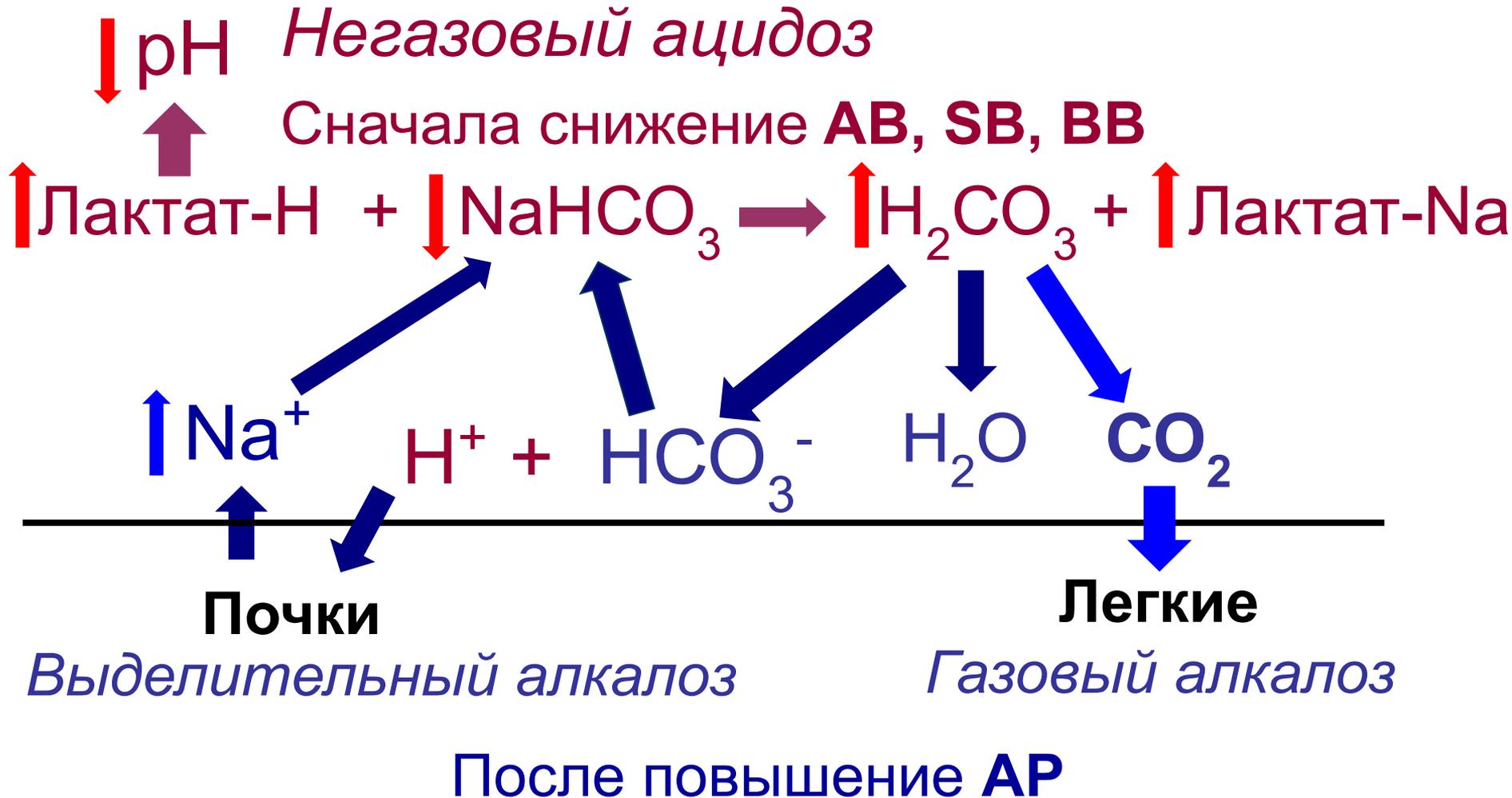


**Почки** Через 10-20ч выделительный ацидоз

# Негазовый (метаболический) ацидоз

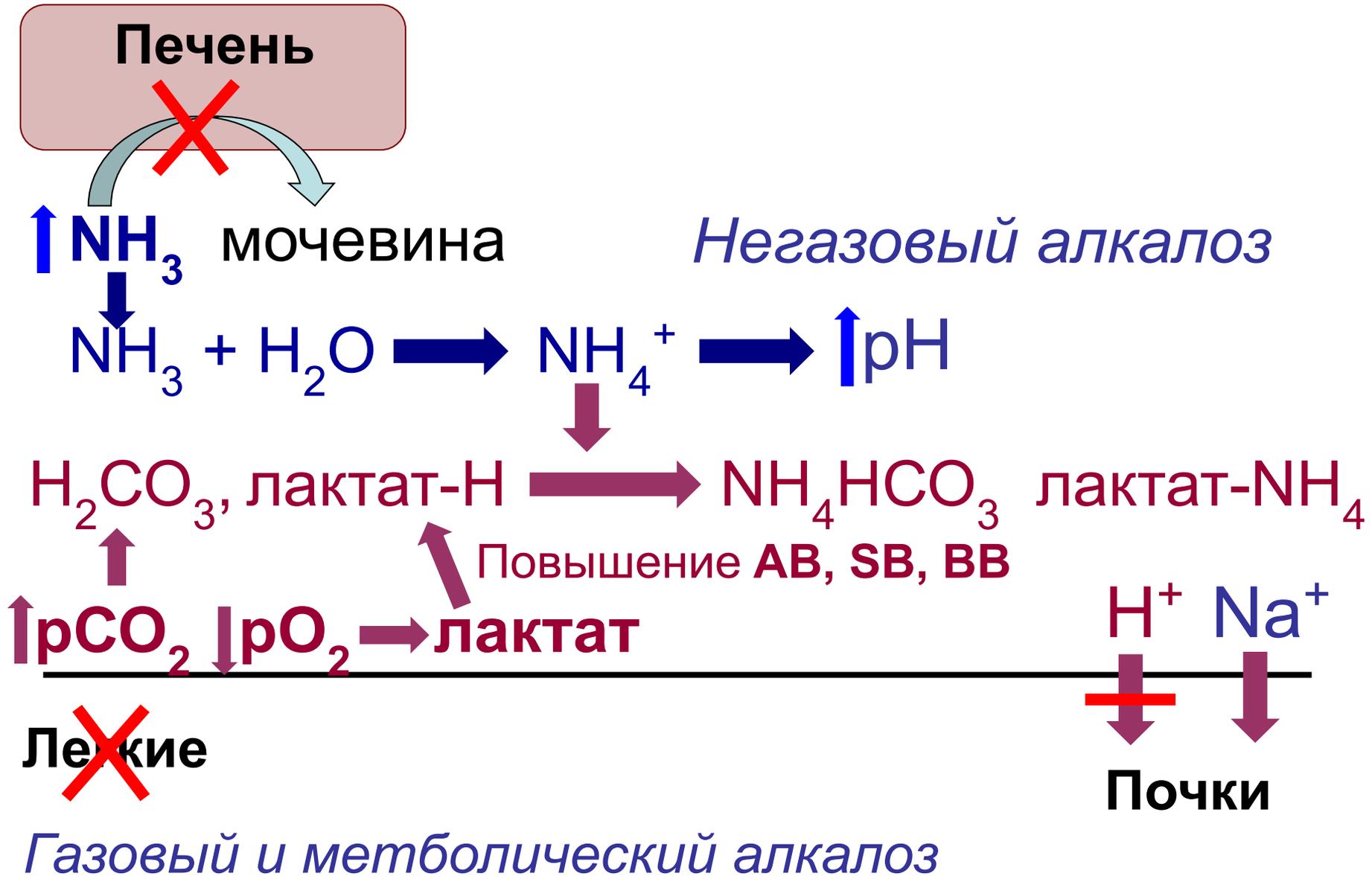
## Причины:

1. Кетоацидоз (сахарный диабет, голодание, лихорадка и т.д.)
2. Лактоацидоз (гипоксия, патология печени, инфекции и т.д.)
3. Ацидоз (накопление кислот при воспалениях, ожогах, травмах и т.д.)



# Негазовый (метаболический) алкалоз

Причины: Гипераммониемия при патологии печени



**Спасибо за внимание!**