

Кислотно-основное состояние (КОС) и его нарушения



К.М. Лебединский



Почему это важно?...

Кроме pH, есть еще pI!

Концентрация водородных ионов – это число полярных группировок в макромолекулах, прежде всего белковых, а значит:

- Активность всех ферментов
- Емкость транспортных белков, в т.ч. Hb
- Работа трансмембранных насосов
- Функция ионных и других каналов

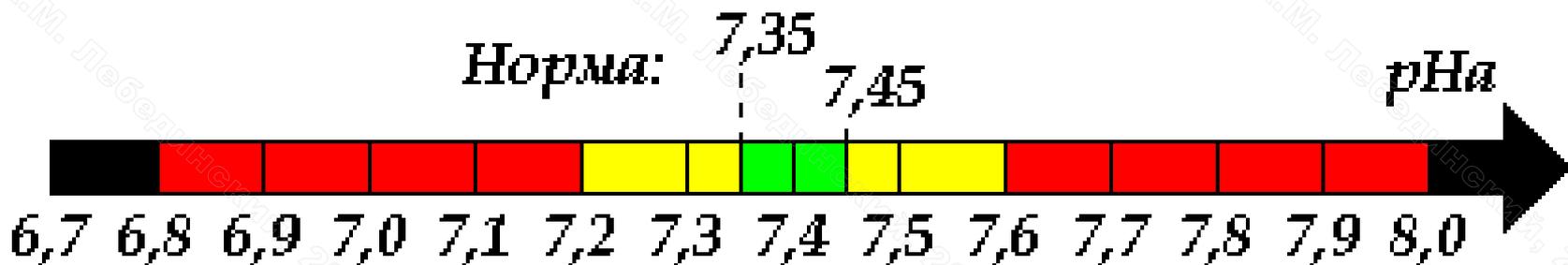
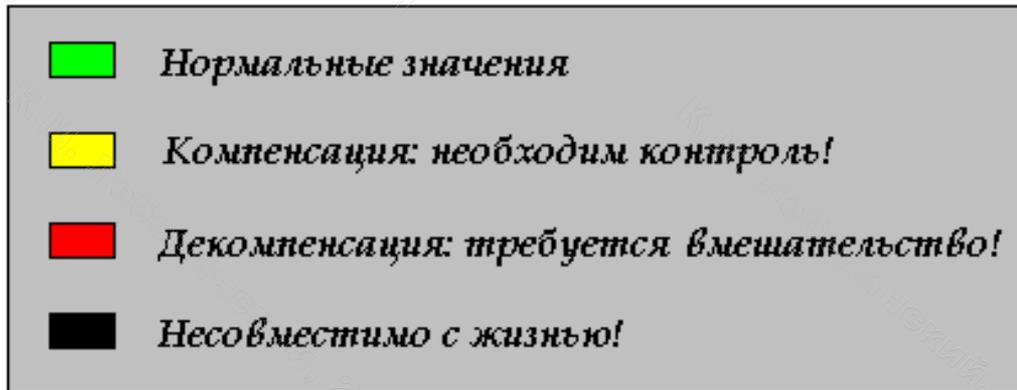
H⁺ и OH⁻ влияют на обмен других ионов:

- Обмен протонов на K⁺
- Имобилизация Ca²⁺ избытком OH⁻



Что такое «норма»?...

«Физиологическая шкала» — четыре диапазона:





Как это обеспечивается?

Первая линия защиты — буферные системы:

- Бикарбонатная — 53%
- Гемоглобиновая — 35%
- Белковая — 7%
- Фосфатная — 5%

Вторая линия защиты:

- Для CO_2 — лёгкие (быстрое действие): V_A
- Для нелетучих кислот и оснований — почки (более медленный эффект): ацидо- и аммиогенез

Немного химии...



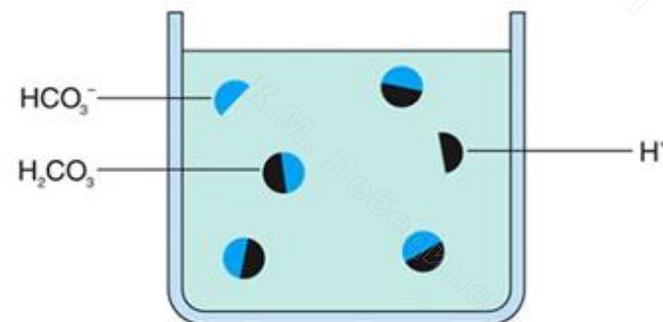
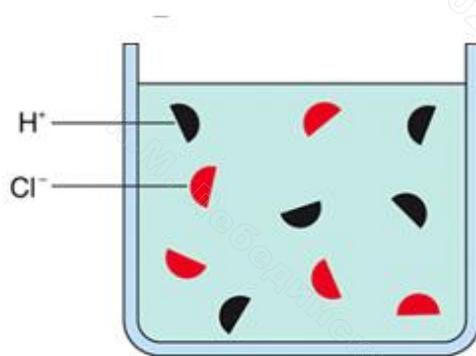
Кислоты и основания по J.N. Brønsted'у (1879-1947):



- Кислота — донор протонов (H^+)
- Основание — акцептор (связыватель) протонов
- Сила кислоты или основания = степени их диссоциации в растворе

Отсюда:

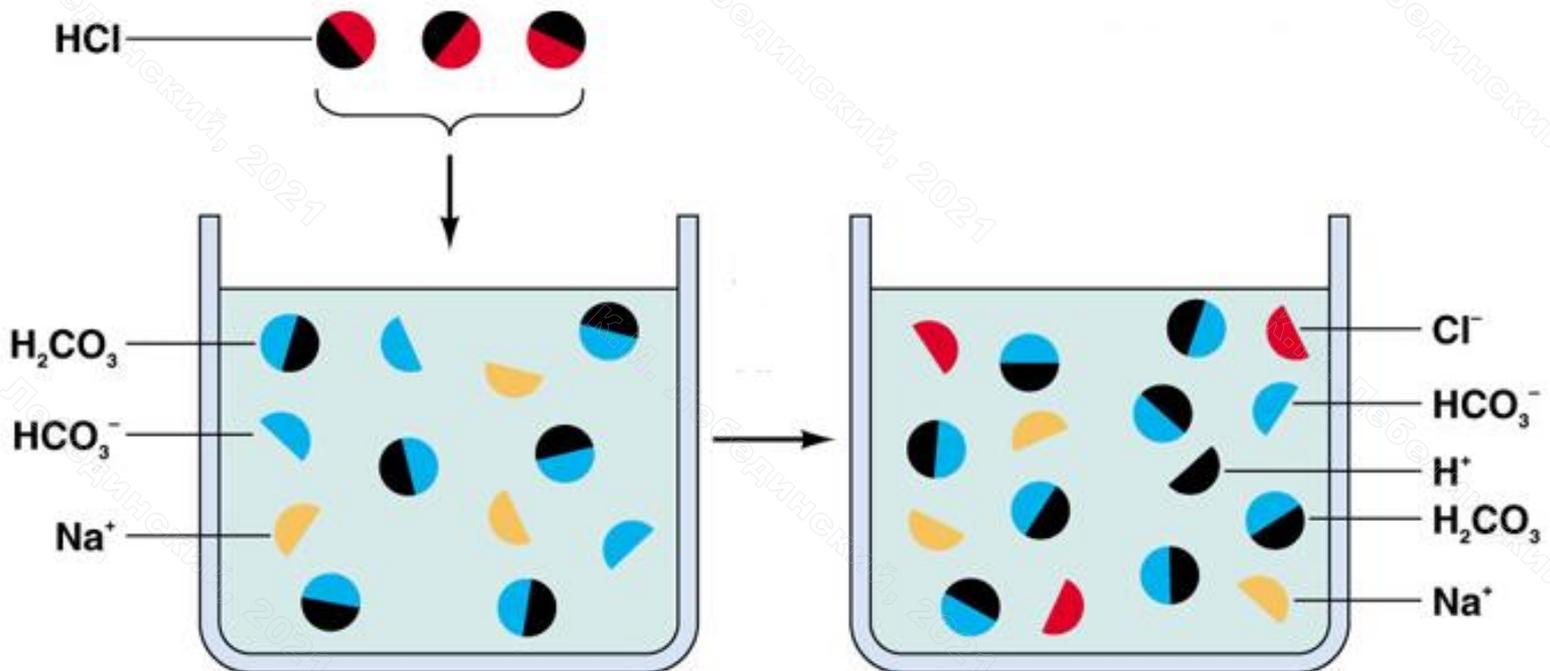
- NH_3 — основание
- NH_4Cl — кислота
- $NaHCO_3$ — основание





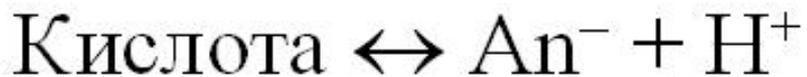
Как работает буфер?

- Смесь слабой кислоты и ее соли с сильным основанием или слабого основания и его соли с сильной кислотой
- Цель — связать поступающие извне H^+ и OH^-





Уравнение Н.Н. Henderson- К.А. Hasselbalch



$$K = \frac{[\text{H}^+] \times [\text{An}^-]}{[\text{Кислота}]}$$

$$[\text{H}^+] = K \times \frac{[\text{Кислота}]}{[\text{An}^-]}$$



$$\text{pH} = \text{pK} + \lg \frac{[\text{An}^-]}{[\text{Кислота}]}$$



$$K = \frac{[\text{H}^+] \times [\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]}$$

$$[\text{H}^+] = K \times \frac{[\text{H}_2\text{CO}_3]}{[\text{HCO}_3^-]}$$

$$\text{pH} = \text{pK} + \lg \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]}$$

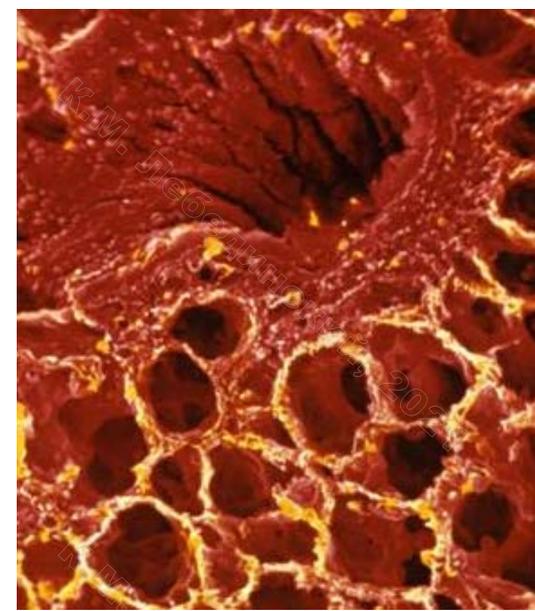
$$\text{pH} = 6,1 + \lg \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]}$$

$$\text{pH} = 6,1 + \lg \frac{[\text{HCO}_3^-]}{0,03 \times \text{PCO}_2}$$

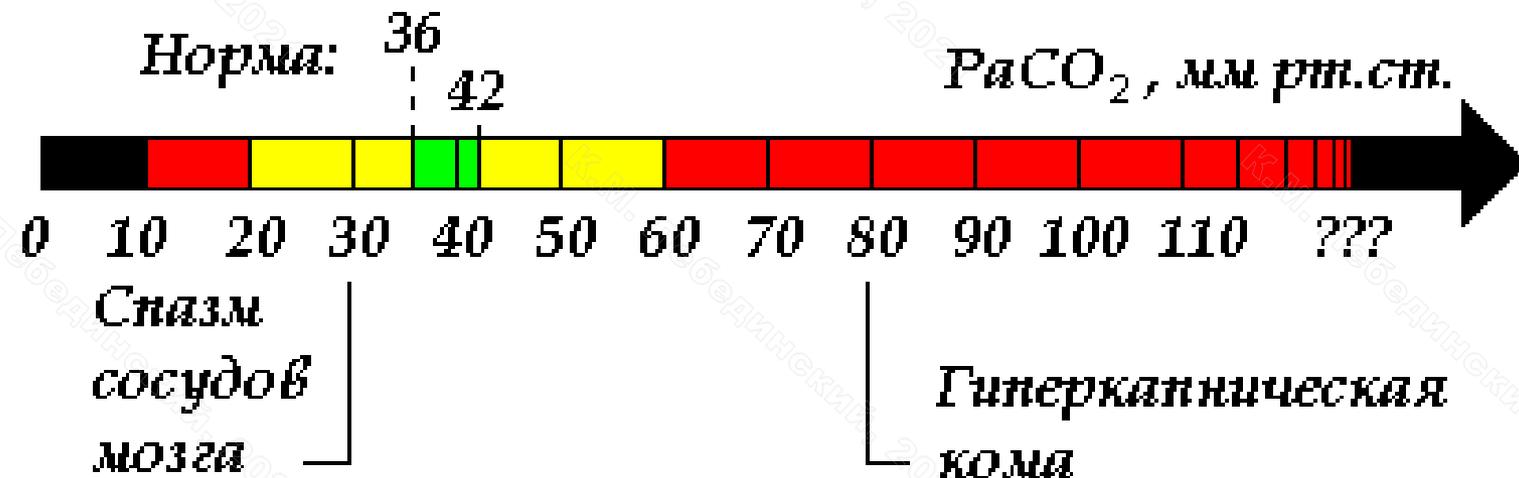
$$\text{pH} = 6,1 + \lg \frac{\text{Почки}}{\text{Легкие}}$$



Легкие: элиминация CO_2

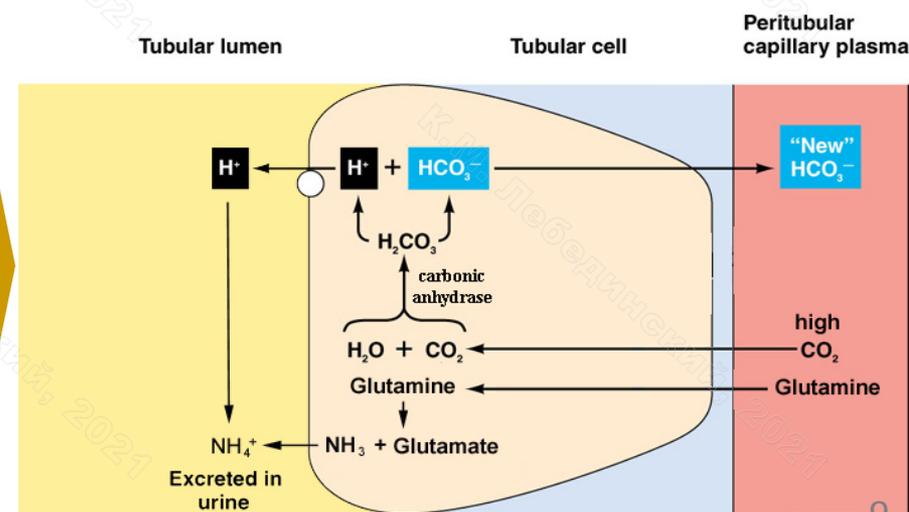
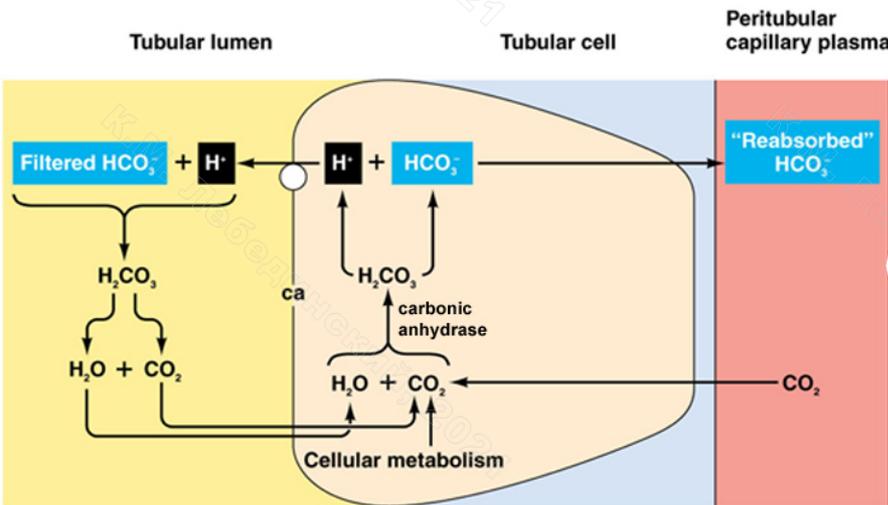
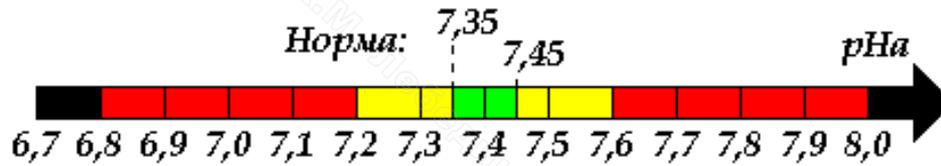


-  *Нормальные значения*
-  *Компенсация: необходим контроль!*
-  *Декомпенсация: требуется вмешательство!*
-  *Несовместимо с жизнью!*





Почки: регуляция рН мочи





«Микро-Аструп»



Poul Bjørndal



eringhouse



Номограмма Siggaard-Andersen

The Nine Conditions of Van Slyke

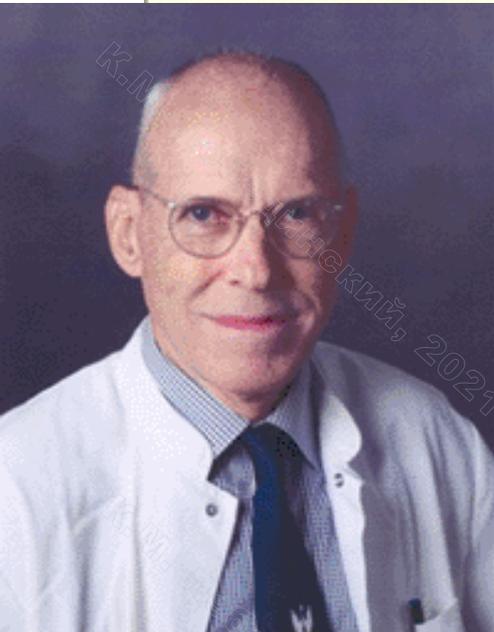
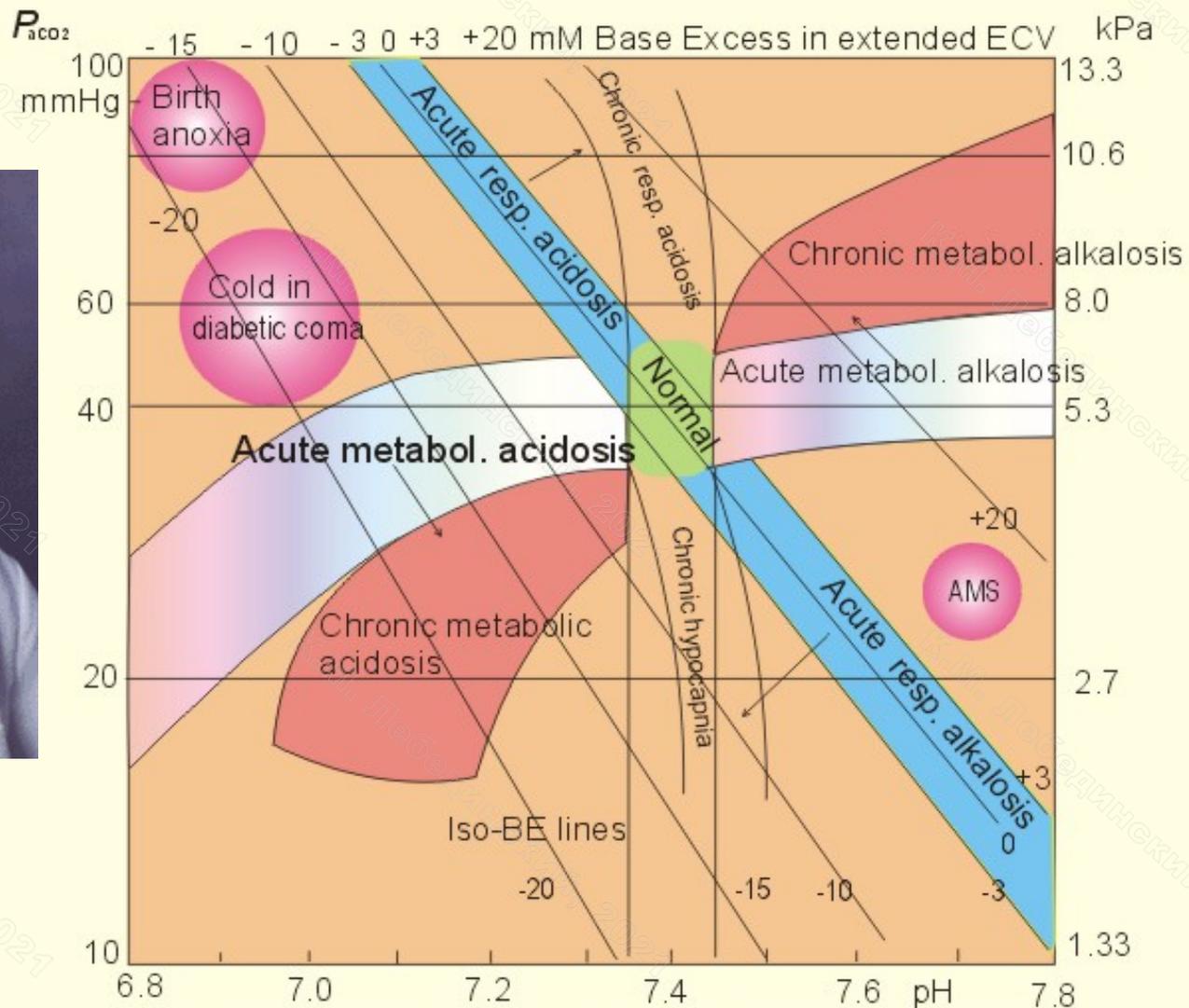


Fig. 17-13

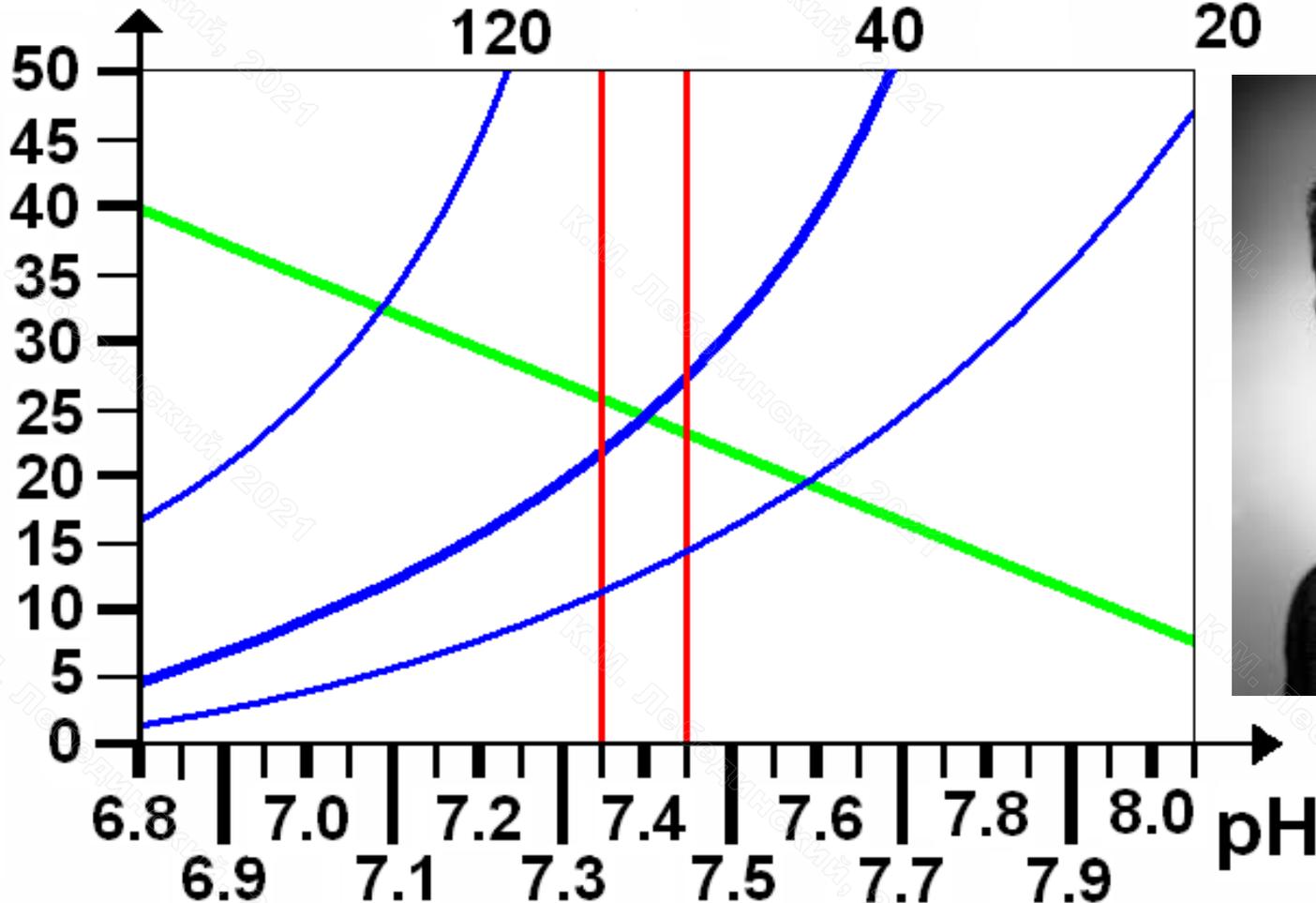
Combine data with case history and common sense.



Номограмма Davenport

АВ, ммоль/л

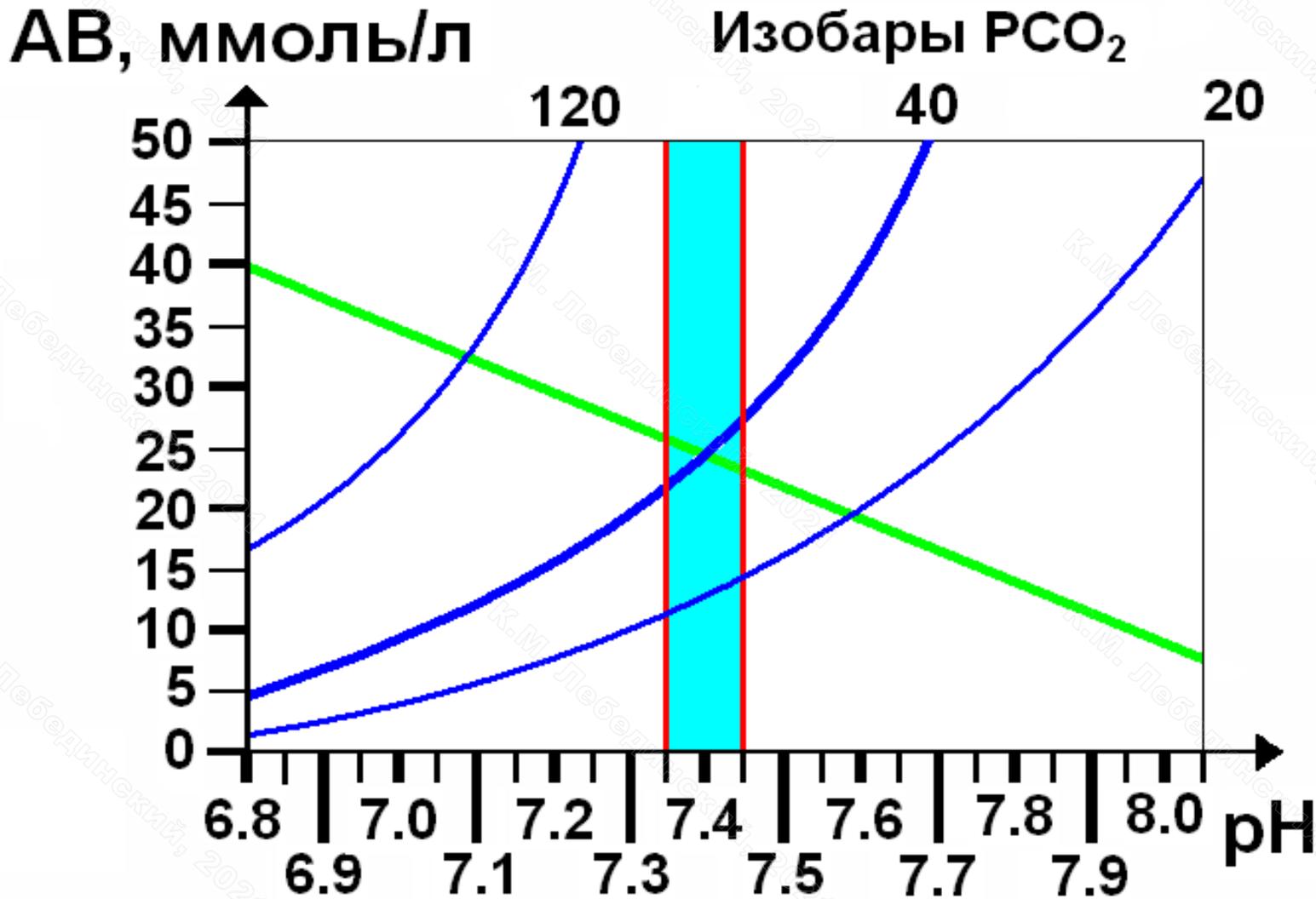
Изобары PCO_2



Davenport, Horace W. (1974). *The ABC of Acid-Base Chemistry: The Elements of Physiological Blood-Gas Chemistry for Medical Students and Physicians* (Sixth ed.). Chicago: The University of Chicago Press.



Номограмма Davenport: норма

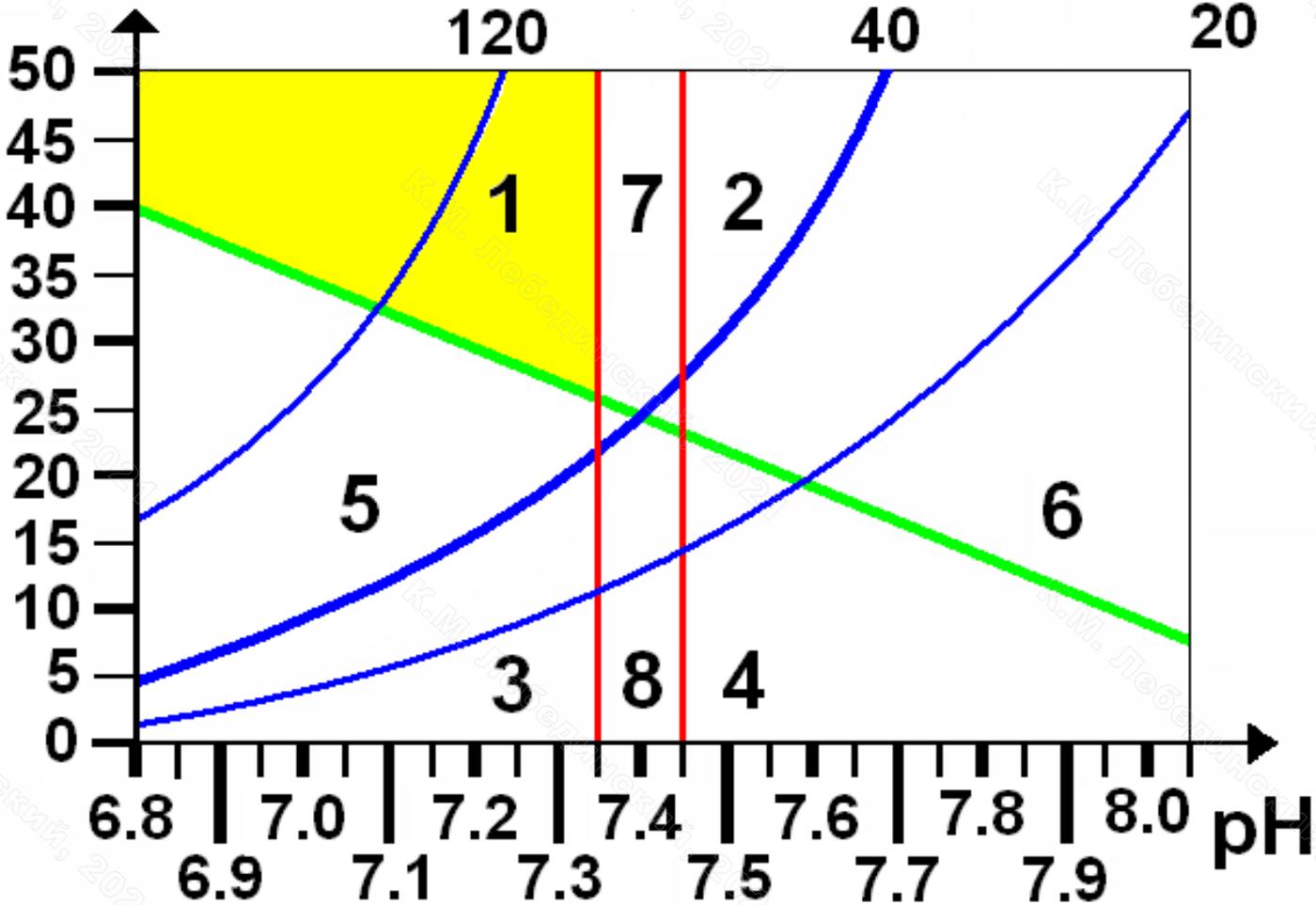




$\text{pH} \downarrow$, $\text{PaCO}_2 \uparrow$, $\text{AB} \uparrow$ — ?

AB, ммоль/л

Изобары PCO_2

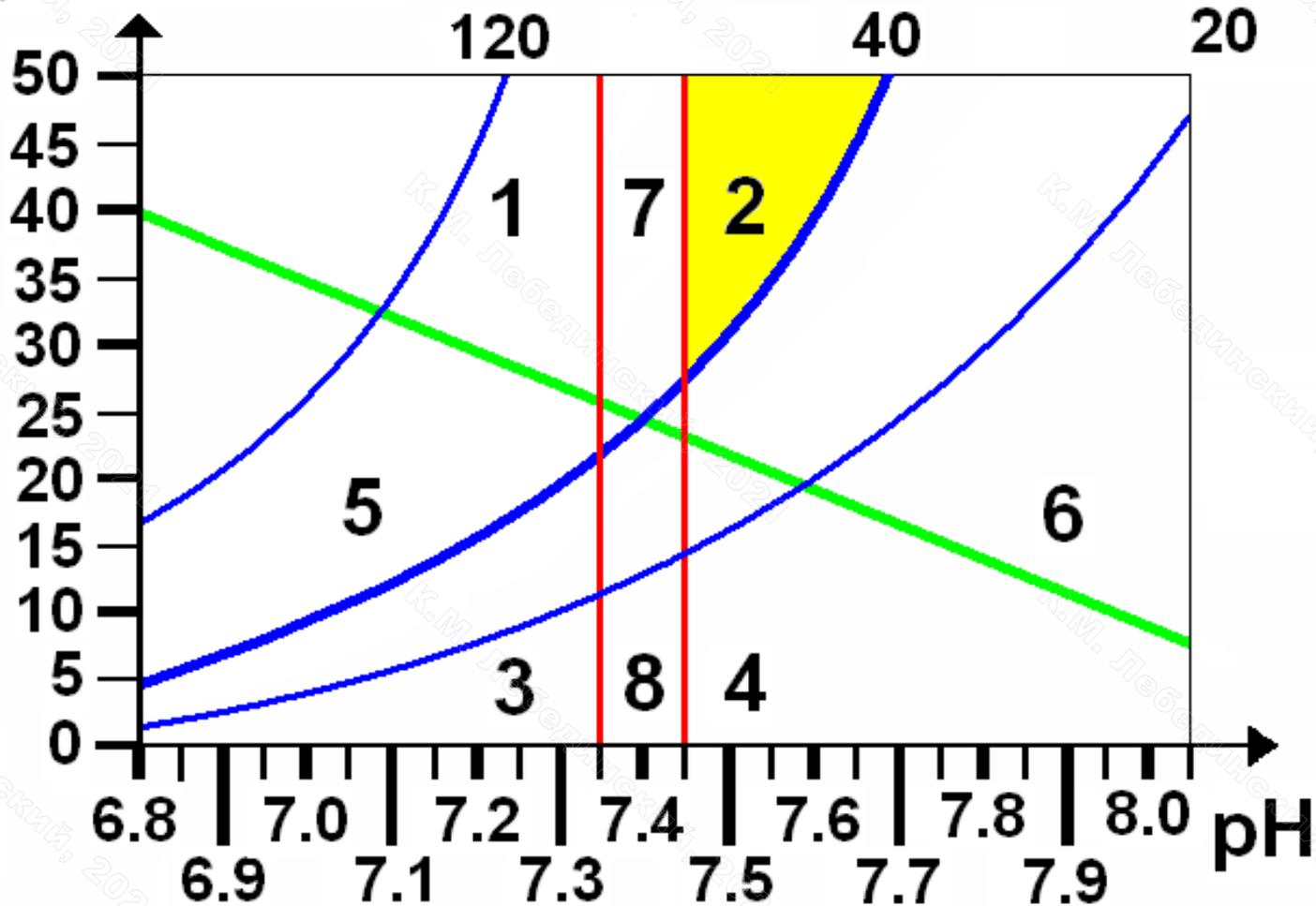




$pH \uparrow$, $P_{aCO_2} \uparrow$, $AB \uparrow$ — ?

AB, ммоль/л

Изобары PCO_2

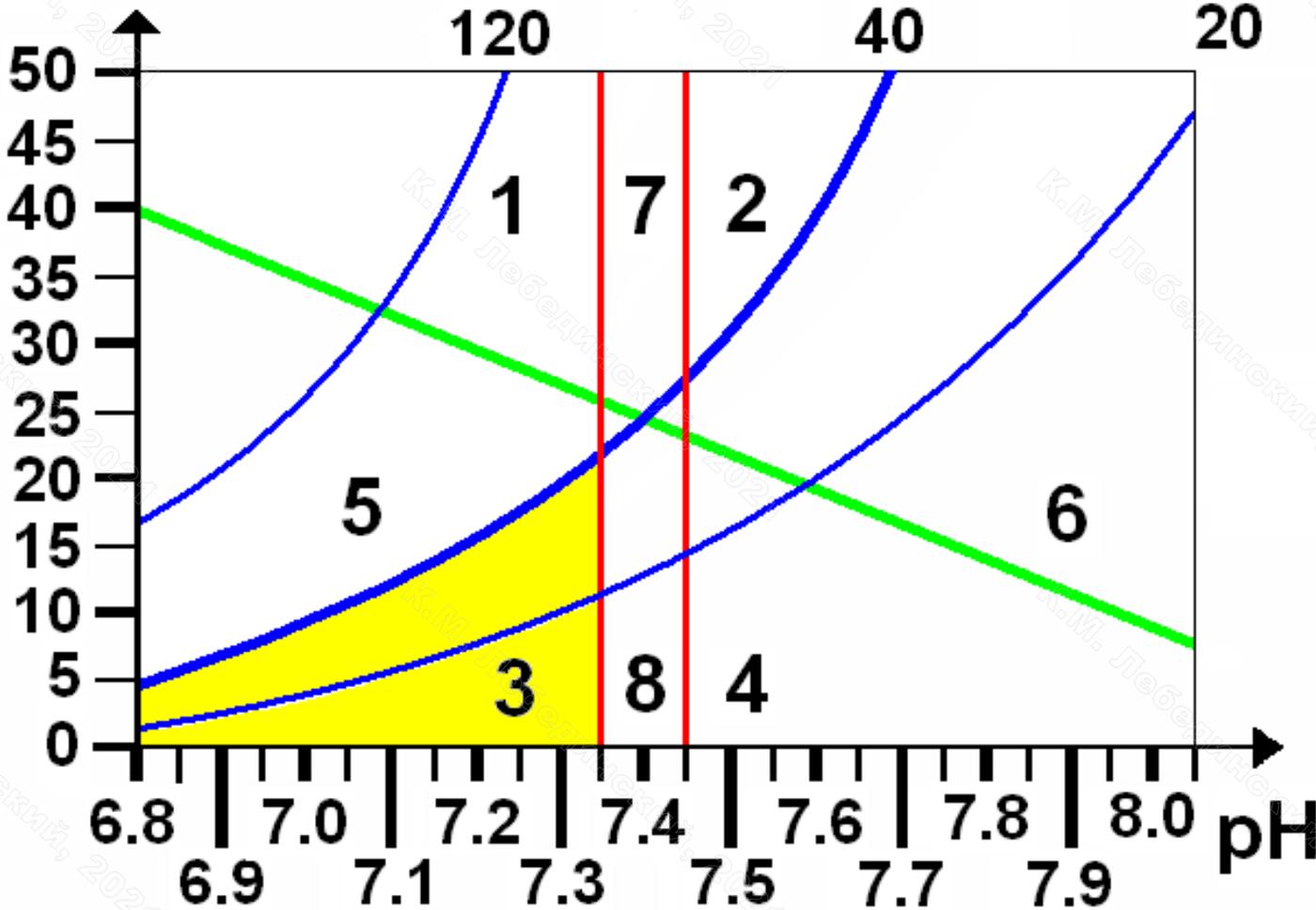




$\text{pH} \downarrow$, $\text{PaCO}_2 \downarrow$, $\text{AB} \downarrow$ — ?

AB, ммоль/л

Изобары PCO_2

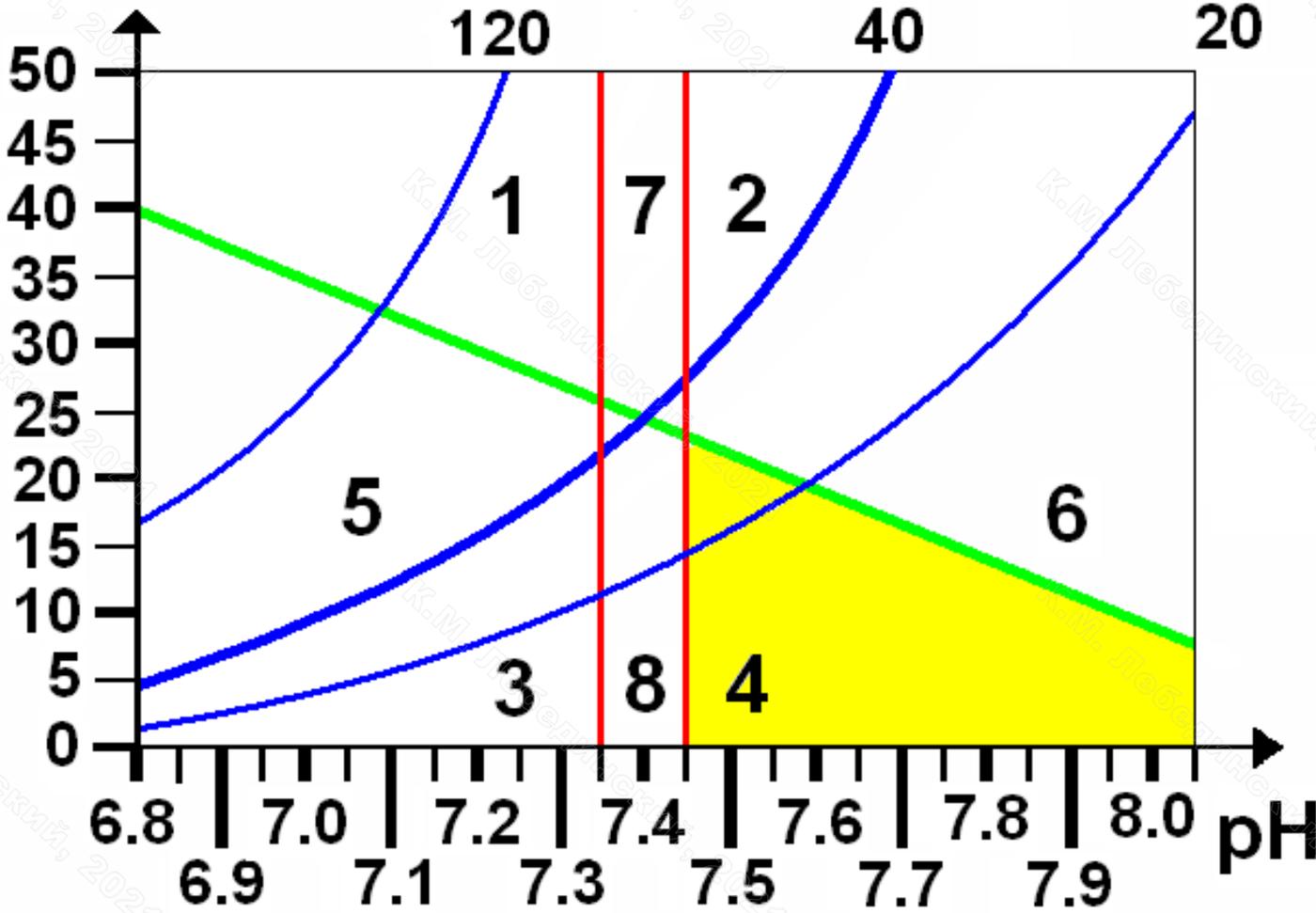




$\text{pH} \uparrow$, $\text{PaCO}_2 \downarrow$, $\text{AB} \downarrow$ — ?

AB, ммоль/л

Изобары PCO_2

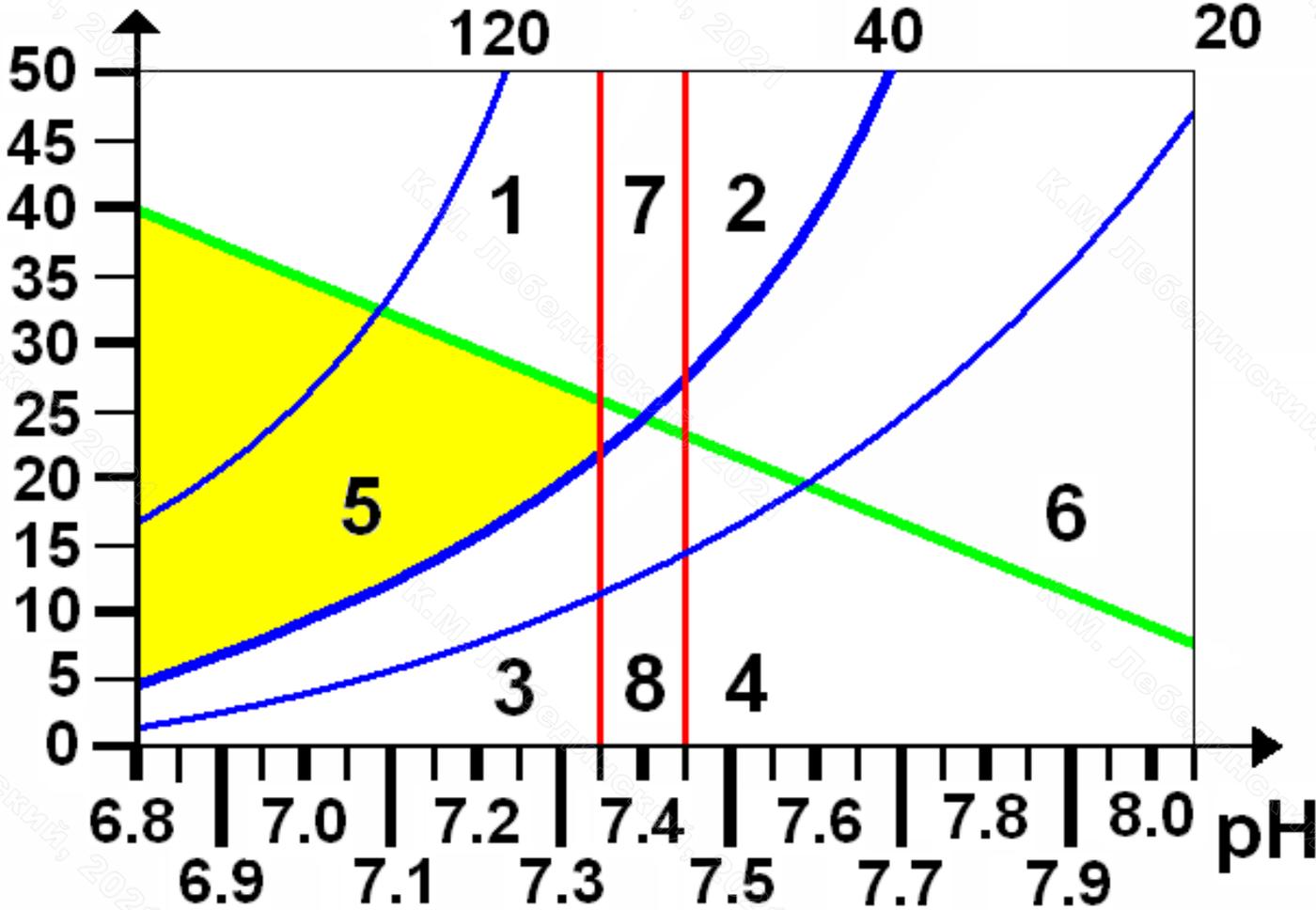




$\text{pH} \downarrow$, $\text{PaCO}_2 \uparrow$, $\text{AB} \downarrow$ — ?

AB, ммоль/л

Изобары PCO_2

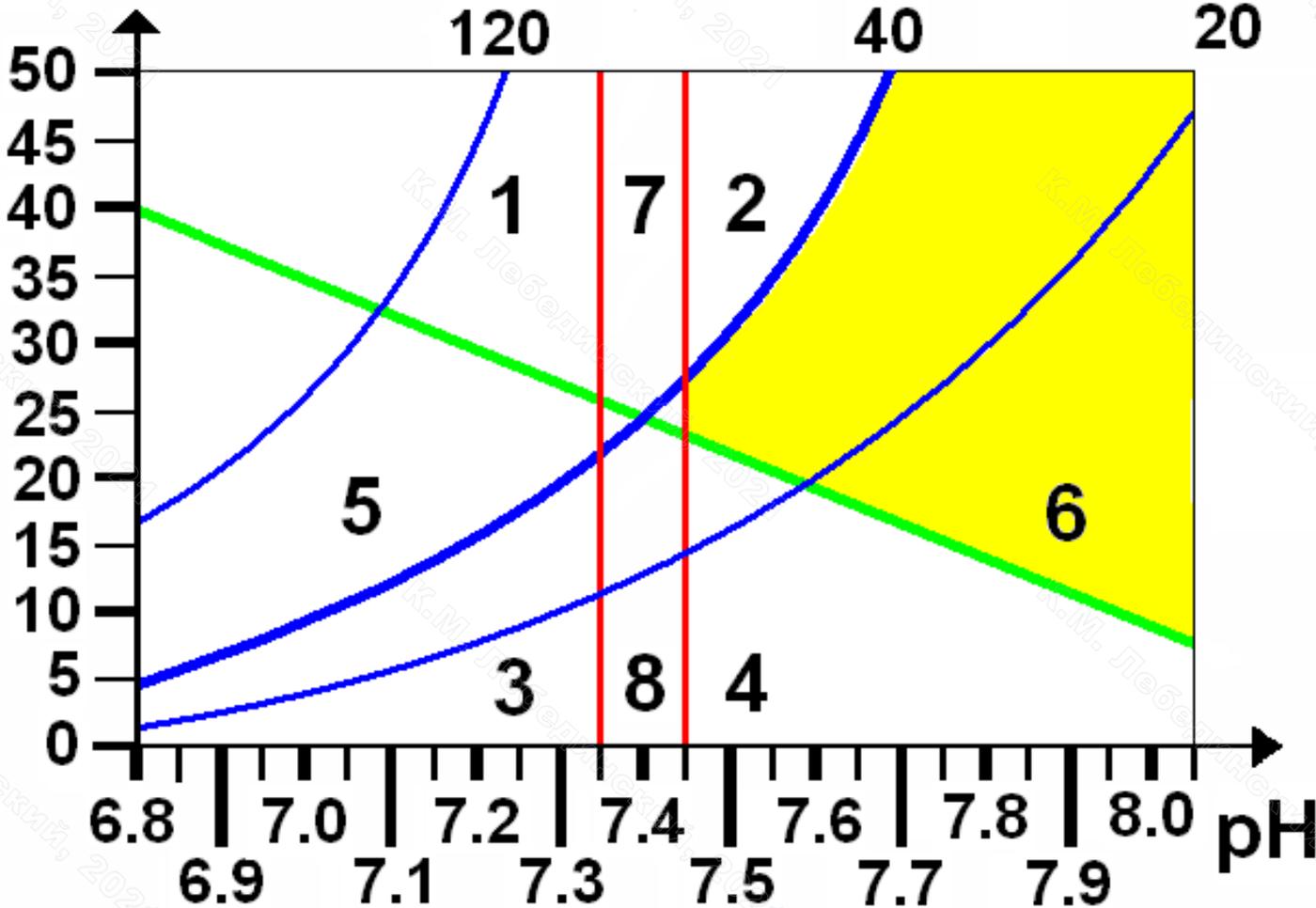




$\text{pH} \uparrow$, $\text{PaCO}_2 \downarrow$, $\text{AB} \uparrow$ — ?

AB, ммоль/л

Изобары PCO_2

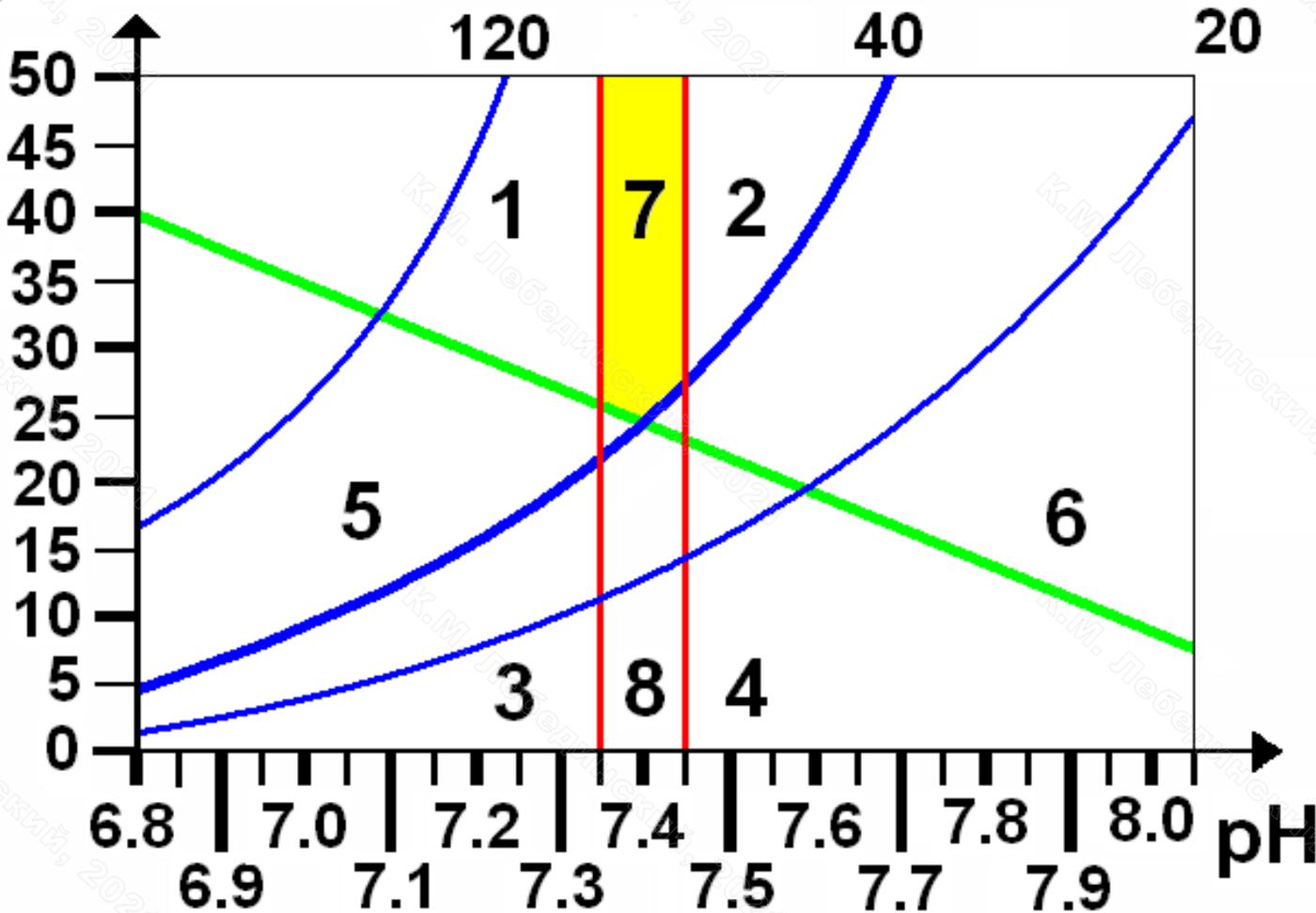




$\text{pH} - \text{N}, \text{PaCO}_2 \uparrow, \text{AB} \uparrow - ?$

AB, ммоль/л

Изобары PCO_2

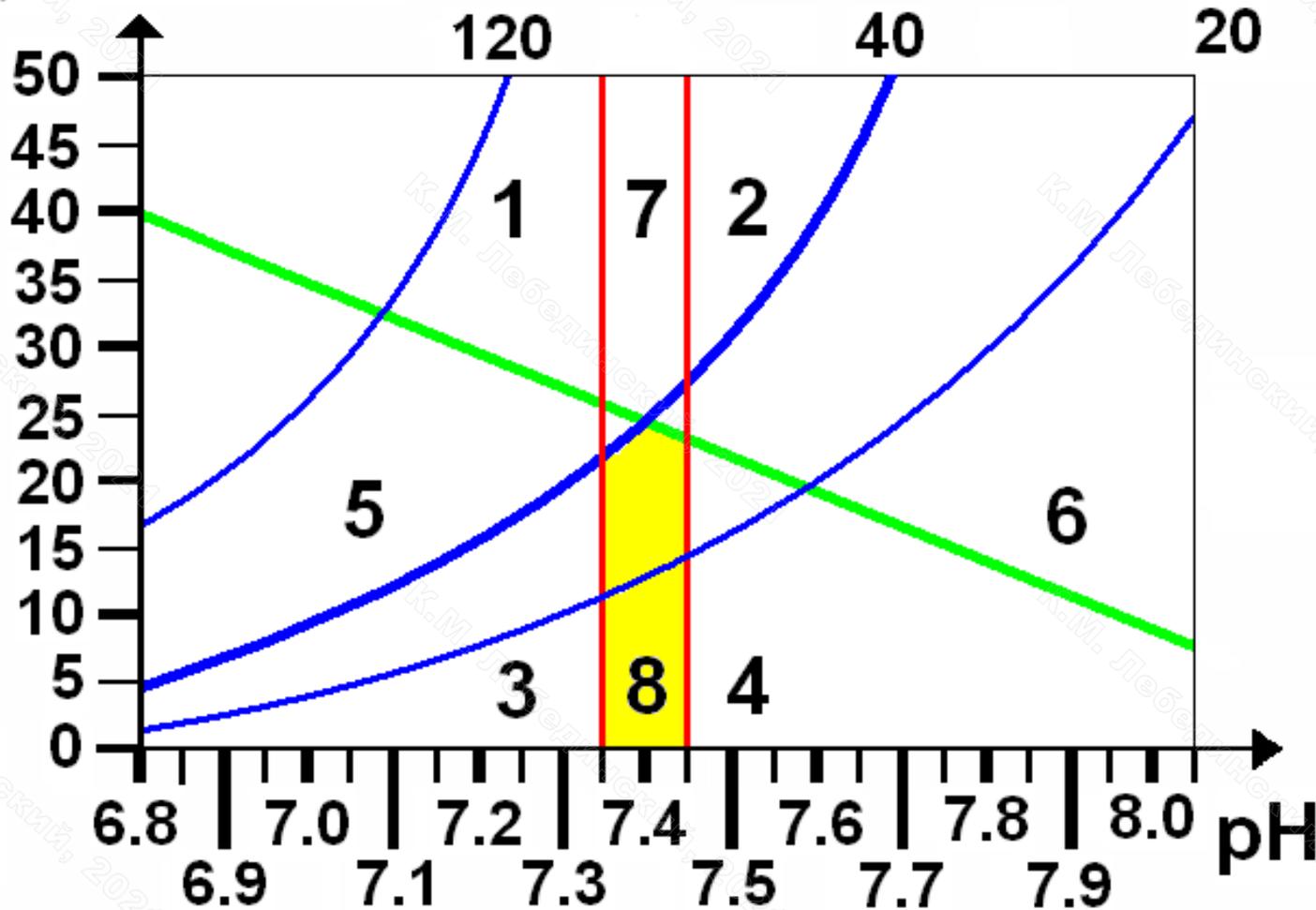




$\text{pH} - \text{N}, \text{PaCO}_2 \downarrow, \text{AB} \downarrow - ?$

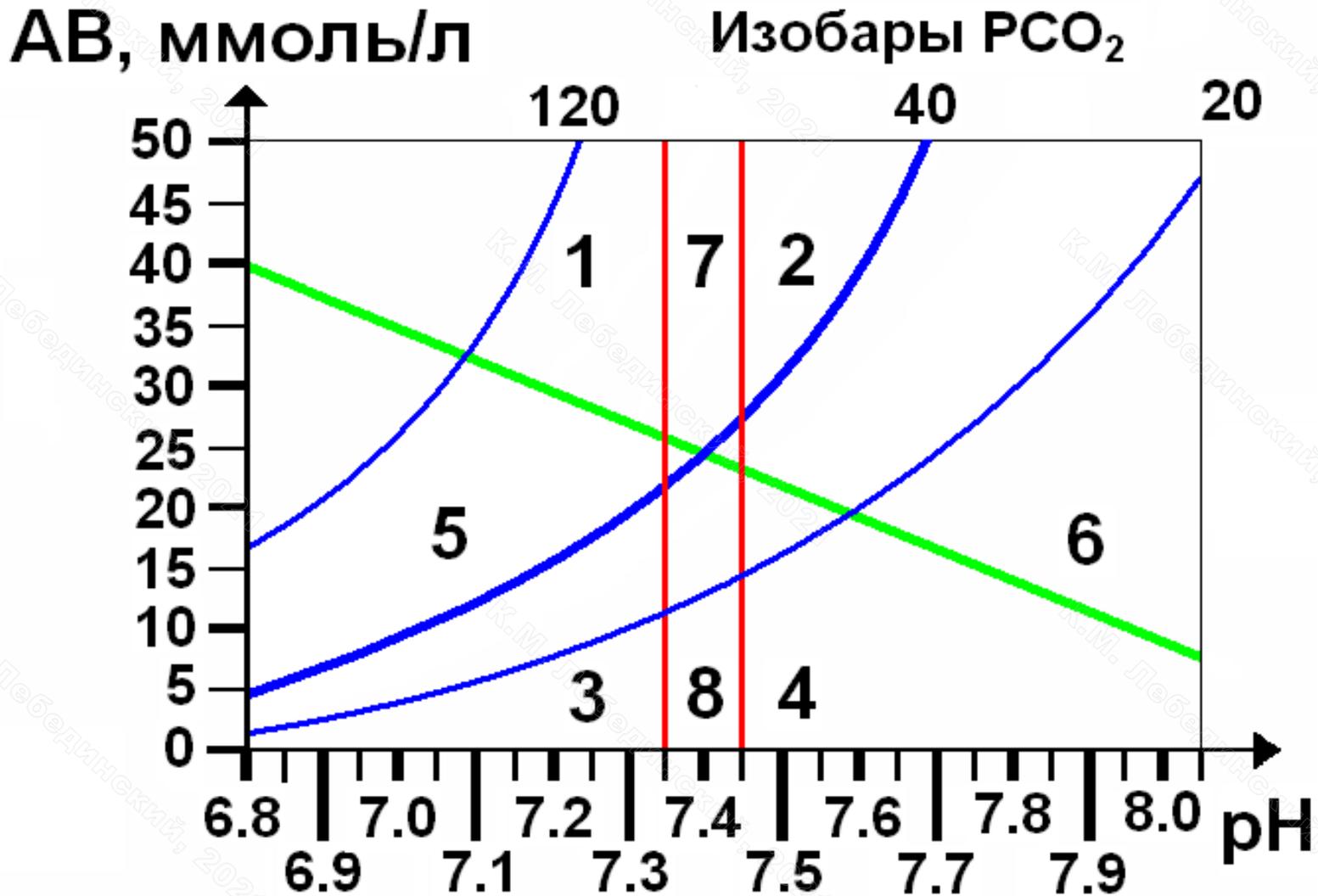
AB, ммоль/л

Изобары PCO_2



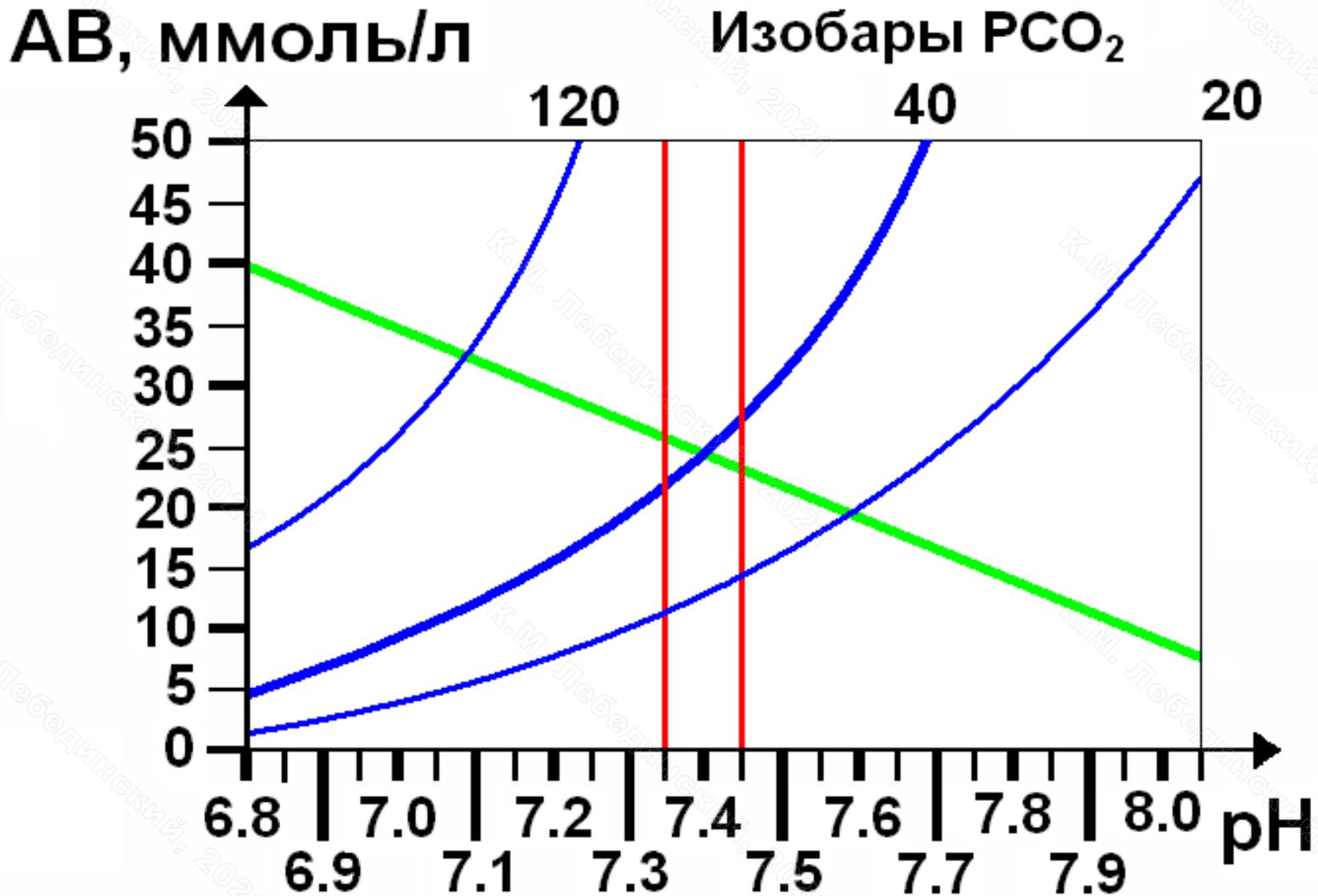


Все возможные случаи...



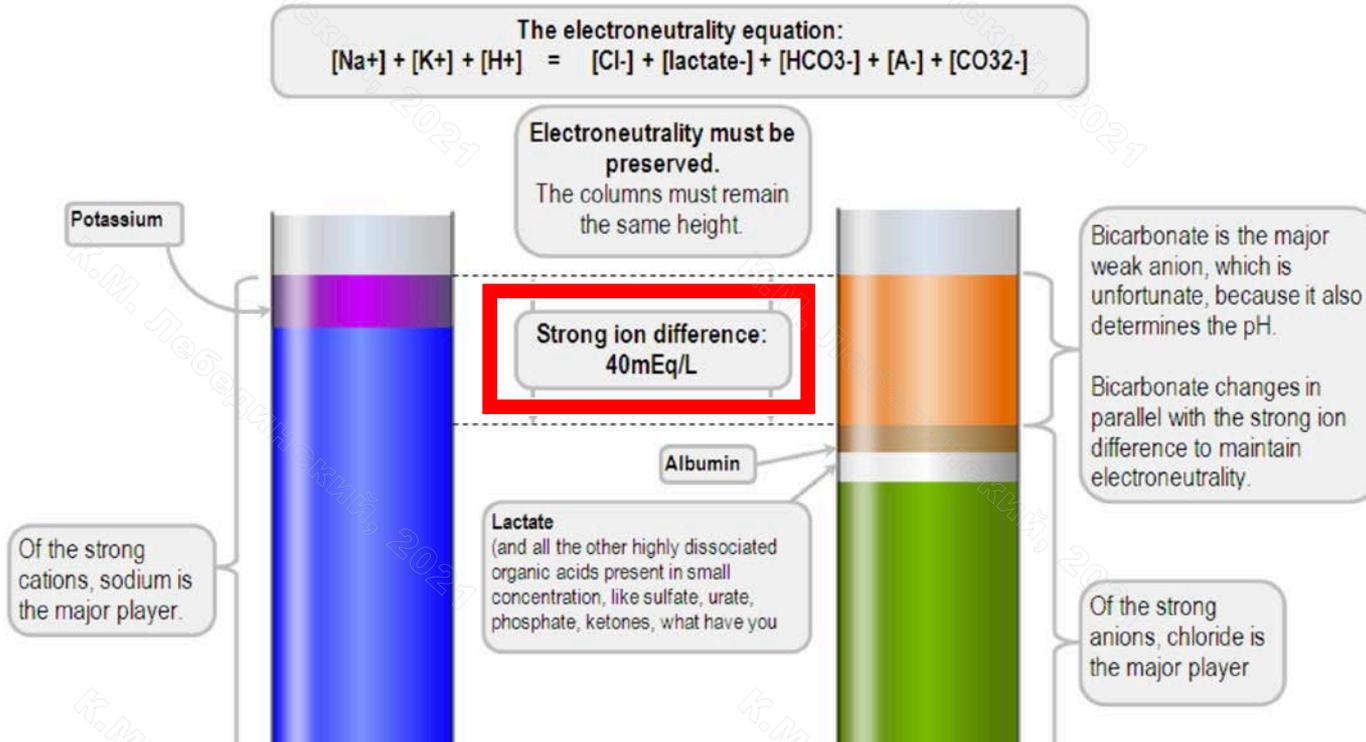


Номограмма Davenport





Подход Peter Stewart (1978)

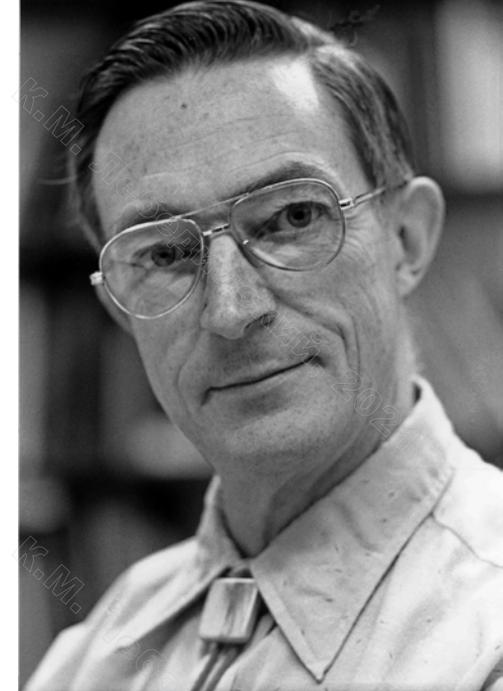


Comparative Study > Intensive Care Med. 2002 Jul;28(7):864-9.

doi: 10.1007/s00134-002-1318-2. Epub 2002 Jun 14.

The strong ion gap does not have prognostic value in critically ill patients in a mixed medical/surgical adult ICU

R J Cusack¹, A Rhodes, P Lochhead, B Jordan, S Perry, J A S Ball, R M Grounds, E D Bennett

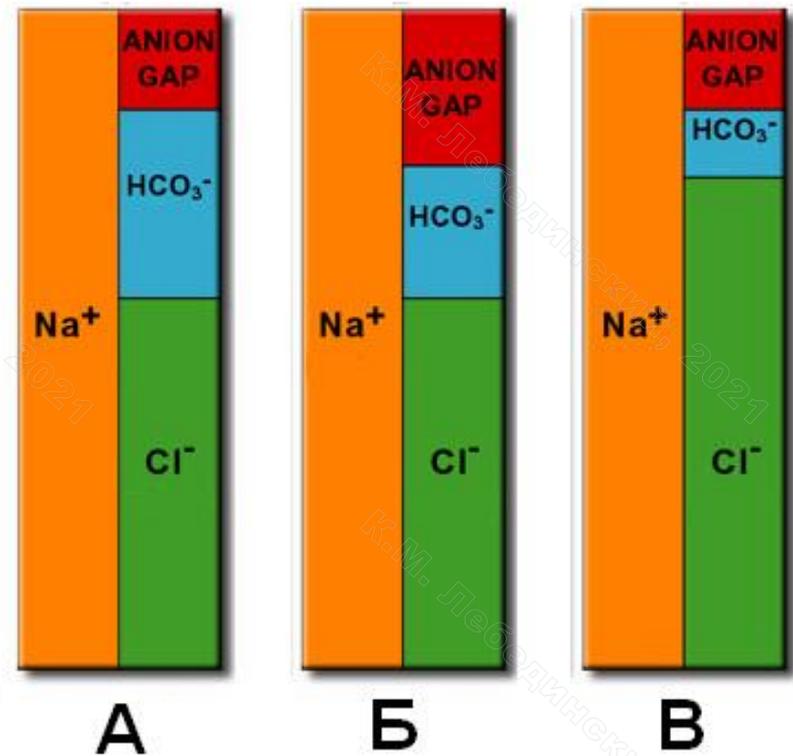


<https://derangedphysiology.com/main/cicm-primary-exam/required-reading/acid-base-physiology/acid-base-disturbances/Chapter%200501/strong-ion-difference-normal-anion-gap-acidosis>



Анионный разрыв или Анионный интервал (Anion Gap, AG)

- Сумма анионов «вне анализа»
- Обычно: $\text{Na}^+ - (\text{Cl}^- + \text{HCO}_3^-)$
- Норма: 7—14 ммоль/л
- С учетом калия: $(\text{Na}^+ + \text{K}^+) - (\text{Cl}^- + \text{HCO}_3^-)$
- Норма: 10—18 ммоль/л



А: НОРМА

Б: МЕТАБОЛИЧЕСКИЙ АЦИДОЗ с ростом AG

В: МЕТАБОЛИЧЕСКИЙ АЦИДОЗ без роста AG

Метаболический ацидоз

БЕЗ увеличения анионного разрыва:

$BE < -2,3$ ммоль/л, $AG < 14$ ммоль/л

- Потери HCO_3^- через ЖКТ (диарея, свищи, ОКН, уретероэнтеростомия, ионообменные смолы)
- Почечные потери HCO_3^- (тубулярный ацидоз, ингибиторы КА, избыток Cl^-)
- Нарушения функций почек (пиелонефрит, низкая активность ренина плазмы)
- Дефицит альдостерона (гипоальдостеронизм, верошпирон)
- Редкие причины (гипералиментация, быстрая гипергидратация — гемодилюция и др.)



Метаболический ацидоз с увеличением анионного разрыва: $BE < -2,3$ ммоль/л, $AG > 14$ ммоль/л

- Повышенная продукция кислот (кетоацидозы, лактатацидоз, азотемия, ферментопатии)
- Отравления кислотами (муравьиная, щавелевая, этиленгликоль, метанол, салицилаты и др.)
- Нарушения выведения кислот (ОПН и ХПН)

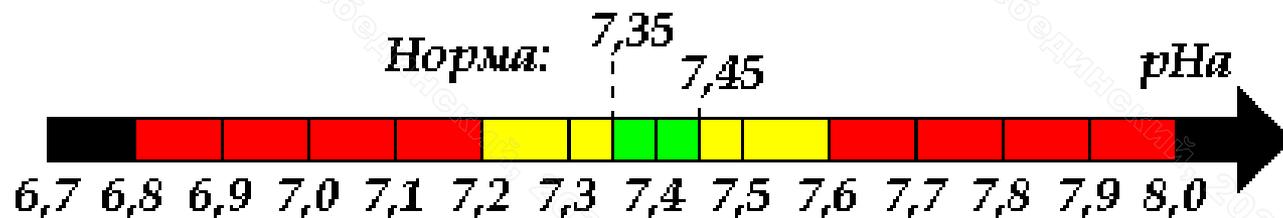




Лечение метаболического ацидоза

- Поиск и устранение причины (Гипоксия? Кетоз? ПН?...)
- Только при $pH < 7,2$ – ощелачивающие растворы:

$NaHCO_3$ или THAM



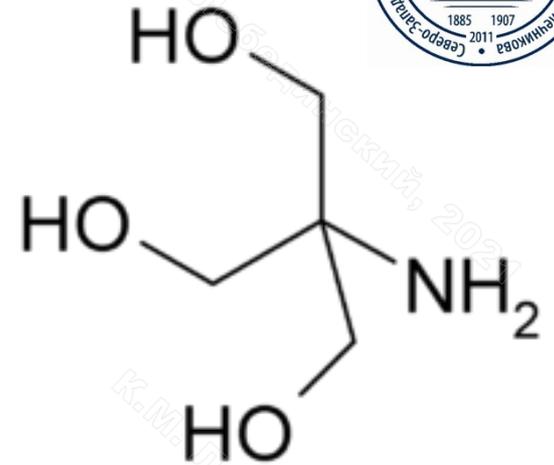


Гидрокарбонат натрия («сода»)

- Растворы NaHCO_3 бывают 3% и 4%
- Каждый 1% дает 0,12 ммоль/мл
- Расчет: число ммоль $\text{NaHCO}_3 = \text{BE} \times 0,2 \times \text{MT}$
- Дает перегрузку натрием (гиперосмолярность!) и CO_2
- За рубежом доступен KHCO_3
- Никогда не лить *«просто так»*, кроме случаев СЛР!

Трисамин (трометамин, трис-буфер, трисгидроксиаминометан, ТНАМ)

- Корригирует внутриклеточный ацидоз!
- pH раствора 10,2-10,7
- Изотоничный плазме 3,66% раствор = 0,3 ммоль/мл
- Расчет: число мл 3,66% ТНАМ = BE × MT
- Интервал между инфузиями не менее 48-72 ч!
- Не перегружает натрием и CO₂!
- Оптимален при глубокой гиперкапнии



Метаболический алкалоз:

$BE > 2,3$ ммоль/л

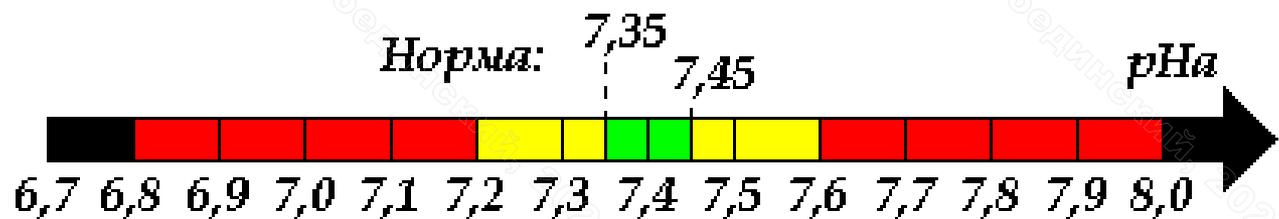
- Избыточное поступление оснований (антациды)
- Потери кислот из ЖКТ (рвота, дренаж)
- Нарушение ацидогенеза (салуретики, тиазиды)
- Почечный тубулярный алкалоз (дефицит K^+ или Cl^- , избыток Na^+ , альдостеронизм, синдром Кушинга, глюкокортикоиды)
- Быстрая дегидратация
- Быстрая коррекция хронической гиперкапнии
- Массивная трансфузия цитратной крови
- Непаратиреоидная гиперкальциемия





Лечение метаболического алкалоза

- Поиск и устранение причины (Потери? Ятрогения?...)
- Компенсация дефицита K^+
- Только при $pH > 7,6$ — растворы, подкисляющие среду:
НСI?...





Респираторный алкалоз: $PaCO_2 < 36 \text{ mm Hg}$

- Гипервентиляция альвеол





Респираторный ацидоз:

$\text{PaCO}_2 > 42 \text{ mm Hg}$

- Причина — всегда *гиповентиляция альвеол*, абсолютная или относительная
- Нормализуем минутную альвеолярную вентиляцию!
- Нужен ли при этом NaHCO_3 ???



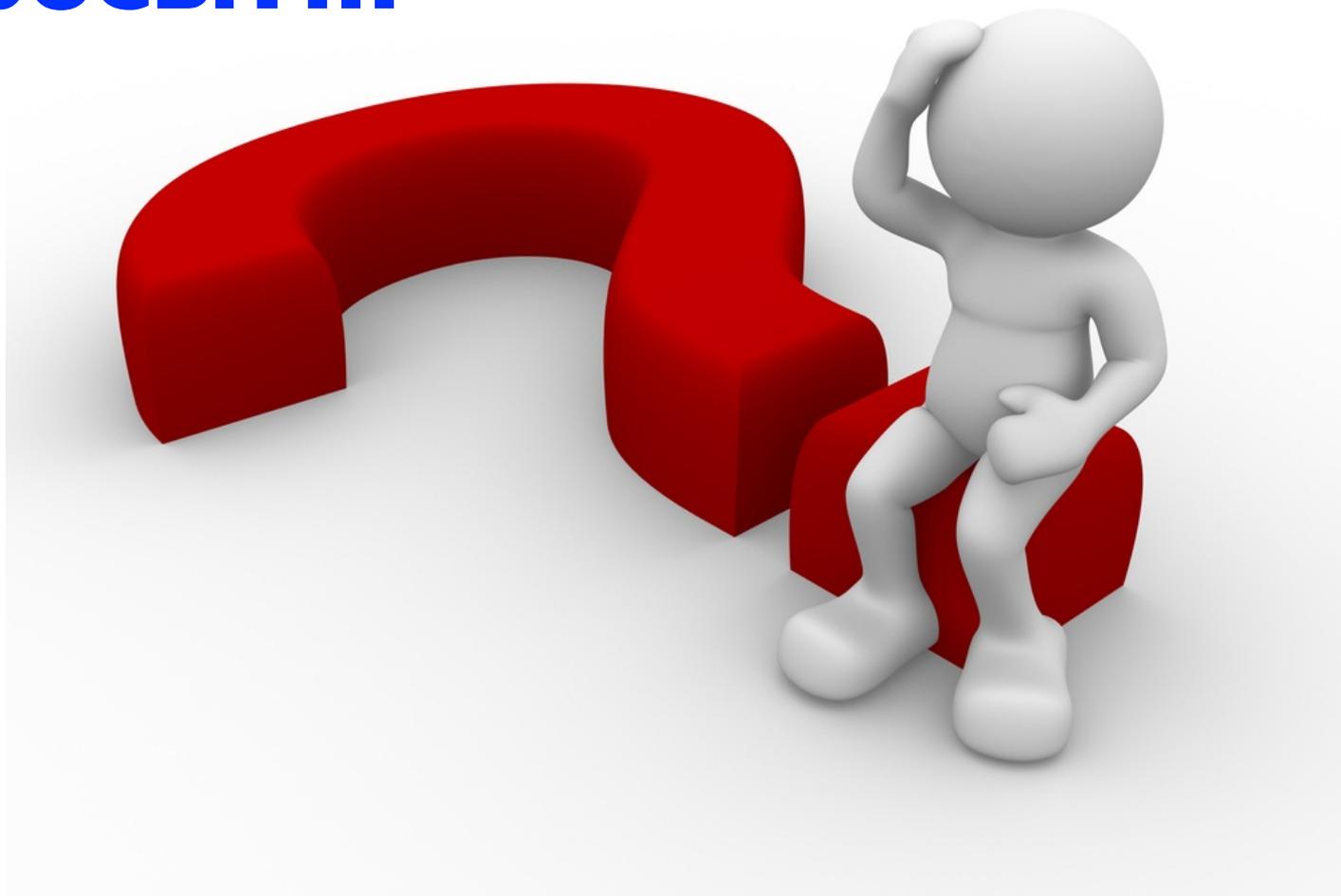


Некоторые важные взаимосвязи

- Ацидоз обычно сопровождается гиперкалиемией
- Дилуция плазмы дает ацидоз
- Алкалоз обычно сопровождается гипокалемией
- Алкалоз всегда приводит к снижению уровня Ca^{2+}



Вопросы?...



• www.vanevski.com