

Кислотно-основное состояние (КОС) и его нарушения

К.М. Лебединский, СПб МАПО

Почему это важно?...

Кроме рН, есть еще рI!

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

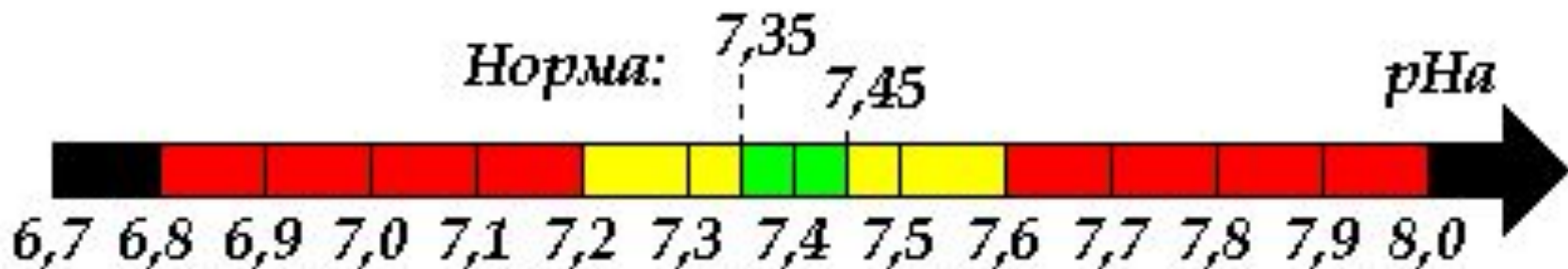
H^+ и OH^- влияют на обмен других ионов:

- Обмен протонов на K^+
- Иммобилизация Ca^{2+} избытком OH^-

Что такое «норма»?...

«Физиологическая шкала» – четыре диапазона:

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



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...

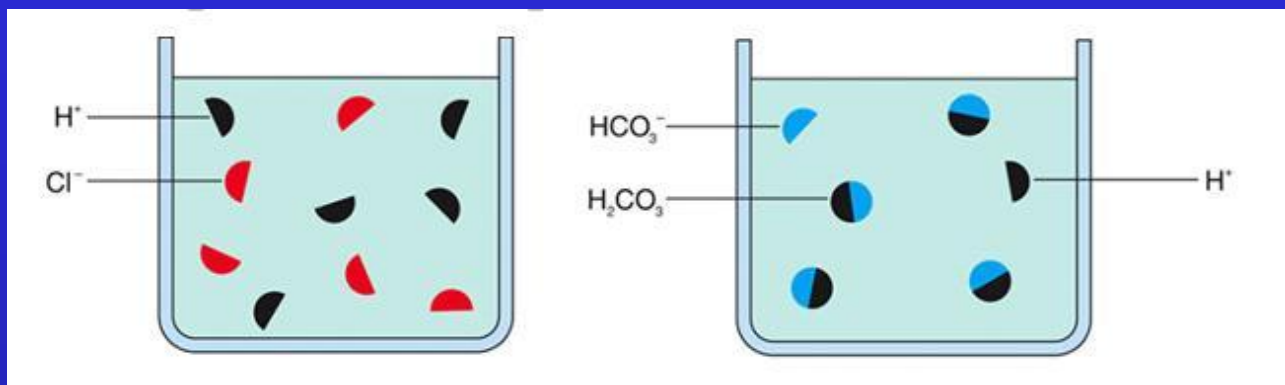


Кислоты и основания по J.N. Brønsted'у (1879-1947):

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

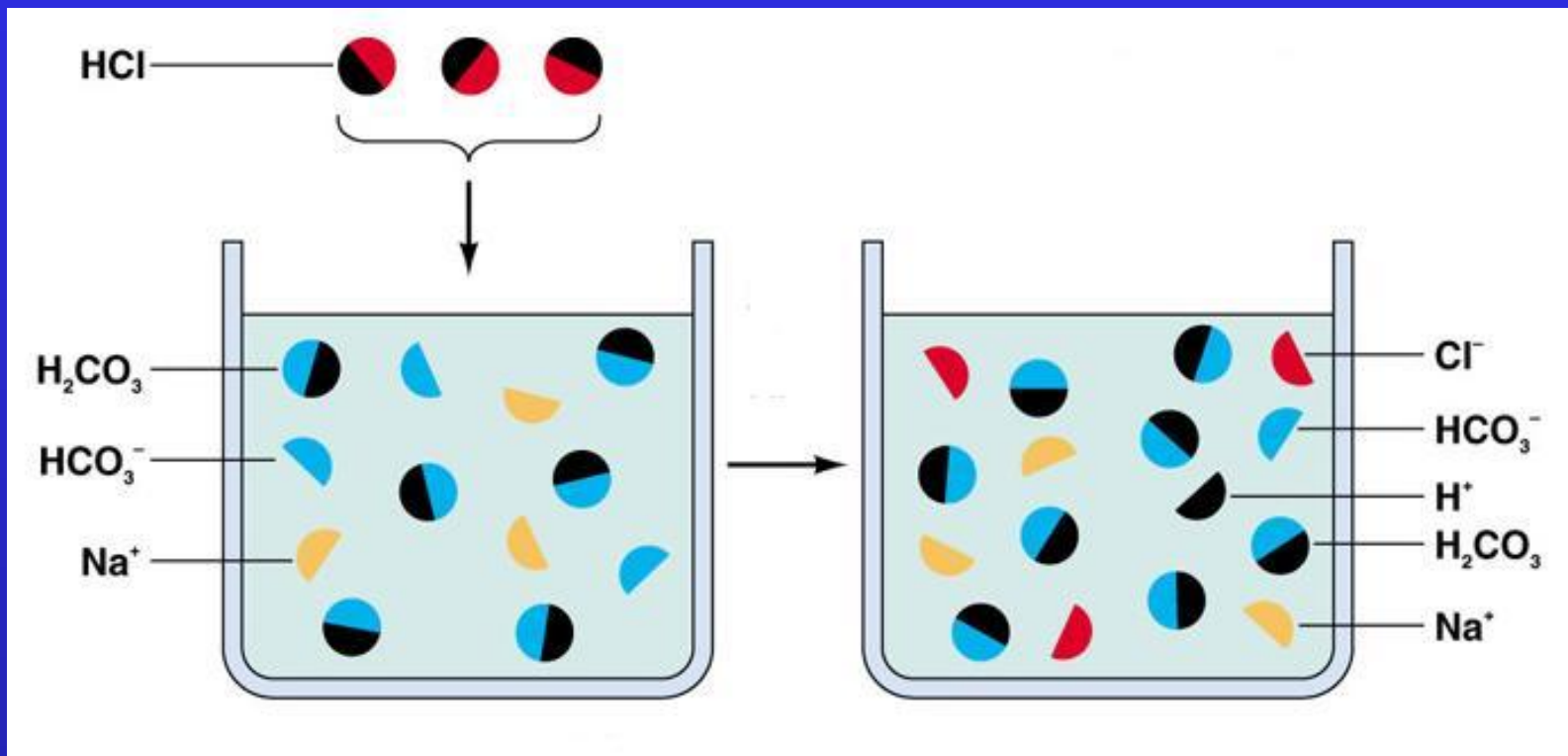
Отсюда:

- NH_3 – основание
- NH_4Cl – кислота
- $NaHCO_3$ – основание

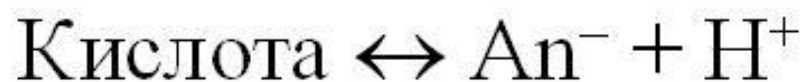


Как работает буфер?

- 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



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

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



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



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

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

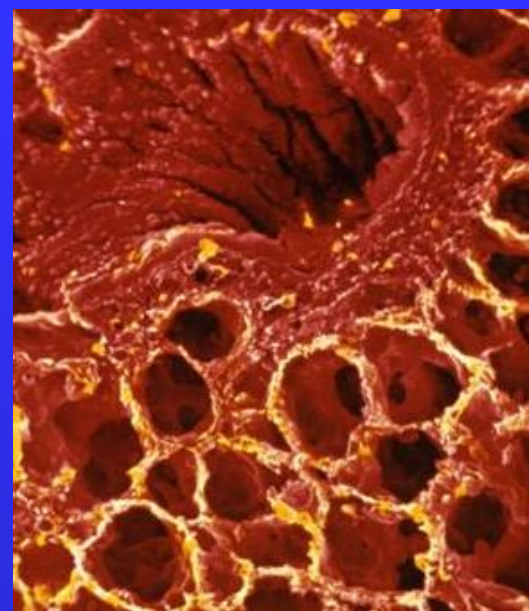
$$\text{pH} = \text{pK} + \lg \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]}$$





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

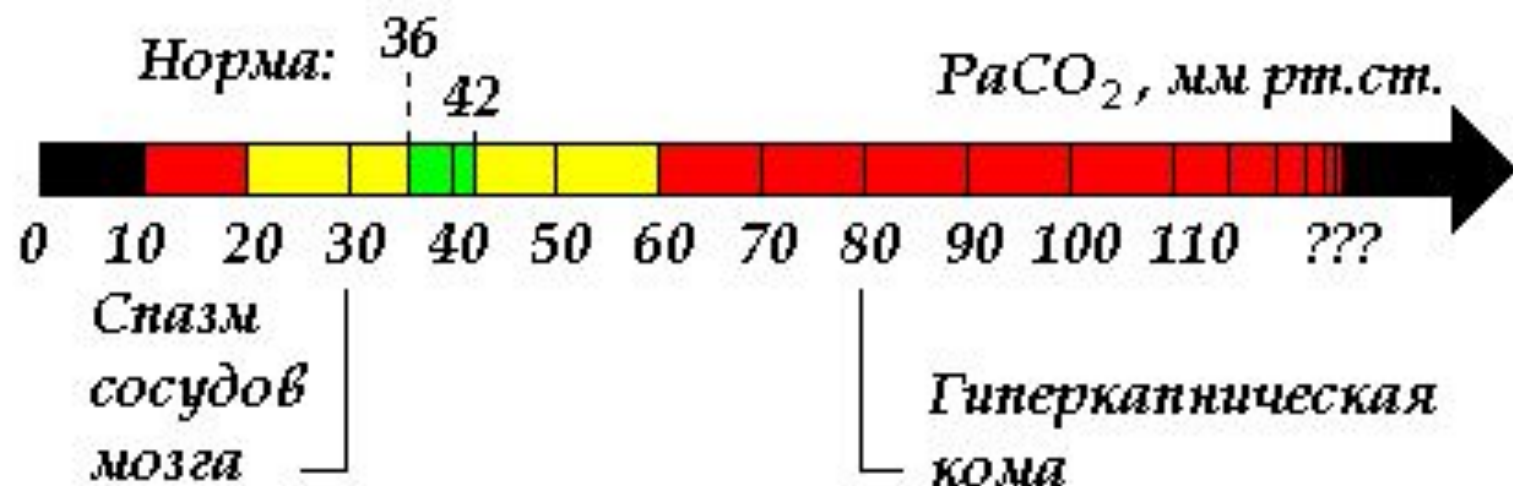
$$\text{pH} = 6,1 + \lg \frac{[\text{HCO}_3^-]}{0,03 \times \text{PCO}_2}$$

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

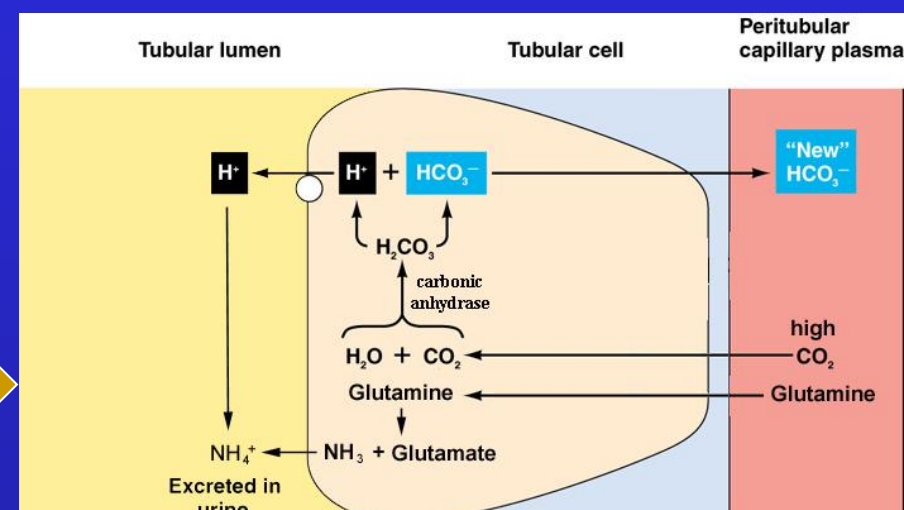
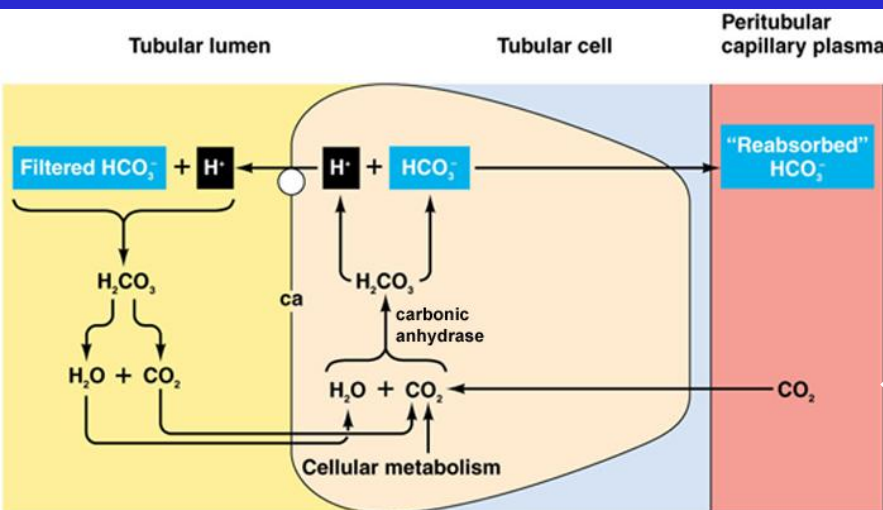
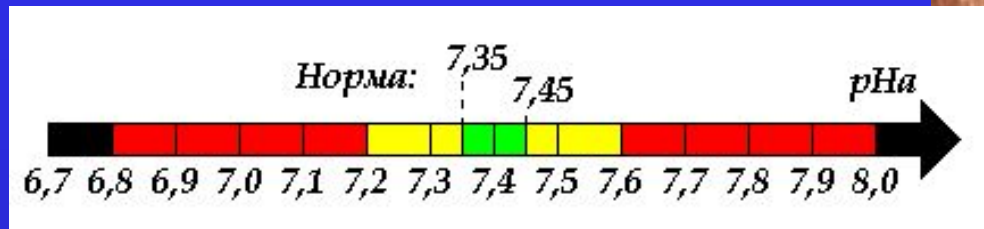
Легкие: элиминация CO_2



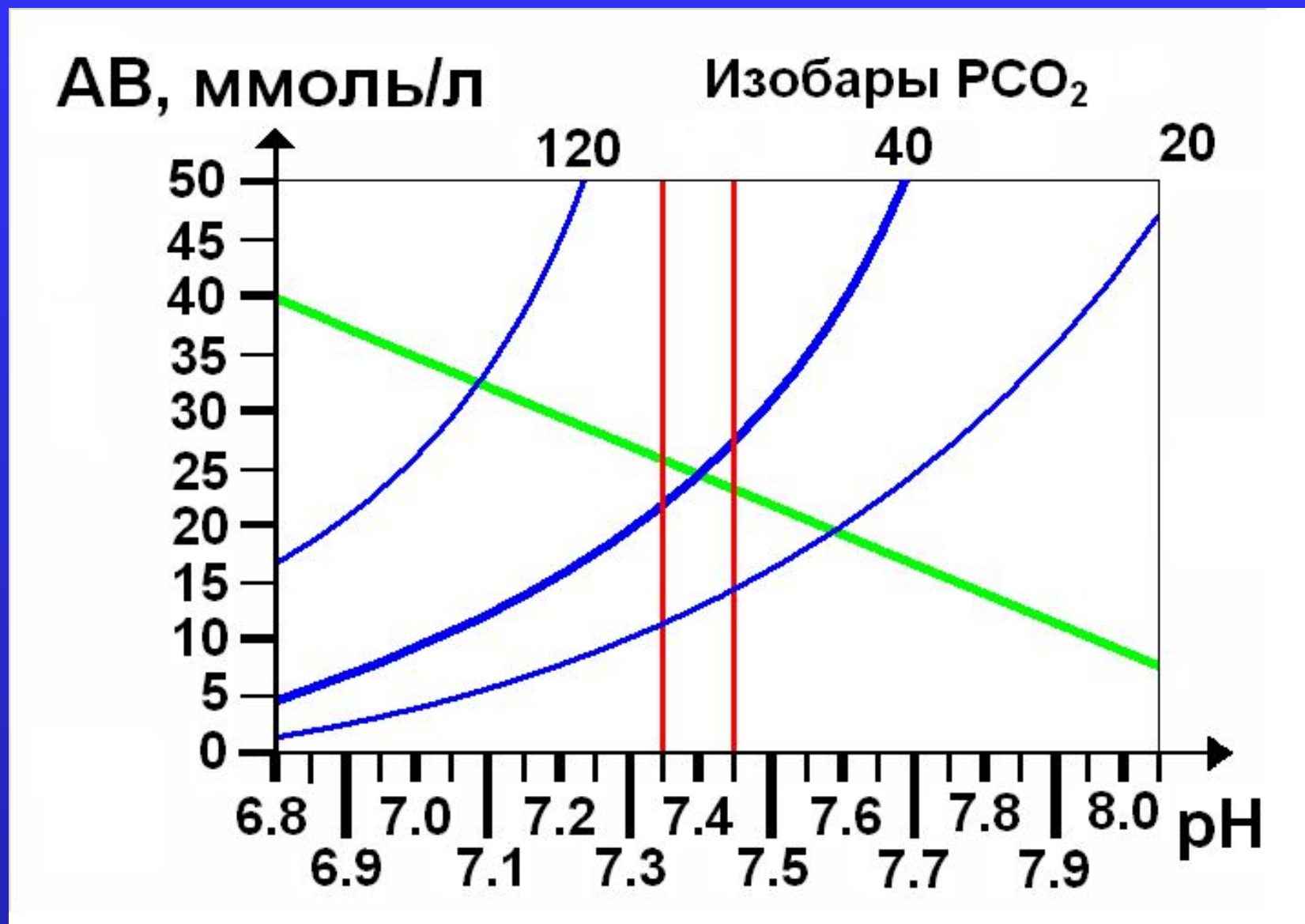
-  *Нормальные значения*
-  *Компенсация: необходим контроль!*
-  *Декомпенсация: требуется вмешательство!*
-  *Несовместимо с жизнью!*



Почки: регуляция рН мочи



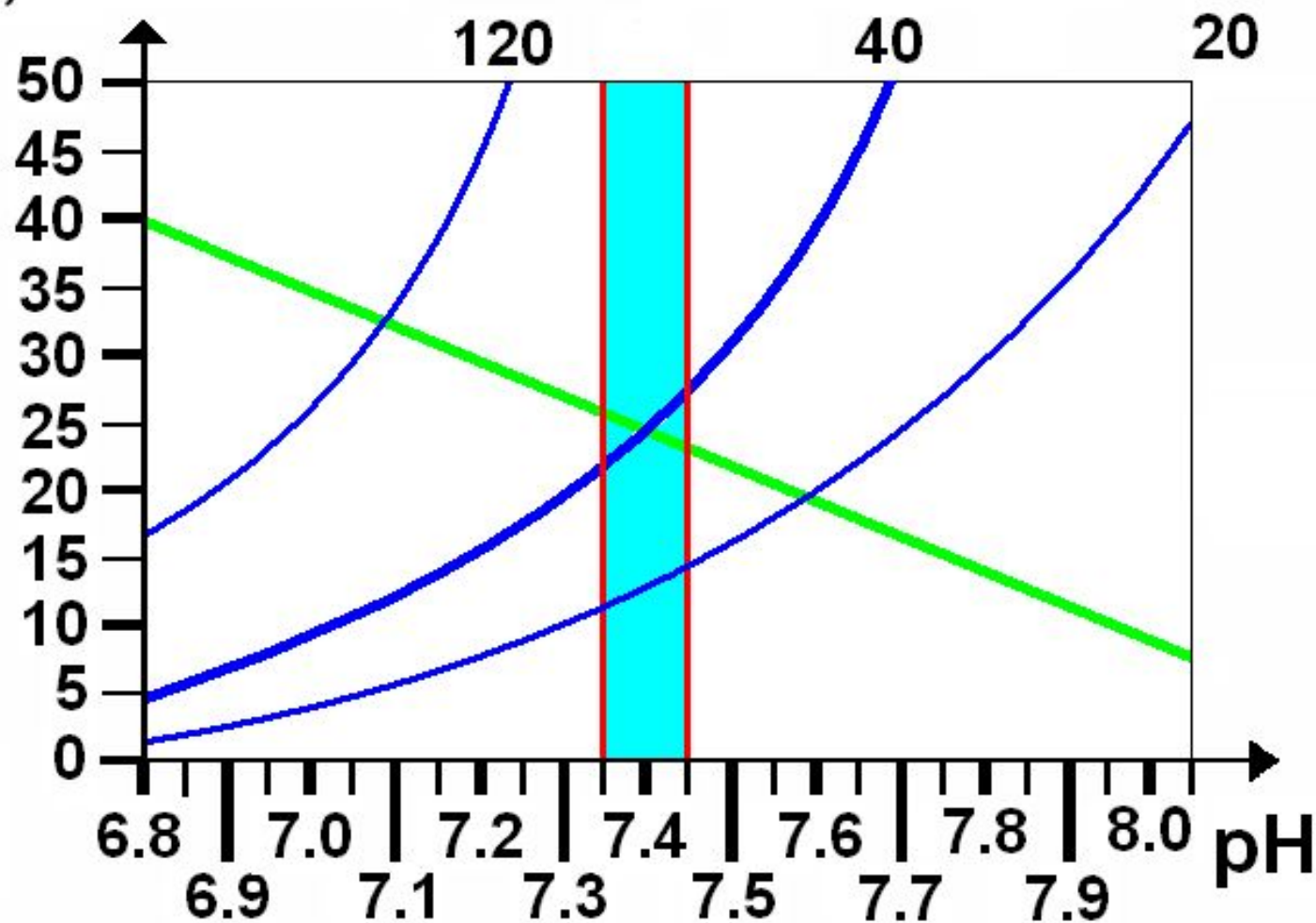
Номограмма Davenport: принцип



Номограмма Davenport: норма

AB, ммоль/л

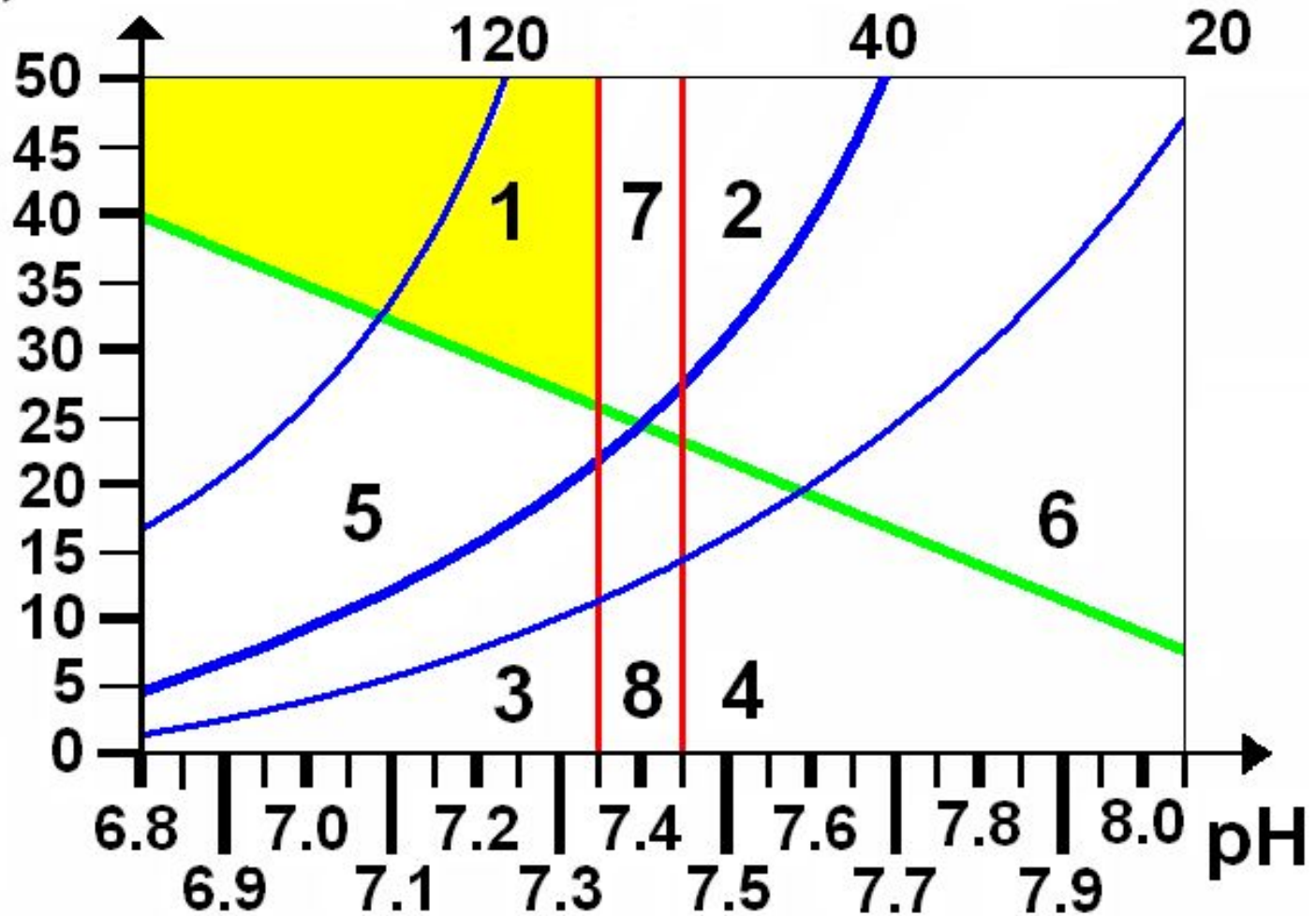
Изобары PCO_2



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

AB, ммоль/л

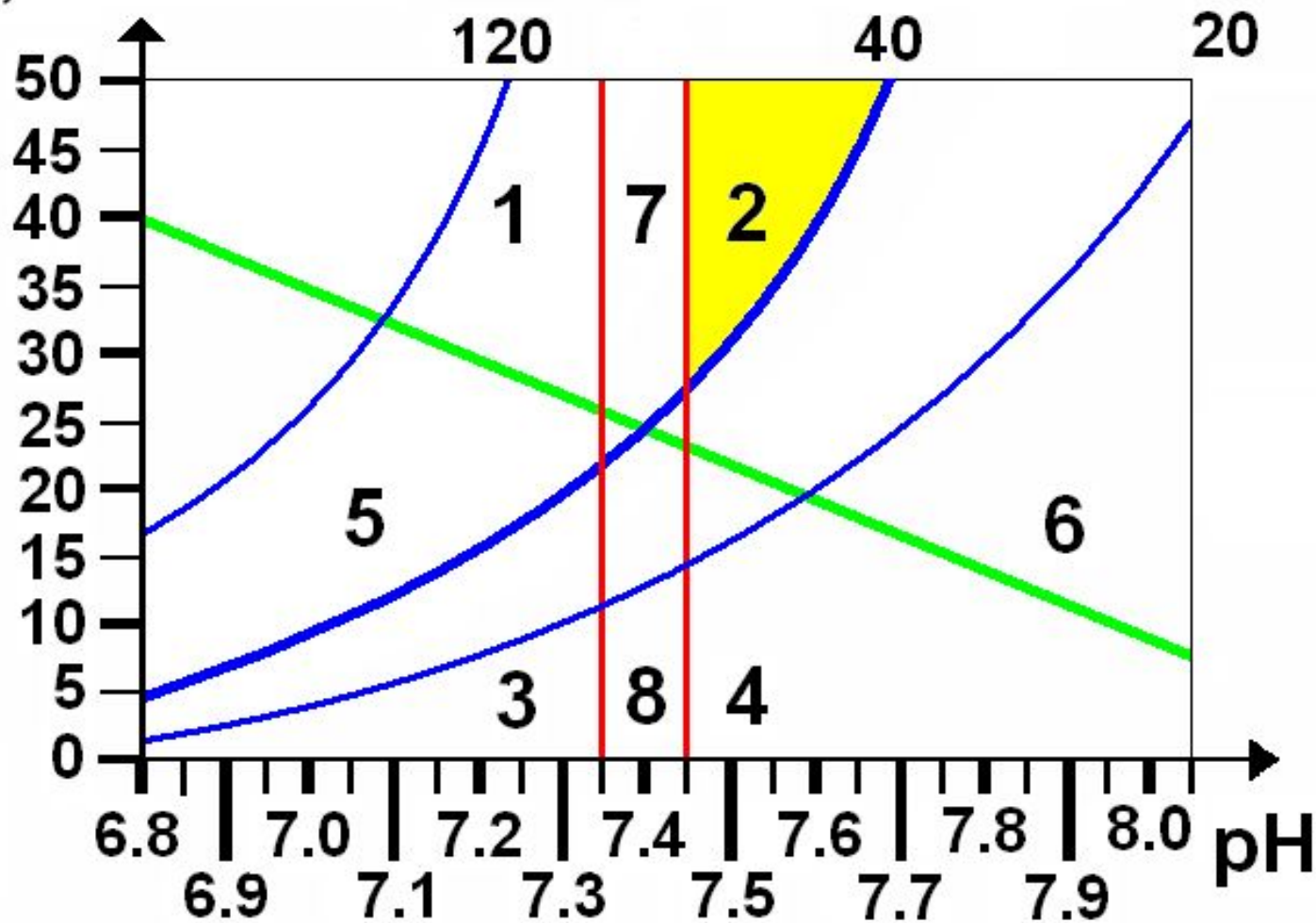
Изобары PCO_2



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

AB, ммоль/л

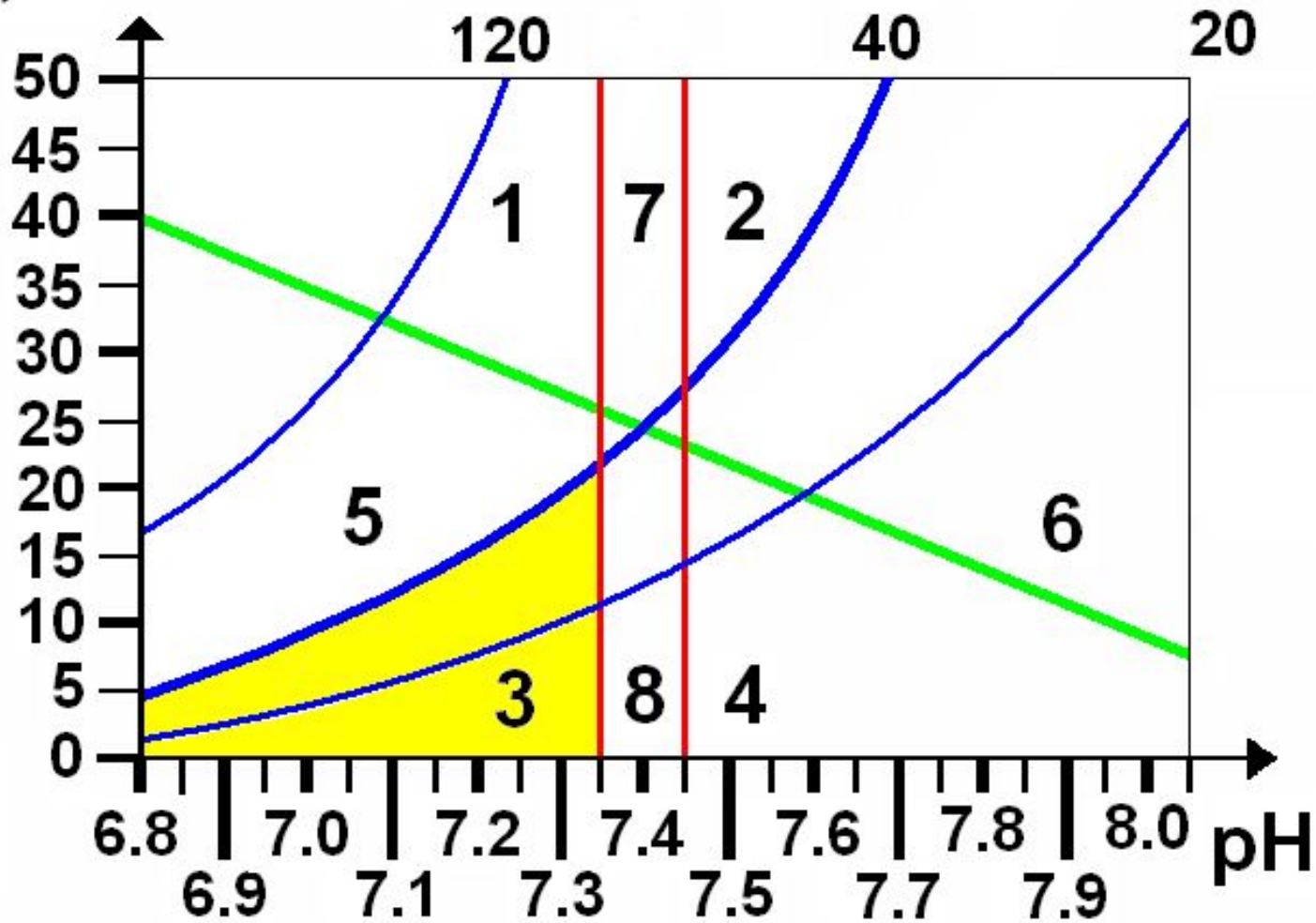
Изобары PCO_2



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

AB, ммоль/л

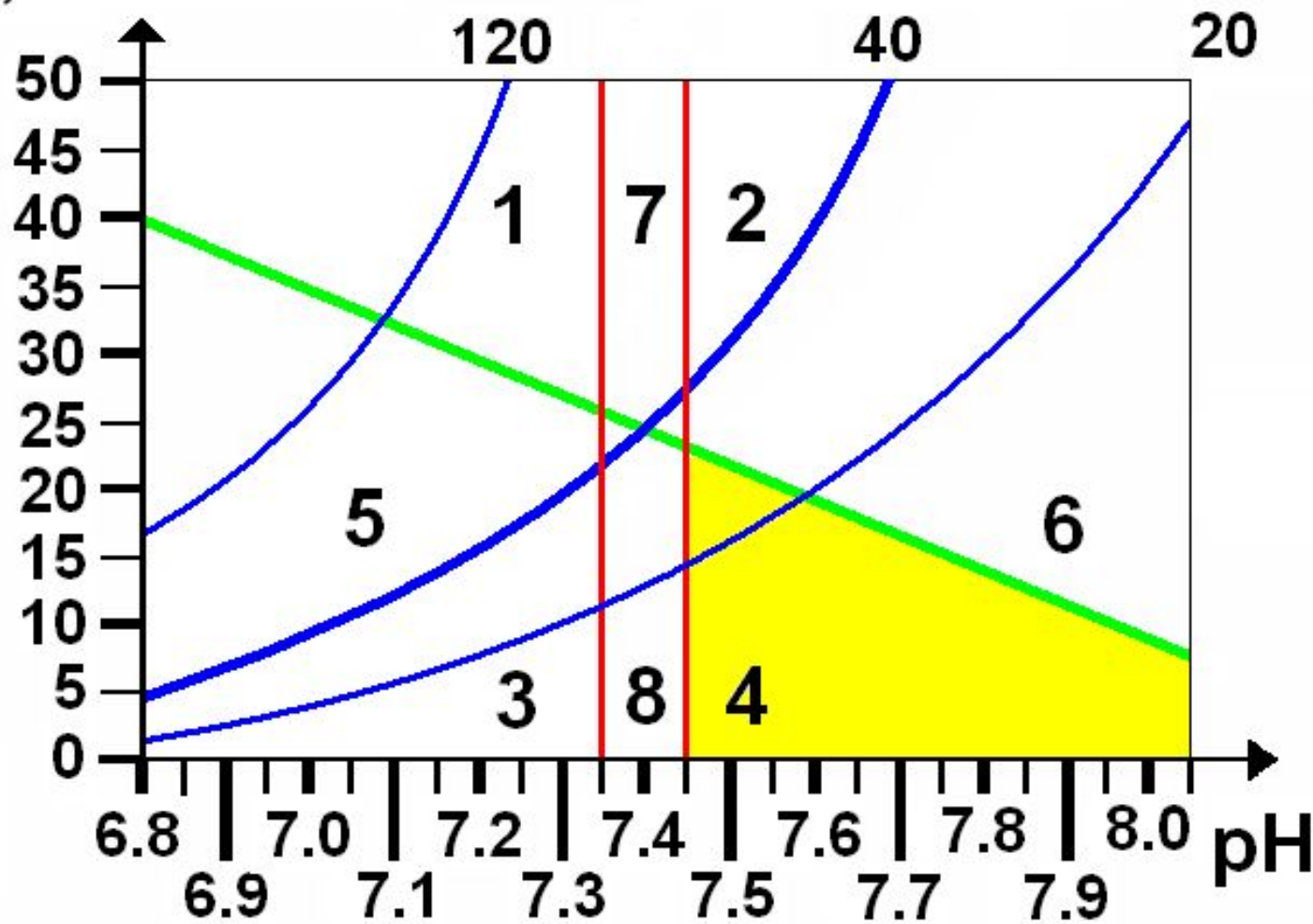
Изобары PCO_2



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

AB, ммоль/л

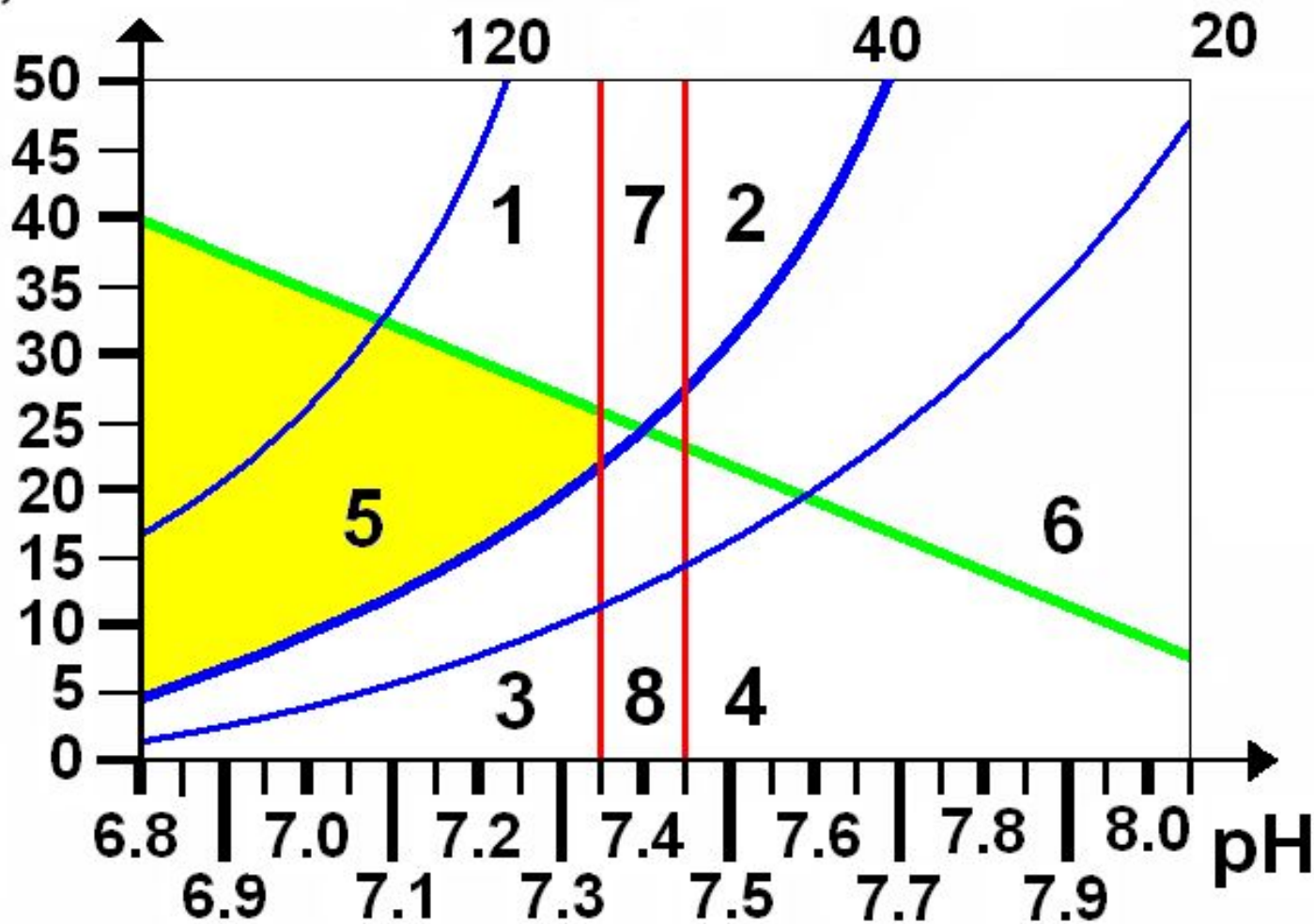
Изобары PCO_2



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

AB, ммоль/л

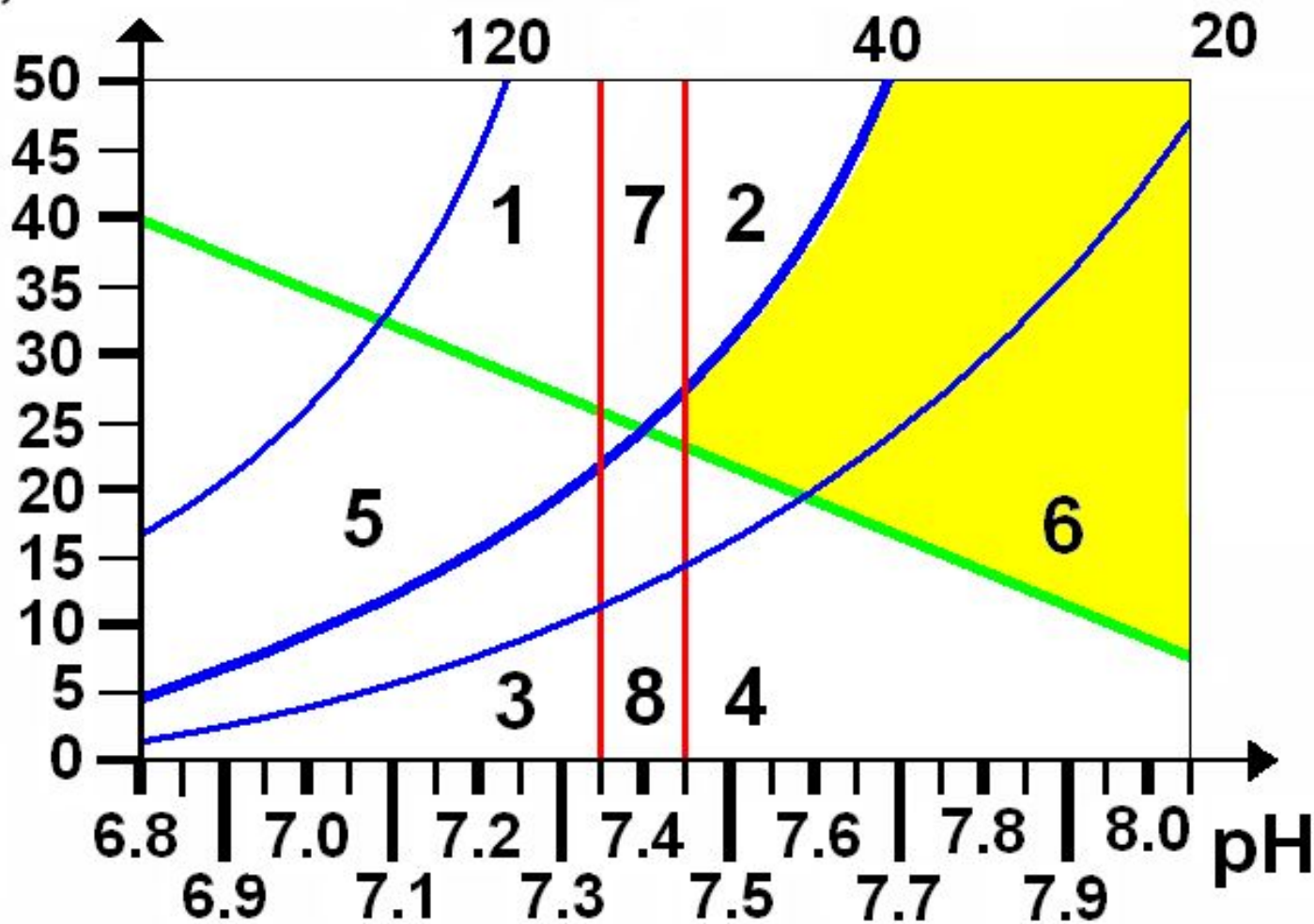
Изобары PCO_2



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

AB, ммоль/л

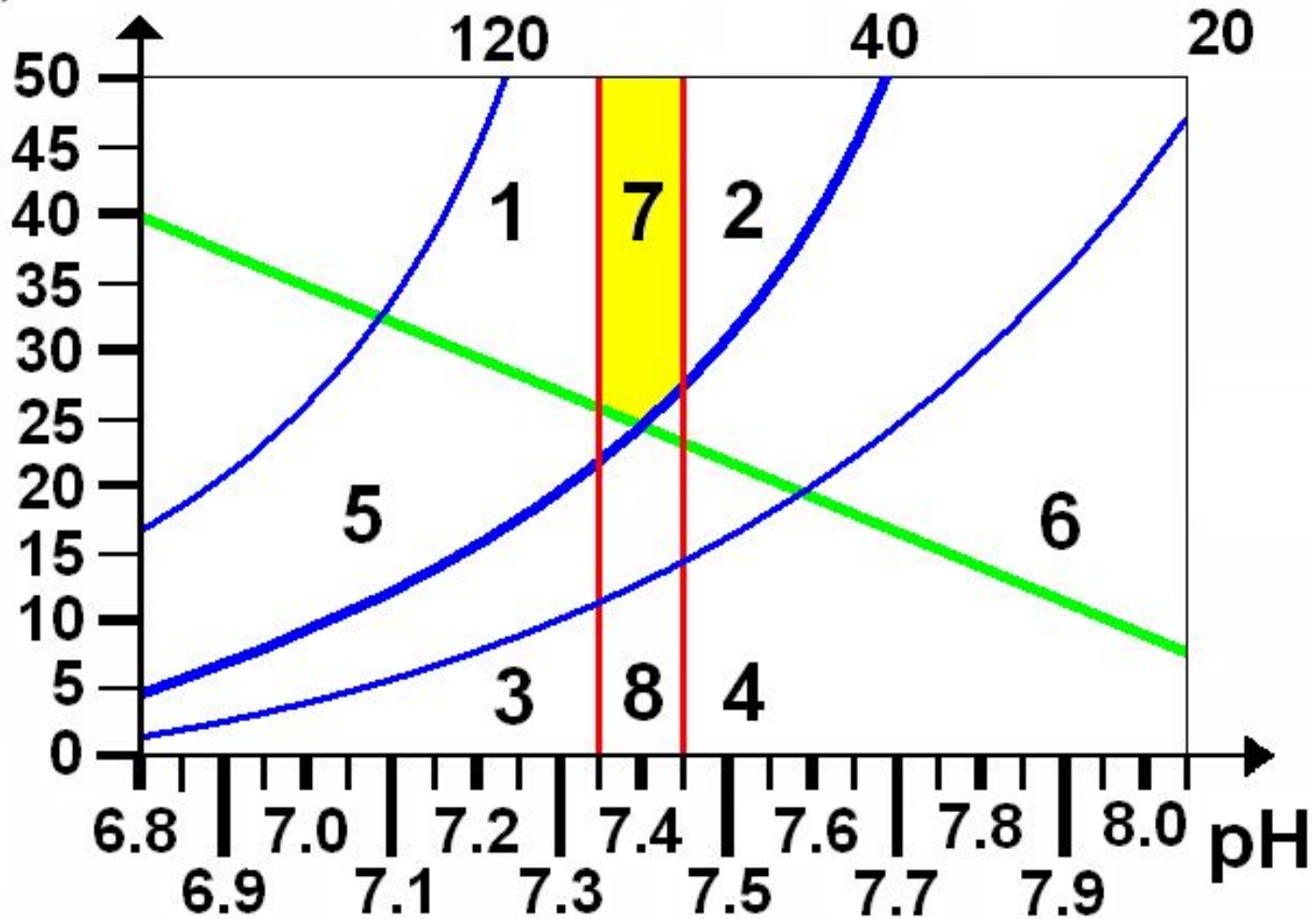
Изобары PCO_2



pH - N, PaCO₂↑, AB↑ - ?

AB, ммоль/л

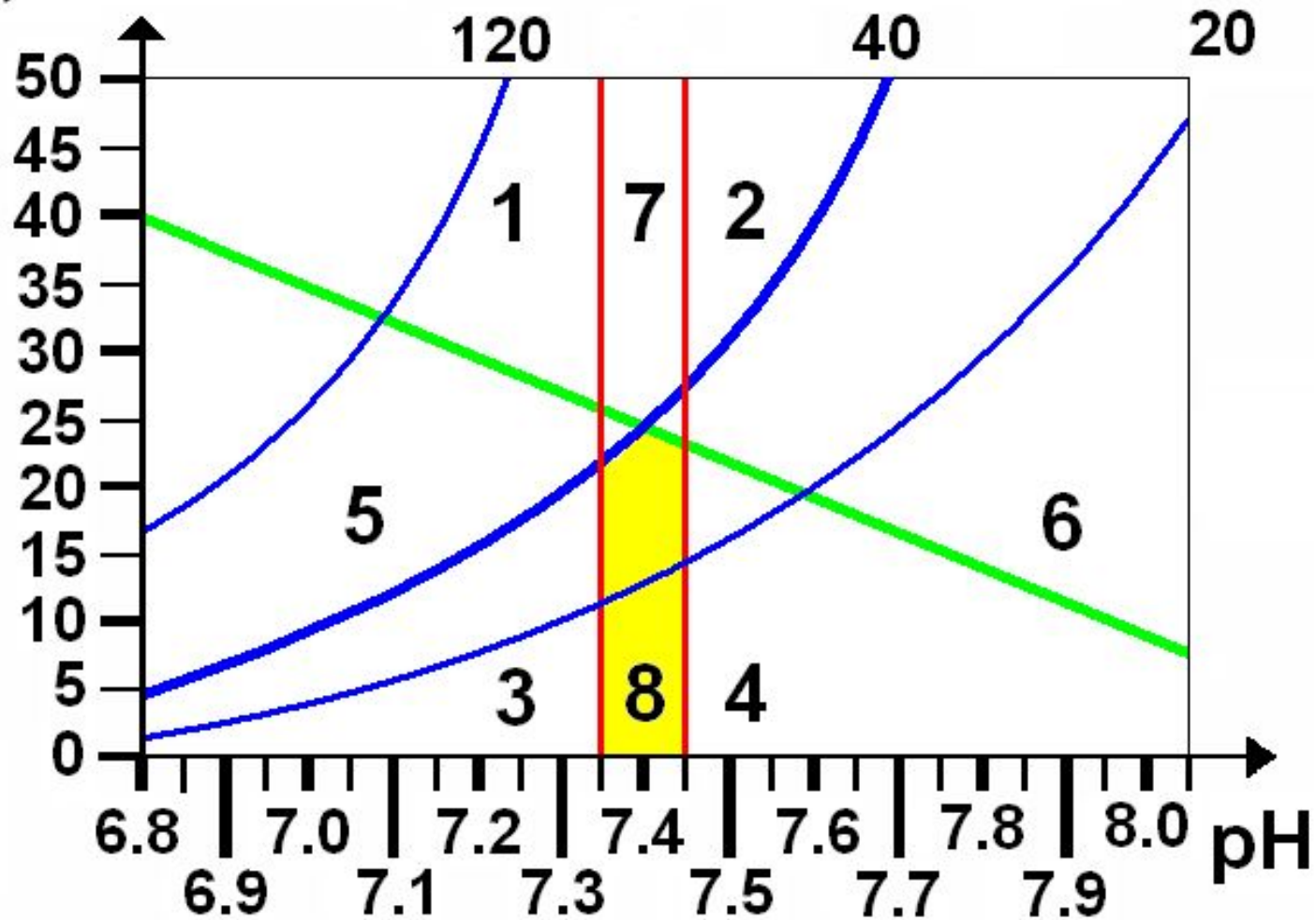
Изобары PCO₂



pH - N, PaCO₂↓, AB↓ - ?

AB, ммоль/л

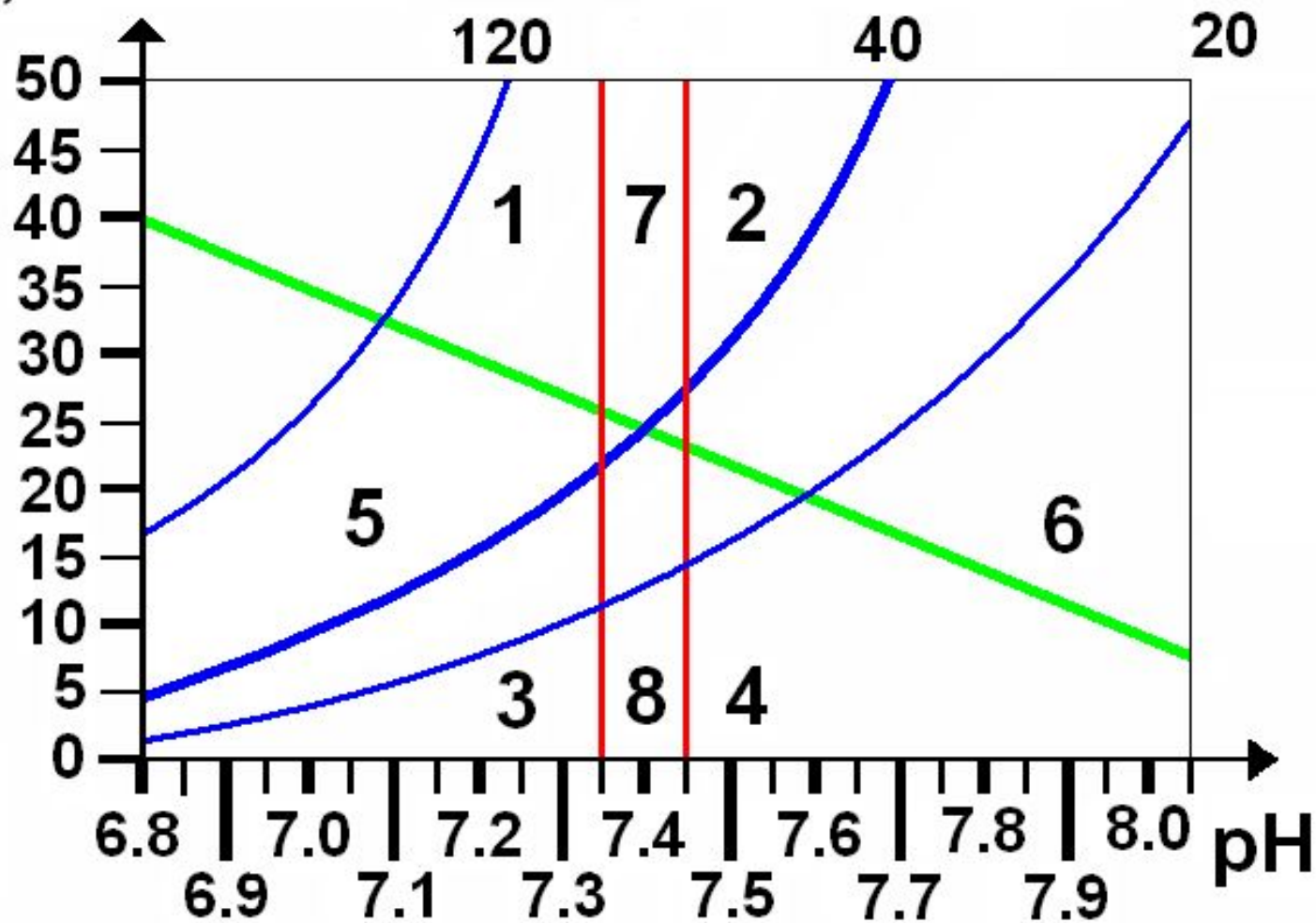
Изобары PCO₂



Все возможные случаи...

АВ, ммоль/л

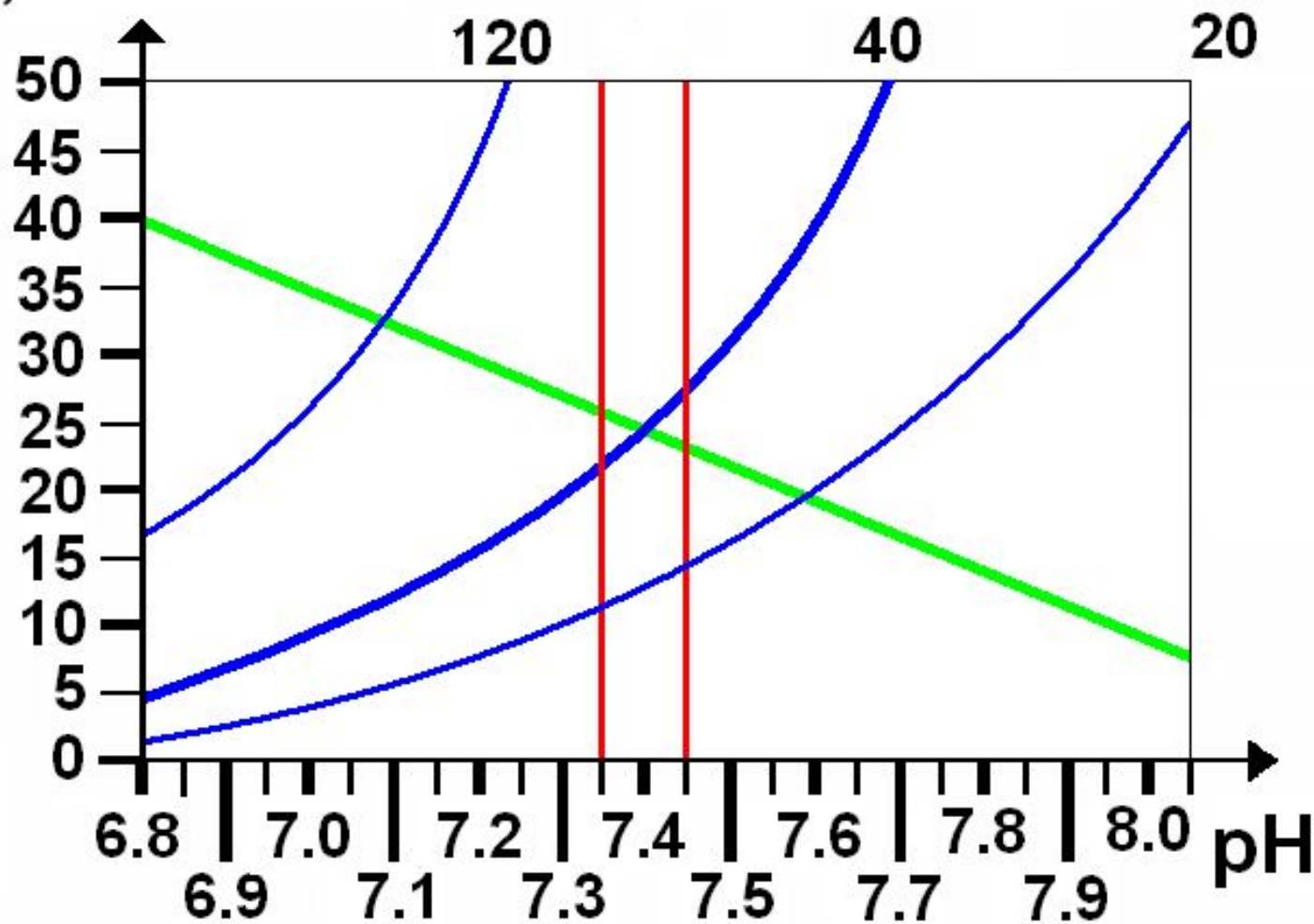
Изобары PCO_2



Номограмма Davenport

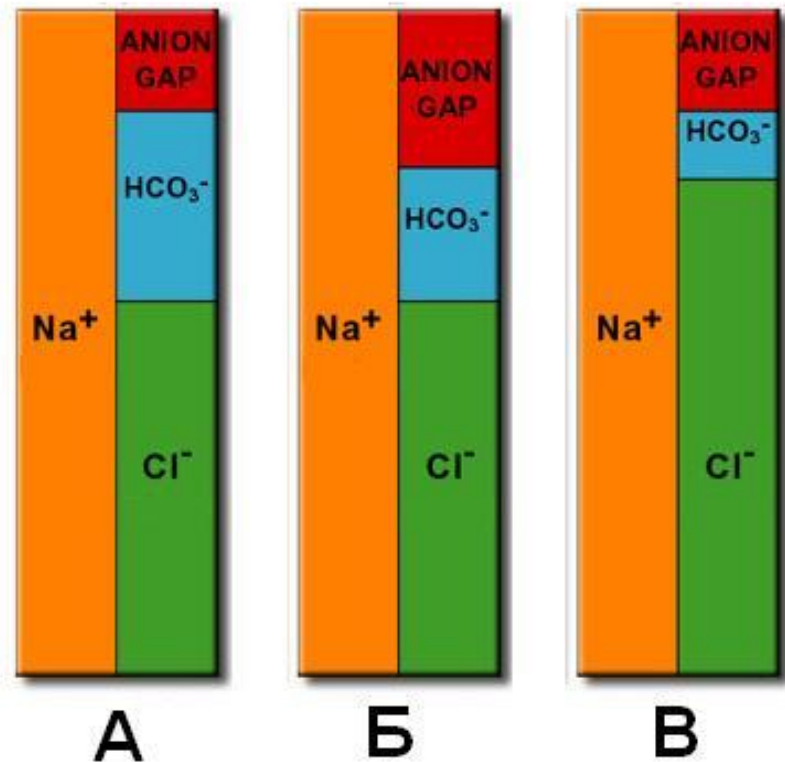
АВ, ммоль/л

Изобары PCO_2



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 и др.)

Метаболический ацидоз

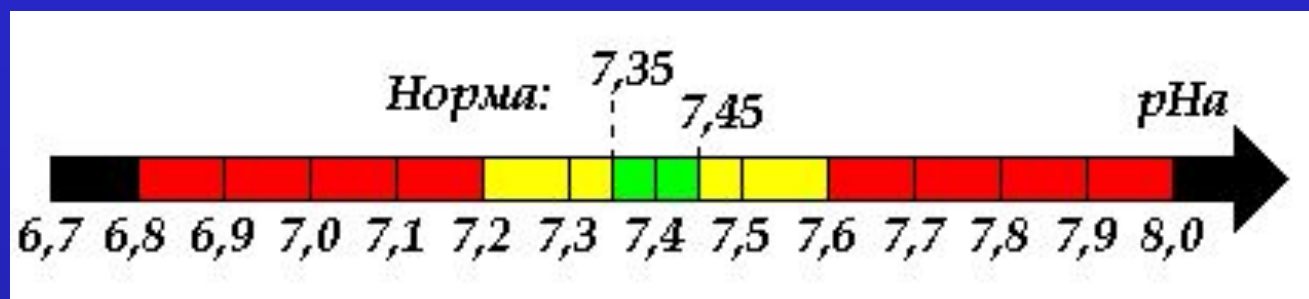
С увеличением анионного разрыва:

$BE < -2,3$ 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 $\text{pH} < 7,2$ – ощелачивающие растворы:
 NaHCO_3 или ТНАМ



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

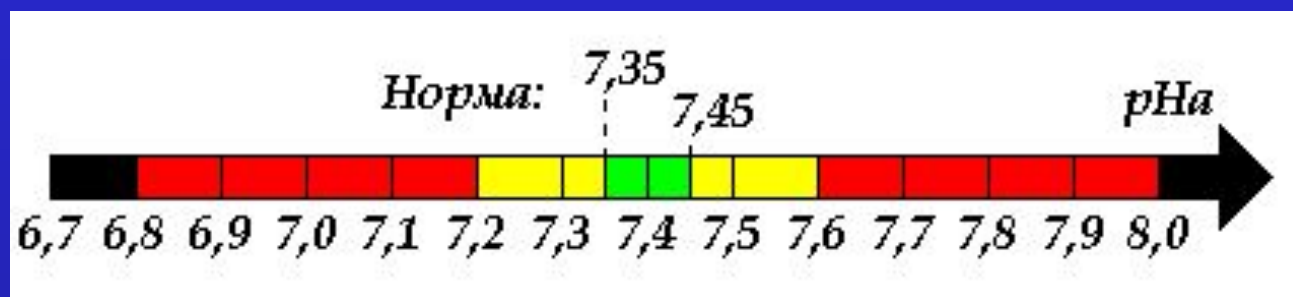
Метаболический алкалоз:

$BE > 2,3$ 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:
HCl?...



Респираторный алкалоз:

$$PaCO_2 < 36 \text{ mm Hg}$$

- Гипервентиляция альвеол

Респираторный ацидоз:

$$PaCO_2 > 42 \text{ mm Hg}$$

- Гиповентиляция альвеол – абсолютная или относительная
- Нужен ли при этом $NaHCO_3$???

