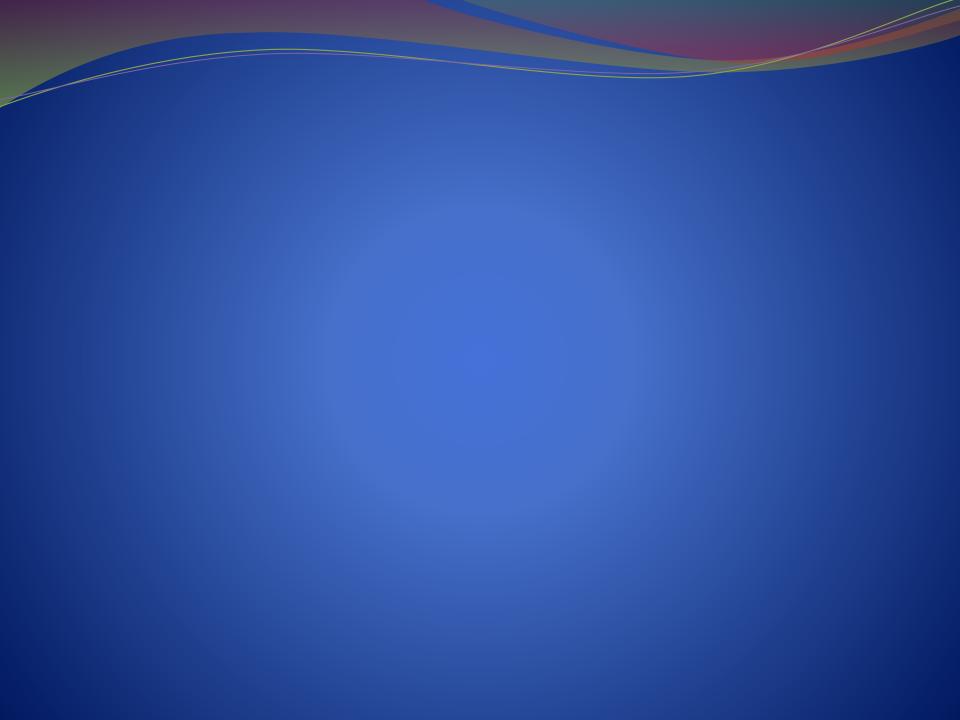
# Кубанский государственный аграрный университет

Кафедра неорганической и аналитической химии

## Бор

Костенко Е.С., Пестунова С.А., Кайгородова Е.А.



В	5
БОР	
10,81	
2s <sup>2</sup> 2p <sup>1</sup>	3 2

**Бор** (лат. Borum) – химический элемент III группы периодической системы Менделеева. Неметалл.

Символ В	Валентный уровень	2s <sup>2</sup> 2p <sup>1</sup>
----------	-------------------	---------------------------------

Атомная номер 5 Радиус атома 98 пм

Атомная масса 10,811 а.е.м. Электроотрицательность 2,01

#### Изотопы

Природный бор состоит из двух стабильных изотопов: <sup>10</sup>B (19%) и <sup>11</sup>B (81%)

#### Физические свойства

Внешний вид простого вещества – кристаллы серовато-черного цвета (очень чистый бор бесцветен).

$$T_{\Pi\Pi} = 2075 \, {}^{\circ}\text{C}$$
  $T_{KM\Pi} = 3700 \, {}^{\circ}\text{C}$ 



#### Основные модификации

 $\alpha$ - ромбоэдрическая  $\rho = 2,46 \text{ г/см}^3$ 

тетрагональная  $\rho = 2,37 \text{ г/см}^3$ 

 $\beta$ -ромбоэдрическая  $\rho = 2,35 \text{ г/см}^3$ 

## Распространенность

Бор сравнительно мало распространен в природе — общее содержание в земной коре около  $10^{-3}$  % (масс.). Элементарный бор в природе не встречается. Он входит во многие соединения и широко распространён, особенно в небольших концентрациях; в виде боросиликатов и боратов, а также в виде изоморфной примеси в минералах входит в состав многих изверженных и осадочных пород. Бор известен в нефтяных и морских водах (в морской воде - 4,6 мг/л), в водах соляных озёр, горячих источников и грязевых вулканов.

## Важнейшие минералы

Датолит	CaBSiO <sub>4</sub> (OH)	Кернит	$Na_2B_4O_7 \cdot 4H_2O$
Сассолин	H <sub>2</sub> BO <sub>2</sub>	Колемапит	Ca <sub>2</sub> B <sub>6</sub> O <sub>11</sub> · 3H <sub>2</sub> O
Бура	$Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$	Гидроборацит	MgCaB,O <sub>11</sub> · 6H <sub>2</sub> O
Аппарит	MgHBO <sub>3</sub>	Улексит	NaCaB <sub>z</sub> O <sub>0</sub> 8H <sub>2</sub> O

## Получение



Луи Жак Тенар

Свободный бор впервые получили в 1808 г. французские химики Ж. Гей-Люссак и Л. Тенар нагреванием борного ангидрида  $B_2O_3$  с металлическим калием



Жозеф Луи Гей-Люссак

- 1. Наиболее чистый бор получают пиролизом бороводородов. Такой бор используется для производства полупроводниковых материалов и тонких химических синтезов.
- 2. Метод металлотермии (чаще восстановление магнием или натрием):

$$B_2O_3 + 3 Mg = 3 MgO + 2 B$$
  
 $KBF_4 + 3 Na = 3 NaF + KF + B$ 

3. Термическое разложение паров бромида бора на раскаленной вольфрамовой проволоке в присутствии водорода (метод Ван-Аркеля): 2 BBr<sub>3</sub> + 3 H<sub>2</sub> = 2 B + 6 HBr (1000—1200 °C)

#### Химические свойства

**Бор** – химически пассивен: не реагирует с водородом, водой, разбавленными кислотами, щелочами в разбавленном растворе.

#### Бор реагирует в жестких условиях с:

- 1. Водяным паром (700-800 °C) **2 В + 3 H\_2O\_{(nap)} = B\_2O\_3 + 3 H\_2**
- 2. Концентрированной  $HNO_3$  B + 3  $HNO_{3 \text{ (конц, гор)}} = B(OH)_3 \downarrow + 3 NO_2 \uparrow$
- 3. Щелочами 2 В  $_{(аморфн)}$  + 2 NaOH  $_{(конц)}$  + 6 H $_2$ O= 2 Na[B(OH) $_4$ ]+ 3 H $_2$  ↑
- 4. Галогенами (Hal=F, 30 °C; Hal=Cl, Br, I 400 °C) 2 B + 3 Hal<sub>2</sub> = 2 BHal<sub>3</sub>
- 5. Азотом (900-1000 °C) **2 В + N**<sub>2</sub> = **2 ВN**
- 6. Галогеноводородами (400-500 °C) **2 В + 6 HHal = 2 BHal**<sub>3</sub> **+ 3 H**<sub>2</sub>
- 7. Сероводородом (800-900 °C) **2 B + 3 H<sub>2</sub>S = B<sub>2</sub>S<sub>3</sub> + 3 H<sub>2</sub>**
- 8. Аммиаком (1000-1200 °C) **2 B + 3 NH**<sub>3</sub> = **2BN + 3 H**<sub>2</sub>

## Оксид бора $B_2O_3$

**В<sub>2</sub>О<sub>3</sub>** – белый, аморфный или кристаллический, очень твердый, гигроскопичный, низкоплавкий (Т<sub>пл</sub> = 480 °C), термически устойчивый.

Кристаллический В<sub>2</sub>О<sub>3</sub> – химически пассивен.

Аморфный оксид бора реагирует с:

- 1. Водой  $B_2O_{3 \text{ (аморфн)}} + 3 H_2O = 2 B(OH)_3 \downarrow$
- 2. Концентрированной **HF**  $B_2O_{3 \text{ (аморфн)}} + 8 \text{ HF}_{\text{(конц)}} = 2H[BF_4]$
- 3. Щелочами  $B_2O_{3 \text{ (аморфн)}} + 2 \text{ NaOH}_{\text{(конц)}} + 3 H_2O = 2 \text{ Na[B(OH)}_4]$   $B_2O_{3 \text{ (аморфн)}} + 2 \text{ NaOH}_{\text{(разб)}} = \text{Na}_2B_4O_7 + H_2O$
- 4. Аммиаком (2000 °C; кат. C, Mg)  $B_2O_{3 \text{ (аморфн)}} + 3 \text{ NH}_3 = 2 \text{ BN} + 3H_2O$
- 5. Металлами (800-900 °C)  $B_2O_{3 \text{ (аморфн)}} + 2 \text{ Al } = \text{Al}_2O_3 + 2 \text{ B}$
- 6. Углеродом (1000 °C)  $B_2O_3$  (аморфн) + 3 C + 3  $CI_2$  = 2  $BCI_3$  + 3 CO

## Гидроксид бора $B(OH)_3 \leftrightarrow H_3BO_3$

 $\mathbf{B}(\mathsf{OH})_3$  — белый, разлагается при нагревании, перегоняется с водяным паром. Растворяется в воде, метаноле, ацетоне, глицерине, жидком аммиаке. Соединение  $\mathsf{B}(\mathsf{OH})_3$  имеет внутри молекулы наиболее "ковалентную" связь бора с кислородом, поскольку бор ближе по электроотрицательности к кислороду, чем Al и Ca. Из-за высокой электро-отрицательности бору энергетически выгоднее входить в состав отрицательно заряженной частицы — кислотного остатка. Поэтому формулу  $\mathsf{B}(\mathsf{OH})_3$  чаще записывают как  $\mathsf{H}_3\mathsf{BO}_3$ :  $\mathsf{H}_3\mathsf{BO}_3=3\mathsf{H}^++\mathsf{BO}_3^{3-}$  (в растворе)

 $B(OH)_3$  pearupyet c:

- 1. Щелочами  $4 B(OH)_3 + 2 NaOH_{(разб)} = Na_2B_4O_7 + 7 H_2O_3$  $B(OH)_3 + NaOH_{(насыщ)} = Na[B(OH)_4]$
- 2. Концентрированной **HF**  $B(OH)_3 + 4 HF_{(конц)} = H[BF_4] + 3 H_2O$
- 3. Солями образует комплексы  $2 B(OH)_3 + M_2SO_4 + 3 H_2SO_{4( безводн)} = 2 M[B(SO_4)_2] + 6 H_2O$   $M = K^+, NH_4^-, \frac{1}{2} Sr^{2+}$

## Применение

#### Элементарный бор

- упрочняющее вещество композиционных материалов
- в электронике бор используется для изменения типа проводимости кремния
- в металлургии в качестве микролегирующего элемента сталей
- -в медицине бор используют для лечения злокачественных опухолей

#### Соединения бора

- пербораты используют в качестве отбеливающих средств
- нитрид бора применяется в качестве абразивного материала
- борная кислота применяется в атомной энергетике в качестве поглотителя нейтронов
- бороводороды чрезвычайно эффективными ракетными топливами
- полимерные соединения бора с водородом и углеродом являются чрезвычайно стойкими к химическим воздействиям и высоким температурам

## Биологическая роль

В мышечной ткани человека содержится  $(0,33-1)\cdot 10^{-4}$  % бора, в костной ткани  $(1,1-3,3)\cdot 10^{-4}$  %, в крови -0,13 мг/л. Ежедневно с пищей человек получает 1-3 мг бора. Токсичная доза -4 г.

Бор нормализует работу эндокринных желез, он способствует улучшению обмена магния, фтора и кальция — элементов, являющихся основным материалом для «строительства» костей, и тем самым укрепляет и улучшает структуру скелета

Соединения бора могут оказывать противовоспалительное, противоопухолевое и гиполипидемическое (нормализующее жировой обмен) действие. При остеопорозе, костном флюорозе, артритах и в начальных стадиях эпилепсии медики назначают препараты бора

Источниками бора для человека являются, в основном, продукты растительного происхождения. Это орехи, бобовые, чернослив, груши, помидоры, яблоки, виноград, финики, корнеплоды, соя, изюм, мёд, морепродукты, пиво и красное вино

Бор необходим для роста растений. При недостатке бора растения плохо развиваются, замедляется их рост, появляются разные заболевания.

