

# ЩЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫЕ МЕТАЛЛЫ

## Вопросы:

1. Распространение в природе.
2. Физические свойства.
3. Химические свойства.
4. Способы получения.
5. Применение металлов и их соединений.
6. Биологические функции щелочноземельных металлов.

# 1. РАСПРОСТРАНЕНИЕ В ПРИРОДЕ.

Щелочноземельные металлы находятся во второй группе главной подгруппе.

Символы этих металлов следующие: *Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra.*

Эти металлы относятся к s–электронному семейству.

В природе наиболее распространенными являются кальций и магний: мел, известняк, мрамор ( $\text{CaCO}_3$ ); магнезит ( $\text{MgCO}_3$ ); доломит ( $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ ); алебастр ( $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ); гипс ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ); кизерит ( $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) и др.

Многие соли кальция и магния содержатся в морской воде:  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{MgCl}_2$  и др.

Group  
1  
IA

# PERIODIC TABLE Atomic Properties of the Elements

# NIST

National Institute of Standards and Technology  
Technology Administration, U.S. Department of Commerce

18  
VIIIA

Physics  
Laboratory  
physics.nist.gov

Standard Reference  
Data Group  
www.nist.gov/srd

**1** <sup>1</sup>H  
Hydrogen  
1.00784  
1s

**2** IIA  
**3** <sup>3</sup>Li  
Lithium  
6.941  
1s<sup>2</sup>2s  
9.3227

**4** <sup>4</sup>Be  
Beryllium  
9.012182  
1s<sup>2</sup>2s<sup>2</sup>  
9.3227

### Frequently used fundamental physical constants

For the most accurate values of these and other constants, visit [physics.nist.gov/constants](http://physics.nist.gov/constants)  
1 second = 9 192 631 770 periods of radiation corresponding to the transition between the two hyperfine levels of the ground state of <sup>133</sup>Cs

speed of light in vacuum  $c$  299 792 458 m s<sup>-1</sup> (exact)  
Planck constant  $h$  6.6261 × 10<sup>-34</sup> J s ( $h = h/2\pi$ )  
elementary charge  $e$  1.6022 × 10<sup>-19</sup> C  
electron mass  $m_e$  9.1094 × 10<sup>-31</sup> kg  
 $m_e c^2$  0.5110 MeV  
proton mass  $m_p$  1.6726 × 10<sup>-27</sup> kg  
fine-structure constant  $\alpha$  1/137.036  
Rydberg constant  $R_\infty$  10 973 732 m<sup>-1</sup>  
 $R_\infty hc$  3.289 842 × 10<sup>15</sup> Hz  
 $R_\infty hc$  13.6057 eV  
Boltzmann constant  $k$  1.3807 × 10<sup>-23</sup> J K<sup>-1</sup>

Solids  
 Liquids  
 Gases  
 Artificially Prepared

**5** <sup>5</sup>B  
Boron  
10.811  
1s<sup>2</sup>2s<sup>2</sup>2p  
8.2960

**13** IIIA  
**14** IVA  
**15** VA  
**16** VIA  
**17** VIIA  
**18** VIIIA

**6** <sup>6</sup>C  
Carbon  
12.0107  
1s<sup>2</sup>2s<sup>2</sup>2p<sup>2</sup>  
11.2603

**7** <sup>7</sup>N  
Nitrogen  
14.0067  
1s<sup>2</sup>2s<sup>2</sup>2p<sup>3</sup>  
14.5341

**8** <sup>8</sup>O  
Oxygen  
15.9994  
1s<sup>2</sup>2s<sup>2</sup>2p<sup>4</sup>  
13.6181

**9** <sup>9</sup>F  
Fluorine  
18.9984032  
1s<sup>2</sup>2s<sup>2</sup>2p<sup>5</sup>  
17.4228

**10** <sup>10</sup>Ne  
Neon  
20.1797  
1s<sup>2</sup>2s<sup>2</sup>2p<sup>6</sup>  
21.5645

**11** IB  
**12** IIB  
**13** <sup>13</sup>Al  
Aluminum  
26.981538  
[Ne]3s<sup>2</sup>3p  
5.9858

**14** <sup>14</sup>Si  
Silicon  
28.0855  
[Ne]3s<sup>2</sup>3p<sup>2</sup>  
8.1517

**15** <sup>15</sup>P  
Phosphorus  
30.973761  
[Ne]3s<sup>2</sup>3p<sup>3</sup>  
10.4867

**16** <sup>16</sup>S  
Sulfur  
32.065  
[Ne]3s<sup>2</sup>3p<sup>4</sup>  
10.3600

**17** <sup>17</sup>Cl  
Chlorine  
35.453  
[Ne]3s<sup>2</sup>3p<sup>5</sup>  
12.9676

**18** <sup>18</sup>Ar  
Argon  
39.948  
[Ne]3s<sup>2</sup>3p<sup>6</sup>  
15.7596

**11** <sup>11</sup>Na  
Sodium  
22.989770  
[Ne]3s  
5.1391

**12** <sup>12</sup>Mg  
Magnesium  
24.3050  
[Ne]3s<sup>2</sup>  
7.6402

**3** IIIB  
**4** IVB  
**5** VB  
**6** VIB  
**7** VIIB  
**8** VIII  
**9** VIII  
**10** VIII  
**11** IB  
**12** IIB

**19** <sup>19</sup>K  
Potassium  
39.0983  
[Ar]4s  
4.3407

**20** <sup>20</sup>Ca  
Calcium  
40.078  
[Ar]4s  
6.1132

**21** <sup>21</sup>Sc  
Scandium  
44.955910  
[Ar]3d<sup>1</sup>4s  
6.5615

**22** <sup>22</sup>Ti  
Titanium  
47.887  
[Ar]3d<sup>2</sup>4s  
6.8281

**23** <sup>23</sup>V  
Vanadium  
50.9415  
[Ar]3d<sup>3</sup>4s  
6.7462

**24** <sup>24</sup>Cr  
Chromium  
51.9961  
[Ar]3d<sup>5</sup>4s  
6.7695

**25** <sup>25</sup>Mn  
Manganese  
54.938049  
[Ar]3d<sup>5</sup>4s  
7.4340

**26** <sup>26</sup>Fe  
Iron  
55.845  
[Ar]3d<sup>6</sup>4s  
7.9024

**27** <sup>27</sup>Co  
Cobalt  
58.933200  
[Ar]3d<sup>7</sup>4s  
7.8810

**28** <sup>28</sup>Ni  
Nickel  
58.6934  
[Ar]3d<sup>8</sup>4s  
7.6398

**29** <sup>29</sup>Cu  
Copper  
63.546  
[Ar]3d<sup>10</sup>4s  
7.7264

**30** <sup>30</sup>Zn  
Zinc  
65.409  
[Ar]3d<sup>10</sup>4s  
9.3942

**37** <sup>37</sup>Rb  
Rubidium  
85.4678  
[Kr]5s  
4.1771

**38** <sup>38</sup>Sr  
Strontium  
87.62  
[Kr]5s  
5.6949

**39** <sup>39</sup>Y  
Yttrium  
88.90585  
[Kr]4d<sup>1</sup>5s  
6.2173

**40** <sup>40</sup>Zr  
Zirconium  
91.224  
[Kr]4d<sup>2</sup>5s  
6.6339

**41** <sup>41</sup>Nb  
Niobium  
92.90638  
[Kr]4d<sup>4</sup>5s  
6.7589

**42** <sup>42</sup>Mo  
Molybdenum  
95.94  
[Kr]4d<sup>5</sup>5s  
7.0924

**43** <sup>43</sup>Tc  
Technetium  
(98)  
[Kr]4d<sup>5</sup>5s  
7.28

**44** <sup>44</sup>Ru  
Ruthenium  
101.07  
[Kr]4d<sup>7</sup>5s  
7.3805

**45** <sup>45</sup>Rh  
Rhodium  
102.90550  
[Kr]4d<sup>8</sup>5s  
7.4589

**46** <sup>46</sup>Pd  
Palladium  
106.42  
[Kr]4d<sup>10</sup>  
8.3369

**47** <sup>47</sup>Ag  
Silver  
107.8682  
[Kr]4d<sup>10</sup>5s  
7.5762

**48** <sup>48</sup>Cd  
Cadmium  
112.411  
[Kr]4d<sup>10</sup>5s  
8.9938

**49** <sup>49</sup>In  
Indium  
114.818  
[Kr]4d<sup>10</sup>5s  
5.7864

**50** <sup>50</sup>Sn  
Tin  
118.710  
[Kr]4d<sup>10</sup>5s  
7.3439

**51** <sup>51</sup>Sb  
Antimony  
121.760  
[Kr]4d<sup>10</sup>5s  
8.6084

**52** <sup>52</sup>Te  
Tellurium  
127.60  
[Kr]4d<sup>10</sup>5s  
9.0096

**53** <sup>53</sup>I  
Iodine  
126.90447  
[Kr]4d<sup>10</sup>5s  
10.4513

**54** <sup>54</sup>Xe  
Xenon  
131.293  
[Kr]4d<sup>10</sup>5s  
12.1298

**55** <sup>55</sup>Cs  
Cesium  
132.90545  
[Xe]6s  
3.8939

**56** <sup>56</sup>Ba  
Barium  
137.327  
[Xe]6s  
5.2117

**72** <sup>72</sup>Hf  
Hafnium  
178.49  
[Xe]4f<sup>14</sup>5d<sup>2</sup>6s  
6.8251

**73** <sup>73</sup>Ta  
Tantalum  
180.9479  
[Xe]4f<sup>14</sup>5d<sup>3</sup>6s  
7.5496

**74** <sup>74</sup>W  
Tungsten  
183.84  
[Xe]4f<sup>14</sup>5d<sup>4</sup>6s  
7.8640

**75** <sup>75</sup>Re  
Rhenium  
186.207  
[Xe]4f<sup>14</sup>5d<sup>5</sup>6s  
7.8335

**76** <sup>76</sup>Os  
Osmium  
190.23  
[Xe]4f<sup>14</sup>5d<sup>6</sup>6s  
8.4382

**77** <sup>77</sup>Ir  
Iridium  
192.217  
[Xe]4f<sup>14</sup>5d<sup>7</sup>6s  
8.9670

**78** <sup>78</sup>Pt  
Platinum  
195.078  
[Xe]4f<sup>14</sup>5d<sup>9</sup>6s  
8.9588

**79** <sup>79</sup>Au  
Gold  
196.96655  
[Xe]4f<sup>14</sup>5d<sup>10</sup>6s  
9.2255

**80** <sup>80</sup>Hg  
Mercury  
200.59  
[Xe]4f<sup>14</sup>5d<sup>10</sup>6s  
10.4375

**81** <sup>81</sup>Tl  
Thallium  
204.3833  
[Hg]6p  
6.1082

**82** <sup>82</sup>Pb  
Lead  
207.2  
[Hg]6p  
7.4167

**83** <sup>83</sup>Bi  
Bismuth  
208.98038  
[Hg]6p  
7.2855

**84** <sup>84</sup>Po  
Polonium  
(209)  
[Hg]6p  
8.414

**85** <sup>85</sup>At  
Astatine  
(210)  
[Hg]6p

**86** <sup>86</sup>Rn  
Radon  
(222)  
[Hg]6p  
10.7485

**87** <sup>87</sup>Fr  
Francium  
(223)  
[Rn]7s  
4.0727

**88** <sup>88</sup>Ra  
Radium  
(226)  
[Rn]7s  
5.2784

**104** <sup>104</sup>Rf  
Rutherfordium  
(261)  
[Rn]5f<sup>14</sup>6d<sup>4</sup>7s  
6.07

**105** <sup>105</sup>Db  
Dubnium  
(262)

**106** <sup>106</sup>Sg  
Seaborgium  
(266)

**107** <sup>107</sup>Bh  
Bohrium  
(264)

**108** <sup>108</sup>Hs  
Hassium  
(277)

**109** <sup>109</sup>Mt  
Meitnerium  
(268)

**110** <sup>110</sup>Uun  
Ununnilium  
(281)

**111** <sup>111</sup>Uuu  
Unununium  
(272)

**112** <sup>112</sup>Uub  
Unbibium  
(285)

**114** <sup>114</sup>Uuq  
Ununquadium  
(289)

**116** <sup>116</sup>Uuh  
Ununhexium  
(292)

Atomic Number  
Ground-state Level  
Symbol  
Name  
Atomic Weight  
Ground-state Configuration  
Ionization Energy (eV)

**58** <sup>58</sup>Gd  
Cerium  
140.116  
[Xe]4f<sup>5</sup>5d<sup>1</sup>6s  
5.5387

**57** <sup>57</sup>Dy  
Dysprosium  
162.500  
[Xe]4f<sup>9</sup>6s  
5.9389

**58** <sup>58</sup>Ce  
Cerium  
140.116  
[Xe]4f<sup>5</sup>5d<sup>1</sup>6s  
5.5387

**59** <sup>59</sup>Pr  
Praseodymium  
140.90765  
[Xe]4f<sup>3</sup>6s  
5.473

**60** <sup>60</sup>Nd  
Neodymium  
144.24  
[Xe]4f<sup>4</sup>6s  
5.5250

**61** <sup>61</sup>Pm  
Promethium  
(145)  
[Xe]4f<sup>5</sup>6s  
5.582

**62** <sup>62</sup>Sm  
Samarium  
150.36  
[Xe]4f<sup>6</sup>6s  
5.6437

**63** <sup>63</sup>Eu  
Europium  
151.964  
5.6704

**64** <sup>64</sup>Gd  
Gadolinium  
157.25  
6.1496

**65** <sup>65</sup>Tb  
Terbium  
158.92534  
6.1979

**66** <sup>66</sup>Dy  
Dysprosium  
162.500  
6.2817

**67** <sup>67</sup>Ho  
Holmium  
164.93032  
6.0215

**68** <sup>68</sup>Er  
Erbium  
167.259  
6.1077

**69** <sup>69</sup>Tm  
Thulium  
168.93421  
6.1843

**70** <sup>70</sup>Yb  
Ytterbium  
173.04  
6.2542

**71** <sup>71</sup>Lu  
Lutetium  
174.967  
6.4259

**89** <sup>89</sup>Ac  
Actinium  
(227)  
[Rn]5f<sup>14</sup>6d  
5.17

**90** <sup>90</sup>Th  
Thorium  
232.0381  
[Rn]6d<sup>2</sup>7s  
6.3067

**91** <sup>91</sup>Pa  
Protactinium  
231.03688  
5.89

**92** <sup>92</sup>U  
Uranium  
238.02891  
6.1941

**93** <sup>93</sup>Np  
Neptunium  
(237)  
[Rn]5f<sup>6</sup>7s  
6.2657

**94** <sup>94</sup>Pu  
Plutonium  
(244)  
[Rn]5f<sup>7</sup>7s  
5.9738

**95** <sup>95</sup>Am  
Americium  
(243)  
[Rn]5f<sup>7</sup>7s  
5.9914

**96** <sup>96</sup>Cm  
Curium  
(247)  
[Rn]5f<sup>8</sup>7s  
6.1979

**97** <sup>97</sup>Bk  
Berkelium  
(247)  
[Rn]5f<sup>9</sup>7s  
6.1979

**98** <sup>98</sup>Cf  
Californium  
(251)  
[Rn]5f<sup>10</sup>7s  
6.2817

**99** <sup>99</sup>Es  
Einsteinium  
(252)  
[Rn]5f<sup>11</sup>7s  
6.42

**100** <sup>100</sup>Fm  
Fermium  
(257)  
[Rn]5f<sup>12</sup>7s  
6.50

**101** <sup>101</sup>Md  
Mendelevium  
(258)  
[Rn]5f<sup>13</sup>7s  
6.58

**102** <sup>102</sup>No  
Nobelium  
(259)  
[Rn]5f<sup>14</sup>7s  
6.65

**103** <sup>103</sup>Lr  
Lawrencium  
(262)  
[Rn]5f<sup>14</sup>7p  
4.97

<sup>†</sup>Based upon <sup>12</sup>C. ( ) indicates the mass number of the most stable isotope.

For a description of the data, visit [physics.nist.gov/data](http://physics.nist.gov/data)

## 2. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА.

Элемент символ	Бериллий <b>Be</b>	Магний <b>Mg</b>	Кальций <b>Ca</b>	Стронций <b>Sr</b>	Барий <b>Ba</b>
Молярная масса атомов	<b>9,01</b>	<b>24,31</b>	<b>40,08</b>	<b>87,62</b>	<b>137,34</b>
Плотность, г/см <sup>3</sup>	<b>1,86</b>	<b>1,74</b>	<b>1,54</b>	<b>2,60</b>	<b>3,65</b>
Температура плавления, °С	<b>1285</b>	<b>650</b>	<b>845</b>	<b>757</b>	<b>710</b>
Температура кипения, °С	<b>2970</b>	<b>1120</b>	<b>1439</b>	<b>1366</b>	<b>1696</b>
Цвет пламени	–	–	Кирпично-красный	Карминово-красный	Желто-зеленый
Восстановительная способность атомов	Увеличивается →				
Реакция с кислородом	Облегчается →				
Основные свойства оксидов	Увеличиваются →				
Электроотрицательность	<b>1,5</b>	<b>1,2</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>0,9</b>

**Бериллий** белый металл с серебристым блеском, твердый (чертит стекло), хрупок, слабо проводит электрический ток и тепло.

**Магний** белый блестящий металл, легко вытягивается в проволоку и ленту. Более электропроводен и теплопроводен, чем бериллий.

**Кальций** в свежем разрезе беловато-серый, ковкий и вязкий металл.

**Стронций** в свежем разрезе серебристо-белый металл. Более мягкий, чем кальций.



### **3. ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА.**

**Во всех реакциях валентность щелочноземельных металлов равна 2.**

**Эти металлы достаточно сильные восстановители, причем восстановительная способность усиливается от бериллия к радю.**

**В соединениях имеют степень окисления +2.**

**Все металлы легко окисляются кислородом воздуха.**

**На бериллии и магнии образующаяся на воздухе оксидная пленка предохраняет металлы от дальнейшего окисления.**

## ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ВОДОЙ:

Бериллий реагирует лишь при высокой температуре, причем образующаяся пленка гидроксида бериллия предохраняет этот металл от дальнейшей реакции с водой.

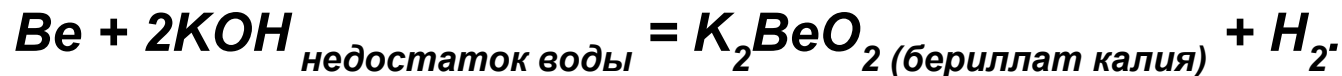
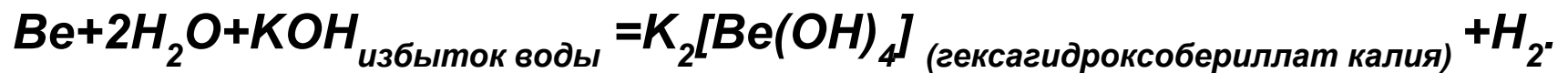
Магний при комнатной температуре реагирует с водой медленно, а при повышенной – достаточно энергично.

У *Ca, Sr, Ba, Ra* по мере возрастания порядкового номера реакция с водой при комнатной температуре происходит все более энергично. Например,



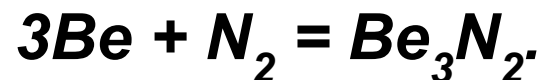
## ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С РАСТВОРАМИ ЩЕЛОЧЕЙ, КИСЛОТ И НЕМЕТАЛЛАМИ.

Только бериллий реагирует с растворами щелочей. Это обусловлено тем, что бериллий является амфотерным металлом.



Все металлы реагируют с растворами кислот не окислителей и окислителей.

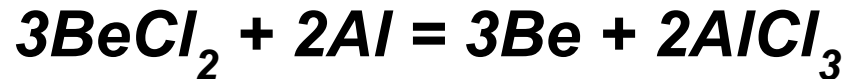
Все металлы, кроме бериллия, непосредственно соединяются с водородом, образуя гидриды (например,  $\text{CaH}_2$ ). При нагревании все щелочноземельные металлы реагируют с азотом, серой, углеродом, кремнием, галогенами. Например,





## 4. СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ.

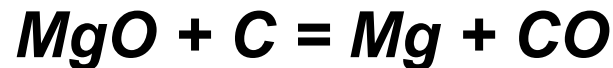
Бериллий получают алюмотермическим методом



или электролизом расплавов его солей, например, при  $350^\circ\text{C}$  из  $\text{Na}_2[\text{Be}(\text{Cl})_4]$



Магний получают восстановлением его оксида углем



или электролизом расплава  $\text{MgCl}_2$ .

Аналогично получают и другие щелочноземельные металлы.

## **5. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТАЛЛОВ И ИХ СОЕДИНЕНИЙ.**

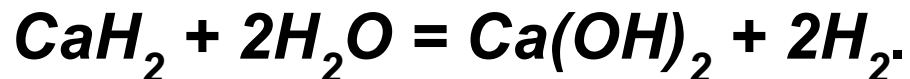
**Бериллий применяется в атомной технике как источник нейтронов, а также в сплавах с медью (например, бериллиевые бронзы).**

**Магний применяют для получения легких и сверхлегких металлических сплавов. Он используется как восстановитель для получения титана, циркония и других металлов из их оксидов.**

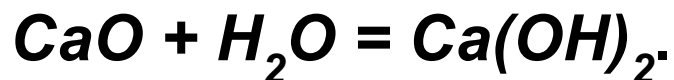
**Кальций применяют в сплавах со свинцом для заливки подшипников скольжения.**

## СОЕДИНЕНИЯ ЩЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

Гидрид кальция реагирует с водой с выделением водорода, применяют для получения водорода:



Оксиды бериллия и магния в воде практически не растворимы. Другие оксиды щелочноземельных металлов растворимы в воде, причем образуется щелочь:

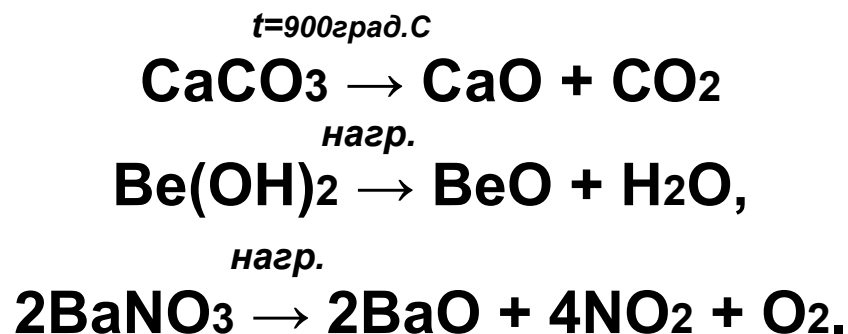


Оксид бериллия реагирует с кислотами и щелочами, то есть проявляет амфотерные свойства:



Получают оксиды термическим разложением карбонатов, гидроксидов, нитратов.

Например,



Применяют в основном оксид кальция для приготовления известкового раствора, для футеровки печей, в стекольном производстве, для получения карбида кальция. Оксид бериллия применяют для изготовления тугоплавкого и огнеупорного материала, тиглей. Для этих же целей применяют оксид магния. Кроме того, его применяют в медицине.

Смесь  $MgO$  и  $MgCl_2$  называется магнезиальной смесью, ее применяют для изготовления мельничных жерновов, точильных камней, ксилолита (древесные опилки, пропитанные магнезиальной смесью, спрессованные и прокаленные при температуре  $800^{\circ}C$ ) и фибролита (древесные стружки, обработанные как при получении ксилолита).

Оксид стронция применяют в сахароварении для выделения сахара из меломассы, т.к. он дает нерастворимое в воде соединение состава  $C_{12}H_{22}O_{11} \cdot SrO$ .

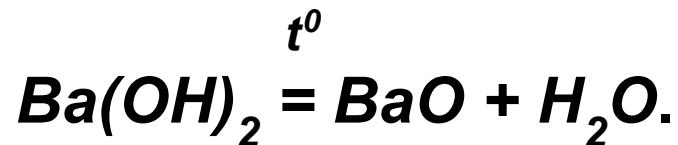
Как теплоизоляционный материал находят применение асбест ( $3MgO \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$ ) и тальк ( $CaO \cdot 3MgO \cdot 4SiO_2$ ).

Карбид кальция  $CaC_2$  применяют для получения ацетилена  $CaC_2 + 2H_2O = Ca(OH)_2 + CH \equiv CH$ .

Гидроксиды бериллия и магния не растворяются в воде. Остальные гидроксиды растворяются в воде, образуя щелочи.

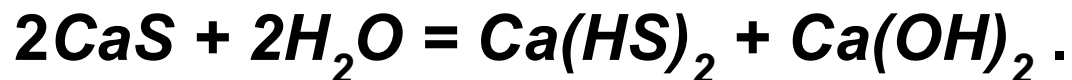
Гидроксид бериллия – амфотерное соединение (уравнения реакций аналогичны уравнениям реакций оксида бериллия со щелочами).

Все гидроксиды термически разлагаются с образованием оксида металла и воды:

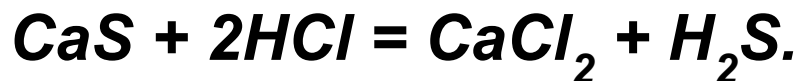


Применяют в основном гидроксид кальция (гашеную известь) в строительстве, в медицине, для получения аммиака и хлорной извести ( $\text{CaOCl}_2$ ).

Соли хлориды, бромиды и йодиды хорошо растворяются в воде. Из фторидов растворяется в воде лишь  $BeF_2$ . Все галогениды гигроскопичны. Сульфиды щелочноземельных металлов слабо растворяются в воде. В растворе гидролизуются:



Термически устойчивы. Легко разлагаются кислотами:



Гидросульфиды хорошо растворимы в воде. Применяют в основном сульфиды кальция, бария и стронция в кожевенной промышленности и при изготовлении светящихся красок. В строительстве применяют также гипс и алебастр. Для получения фосфора и фосфорных удобрений используют фосфорит  $Ca_3(PO_4)_2$  и апатит  $3Ca_3(PO_4)_2 \cdot Ca(F)Cl$ .

## **6. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ЩЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ.**

**Бериллий и его соединения очень токсичны. Токсичны также соединения стронция и бария. Соли бария действуют как сердечные яды.**

**Магний входит в состав хлорофилла. Ионы магния участвуют в регулировании действия некоторых ферментов и клеточных систем.**

**Кальций входит в состав костей человека и животных и образует основу твердой части зубной ткани. Он содержится в ряде белков (казеин), оказывает существенное влияние на работу ферментов.**