

## 2 група. Магній та лужно–земельні метали

проф. В'юник І. М.

Хімічний факультет  
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна  
Кафедра неорганічної хімії

# Електронна будова атомів

- Магній та лужно–земельні метали ( $ns^2$ )
- Mg взагалі схожий на Be проявляє тенденцію до утворення ковалентних зв'язків.

Проте різниця у будові передзовнішніх електронних шарів і наявність у Mg вільних  $d$ – орбіталей обумовлює помітну різницю у властивостях Be і Mg.

- Внаслідок цього структура і властивості однотипних сполук Be і Mg суттєво відрізняються ( $sp^3$ –,  $sp^3d^2$ – гібридизація).
- Mg і Be суттєво відрізняються розмірами атомів і іонів ( $E^{2+}$  : 0.34Å, 0.78Å).

# Електронна будова атомів

- Здатність Mg утворювати ковалентний зв'язок в порівнянні з Al і Be знижується. Навпаки для Mg більш характерним є утворення іонного зв'язку. В цьому відношенні він наближується до елементів підгрупи Ca.

Елементи підгрупи Ca мають, на відміну від Be і Mg, відносно більші атомні радіуси та низькі значення потенціалів  $I_1$

	Be	Mg	Ca	Sr	Ba	Ra
$r_{\text{ат}}, \text{Å}$	0.89	1.62	1.97	2.13	2.21	2.30
$I_1, \text{ев}$	9.32	7.64	6.11	5.69	5.21	5.28
$I_2, \text{ев}$	18.21	15.03	11.87	10.98	9.95	10.10
в з. корі % мол.	$10^{-3}$	1.4	1.5	$8 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-12}$

# Електронна будова атомів

- У зв'язку з цим в умовах хімічної взаємодії Ca і його аналогів легко втрачають валентні електрони і утворюють іони  $E^{2+}$ .
- Комплексні іони для елементів підгрупи Ca нестійкі, оскільки вони мають електронну конфігурацію  $s^2 p^6$  і великі розміри, тобто слабо поляризують.

## Поширення елементів у природі

- Поширення у природі:  $^{24}\text{Mg}$ ,  $^{25}\text{Mg}$ ,  $^{26}\text{Mg}$ :  $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$  — олівін,  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  — доломіт,  $\text{MgCO}_3$  — магнезит,  $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$  — карналіт, в морській воді (до 0.38 %  $\text{MgCl}_2$ ) і воді деяких озер ( до 30 %  $\text{MgCl}_2$ ).
- У Ca — 6 ізотопів, Sr (4), Ba (7), Ra — стабільних ізотопів не має.
- Ca: силікати, алюмосилікати, кальцит ( $\text{CaCO}_3$ ) — вапняк і крейда, мрамур (доломіт + кальцит), ангідрит ( $\text{CaSO}_4$ ), гіпс ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ ), флюорит ( $\text{CaF}_2$ ), апатит  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})$ .  
Кальцій та магній містяться у природній воді і є головною причиною її жорсткості.
- $\text{SrCO}_3$  (стронціаніт),  $\text{BaCO}_3$  (вітерит),  $\text{SrSO}_4$  (целестин),  $\text{BaSO}_4$  (барит, важкий шпат). Радій в уранових рудах.

# Одержання Mg, Ca, Sr, Ba, Ra

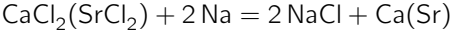
Одержання Mg, Ca, Sr, Ba, Ra:

■ Mg одержують:

- 1 електролізом розтопленого карналіту або  $\text{MgCl}_2$ , до якого додають для зниження  $T_{\text{пл}}$ .  $\text{NaCl}$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{KCl}$  або інші хлориди. Електроліз проводять при  $720 - 750^\circ\text{C}$
- 2  $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3 \xrightarrow{t^\circ} \text{CaO} \cdot \text{MgO} + 2 \text{CO}_2$ ,  
 $2 (\text{CaO} \cdot \text{MgO}) + \text{Si} \xrightarrow{1200^\circ\text{C}} \text{Ca}_2\text{SiO}_4 + 2 \text{Mg}$
- 3  $\text{MgO} + \text{C} \xrightarrow{2100^\circ\text{C}} \text{Mg} + \text{CO}$  Mg (99.999 % сублимують багаторазово у вакуумі)

# Одержання Mg, Ca, Sr, Ba, Ra

- Ca і Sr одержують:
  - 1 електролізом їх розплавлених хлоридів
  - 2 відновленням галогенідів Na



- Ba одержують:
  - $3 \text{BaO} + 2 \text{Al} = \text{Al}_2\text{O}_3 + 3 \text{Ba}$  (високої чистоти. сублимує)

# Фізичні властивості простих речовин

## ■ Властивості простих речовин:

	Be	Mg	Ca	Sr	Ba	Ra
$d, \text{г/см}^3$	1.85	1.74	1.5	2.6	3.5	5.0
$T_{\text{пл.}}, ^\circ\text{C}$	1283	650	850	770	710	910
$T_{\text{кип.}}, ^\circ\text{C}$	2470	1103	1490	1357	1634	1536
$E^0, \text{вольт}$	-1.7	-2.34	-2.87	-2.89	-2.9	-

- Mg, Ca, Sr, Ba, Ra — сріблясто-білі метали, на повітрі покриваються: Mg — оксидною плівкою з матовим відтінком, решта — жовтувато-білою плівкою продуктів взаємодії зі складовими частинками повітря.
- Mg — м'якший за Be, Ca — доволі твердий, Sr, Ba, Ra — м'якші. Ці метали відносяться до легких металів, Mg і Ca легкіші Be, всі відносяться до тугоплавких.



# Хімічні властивості простих речовин

- Хімічні властивості: Mg, Ca, Sr, Ba і Ra — хімічно активні метали. Вони енергійно взаємодіють з активними неметалами (Hal, O, S).
- З менш активними неметалами (N, H, C, Si і іншими) взаємодіють при більш або менш сильному нагріванні.
- Реакції супроводжуються виділенням великої кількості тепла, що свідчить про утворення міцних структур.
- В ряду Mg — Ba зростає хімічна активність.

# Хімічні властивості простих речовин

- При нагріванні з іншими металами утворюються евтектичні суміші, тверді розчини і інтерметалічні сполуки, які входять до складу сплавів.
- Серед них найбільш відомий сплав — електрон (3 – 10% Al, 0.2 – 3 % Zn, решта Mg), який через міцність, легкість, корозійну стійкість застосовується в ракетній техніці, літакобудуванні, автомобільній промисловості, приладобудуванні.
- В ряду напруг Mg і лужно–земельні метали розміщуються далеко до водню, причому Mg стоїть після лужно–земельних металів.

# Хімічні властивості простих речовин

- На холоді Mg з  $\text{H}_2\text{O}$  взаємодіє дуже повільно, так як  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  у воді не розчиняється.  
При нагріванні розчинність  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  збільшується і реакція з водою прискорюється.
- Решта металів з  $\text{H}_2\text{O}$  взаємодіє навіть на холоді, так як утворенні гідроксиди більш або менш розчинні у  $\text{H}_2\text{O}$ .
- Активність взаємодії з  $\text{H}_2\text{O}$  в ряду Mg — Ca — Sr — Ba зростає.
- В кислотах Mg, Ca і його аналоги також розчиняються дуже енергійно (крім HF,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ). З останніми кислотами утворюються малорозчинні сполуки.

# Хімічні властивості простих речовин

- З лугами Mg, Ca, Sr, Ba не взаємодіють.
- Внаслідок високої хімічної активності лужно-земельні метали зберігають під гасом або в запаяних ампулах.

# Застосування Mg, Ca, Sr, Ba, Ra

- Застосування: Mg для виробництва надлегких сплавів, в металотермії (Mg, Ca, Sr, Ba) — для добування Ti, Zr, V, U і інших, актиноїдів, лантаноїдів.
- Освітлювальні та запалювальні ракети, снаряди, у фото- та освітлювальній техніці.
- Ca в сплавах з Pb для заливки підшипників, один із важливих елементів рослинних і тваринних організмів.

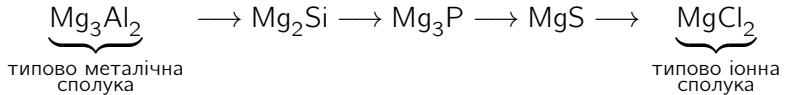
## Сполуки елементів (+2)

- Хімічні сполуки Mg і елементів підгрупи Ca(II): Координаційне число Mg КЧ = 6.
- При переході від Mg до Ca, Sr, Ba і Ra в утворенні хімічних зв'язків все більшу роль починають відігравати  $f$ -орбіталі. Тому координаційні числа мають бути відповідно в  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{BaO}_2$ ,  $\text{BaCl}_2$ ,  $\text{BaH}_2$  рівними 6, 6, 9 і 11.

# Сполуки елементів (+2)

## Загальна характеристика бінарних сполук та солей

- Бінарні сполуки Mg в залежності від природи більш електронегативного елемента можуть бути сполуками від переважно металічних до переважно іонних:



- За хімічною природою сполуки Mg(II) переважно основні. Деякі сполуки (MgCl<sub>2</sub>, MgSO<sub>4</sub>, Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> і інші) за звичайних умов гідролізові не піддаються, інші (MgH<sub>2</sub>, Mg<sub>3</sub>N<sub>2</sub>, MgC<sub>2</sub>, Mg<sub>2</sub>C<sub>3</sub>) створюють слабколужне середовище.

# Сполуки елементів (+2)

## Загальна характеристика бінарних сполук та солей

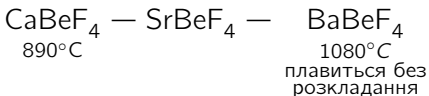
- Більшість солей  $Mg^{2+}$  розчинні у воді. Важкорозчинними є солі слабких кислот:  $Mg_3(PO_4)_2$ ,  $MgCO_3$ ,  $MgF_2$ ,  $Mg_3(AsO_4)_2$  і т. інше.
- У водних розчинах  $Mg^{2+}$  —  $[Mg(H_2O)_6]^{2+}$  — гексааквокомплекси.
- При кристалізації утворюються:  $MgCl_2 \cdot 6 H_2O$ ,  $Mg(NO_3)_2 \cdot 6 H_2O$ ,  $Mg(ClO_4)_2 \cdot 6 H_2O$ .
- Існують також кристалогідрати з 1–12  $H_2O$ :  $MgSO_4 \cdot H_2O$ ,  $MgSO_4 \cdot 7 H_2O$  (гірка сіль),  $MgSO_4 \cdot 12 H_2O$ .
- Безводні солі  $Mg(II)$  сильно гігроскопічні, особливо  $Mg(ClO_4)_2$  — ангідрон. Застосовують для осушки газів ( $H_2$ ,  $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2S$  і інші). Поглинає до 60 % вологи від своєї маси.



# Сполуки елементів (+2)

## Загальна характеристика бінарних сполук та солей

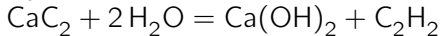
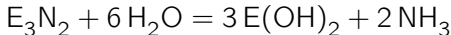
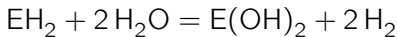
- Бінарні сполуки елементів підгрупи Ca плавляться при високих температурах.
- У  $H_2O$  добре розчинні лише  $ECl_2$ ,  $EBr_2$ ,  $EI_2$ , гірша розчинність у  $ES$ ,  $E(OH)_2$ ,  $E(HS)_2$ . Серед солей розчинні  $E(NO_3)_2$ ,  $ESiF_6$ ,  $CaSO_4$ , а також більшість кислих солей.
- В ряду  $Ca - Sr - Ba$  стійкість однотипних сполук взагалі збільшується. Це зв'язано з послабленням поляризуючої дії в цьому ж ряді, наприклад:



# Сполуки елементів (+2)

## Загальна характеристика бінарних сполук та солей

- Аналогічно Mg, солі та солеподібні сполуки Ca та його аналогів гідролізові або не піддаються ( $E\text{Hal}_2$ ,  $E(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{ESiF}_6$  і т. інше), або дають лужне середовище:



- Катіонні комплекси — кристалогідрати  $[E(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ ,  $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  гігроскопічні солі,  $\text{CaCl}_2$  — осушувач. Безводні солі схильні приєднувати  $\text{NH}_3$ :  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{NH}_3$ ,  $\text{Mg}(\text{ClO}_4)_2 \cdot 6\text{NH}_3$ ,  $E\text{Hal}_2 \cdot 8\text{NH}_3$

# Сполуки елементів (+2)

Загальна характеристика бінарних сполук та солей

$\text{Cl}^-$	$\text{Br}^-$	$\text{I}^-$
$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Sr}^{2+}$	$\text{Ba}^{2+}$
→ стійкість падає		

- Аміаки легко розкладаються водою і відомі лише у твердому стані.
- Аніонні комплекси не характерні, проте для цих елементів дуже різноманітні подвійні солі Mg типу змішаних карбонатів  $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ , нітридів  $\text{LiMgN}$  і інші.

Дуже характерні їх кристалогідрати  $\text{MgCl}_2 \cdot \text{KCl} \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgSO}_4 \cdot \text{M}_2\text{SO}_4 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$  і т. інше.

# Сполуки елементів (+2)

## Оксиди металів

### ■ Оксиди металів:

	BeO	MgO	CaO	SrO	BaO
$T_{пл.}, ^\circ C$	2520	2800	2585	2430	1923
S у H <sub>2</sub> O E(OH) <sub>2</sub>	$8 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-2}$	$7 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-1}$

- Вони енергійно взаємодіють з водою, утворюючи основи E(OH)<sub>2</sub>.
- Одержують EO термічним розкладанням карбонатів або нітратів:
 
$$MgCO_3 \xrightarrow{t^\circ} MgO + CO_2$$

$$2 Ba(NO_3)_2 \xrightarrow{t^\circ} 2 BaO + 4 NO_2 + O_2$$
- В техніці одержують термічним розкладанням природних карбонатів.

# Сполуки елементів (+2)

## Оксиди металів

- Оксиди поглинають  $\text{CO}_2$ , розчиняються легко в кислотах. Однак, сильно прокалений  $\text{MgO}$  стає твердим, легко втрачає хімічну активність (палена магнезія), ним користуються при добуванні  $\text{Mg}$ , наповнювач резини, для очистки нафти, у виробництві вогнетривких виробів, будівельних матеріалів і інше.
- В ряду  $\text{CaO} — \text{SrO} — \text{BaO}$  теплоти гідратації зростають, в цьому ж ряду зростають і основні властивості, про що свідчать значення  $\Delta G_p^0$  реакції взаємодії їх з кислотними оксидами:  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$ .

# Сполуки елементів (+2)

## Гідроксиди

- Гідроксиди Mg, Ca, Sr, Ba, Ra:  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  — кристалічна речовина з пошаровою структурою, у воді розчиняється незначно, є основою середньої сили. Зокрема із насичених розчинів сполук амонію витиснює амоніак:

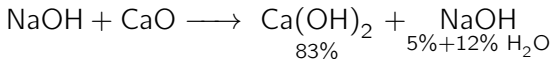


- Гідроксиди Ca, Sr, Ba, Ra — сильні основи, за силою поступаються лише гідроксидам s- елементів I групи Періодичної системи.
- В ряду Ca — Sr — Ba посилюється основний характер гідроксидів. В цьому ж ряду посилюється розчинність та термічна стабільність.

# Сполуки елементів (+2)

## Гідроксиди

- Розчин  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  — баритова вода, реактив на  $\text{CO}_2$ . Каламуть  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  — вапняне молоко, гашене вапно, дешева розчинна основа.
- Натронне вапно: розчин



# Сполуки елементів (+2)

Перокси́ди, персульфі́ди та перкарбі́ди

- Крім оксидів, активні метали (Ca, Sr, Ba) утворюють перокси́ди ( $\text{EO}_2$ ), надперокси́ди ( $\text{E}(\text{O}_2)_2$ ), персульфі́ди ( $\text{ES}_n$ , де  $n = 2 - 5$ ), перкарбі́ди ( $\text{EC}_2$ ).
- В ряду Ca — Sr — Ba стабільність цих сполук зростає:
- $2\text{BaO} + \text{O}_2 \xrightarrow{600^\circ} 2\text{BaO}_2$  подальше нагрівання веде до розкладу  $\text{BaO}_2$
- $\text{CaCl}_2 + 2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{O}_2 = \text{CaO}_2 + 2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O}$
- $\text{EO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}_2 = \text{EO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$



# Сполуки елементів (+2)

Пероксиди, персульфіди та перкарбіди

- Утворення аналогічних  $\text{BaO}_2$  пероксидів Ca та Sr іде значно важче і з меншим виділенням тепла.  
У зв'язку з цим падає їх термічна стабільність  
 $\text{BaO}_2 > \text{SrO}_2 > \text{CaO}_2 \rightarrow$  стабільність падає
- $\text{E}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{O}_2 = \text{EO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$
- $\text{EO}_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{P,T} \text{EO}_{4(p)}$
- В протилежність пероксидам стабільність надпероксидів в ряду  $\text{CaO}_4 > \text{SrO}_4 > \text{BaO}_4$  зменшується  
 $2 \text{EO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O} = 2 \text{H}_2\text{O}_2 + 2 \text{EO}_2 + \text{O}_2$

# Сполуки елементів (+2)

Пероксиди, персульфіди та перкарбіди

- Персульфіди ( $ES_n$ ,  $n = 2 - 5$ ). Сильнодіючі засоби для зняття волосся із шкіри. В ряду  $Ca - Sr - Ba$  їх стабільність зростає.
- У вільному стані персульфіди  $Ca$  взагалі не існують, в той час як для  $Ba$  одержано  $BaS_2$  ( $T_{пл.} = 925^\circ C$ ),  $BaS_3$  ( $T_{пл.} = 554^\circ C$ ).
- Перкарбіди  $EC_2$ : Утворюються при накаливанні  $Me$  (або його оксиду) з вугіллям:  
$$Me + 2C \xrightarrow{t^\circ} MeC_2$$
- Вони розкладаються водою:  
$$EC_2 + 2H_2O = E(OH)_2 + C_2H_2$$

# Сполуки елементів (+2)

## Гідриди

- Гідриди Mg, Ca, Sr, Ba: Mg з H<sub>2</sub> безпосередньо не взаємодіє. MgH<sub>2</sub> можна одержати непрямим шляхом:  
$$2 \text{LiH} + \text{MgCl}_2 \xrightarrow{\text{ефір}} 2 \text{LiCl} + \text{MgH}_2$$
- На відміну від (AlH<sub>3</sub>)<sub>n</sub> і BeH<sub>2</sub> в MgH<sub>2</sub> більш чітко проявляється іонний зв'язок.
- MgH<sub>2</sub> — біла нелетка тверда речовина, термічно більш стійка, чим (AlH<sub>3</sub>)<sub>n</sub> і BeH<sub>2</sub>, легко розкладається H<sub>2</sub>O.
- Відомі гідриди змішаного типу Mg(BH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, Mg(AlH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.
- Гідриди елементів підгрупи Ca мають типовий іонний характер, мають високі T<sub>пл.</sub> і електропровідність, це безбарвні кристалічні речовини.

# Сполуки елементів (+2)

## Гідриди

- При нагріванні:  $\text{EH}_2 \xrightarrow{600-700^\circ\text{C}} \text{E} + \text{H}_2$
- Одержують:  
$$\text{E} + \text{H}_2 \xrightarrow{>700^\circ\text{C}} \text{EH}_2$$
- Це реакційно здатні речовини. При нагріванні на повітрі самозаймаються:  
$$\text{EH}_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{t^\circ} \text{EO} + \text{H}_2\text{O}$$
- Гідриди елементів підгрупи Ca бурхливо реагують з водою:  
$$\text{EH}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{E}(\text{OH})_2 + 2\text{H}_2$$

# Сполуки елементів (+2)

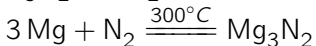
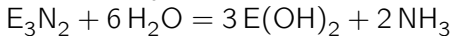
## Гідриди

- Ще енергійніше гідриди взаємодіють з розбавленими кислотами. Гідриди проявляють сильну відновну здатність:  
$$\text{CO}_2 + \text{CaH}_2 = \text{C} + \text{CaO} + \text{H}_2\text{O}$$
- В ряду гідридів  $\text{CaH}_2 - \text{SrH}_2 - \text{BaH}_2$  падає стабільність, росте реакційна здатність.

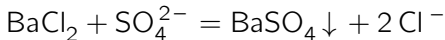
# Сполуки елементів (+2)

Нітриди, галогеніди, нітрати

- Нітриди ( $E_3N_2$ ):



- В ряду Mg — Ba падає стабільність.
- Галогеніди  $EHal_2$ :  $EF_2$ ,  $ECl_2$ ,  $EBr_2$ ,  $EI_2$ . Фториди — тугоплавкі, не розчинні у  $H_2O$ .
- $CaF_2$  — оптичний флюорит,  $CaCl_2$  — осушувач,  $BaCl_2$  — в сільському господарстві для боротьби з шкідниками, в аналітичній хімії:



# Сполуки елементів (+2)

Нітриди, галогеніди, нітрати

- Нітрати: Добре розчинні у воді речовини  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ .
- $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$  — добриво. В піротехніці суміш  
 $\text{KClO}_3 + \text{Sr}(\text{NO}_3)_2$  — червоний  
 $\text{KClO}_3 + \text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  — зелений

# Сполуки елементів (+2)

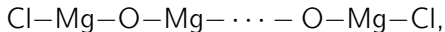
## Природні сполуки Ca, скріплючі матеріали

- Природні сполуки Ca застосовуються у виробництві скріплючих матеріалів — порошковидні речовини, які при змішуванні з  $\text{H}_2\text{O}$  утворюють пластичну масу, яка загустіває і твердіє (цей процес називається тужавінням).

- Вони використовуються в будівельній справі для скріплення цеглин, камінів, окремих елементів споруди, для виготовлення бетону, будівельних деталей та конструкцій.

До таких матеріалів належать: цементи, гіпсові матеріали, вапно і інші.

- Серед високомолекулярних сполук Mg найбільше значення має його оксохлорид





# Сполуки елементів (+2)

Природні сполуки Ca, скріплюючі матеріали

- та оксогідроксид  
 $\text{HO-Mg-O-Mg-}\dots\text{-O-Mg-OH}$
- які є основою магнезіального цементу. Останній одержують при змішуванні попередньо прокаленого  $\text{MgO}$  з 30 % розчином  $\text{MgCl}_2$ .  
Внаслідок утворення високомолекулярних ланцюгів ця суміш поступово перетворюється в білу тверду масу, стійку до кислот та лугів.
- Цементи за своїм складом — силікати та алюмосилікати кальцію. Si і Al особливо схильні до утворення гетероланцюжних полімерів ( $\text{Si-O-Si}$ ,  $\text{Al-O-Al}$ ).

# Сполуки елементів (+2)

Природні сполуки Ca, скріплюючі матеріали

- В залежності від складу силікатів та алюмінатів розрізняють силікатний (портланд) цемент та алюмінатний (глиноземистий).
- Гіпсові матеріали — це перш за все палений гіпс або алебастр —  $2 \text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$   
$$2 [\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}] \xrightarrow{150-180^\circ} 2 \text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} + 2 \text{H}_2\text{O}$$
- При замішуванні його з водою відбувається приєднання  $\text{H}_2\text{O}$ , яке супроводиться затвердінням всієї маси.
- Вапняний розчин — суміш  $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{SiO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{CaSiO}_3 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$
- $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ , силікати кальцію.

# Сполуки елементів (+2)

## Жорсткість води, методи її усунення

- Жорсткість  $\text{H}_2\text{O}$ : Наявність у природній  $\text{H}_2\text{O}$  солей  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{Mg}^{2+}$  обумовлює її жорсткість.
- Розрізняють тимчасову і постійну жорсткість води. Тимчасова жорсткість — гідрокарбонатна, постійна — обумовлена сульфатами і хлоридами кальцію та магнію.
- За прийнятими стандартами жорсткість виражають числом міліграм–еквівалентів іонів  $\text{Ca}^{2+}$  та  $\text{Mg}^{2+}$  в 1 л. води:
  - 1 м'ягка  $\text{H}_2\text{O}$  містить менше 4 мг–екв/л;
  - 2 середня жорсткість  $\text{H}_2\text{O}$  від 4 — 8 мг–екв/л;
  - 3 жорстка вода від 8 — 12 мг–екв/л;
  - 4 дуже жорстка вода > 12 мг–екв/л.

# Сполуки елементів (+2)

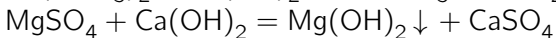
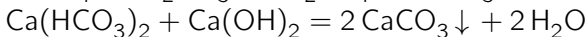
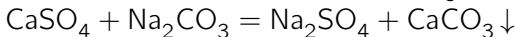
## Жорсткість води, методи її усунення

Усунення жорсткості води: фізичні та хімічні методи.

- Тимчасову жорсткість усувають кип'ятінням води:



- Хімічне пом'якшення води засноване на введенні у  $\text{H}_2\text{O}$  реагентів, які збагачують її аніонами  $\text{CO}_3^{2-}$  і  $\text{OH}^-$ , в результаті чого утворюються  $\text{CaCO}_3 \downarrow$  і  $\text{Mg}(\text{OH})_2 \downarrow$ :

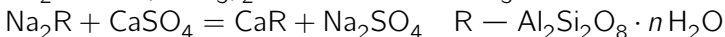
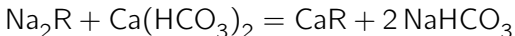


- Також застосовують фосфати, буру, поташ і інші.

# Сполуки елементів (+2)

Жорсткість води, методи її усунення

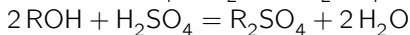
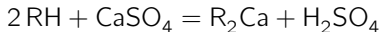
- Метод іонного обміну. Іоніти — катіоніти та аніоніти. Катіоніти — алюмосилікати, пермутити, цеоліти:



- Іоннообмінні смоли:

- катіоннообмінні смоли:  $-\text{SO}_3\text{H}$ ,  $-\text{COOH}$ ,  $-\text{OH}$  — групи, де відбувається обмін  $\text{H}^+ \longrightarrow \text{Me}^{2+}$

- аніоннообмінні:  $-\text{NH}_2$ ,  $=\text{NH}$ ,  $\equiv\text{N}$  відбувається обмін  $\text{OH}^-$  — груп, які утворюються на поверхні смоли в результаті її гідратації, на аніони:



- Іоніти широко застосовуються в гідрометалургії для вилучення кольорових, благородних та рідкісних металів, в аналітичній хімії.

Будова  
○○○○○

Прості речовини  
○○○○○

Сполуки  
○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○