

## Лекція за темою «Елементи II В групи»

### Загальна характеристика елементів II В групи

До II В групи періодичної системи належать Цинк Zn, Кадмій Cd та Меркурій Hg. Усі елементи підгрупи Цинку є електронними аналогами та останніми *d*-елементами відповідних періодів. Електронна конфігурація їх валентних електронів  $ns^2(n-1)d^{10}$ . Така електронна конфігурація свідчить про те, що на зовнішньому енергетичному рівні цинк, кадмій та ртуть мають по 2*s*-електрони як і елементи II А групи. Однак елементи II В групи мало схожі на лужноземельні метали. Це зумовлено наявністю у них на передостанньому рівні десяти *d*-електронів, які відсутні у елементів II А групи.

### Характеристика елементів і простих речовин II В групи

	Zn	Cd	Hg
Вміст у земній корі, мас. частка, %	$2,0 \cdot 10^{-2}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$8,3 \cdot 10^{-4}$
Відносна атомна маса	65,37	112,40	200,59
Валентні електрони	$3d^{10}4s^2$	$4d^{10}5s^2$	$5d^{10}6s^2$
Металічний радіус атома, нм	0,139	0,156	0,160
Радіус іона $E^{2+}$ , нм	0,083	0,099	0,112
Енергія іонізації, еВ			
$E^0 \rightarrow E^+$	9,39	8,99	10,44
$E^+ \rightarrow E^{2+}$	17,96	16,91	18,76
$E^{2+} \rightarrow E^{3+}$	39,70	37,47	34,2
Відносна електронегативність	1,7	1,5	1,5
Густина, г/см <sup>3</sup>	7,14	8,65	13,55
Температура плавлення, °С	419,5	321	-38,9
Стандартний електродний потенціал, В	-0,763	-0,403	+0,854

Як видно з даних таблиці, у елементів підгрупи Цинку атомний та іонний радіус монотонно збільшується, а енергія іонізації від Zn до Cd зменшується. Зростання енергії іонізації Hg обумовлено проникненням 6*s*-електронів під подвійний екран  $5d^{10}$  і  $4f^{14}$ -електронів.

У Zn, Cd і Hg радіуси атомів менші, а енергія іонізації вища, ніж у металів II А групи. У порівнянні з лужноземельними металами ці елементи мають значно меншу відновну активність, яка зменшується при переході від цинку до ртуті.

Передостанній електронний рівень атомів Цинку, Кадмію та Меркурію, на відміну від елементів I В групи, є досить стабільним. Тому значення третьої енергії іонізації майже вдвічі більше, ніж значення другої енергії. Цим пояснюється, чому в утворенні хімічного зв'язку приймають участь лише *s*-електрони зовнішнього енергетичного рівня.

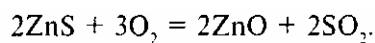
Цинк, Кадмій та Меркурій у сполуках виявляють ступінь окиснення +2, але Меркурій може утворювати сполуки із ступенем окиснення +1. Мова йде про **радикал  $\text{Hg}_2^{2+}$** , в якому атоми Меркурію пов'язані між собою ковалентним зв'язком  $\text{—Hg—Hg—}$ . Як показали дослідження, **одновалентного Меркурію не існує**.

За фізичними і особливо за хімічними властивостями ртуть дуже відрізняється від цинку та кадмію, тому її слід розглядати окремо.

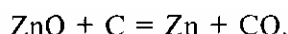
### Поширення в природі і одержання металів підгрупи Цинку

Основні мінерали цих металів: *сфалерит*  $\text{ZnS}$  (*цинкова обманка*), *гринокіт*  $\text{CdS}$ , *кіновар*  $\text{HgS}$ . Інколи ртуть зустрічається у вільному стані.

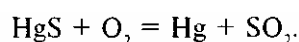
Для одержання цинку та кадмію їх сульфідні руди піддають окиснювальному випалюванню:



Утворений оксид цинку відновлюють вуглецем:



Ртуть одержують випалюванням кіноварі:

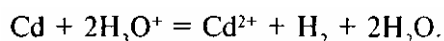


### Фізичні і хімічні властивості

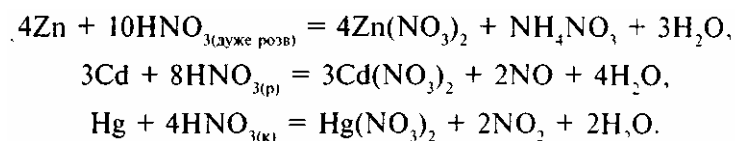
Цинк і кадмій — сріблясто-білі м'які метали, а ртуть — єдиний рідкий за звичайних умов метал. На відміну від лужноземельних елементів, за величинами густини  $\text{Zn}$ ,  $\text{Cd}$  і  $\text{Hg}$  є важкими металами.

На повітрі метали II В групи втрачають блиск внаслідок утворення на їх поверхні оксидної плівки.

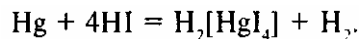
В електрохімічному ряді напруг **цинк і кадмій** розмішені до водню, тому вони **витісняють водень з кислот неокисників**:



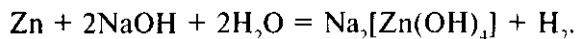
Ртуть більш електронегативна, ніж водень, тому вона **розчиняється лише в кислотах-окисниках**. Нітратна кислота розчиняє усі три метали:



У присутності аніонів, які утворюють міцні комплекси, ртуть також розчиняється:

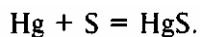


У зв'язку з тим, що **цинк має амфотерні властивості**, він розчиняється не лише в кислотах, а і у лугах з утворенням тетрагідроксоцинкат(II)-іону:



Для металічних елементів II В групи найбільш характерною ознакою є **утворення інтерметалічних сполук**. Ртуть з лужними, лужноземельними металами та елементами підгрупи міді утворює **амальгами**. Амальгами срібла, золота та олова використовують у стоматології.

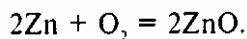
У зв'язку з рідким станом **металічна ртуть за звичайних умов реагує з сіркою**:



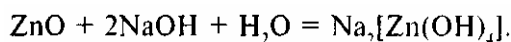
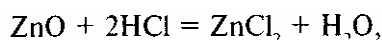
На цій реакції базується знезараження приміщень від ртуті. Її попередньо збирають амальгамованою мідною пластинкою, а рештки ртуті засипають порошком сірки.

### Сполуки Цинку та Кадмію

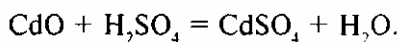
Оксиди Цинку та Кадмію одержують окисненням відповідних елементів:



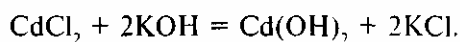
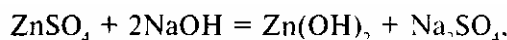
**Цинк оксид ZnO** — білий порошок, використовують у медичній практиці, а також для виготовлення фарби — цинкових білил. Це амфотерний оксид, який розчиняється у кислотах і лугах:



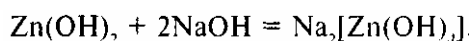
**Кадмій оксид CdO** — речовина коричневого кольору, розчинна у кислотах:



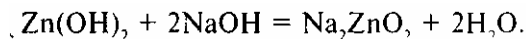
Гідроксиди Цинку  $\text{Zn}(\text{OH})_2$  і Кадмію  $\text{Cd}(\text{OH})_2$  одержують дією лугів на розчини їх солей:



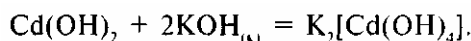
**Zn(OH)<sub>2</sub>** — типова **амфотерна сполука**, яка при взаємодії з лугами у розчинах утворює **гідроксоцинкати**:



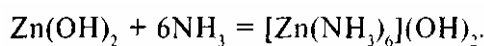
При сплавленні з лугами  $\text{Zn}(\text{OH})_2$  утворює **цинкати**:



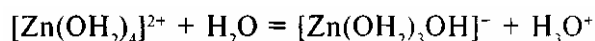
Амфотерні властивості кадмій гідроксиду  $\text{Cd(OH)}_2$  виражені досить слабо, він лише частково розчиняється у дуже концентрованих розчинах лугів при кип'ятінні:



Гідроксиди Цинку та Кадмію також розчиняються у водному розчині амоніаку з утворенням амінокомплексів, наприклад:

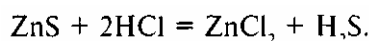


Солі сильних кислот Цинку та Кадмію (нітрати, сульфати) добре розчиняються у воді. Внаслідок гідролізу аквакатіон Цинку (II) утворює у розчині слабкисле середовище:

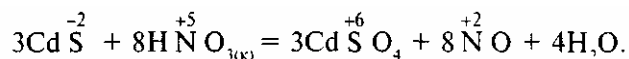


У вигляді розчинів з масовою часткою 0,25 % і 0,5 % цинк сульфат  $\text{ZnSO}_4$  використовують для виготовлення очних крапель. Для запобігання гідролізу цинк сульфату очні краплі стабілізують додаванням розчину  $\text{H}_3\text{BO}_3$  з масовою часткою 2 %.

Сульфіди Цинку та Кадмію одержують безпосередньою взаємодією елементів, а також їх осадженням із водних розчинів солей за допомогою  $\text{H}_2\text{S}$ .  $\text{ZnS}$  — єдиний сульфід, який має білий колір.  $\text{CdS}$  утворюється у вигляді яскраво-жовтого осаду. Обидва сульфіди малорозчинні у воді.  $\text{ZnS}$  розчиняється у розведених, а  $\text{CdS}$  — у концентрованих кислотах:



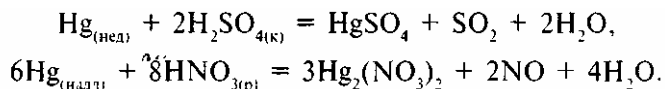
При їх кип'ятінні з концентрованою нітратною кислотою утворюються розчинні сульфати:



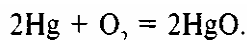
$\text{ZnS}$  у кристалічному стані здатний флуоресцювати, тому його використовують для виробництва екранів, призначених для рентгенівського випромінювання та телевізорів.  $\text{CdS}$  застосовують як жовту фарбу.

### Сполуки Меркурію

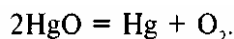
Ртуть за своїми властивостями відрізняється від цинку та кадмію. З кислотами-окисниками в умовах надлишку кислоти ртуть утворює солі Меркурію (II), а при надлишку ртуті — солі Меркурію (I):



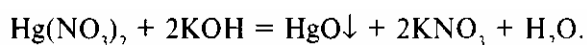
При нагріванні ртуті на повітрі при незначній температурі одержують меркурій (II) оксид  $\text{HgO}$  червоного кольору:



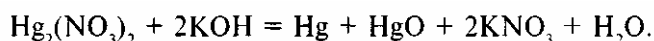
При подальшому сильному нагріванні  $\text{HgO}$  знову розкладається на ртуть і кисень:



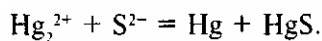
При дії лугів на розчини солей Меркурію (II) виділяється дрібнодисперсний жовтий осад  $\text{HgO}$ :



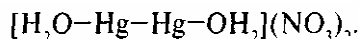
**Меркурій (II) гідроксид невідомий.** При спробі одержати меркурій (I) гідроксид катіон димеркурію (2+) диспропорціонує:



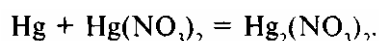
Як видно з рівняння реакції, **меркурій (I) гідроксид та меркурій (I) оксид не відомі.** Це ж стосується і сульфїду Меркурію (I). При введенні сульфїд-іонів у розчин солей Меркурію (I) також спостерігається дисмутація катіону  $\text{Hg}_2^{2+}$ :



Як було зазначено раніше, сполуки Меркурію (I) містять катіон димеркурію(2+), в якому два атоми Меркурію пов'язані чисто ковалентним зв'язком  $\text{—Hg—Hg—}$ . Більшість сполук Меркурію (I) ( $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$ ,  $\text{Hg}_2\text{Br}_2$ ,  $\text{Hg}_2\text{I}_2$ ,  $\text{Hg}_2\text{SO}_4$ ) малорозчинні у воді. Динітрат димеркурію  $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$  сильний електроліт, добре розчиняється у воді. У кристалічному стані  $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  має вигляд:

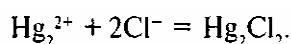


$\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$  утворюється при відновленні  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ , металічною ртуттю:

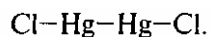


Динітрат димеркурію є вихідною сполукою для одержання інших сполук Меркурію (I).

**Меркурій (I) хлорид  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$  (каломель)** — нерозчинна біла речовина, яка утворюється при додаванні до  $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$  розчинів, які містять хлорид-іони:

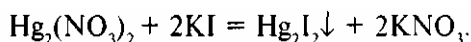


Молекула меркурій (I) хлориду має лінійну форму:

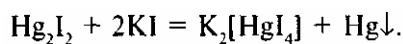


Каломель раніше використовували у медичній практиці як антисептичний, сечогінний та послаблюючий засіб. Зараз з каломелі виробляють каломельні електроди, які широко застосовують в електрохімічних вимірюваннях.

Меркурій (I) йодид є малорозчинною речовиною ( $DP = 4,5 \cdot 10^{-29}$ ), що перешикоджає її дисмутації:



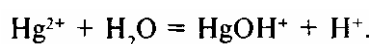
При додаванні надлишку KI осад  $\text{Hg}_2\text{I}_2$  диспропорціонує, утворюючи комплекс — калій тетраїодомеркурат (II) та осад ртуті:



Нітрат, сульфат і хлорат Меркурію(II) — йонні сполуки, які дисоціюють у водному розчині з утворенням катіона  $\text{Hg}^{2+}$ :



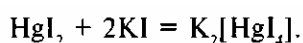
Внаслідок гідролізу катіонів  $\text{Hg}^{2+}$  реакція їх водних розчинів кисла:



**Меркурі (II) хлорид  $\text{HgCl}_2$  (сулема)** добре розчиняється у воді, але дисоціює лише частково (її ступінь дисоціації у насиченому розчині складає 0,1 %). У розведених розчинах  $\text{HgCl}_2$  реагує з  $\text{NH}_3$  з утворенням малорозчинної речовини білого кольору амідохлориду Меркурію:

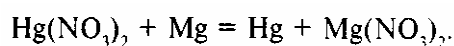


$\text{HgNH}_2\text{Cl}$  використовують у косметології для відбілювання шкіри. Катіон Меркурію (II) є вираженим комплексоутворювачем. Наприклад, при розчиненні оранжевого меркурій (II) йодиду у розчині калій йодиду утворюється безбарвна комплексна сіль калій тетраїодомеркурат (II):

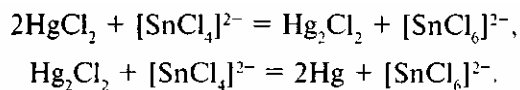


**Цю реакцію використовують для якісного виявлення солей Меркурію (II).**

Похідні Меркурію (II) виявляють окиснювальні властивості. Активні метали легко відновлюють ртуть із її солей:



Солянокислий розчин станум (II) хлориду відновлює солі Меркурію (II) з утворенням білого осаду  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$ , який у надлишку відновника перетворюється на металічну ртуть:



### Біологічна роль і використання в медицині сполук Цинку, Кадмію та Меркурію

**Цинк** належить до незамінних мікроелементів організму людини. Його загальна масова частка складає  $1 \cdot 10^{-3}$  %. Добова потреба в цинку складає 10-15 мг. У організм людини сполуки цинку потрапляють як з рослинною, так і з тваринною їжею. Біологічна роль цинку пов'язана з діяльністю залоз внутрішньої секреції. Як складова частина деяких ферментів цинк впливає на процеси розмноження, жирового та вуглецевого обмінів. При недостатчі цинку в організмі виявляються досить серйозні захворювання — цироз печінки, ураження шкіри та очей.

Із сполук Цинку в медичній практиці використовують сульфат цинку  $\text{ZnSO}_4$  у вигляді очних крапель з масовою часткою 0,25 і 0,3 %. Сульфат цинку пригнічує розмноження мікроорганізмів. Оксид цинку  $\text{ZnO}$  використовують у дерматології у вигляді мазей та присипок як в'язучий, підсушуючий та антимікробний засіб.

Біологічна роль **Кадмію** досліджена недостатньо. Сполуки Кадмію токсичні та кумулюються в печінці та нирках.

**Ртуть** відома з стародавніх часів, її препарати використовують у медичній практиці ще з XVI сторіччя. Завдяки специфічним властивостям сполуки ртуті виявляють антисептичну, протипаразитарну, сечогінну та послаблюючу дію. Меркурій (II) оксид використовують в офтальмології, а також дерматології у вигляді мазей. Меркурій (II) хлорид  $\text{HgCl}_2$  (сулема) у концентрації 1:1000 використовують для дезинфекції. Меркурій (I) хлорид  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$  (каломель) певний час використовували як сечогінний та послаблюючий засіб.

Слід пам'ятати, що ртуть та розчинні солі Меркурію дуже токсичні.