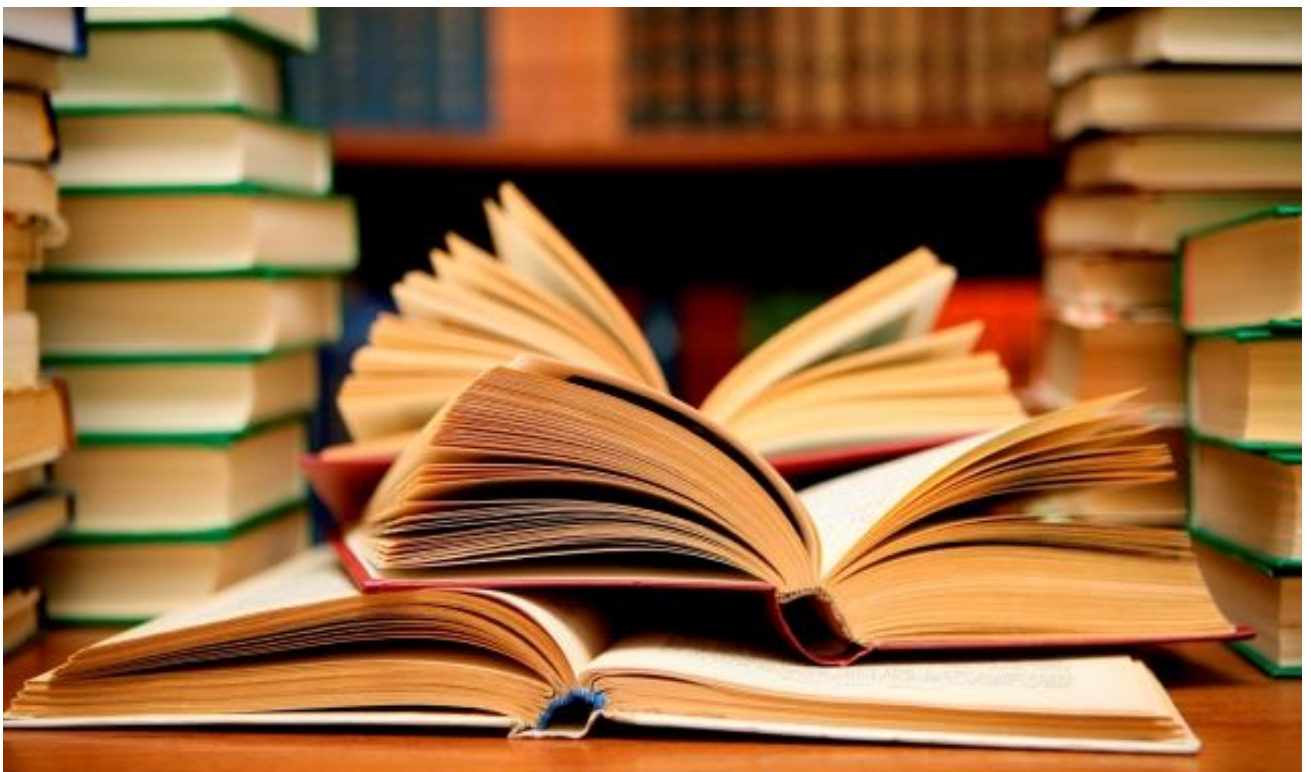


Міністерство освіти і науки України  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-  
ДОРОЖНІЙ УНІВЕРСИТЕТ

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**до самостійної роботи  
з дисципліни «Загальна та неорганічна хімія»  
для студентів, які навчаються за спеціальністю  
G1 «Хімічні технології та інженерія»**



Харків 2026

Укладач Хоботова Е.Б.  
Кафедра хімії та хімічної технології

Затверджено  
Методичною Радою ХНАДУ,  
протокол № 2 від 25.11.2025

## ВСТУП

Інженер-хімік повинен мати глибокі знання в області неорганічної хімії, які необхідні для вивчення інших хімічних дисциплін. Методичні вказівки створено для підвищення рівня та ефективності самостійної підготовки бакалаврів, які навчаються за спеціальністю G1 «Хімічні технології та інженерія».

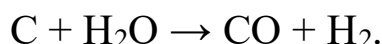
Мета методичних вказівок – допомогти студентам самостійно засвоїти теоретичний матеріал, більш глибоко вивчити основні положення неорганічної хімії.

У методичних вказівках представлено основні розділи дисципліни, а саме хімія елементів, розглянути методи одержання простих речовин елементів груп періодичної системи. Формат подання матеріалу наступний: теоретична частина і завдання для самоперевірки. Для діагностування знань та рівня практичних навичок завдання запропоновано виконати самостійно, що надасть студенту можливість мати уяву про ступінь оволодіння ним певного об'єму навчального матеріалу.

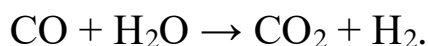
## Розділ 1

### Методи отримання водню

*Конверсійний метод* одержання  $\text{H}_2$  включає взаємодію коксового вугілля з водяною парою при температурі  $1000\text{ }^\circ\text{C}$ :

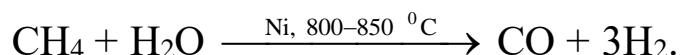


При реакції утворюється водяний або синтез-газ – суміш водню з карбон(II) оксидом. Послідовною стадією є доокиснення CO до  $\text{CO}_2$  у присутності Fe-каталізатору при  $300\text{ }^\circ\text{C}$

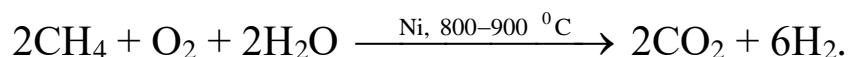


Виділення водню здійснюють при глибокому охолодженні.

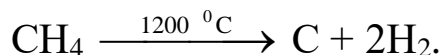
*Парова конверсія метану та інших легких вуглеводнів* заснована на їх реакції з водяною парою у присутності Ni-каталізатору при  $800\text{--}850\text{ }^\circ\text{C}$  з послідовною стадією як і при конверсійному методі:



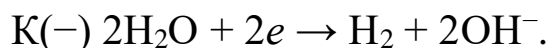
*Одержання водню із природного газу* є найбільш дешевим способом. Реакція заснована на взаємодії суміші газів метану, кисню і водяної пари



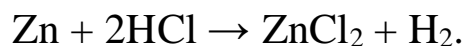
*Термічне розкладання метану* перебігає при температурі  $1200\text{ }^\circ\text{C}$ :



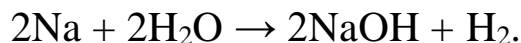
*Електроліз* водних розчинів лугів, сульфатів лужних металів або хлоридів лужних металів (як побічний продукт при одержанні хлору і лугів) дозволяє одержати чистий водень у катодних реакціях:



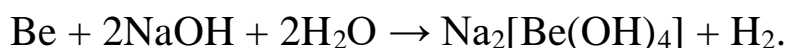
*Реакція металів з кислотами.* Взаємодія деяких металів (найчастіше Zn) з хлоридною або розведеною сульфатною кислотою дає можливість одержати чистий водень:



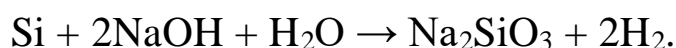
– Взаємодія лужних і лужноземельних металів з водою:



– Взаємодія амфотерних металів (Be, Al, Zn) з лужними розчинами:



– Взаємодія силіція з розчинами лугів:



### **Завдання для самоперевірки**

1. Якими методами можна одержати водень? У чому полягає різниця між ними?

2. Закінчіть рівняння реакції парової конверсії етану:



3. Закінчіть реакції одержання чистого водню

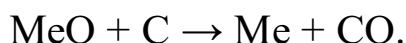


## Розділ 2

### Методи отримання металів

Активні метали знаходяться у природі тільки у вигляді сполук, їх одержують шляхом переробки руд. Для відновлення використовують різні відновники.

*Карботермія* – металургійні процеси, що ґрунтуються на відновленні металів з їх сполук вуглецем та матеріалами, що містять вуглець, при підвищених температурах (500 °С і вище). За допомогою цього методу одержують більшість металів *d*-електронного сімейства (Fe, Cu, Zn, Mn, Co, Ni), а також Pb і Sn. Загальна реакція відновлення наступна

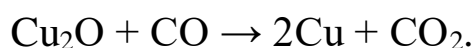
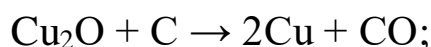


Найпоширенішими матеріалами, що містять вуглець, є металургійний кокс, кам'яне та деревне вугілля, сажа.

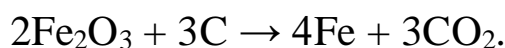
Розрізняють пряме відновлення (твердим вуглецем) і непряме (Карбон(II) оксидом).

Відновлення вугіллям (коксом) здійснюють зазвичай тоді, коли метали, що добувають, зовсім не утворюють карбідів або утворюють неміцні карбіди (сполуки з карбоном); це — залізо і багато кольорових металів: мідь, цинк, кадмій, германій, олово, свинець та ін.

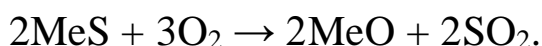
Так, наприклад, вугілля і монооксид вуглецю відновлюють мідь з червоної мідної руди (куприту)  $\text{Cu}_2\text{O}$ :



Аналогічно відбувається добування чавуну і сталі із залізних руд:



Якщо руди містять сульфіди металів, то проводять попереднє видалення сірки

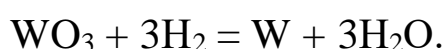
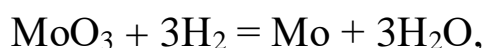


Карбонати розкладаються при нагріванні на оксид металу і Карбон(IV) оксид



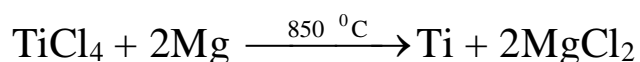
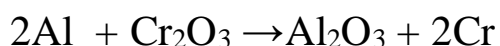
Причини, що перешкоджають широкому використанню карботермії: висока енергоємність процесу, складність пригнічення побічних процесів.

*Відновлення металів воднем* (воднетермія). Водень є порявняно м'яким відновником

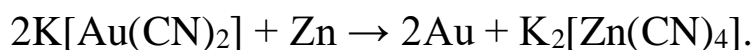
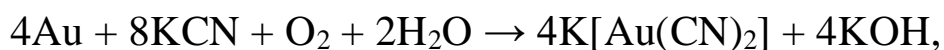


Метали одержують у високодисперсному стані, який характеризується високою хімічною активністю. Ферум і Нікол, що одержані даним методом, використовуються в якості каталізаторів

*Металотермія* – метод отримання металів при їх витісненні із сполук більш активним металом, найчастіше алюмінієм (алюмотермія)



*Гідрометалургія* – це вилучення металів із руд за допомогою хімічних реагентів з послідовним отриманням металів із розчинів. Прикладом є одержання Ауруму при використанні ціанідного електроліту



*Електрометалургія* – виділення металів при електролізі у катодних процесах. Малоактивні метали відновлюються при електролізі їх водних розчинів. Активні метали IA і IIA груп одержують в процесах електролізу розплавів сполук металів.

## Завдання для самоперевірки

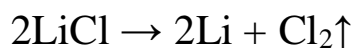
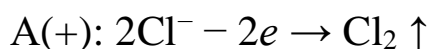
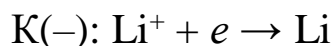
1. Які основні підходи до одержання металів? Які додаткові методи Вам відомі?
2. У чому полягає сутність карботермії як методу одержання металів?
3. Поясніть метод алюміноермії. Як отримати заліз із  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  за допомогою цього методу? Напишіть рівняння реакції методом електронного балансу.
4. Напишіть рівняння електродних процесів при електрохімічному одержанні срібла (електроліт –  $\text{AgNO}_3$ ).

## Розділ 3

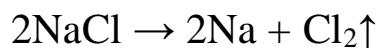
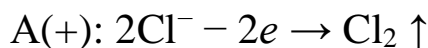
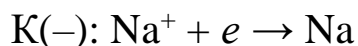
### Методи отримання простих речовин елементів ІА групи

Всі метали першої групи – сильні відновники, тому їх добування потребує значних енергетичних затрат. Для отримання лужних металів у промисловості використовують електроліз розплавів їх галогенідів, іноді гідроксидів.

*Отримання літію.* Для отримання металевого літію його природні мінерали розкладають сірчаною кислотою (кислотний спосіб), або спікають з СаО чи СаСО<sub>3</sub> (лужний спосіб), або обробляють К<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (сольовий спосіб). Потім вилуговують водою. У будь-якому випадку з отриманого розчину виділяють погано розчинний карбонат літію Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, який потім перетворюють на хлорид LiCl. Електроліз розплаву хлориду літію здійснюють у суміші з KCl або BaCl<sub>2</sub> (ці солі слугують для зниження температури плавлення суміші).

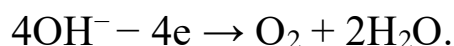


*Отримання натрію* здійснюють переважно електролізом розплаву NaCl, до якого для зниження температури плавлення додають СаCl<sub>2</sub>.



*Отримання калію.* Калій, як і інші лужні метали, одержують електролізом розплавлених хлоридів або лугів. Так як хлориди мають вищу температуру плавлення (600–650 °С), то частіше проводять електроліз розплавлених лугів з добавкою до них соди або поташу (до 12 %). При електролізі розплавлених хлоридів на катоді виділяється розплавлений калій, але в аноді – хлор.

При електролізі гідроксиду калію на катоді також виділяється розплавлений калій, а на аноді – кисень



Вода із розплаву швидко випаровується. Щоб калій не взаємодіяв із хлором чи киснем, катод виготовляють із міді і з нього поміщають мідний циліндр. Калій, що утворився, в розплавленому вигляді збирається в циліндрі. Анод виготовляють також як циліндра з нікелю (при електролізі лугів) чи з графіту (при електролізі хлоридів).

*Отриманню рубідію.* Велику частину рубідію отримують як побічний продукт при виробництві літію з лепідоліту. Після виділення літію у вигляді карбонату або гідроксиду рубідій осаджують з розчинів у вигляді суміші алюморубідієвих, алюмокалієвих і алюмоцезієвих галунів  $\text{RbAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CsAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ . Суміш поділяють багаторазовою перекристалізацією.

Рубідій також виділяють і відпрацьованого електроліту, що виходить при отриманні магнію з карналіту. З нього рубідій виділяють сорбцією на осадах фероціанідів Fe чи Ni. Потім фероціаніди прожарюють і отримують рубідій карбонат з домішками калію та цезію. При отриманні цезію з полуциту рубідій вилучають із маткових розчинів після осадження  $\text{Cs}_3[\text{Sb}_2\text{Cl}_9]$ . Можна витягувати рубідій і з технологічних розчинів, що утворюються при отриманні глинозему з нефеліну.

Для вилучення рубідії використовують методи екстракції та іонообмінної хроматографії. Сполуки рубідія високої чистоти отримують з використанням полігалогенідів.

Значну частину виробленого рубідія виділяють в ході отримання літію, тому поява великого інтересу до літію для використання його в термоядерних процесах у 1950-х і акумуляторах в 2000-х призвело до збільшення видобутку літію, а, отже, і рубідія. Саме тому сполуки рубідія стали доступнішими.

*Отримання цезію.* При промисловому отриманні цезій вилучається з мінералу полуциту. Це робиться хлоридним або сульфатним розчином. Перше включає обробку вихідного мінералу підігрітою соляною кислотою, додавання стибій(III)

хлориду  $\text{SbCl}_3$  для осадження сполуки  $\text{Cs}_3[\text{Sb}_2\text{Cl}_9]$  та промивання гарячою водою або розчином аміаку з утворенням хлориду цезію  $\text{CsCl}$ . За другим методом мінерал обробляється підігрітою сульфатною кислотою з утворенням алюмоцезієвих галунів  $\text{CsAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ .

Для отримання цезію достатнього ступеня чистоти потрібно багаторазова ректифікація у вакуумі, очищення від механічних домішок на металокерамічних фільтрах, нагрівання з гетерами для видалення слідів водню, азоту, кисню та багаторазова ступінчаста кристалізація.

Складності отримання цезію обумовлюють постійний пошук його мінералів: вилучення цього металу з руд неповне, в процесі експлуатації матеріал розсіюється і безповоротно втрачається.

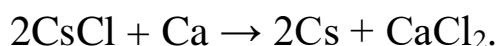
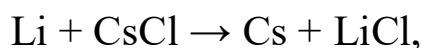
Існує кілька лабораторних методів одержання цезію. Він може бути отриманий:

– нагріванням у вакуумі суміші хромату або дихромату цезію з цирконієм;

– розкладанням азиду цезію у вакуумі

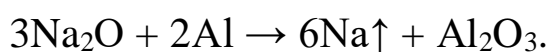


– нагріванням суміші хлориду цезію та спеціально підготовленого кальцію або літію.

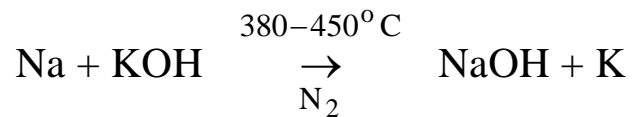


Усі методи є трудомісткими. Другий дозволяє отримати високочистий метал, проте є вибухонебезпечним та вимагає на реалізацію кілька діб.

Відомі також відновлювальні методи добування лужних металів із оксидів чи солей менш активними металами, коксом чи кремнієм (у вакуумі при  $T = 300$  °C), завдяки тому, що у вакуумі активні метали випаровуються:



Важливе промислове значення мають методи термохімічного відновлення при добуванні калію



та відновлення металу з розплаву калій хлориду кальцій карбідом, алюмінієм або кремнієм.

### **Завдання для самоперевірки**

1. У чому полягає різниця в одержанні літію, натрію та інших лужних металів?
2. Напишіть рівня отримання рубідію при термічному відновленні рубідій хлориду кальцієм.
3. Як отримати натрій, якщо вихідними речовинами є кремній і натрій оксид?

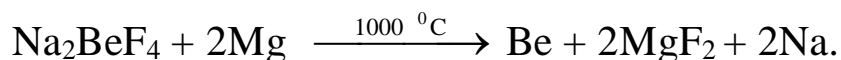
## Розділ 4

### Методи отримання простих речовин елементів ІА групи

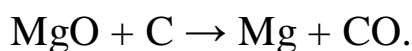
Берилій, магній та лужноземельні метали найчастіше одержують методами електрохімічного і вакуумтермічного відновлення магнієм, алюмінієм, карбоном, силіцієм або феросиліцієм, а також вакуумтермічного розкладу солей.

При проведенні електролізу створюють суміші хлоридів металів з NaCl (Be), KCl (Mg, Ca) і CaF<sub>2</sub> (Ca). У деяких випадках використовують ртутний катод.

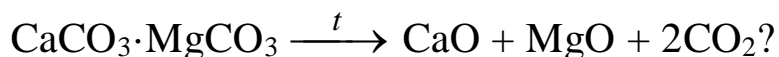
*Отримання берилію.* Берилій одержують відновленням магнієм (або алюмінієм) із сумішей хлоридів або фторидів берилію та лужного металу у вакуумі



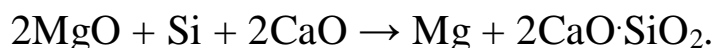
*Отримання магнію.* Магній відновлюють карботермічно



Застосування кремнію дозволяє отримувати магній з такої сировини, як доломіт CaCO<sub>3</sub>·MgCO<sub>3</sub>, не проводячи попереднього розділення магнію та кальцію. За участю доломіту протікають реакції, спочатку випалюють доломіт

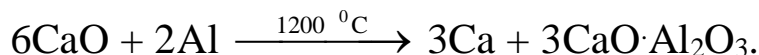


потім сильний нагрів з магнієм

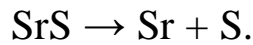


Перевага термічного способу одержання магнію у тому, що він дозволяє отримувати магній вищої чистоти. Для отримання магнію використовують як мінеральну сировину, а й морську воду.

*Отримання кальцію.* Кальцій відновлюють із CaO алюмінієм у вакуумі. Продуктами реакції є кальцій та алюмінат кальцію



*Отримання стронцію.* Стронцій, крім вакуумтермічного відновлення, одержують при розкладі стронцій сульфід у вакуумі при 2000 °С



*Отримання барію.* Барій відновлюється силіцієм з паралельним одержанням силікату барію



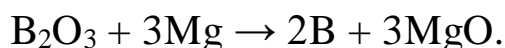
### **Завдання для самоперевірки**

1. Напишіть рівняння реакції одержання металевого берилію дією калію на безводний берилій хлорид.
2. У чому полягають процеси електрохімічного отримання кальцію із розплаву кальцій фториду?
3. Напишіть рівняння реакції отримання металевого стронцію при термічному відновленні SrO алюмінієм.

## Розділ 5

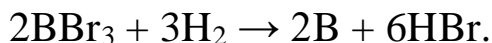
### Методи отримання простих речовин елементів IIIA групи

*Отримання бору.* Технічний бор (аморфний) одержують *магнійтермічним відновленням бор оксиду* – продукту термічної обробки борної кислоти

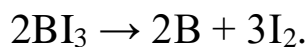
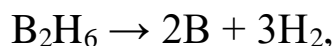


Ще одним методом одержання бору є *електролітичне відновлення* розплаву суміші боратів та фтороборатів лужних металів.

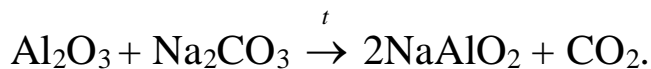
*Чистий кристалічний бор* одержують відновленням його галогенідів воднем при 1300 °С



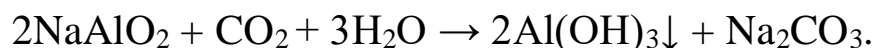
Проводять також *термічне розкладання*  $\text{B}_2\text{H}_6$  або  $\text{BI}_3$



*Одержання алюмінію.* Алюміній одержують електролітично, при цьому спочатку виділивши чистий глинозем  $\text{Al}_2\text{O}_3$  з природної сировини. Боксит не можна безпосередньо використовувати через велику кількість домішок  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ . Для виділення чистого  $\text{Al}_2\text{O}_3$  боксит спочатку обпалюють для видалення води, потім сплавляють із содою



Плав натрій алюмінату розчиняють у воді. Осад, що містить домішки, переважно  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , відокремлюють. Для отримання чистого  $\text{Al}(\text{OH})_3$  через розчин алюмінату пропускають  $\text{CO}_2$

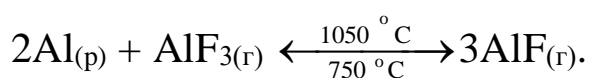


Для проведення електролізу використовують розплав  $\text{Al}_2\text{O}_3$  в криоліті  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$  з вмістом глинозему 6–8 %.

Температура плавлення чистого  $\text{Al}_2\text{O}_3$  2072 °С, електроліз за такої температури неможливий через відсутність стійких

матеріалів для виготовлення електролітичної ванни та електродів. Використання кріоліту дозволяє проводити електроліз за температури нижче 1000 °С, крім того розплав кріоліту більш електропровідний. Катодом служить графітовий корпус електролізера. На ньому виділяється Al і завдяки низькій густині розплаву опускається на дно. На вугільному аноді виділяється кисень і входить у активну взаємодію з матеріалом анода. У міру згоряння анода його заглиблюють у розплав. При отриманні 1 т алюмінію витрачається 0,7 т анодів.

Для отримання особливо чистого алюмінію (до 99,99999 % Al) технічний алюміній нагрівають у парах  $\text{AlF}_3$



За низьких температур  $\text{AlF}$  нестійкий і за 800 °С йде зворотна реакція. Таким чином, Al вступає в реакцію в сильно нагрітій реакційній зоні і знову виділяється у високочистому стані на більш холодній ділянці. Відбувається перегонка, але при цьому речовина переноситься не у вигляді пари, а у формі хімічної сполуки. Це так звані *транспортні реакції*.

*Одержання галію, індію і талію.* Галій, Індій і Талій являють собою рідкісні та розсіяні елементи. Вони зустрічаються як домішки до різних руд: Галій супроводжує Al і Zn, невеликі кількості In і Tl ізоморфно розподілені в сульфідних поліметалічних рудах.

Солі або оксиди Ga, In, Tl виділяють внаслідок складної переробки відходів виробництва Al та обробки поліметалевих руд. Електролізом підкислених водних розчинів солей або відновленням оксидів (C, H<sub>2</sub>) отримують метали. Виділені метали очищають зонною плавкою або методами амальгамної металургії.

### Завдання для самоперевірки

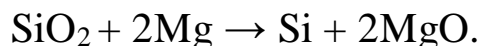
1. Яку масу алюмінію можна одержати за 4 години за сили струму 180 кА, якщо вихід за струмом дорівнює 92 %?

2. Як отримати чистий бор методом металотермії, якщо вихідними речовинами є натрій і  $\text{KBF}_4$ ?

## Розділ 6

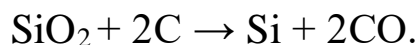
### Методи отримання простих речовин елементів IVA групи

*Отримання кремнію.* У лабораторії кремній одержують відновленням  $\text{SiO}_2$  магнієм



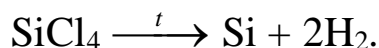
При цьому виходить аморфний кремній, що має вигляд бурого порошку. Взаємодія сильно екзотермічна і супроводжується розжарюванням реакційної маси, оксид  $\text{MgO}$  видаляють розчиненням в  $\text{HCl}$ .

У промисловості  $\text{SiO}_2$  відновлюють вуглецем в електричній печі



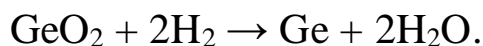
Часто відновлюють залізну руду, що є сумішшю оксидів заліза з  $\text{SiO}_2$ . При цьому отримують сплав  $\text{Si}$  з залізом – феросиліцій. Феросиліцій утворюється легше, ніж чистий кремній і в багатьох процесах його повністю замінює.

Силіцій високої чистоти (напівпровідниковий) готують відновленням воднем сполук  $\text{SiCl}_4$  або  $\text{SiHCl}_3$ , а також розкладанням силану



Остаточне очищення напівпровідникового кремнію відбувається при витягуванні монокристалів  $\text{Si}$  з його розплаву.

*Отримання германію.* Виділення германію передуює вилучення його сполук із природних утворень. Германій отримують за реакцією



Для отримання германію високої чистоти користуються зонною плавкою. Цей загальний метод глибокої очистки речовин був розроблений (1952 р., Пфанн, Німеччина) у зв'язку з необхідністю отримання особливо чистого Германію для напівпровідникової техніки. Методом зонної плавки отримують Германій із вмістом домішок порядку  $10^{-6} \%$ .

*Зонна плавка* заснована на різній розчинності домішок у твердій та рідкій фазах, у твердій фазі вона значно менша. Під дією кільцевого електричного нагрівача плавиться лише певна ділянка зразка (рис. 15.5). Нагрівач повільно, зі швидкістю 1 см/год пересувають вздовж зразка, разом із ним зміщується розплавлена зона. Оскільки розчинність домішок у рідкій фазі вище, домішка збирається в розплавленій зоні і разом із нею переміщається до кінця зразка. Прохід зони повторюють кілька разів, досягаючи високого рівня очищення. Кінець зливка, що містить забруднення, відрізають.

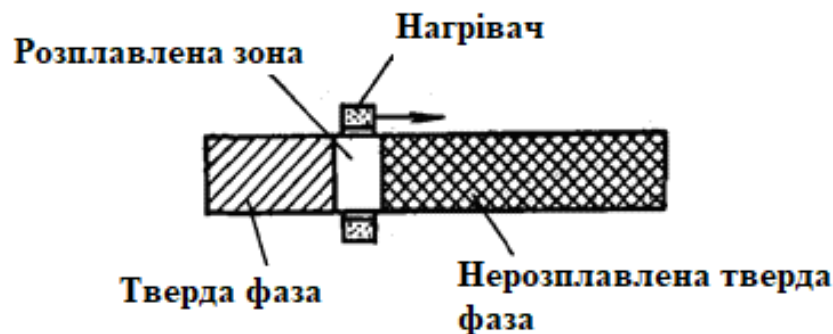
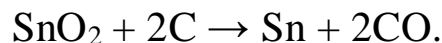


Схема процесу зонної плавки

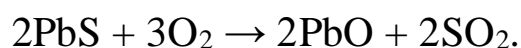
*Отримання олова.* Виділенню олова та свинцю передують збагачення руди, що проводиться методом флотації. Олово отримують за реакцією



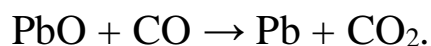
Особливо чисте олово напівпровідникової чистоти готують електрохімічним рафінуванням або методом зонної плавки.

Олово також отримують обробкою використаних консервних банок хлором, летючий  $\text{SnCl}_4$ , що утворюється, відганяють і потім отримують з нього олово. Залізо за кімнатної температури з хлором майже не взаємодіє.

*Отримання свинцю.* Для отримання свинцю спочатку випалюють плумбум сульфід



Потім відновлюють  $\text{PbO}$  карбон(II) оксидом, що утворюється при взаємодії кисню з коксом, що додається в шихту



Отриманий відновленням свинець завжди містить значну кількість домішок (Au, Ag, Cu, Sb, As), які вилучають. Для очищення свинцю використовують електролітичне рафінування.

### **Завдання для самоперевірки**

1. Які методи отримання кремнію Вам відомі? Чим відрізняються методи отримання високочистого кремнію?

2. Охарактеризуйте процес електрохімічного рафінування олова. Який анод треба використовувати? Запропонуйте електроліт, що містить сполуку Sn(II). Напишіть рівняння електродних процесів.

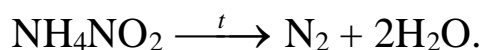
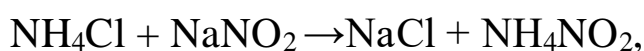
3. Які сполуки переходять до анодного шламу, а які домішки забруднюють електроліт при рафінуванні свинцю?

## Розділ 7

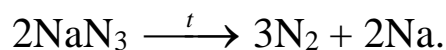
### Методи отримання простих речовин елементів VA групи

*Отримання азоту.* У промисловості азот отримують ректифікацією рідкого повітря, в результаті якої одержують газоподібний азот і в нижній частині колони ректифікації залишається рідкий кисень.

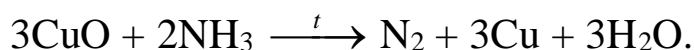
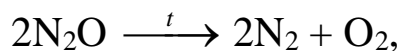
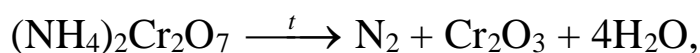
У лабораторіях зазвичай використовують рідкий азот, що зберігається в судинах Дьюара. Невеликі кількості азоту отримують змішуванням розчинів  $\text{NH}_4\text{Cl}$  і  $\text{NaNO}_2$  при нагріванні



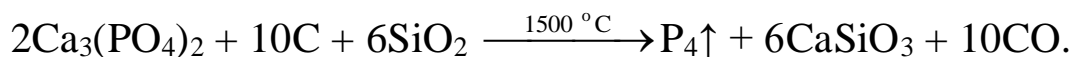
Особливо чистий азот одержують термічним розкладанням натрій азиду



Азот також можна одержати в реакціях



*Отримання фосфору.* Фосфор отримують в електричних печах за реакцією

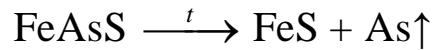


Пари фосфору конденсують під водою, при цьому утворюється білий фосфор.

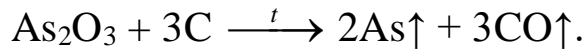
Замість фосфоритів для отримання елементарного фосфору можна відновлювати вугіллям та інші неорганічні сполуки фосфору, наприклад, метафосфорну кислоту



*Отримання миш'яку.* Миш'як отримують термічним розкладанням арсенопіриту

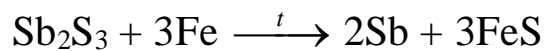


або відновленням його оксиду, що утворюється в результаті випалу сірчистої руди

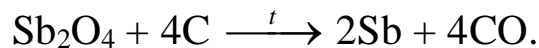
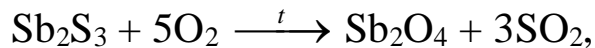


Для цього процесу зазвичай використовують  $\text{As}_2\text{O}_3$ , що утворюється при окисному випалі поліметалевих руд, які завжди містять As.

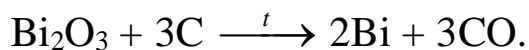
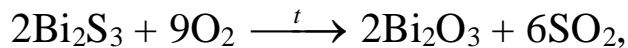
*Отримання сурми.* Сурму отримують сплавленням її сульфїду із залізом



або послїдовним проведенням процесів



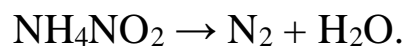
*Отримання бісмуту.* Бісмут можна отримати за реакціями



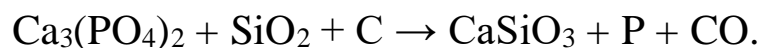
Більшість бісмуту отримують переробкою анодних шламів, що утворюються при рафінуванні свинцю і міді.

### **Завдання для самоперевірки**

1. Закінчіть рівняння реакцій розкладання амоній нітрату і амоній нітриту як лабораторного методу одержання азоту



2. Закінчіть рівняння реакції отримання фосфору із фосфоритів при взаємодії з коксом і кремнеземом за температури 1600 °C



3. Напишіть рівняння реакції отримання мишьяку: а) відновленням  $As_2O_3$  чадним газом; б) відновленням арсен(III) сульфїду водородом.

4. Електролітичне рафінування дозволяє одержати сурму досить високої чистоти (до 99,9 %). Зазвичай його ведуть у змішаному фторидно-сульфатному електроліті, що містить  $SbF_3$ , фторидну та сульфатну кислоти. Напишіть рівняння електродних процесів за умови існування в електроліті іонів Стилїю у нижчому ступені окиснення.

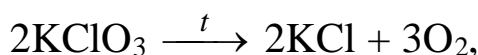
## Розділ 8

### Методи отримання простих речовин елементів VIA групи

*Отримання кисню.* У промисловості кисень отримують:

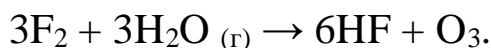
- 1) ректифікацією рідкого повітря;
- 2) електролізом води.

У лабораторних умовах кисень одержують при розкладанні багатих Оксигеном сполук, наприклад



*Отримання озону.* Озон одержують:

1) у низці хімічних реакцій (з невеликим виходом), наприклад



2) в електрохімічних процесах на аноді паралельно з киснем, наприклад, при електролізі концентрованих розчинів  $\text{HClO}_4$ . Підвищенню виходу  $\text{O}_3$  сприяє зниження температури та зменшення тиску.

3) в озонаторах під час дії електричного розряду на кисень.

*Отримання сірки.* Оскільки самородна сірка зустрічається у великих кількостях, її одержання зводиться до відокремлення від порожньої породи. Це досягається виплавленням сірки за допомогою гарячої води при підвищеному тиску, оскільки сірка плавиться при  $119^\circ\text{C}$ . Процес протікає в автоклавах, або при подачі під тиском гарячої води в пласти, що містять сірку, і вилученням суміші розплавленої сірки і води безпосередньо зі свердловини. Сірку також отримують з газів, що утворюються при переробці сульфідних руд ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ). Очищують сірку перегонкою. Порошкову сірку, отриману швидким охолодженням пари, називають сірчанам кольором. Сірку високої чистоти отримують перекристалізацією із сірковуглецю.

*Отримання селену і телуру.* У промисловості селен і телур одержують випалюванням відходів сульфатнокислотного, целюлозно-паперового виробництва, а також анодних шламів

мідь- та нікель-електролітних заводів, джерелом Se і Te також є концентрати домішок, одержувані при рафінуванні свинцю переплавленням. Один із поширених варіантів виробництва Se і Te полягає в їх переведенні в стан  $E^{+4}$  і подальшого відновлення за допомогою  $SO_2$ .

Застосовують також кілька способів отримання селену:

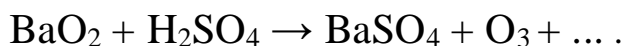
- окисне випалення із сублімацією  $SeO_2$ ;
- нагрівання шламу з концентрованою сульфатною кислотою, окиснення сполук селену до  $SeO_2$  з його подальшою сублімацією;
- окисне спікання з содою, конверсія отриманої суміші сполук селену до сполук Se(IV) та їх відновлення до елементарного селену дією  $SO_2$ .

### **Завдання для самоперевірки**

1. Напишіть рівняння електродних процесів отримання кисню при електролізі води. Які електроліти можна додавати до води для підвищення її електропровідності?

2. Напишіть рівняння реакцій лабораторних методів одержання кисню: а) термічним розкладанням меркурій(II) оксиду; б) розкладанням гідроген пероксиду (що є каталізатором реакції?); в) розкладанням калій нітрату до калій нітриту.

3. Закінчіть рівняння реакції отримання озону



4. Як із вихідних сполук  $SeO_2$  і  $SO_2$  отримати просту речовину – селен?

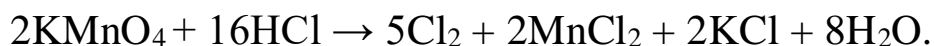
## Розділ 9

### Методи отримання простих речовин елементів VIIA групи

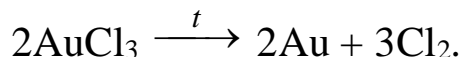
*Отримання хлору.* Промисловий спосіб отримання хлору полягає в електролізі водного розчину натрій хлориду.

Лабораторні методи:

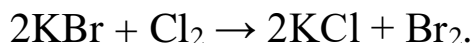
– дія хлоридної кислоти на  $\text{MnO}_2$  або  $\text{KMnO}_4$



– особливо чистий хлор одержують нагріванням аурум(III) хлориду



*Отримання бром.* Бром одержують із природної води. Після виділення ~75 %  $\text{NaCl}$  її обробляють  $\text{Cl}_2$ , внаслідок чого виділяється  $\text{Br}_2$



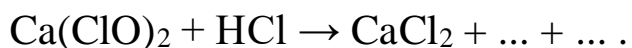
*Отримання йоду.* Йод отримують із  $\text{NaI}$ , що міститься в природній воді, дією окисників (зазвичай  $\text{Cl}_2$ ).  $\text{I}_2$ , що виділився, витягують з розчину адсорбцією.

### Завдання для самоперевірки

1. Напишіть рівняння електродних реакцій, що протікають при електролізі водного розчину натрій хлориду. Які вимоги висуваються до матеріалу анода?

2. Напишіть рівняння реакцій одержання хлору: а) промисловим методом окиснення  $\text{HCl}$  киснем; б) лабораторним методом взаємодії концентрованої хлоридної кислоти з манган(IV) оксидом.

3. Закінчіть рівняння реакції отримання хлору при взаємодії кальцій гіпохлориту з концентрованою хлоридною кислотою



4. Яку масу бромю можна виділити з морської води, взятої масою 500 кг, якщо в ній міститься 0,0038 % Бромю?

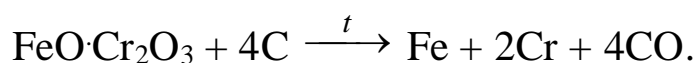
5. Напишіть рівняння отримання йоду з його натрієвої солі дією хлору. Скільки кмоль йоду можна отримати із 2 т розчину 75 %-ого розчину NaI? Який галоген ще можна використовувати для отримання йоду з розчину NaI?

6. При взаємодії 68 г бертолетової солі з надлишком концентрованої хлоридної кислоти виділився газ жовто-зеленого кольору. Який це газ і чому дорівнює його об'єм (н.у.)?

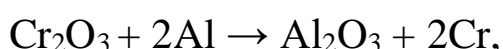
## Розділ 10

### Методи отримання простих речовин елементів VIB групи

*Отримання хрому.* Оскільки хром використовують для легування сталей, зазвичай виплавляють ферохром, який одержують відновленням хромистого залізняку



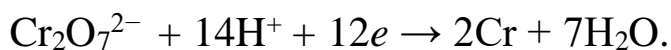
Чистий хром одержують відновленням  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  алюмінієм або кремнієм



Додавання  $\text{CaO}$  запобігає утворенню силікатів хрому. Використовувати вуглець для відновлення сполук хрому не можна, оскільки утворюються карбіди хрому.

За допомогою електролізу отримують електролітичний хром із розчину хром(VI) оксиду у воді, що містить добавку сульфаної кислоти. При цьому на катодах відбуваються в основному три процеси:

- відновлення  $\text{Cr(VI)}$  до  $\text{Cr(III)}$  із переходом його в розчин;
- розряд іонів Гідрогену із виділенням газоподібного водню;
- розряд іонів, що містять  $\text{Cr(VI)}$  з осадженням металевого хрому

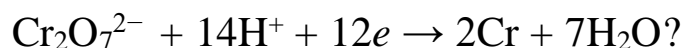


*Отримання молибдену.* Металевий молибден отримують відновленням  $\text{MoO}_3$  при нагріванні з різними відновниками ( $\text{Ca}$ ,  $\text{Al}$ ,  $\text{Mg}$ ,  $\text{Zn}$  та ін). У промисловості  $\text{MoO}_3$  відновлюють воднем. При цьому  $\text{Mo}$  виділяється у вигляді порошку. У значних кількостях виробляють феромолибден, що утворюється при відновленні  $\text{MoO}_3$  феросиліцієм.

*Отримання вольфраму.* Компактний вольфрам отримують відновленням  $\text{WO}_3$  воднем при  $850\text{--}1200\text{ }^\circ\text{C}$  і подальшому спіканні порошку, що утворився.

### **Завдання для самоперевірки**

1. Чому дорівнює еквівалентна маса дихромат-іона в реакції одержання хрому



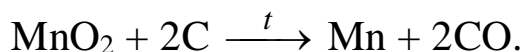
2. Напишіть реакцію відновлення молібден(VI) оксиду до металевого молібдену воднем. Скільки молібдену отримано при протіканні реакції, якщо витрачено  $89,6\text{ м}^3$  водню?

## Розділ 11

### Методи отримання простих речовин елементів VIIB групи

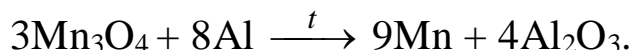
*Отримання марганцю.* Марганець отримують:

– відновленням його оксиду вуглецем або кремнієм (у вигляді силікомарганцю), рідше алюмінієм



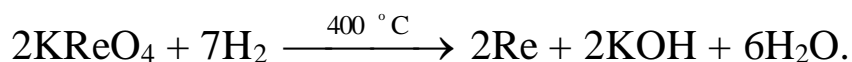
Якщо як вихідну сировину застосовують суміш піролюзиту з оксидами заліза, то утворюється сплав марганцю з залізом – феромарганець, який використовують як добавку в різних сортах сталі;

– електролізом водного розчину манган(II) сульфату;  
– лабораторним методом є алюмотермічне відновлення



*Отримання ренію.* Реній отримують при переробці сировини з дуже низьким вмістом цільового компонента (в основному це мідна та сульфідна молібденова сировина). Переробка сульфідної ренійвмісної мідної та молібденової сировини заснована на пірометалургійних процесах (плавка, конвертування, окислювальний випал). В умовах високих температур реній виганяється у вигляді вищого оксиду  $\text{Re}_2\text{O}_7$ , який потім затримується в системах пилогазоуловлювання.

У разі неповного сублімації ренію при випаленні молібденітових концентратів частина його залишається в недогарку і потім переходить в аміачні або содові розчини вилуговування недогарків у вигляді перренатів, які відновлюють воднем



*Отримання технецію.* Ізотоп  $^{99}\text{Tc}$  може бути виділений із відпрацьованого ядерного палива. Крім урану-235, технецій утворюється при діленні нуклідів  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{233}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ .

## Завдання для самоперевірки

1. Напишіть рівняння електродних реакцій, що протікають при електролізі водного розчину манган(II) сульфату. За який час можна отримати 5 кг металевого марганцю при силі струму 20 А і виході за струмом 89 %?

2. При прожарюванні піролюзиту  $MnO_2$  утворюється манган(III) оксид, при подальшому алюмінотермічному відновленні якого отримують металевий марганець. Напишіть рівняння послідовних реакцій.

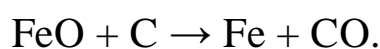
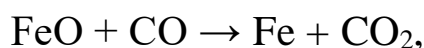
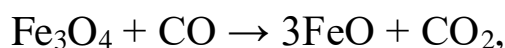
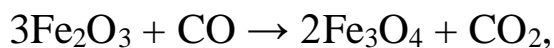
3. Напишіть рівняння ядерної реакції ділення ізотопу  $^{235}U$  з утворенням  $^{99}Tc$ .

## Розділ 12

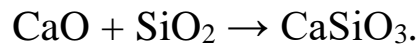
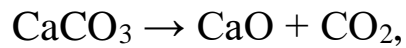
### Методи отримання простих речовин елементів VIII групи. Сімейство заліза

*Отримання заліза.* Для одержання заліза використовують наступні руди: магнітний залізняк  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (мінерал магнетит), червоний залізняк  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (гематит), бурий залізняк  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  (лімоніт). Техніці в основному необхідно залізо, що містить близько 1 % вуглецю (сталь). Сталь виплавляють у два етапи. Спочатку відновлюють залізну руду, використовуючи надлишок вуглецю, та одержують сплав, що містить 3–4 % С (чавун). Потім виплавляють сталь, видаляючи з чавуну надлишок вуглецю. У руди, що містять багато силіцій(IV) оксиду, додають вапняк, щоб надалі міг утворитися легкоплавкий шлак (кальцій силікат). Якщо в руді міститься багато карбонатів (Ca і Mg), то додають пісок з тією ж метою. Ці добавки називають флюсами (плавнями): кислий флюс – кремнезем  $\text{SiO}_2$ ; основний флюс – вапняк.

Чавун виплавляють у доменних печах. У піч завантажують руду, вуглець та флюс. Вуглець беруть у вигляді коксу, одержуваного термолизом кам'яного вугілля певних марок. Суміш поступово переміщується зверху донизу доменної печі; назустріч їй йде потік гарячого повітря чи кисню, вдуваного через спеціальні отвори (фурми) у нижню частину печі. При високій температурі в доменній печі вугілля згоряє, утворюючи CO. Реакції відновлення ферум оксидів схематично можна представити рівняннями



Шар рідкого шлаку (кальцій силікат), що утворюється над розплавленим металом, захищає метал від окиснення



Дефіцитність і дорожнеча коксівного вугілля змушує шукати інші способи отримання заліза. Використовують методи прямого відновлення залізняку сумішшю CO і H<sub>2</sub>. Руда, в даній технології використовується у вигляді котунів або брикетів. При відновленні (температура не вище 1100 °C) утворюється губчасте залізо, переплавленням якого, минаючи стадію виробництва чавуну, отримують сталь.

«Переділ» чавуну в сталь здійснюється двома способами – конверторним та мартенівським. У *конверторному способі* розплавлений чавун наливають у грушоподібну посудину – конвертор і продувають повітря через метал. При цьому частина вуглецю окислюється, утворюючи CO<sub>2</sub>; окислюються також деякі домішки (P, S, Si) та частково залізо.

У *мартенівському процесі* чавун плавлять у широкій печі, в якій високу температуру створює факел палаючого газу. Окиснення домішок відбувається частково киснем повітря, що продувається в піч при спалюванні газу, частково – оксидами заліза, що додаються в чавун.

Конверторний спосіб значно дешевше та продуктивніше, він ширше використовується. Однак за мартенівським способом можна отримувати сталь вищої якості.

Чисте залізо одержують у вигляді порошку відновленням його оксидів воднем або термічним розкладанням карбонілу Fe(CO)<sub>5</sub>.

*Отримання кобальту та нікелю.* Виробництво кобальту і нікелю, що містяться в рудах сумісно, – складний технологічний процес. Труднощі обумовлені невеликим вмістом Co і Ni у руді, необхідністю їх відокремлення від Fe і Cu, що завжди містяться в поліметалевих рудах, близькістю властивостей Co і Ni, що ускладнюють їх розділення. Для отримання Co і Ni використовують піро- і гідрометалургійні процеси.

На кінцевому етапі отримання кобальту та нікелю їх суміш (CoO і Co<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, для Ніколу – NiO) відновлюють вуглецем в електропечах. Очищають метали електролізом або розкладанням їх карбонілів Co<sub>2</sub>(CO)<sub>8</sub> і Ni(CO)<sub>4</sub> при 200 °C.

Також застосовується електролітичне розчинення для переведення в розчин кобальту з металевих або сульфідних кобальтовмісних сплавів. Основними компонентами таких сплавів, крім кобальту, є залізо, нікель та мідь. Анодне розчинення металевих сплавів проводиться у підігрітому розчині сірчаної кислоти. Кобальт, нікель і залізо через велику катодну поляризацію в кислому розчині повністю залишаються в електроліті. Мідь, що розчинилася на аноді, майже повністю осідає на катоді, тому розчини, отримані анодним розчиненням, практично не містять міді, що полегшує подальшу їх переробку.

Далі проводять електролітичне одержання металевого кобальту для безпосереднього виділення кобальту з розчину (електроекстракція). Для отримання високочистого кобальту потрібно повне очищення розчину від нікелю. Гідролітичне очищення полягає в окисненні  $\text{Co}^{2+}$  до  $\text{Co}^{3+}$  хлором або натрій гіпохлоритом та осадженні з розчину кобальт(III) гідроксиду. Провівши кілька разів процес осадження і розчинення  $\text{Co}(\text{OH})_3$ , можна досягти повного розділення кобальту і нікелю.

### **Завдання для самоперевірки**

1. Відомо, що чисте залізо можна одержати у лабораторних умовах при розкладанні ферум карбонілу або при відновленні ферум оксидів воднем. Напишіть рівняння відповідних реакцій. Там, де потрібно використовуйте метод електронного балансу.

2. Для електролітичного отримання кобальту потрібно його очищення від нікелю, що досягається спочатку окисненням  $\text{Co}(\text{II})$  до  $\text{Co}(\text{III})$  натрій гіпохлоритом, потім багатократним осадженням  $\text{Co}(\text{III})$  гідроксиду. Кінцевий етап проводять в електролізерах при катодному виділенні кобальту із розчину  $\text{CoSO}_4$ . Запишіть цей ланцюг перетворень у вигляді рівнянь хімічних та електрохімічних реакцій.

3. У лабораторних умовах кобальт одержують при відновленні суміші його оксидів ( $\text{CoO} + \text{Co}_3\text{O}_4 + \text{Co}_2\text{O}_3$ ) воднем. Напишіть рівняння реакцій, використовуючі метод електронного балансу.

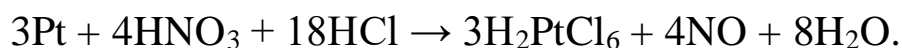
## Розділ 13

### Методи отримання простих речовин елементів VIII групи. Платинові метали

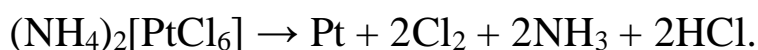
*Отримання платинових металів.* Платинові метали завжди зустрічаються разом. Це дуже рідкісні елементи. Їх загальний вміст у земній корі становить близько  $10^{-6}$  %. Платинові метали зустрічаються у вільному стані. Це, наприклад, самородна платина, де міститься ~80 % Pt, ~10 % інших платинових металів, ~10 % Fe, Cu, Au та інших домішок. Платина та її аналоги завжди у невеликих кількостях супроводжують мідь і нікель. При очищенні цих металів електролізом утворюється шлам, що містить платинові метали (і золото). Поряд із самородною платиною, це важливе джерело їхнього промислового отримання.

*Отримання платини.* Переробка самородної платини і шламів, що містять платинові метали, складається з багатьох технологічних операцій, що обумовлено близькістю властивостей платинових металів і труднощами їх розділення. Оскільки кожен із платинових металів має свої сфери застосування, то необхідне їх розділення. Недоцільне використання сплавів платинових металів.

Відомі різноманітні методи переробки самородної платини. Всі вони починаються з обробки її царською горілкою, при цьому платинові метали переходять в розчин, окислюючись до  $\text{H}_2[\text{PtCl}_6]$ . Осмій та Іридій частково залишаються у вигляді осаду «осміридія». Для платини реакція окиснення наступна



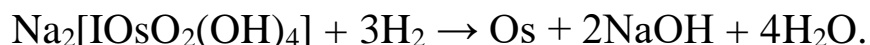
Потім дією слабких відновників елементи, крім Платини, переводять у більш низькі ступені окиснення, після чого Платину осаджують у вигляді малорозчинного комплексу  $(\text{NH}_4)_2[\text{PtCl}_6]$ . Інші елементи залишаються у розчині. При нагріванні амоній гексахлороплатинату(IV) утворюється порошкоподібний метал



Сплавленням або спіканням порошку одержують компакту платину. Зазвичай вона містить 99,7–99,8 % Pt. Для одержання металу високого ступеня чистоти отриману платину знову розчиняють у царській горілці та повторно переосаджують  $(\text{NH}_4)_2[\text{PtCl}_6]$ . Так одержують метал, що містить 99,94 % Pt. Особливо чисту платину готують методом зонної плавки переосадженого металу.

*Отримання осмію та іридію.* З «осміридίου» та розчину, що залишився після виділення  $(\text{NH}_4)_2[\text{PtCl}_6]$ , отримують інші платинові метали.

Осмій виділяють зі збагаченої сировини платинових металів шляхом прожарювання цього концентрату на повітрі при температурах 800–900 °С, при цьому кількісно сублімують пари летучого тетраоксиду осмію  $\text{OsO}_4$ , які далі поглинають розчином  $\text{NaOH}$ . Упарюванням розчину виділяють сіль – перосмат натрію, який відновлюють воднем при +120 °С до осмію:



Осмій виходить у вигляді губки.

*Отримання іридію.* Для вилучення Іридію з мінералів групи осмістого іридію мінерали сплавають з барій оксидом, обробляють хоридною кислотою і царською горілкою, відганяють  $\text{OsO}_4$  і осаджують Іридій у вигляді  $(\text{NH}_4)_2[\text{IrCl}_6]$ , який потім прожарюють, отримуючи метал – іридій.

### **Завдання для самоперевірки**

1. Одним зі ступенів одержання чистої платини є переосадження металу у вигляді комплексу амоній гексахлороплатинату(IV). Запропонуйте як можна здійснити це перетворення.

2. Для одержання металевого іридію з мінералів групи осмістого іридію елемент осаджують у вигляді  $(\text{NH}_4)_2[\text{IrCl}_6]$ , який потім прожарюють, отримуючи метал – іридій. Напишіть рівняння відповідних реакцій.

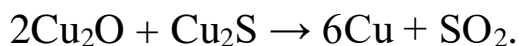
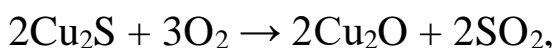
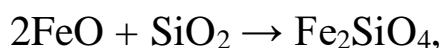
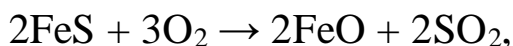
## Розділ 14

### Методи отримання простих речовин елементів ІВ групи

*Отримання міді.* Оскільки мідь використовується з найдавніших часів, багаті родовища її вироблені, і часто доводиться вилучати Cu з дуже бідних руд. Рентабельною є переробка руди, що містить лише 0,2 % Купруму.

Методи пірометалургічного отримання міді засновані на тому, що FeS<sub>2</sub> та FeS окислюються киснем легше, ніж купрум сульфідів Cu<sub>2</sub>S та CuS. Концентрат з добавкою флюсу SiO<sub>2</sub> піддають окисній плавці у відбивній печі. При цьому відбувається окиснення Сульфур до SO<sub>2</sub>, який направляють на одержання H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, перехід Fe(II) у шлак Fe<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>. Неокисленими залишаються Cu<sub>2</sub>S і кілька FeS.

У результаті в печі утворюються два рідких шари – зверху легший шлак, а внизу – розплав, що складається з FeS і Cu<sub>2</sub>S (штейн). Шлак зливають, а рідкий штейн переливають у конвертор, до якого додають флюс і збоку вдувають повітря. У конверторі утворюється розплавлена мідь, ферум(II) сульфід перетворюється на ферум(II) оксид, який переходить у шлак



Відокремлюють шлак, а мідь піддають вогневому рафінуванню – окисній плавці в присутності флюсів. В результаті одержують мідь, що містить 99,3–99,6 % Cu. Її очищають електролізом. На катоді виділяється чиста мідь (99,95–99,99 % Cu). Домішки, що містяться в чорновій міді, частково переходять у розчин (метали, що стоять у ряді напруг до Cu), частково випадають у вигляді шламу на дно ванни. Шлам містить Ag, Au, платинові метали, Se, Te, As.

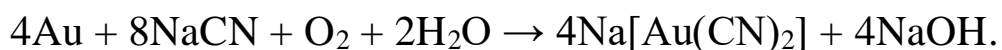
*Отримання срібла.* Срібло виділяють із неочищених металів: міді, свинцю та інших, у рудах яких завжди міститься

домішка Ag. З міді срібло одержують під час електролітичного рафінування у вигляді анодного шламу.

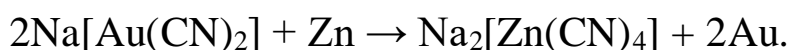
Для виділення срібла, а також золота зі свинцю до нього додають цинк, який утворює з Ag і Au ряд міцних інтерметалідів:  $Ag_2Zn_3$ ,  $Ag_2Zn_5$ ,  $AuZn$ ,  $Au_3Zn$ ,  $AuZn_3$ . Зазначені інтерметаліди нерозчинні в рідкому свинці, вони виринають на поверхню розплавленого свинцю, утворюючи «сріблясту плівку». Її знімають із шару рідкого свинцю і потім відганяють із неї цинк.

*Отримання золота.* Золото отримують із подрібнених золотоносних порід промиванням. Цей метод відділення ґрунтується на великій різниці щільностей Au та  $SiO_2$ . Часто промивання поєднують з амальгамацією. З отриманої амальгами (розчин Au в Hg) ртуть видаляють відгонкою.

Широко застосовується хімічний спосіб вилучення Au із золотоносних порід обробкою їх розчином натрій ціаніду, заснований на реакції



З одержаного розчину Au виділяють дією Zn

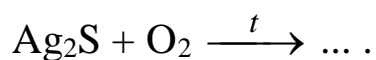
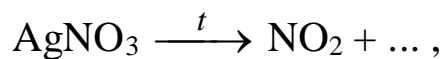
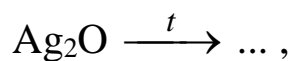
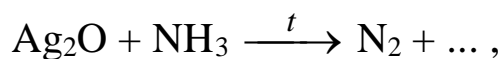
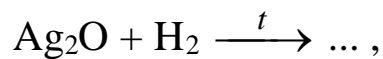


Для отримання золота з розчинів також використовують іонообмінні смоли.

### **Завдання для самоперевірки**

1. Проблемою одержання чистої міді є її очищення від домішок, що здійснюється при вогневому рафінуванні міді у ході продування повітрям. При цьому переважно окислюється мідь з утворенням купрум(I) оксиду, що добре розчиняється в міді, внаслідок чого кисень доставляється у всі місця рідкої ванни. Купрум(I) оксид, у свою чергу, окислює домішки, наприклад, залізо. В окисленому вигляді домішки переходять у шлак за допомогою силікатних флюсів. Запропонуйте хімічні реакції для здійснення наведених перетворень.

2. Закінчіть рівняння реакцій, що являють собою лабораторні методи одержання срібла:



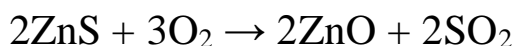
3. За якої сили струму можна отримати 2 кг срібла при його електрорафінуванні в нітратному електроліті протягом трьох діб при виході струмом 86 %?

4. Як одержати колоїдне золото при відновленні гідроген тетрахлоаурату(III) гідроген пероксидом. Напишіть рівняння реакції іонно-електронним методом.

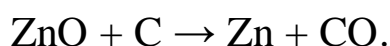
## Розділ 15

### Методи отримання простих речовин елементів ІВ групи

*Отримання цинку.* Для виділення цинку отриманий після збагачення концентрат ZnS випалюють

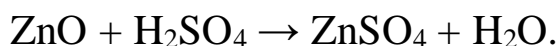


і ZnO, що утворився, відновлюють вугіллям



Цинк виділяється у вигляді пари, більша частина якого конденсується в каналі, що примикає до камери відновлення. Невелика частина пари проходить далі в розширену частину каналу, де при охолодженні пар перетворюється у дрібний порошок цинку – цинковий пил.

Бідні руди переробляють гідрометалургійним методом. Руду, що містить ZnS, обпалюють і потім обробляють розведеною сульфатною кислотою

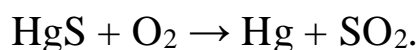


Отриманий розчин ZnSO<sub>4</sub> піддають електролізу. На катоді виділяється металевий цинк. Аноди виготовляють із свинцю, а катоди – з алюмінію.

*Отримання кадмію.* Кадмій, супутній цинку, зазвичай вилучають з розчинів ZnSO<sub>4</sub>, що утворюються при гідрометалургійному отриманні цинку. До розчину додають цинковий пил, цинк витісняє Cd і домішки Cu. Утворюється мідно-кадмієвий пек. Обробляючи його H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, отримують розчин CdSO<sub>4</sub>, з якого виділяють Cd електролізом (аналогічно отриманню Zn) або дією Zn.

Металевий кадмій очищають від домішки цинку переплавною під шаром розплавленого лугу, який утворює з цинком цинкат. Кадмій високої чистоти одержують вакуумною дистиляцією.

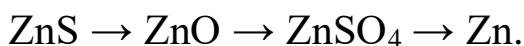
*Отримання ртуті.* Ртуть одержують випалом кіноварі до температури 700 °С



В даному випадку утворюється металева ртуть, а не HgO, так як ця сполука при нагріванні розкладається. Пари ртуті конденсуються в холодильнику, що є трубками з нержавіючої сталі. Отримана в такий спосіб ртуть містить безліч домішок: цинк, кадмій, залізо, алюміній, молібден, хром, срібло, золото тощо. Від більшості домішок ртуть очищають промиванням 20 % розчином HNO<sub>3</sub>. При цьому домішки металів (крім Ag і Au) переходять у розчин. Ртуть високої чистоти одержують вакуумною дистиляцією або електролізом.

### Завдання для самоперевірки

1. Здійсніть ланцюжок перетворень за допомогою хімічних та електрохімічних процесів:



2. Охарактеризуйте процес електрохімічного рафінування цинку з позицій вибору матеріалу електродів, типу електроліту, величини сили струму і кислотності середовища.

3. Чому при очищенні кадмію від домішок цинку використовують переплавку під шаром розплавленого лугу. У чому полягає хімізм процесу?

4. Ртуть очищують в процесі електролізу. Напишіть рівня електродних процесів при проведенні електролізу водного розчину меркурій(II) нітрату. Яка маса ртуті буде отримана за сили струму 75 А протягом 8 годин при виході за струмом 78 %?

## Література

1. Загальна та неорганічна хімія: теоретичні та лабораторно-практичні аспекти: навчальний посібник / В. М. Гуляєв, В. О. Маховський, А. Л. Коваленко, А. С. Анацький. – Кам'янське : ДДТУ, 2019. – 315 с.
2. Слободяник М.С., Улько Н.В., Бойко К.М., Самойленко В.М. Загальна та неорганічна хімія – К.: Либідь, 2004. – 334 с.
3. Ісаєва Л.Є., Лев І.Ю. Хімія неметалів: Навч. посібник. – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2012. – 79 с.
4. Загальна та неорганічна хімія : підруч. для студентів вищ. навч. закл. / Є.Я. Левітін, А.М. Бризицька, Р.Г. Ключова ; за заг. ред. Є.Я. Левітіна. — 3-тє вид. — Харків : НФаУ : Золоті сторінки, 2017. — 512 с.
5. Загальна та неорганічна хімія. Лабораторний практикум/ Укл.: О.І. Сиза, О.М. Савченко – Чернігів: ЧДТУ, 2012. – 104 с.

## Зміст

ВСТУП.....	3
Розділ 1. МЕТОДИ ОТРИМАННЯ ВОДНЮ.....	4
Завдання для самоперевірки.....	5
Розділ 2. МЕТОДИ ОТРИМАННЯ МЕТАЛІВ .....	6
Завдання для самоперевірки.....	8
Розділ 3. МЕТОДИ ОТРИМАННЯ ПРОСТИХ РЕЧОВИН ІА ГРУПИ .....	9
Завдання для самоперевірки.....	12
Розділ 4 МЕТОДИ ОТРИМАННЯ ПРОСТИХ РЕЧОВИН ІІА ГРУПИ .....	13
Завдання для самоперевірки.....	14
Розділ 5. МЕТОДИ ОТРИМАННЯ ПРОСТИХ РЕЧОВИН ІІІА ГРУПИ .....	15
Завдання для самоперевірки.....	16
Розділ 6. МЕТОДИ ОТРИМАННЯ ПРОСТИХ РЕЧОВИН ІVА ГРУПИ .....	17
Завдання для самоперевірки.....	19
Розділ 7. МЕТОДИ ОТРИМАННЯ ПРОСТИХ РЕЧОВИН VА ГРУПИ .....	20
Завдання для самоперевірки.....	21
Розділ 8. МЕТОДИ ОТРИМАННЯ ПРОСТИХ РЕЧОВИН VІА ГРУПИ .....	23
Завдання для самоперевірки.....	24
Розділ 9. МЕТОДИ ОТРИМАННЯ ПРОСТИХ РЕЧОВИН VІІА ГРУПИ .....	25
Завдання для самоперевірки.....	25
Розділ 10. МЕТОДИ ОТРИМАННЯ ПРОСТИХ РЕЧОВИН VІV ГРУПИ .....	27
Завдання для самоперевірки.....	28
Розділ 11. МЕТОДИ ОТРИМАННЯ ПРОСТИХ РЕЧОВИН VІV ГРУПИ .....	29
Завдання для самоперевірки.....	30
Розділ 12. МЕТОДИ ОТРИМАННЯ ПРОСТИХ РЕЧОВИН VІVВ ГРУПИ. СІМЕЙСТВО ЗАЛІЗА .....	31
Завдання для самоперевірки.....	33

Розділ 13. МЕТОДИ ОТРИМАННЯ ПРОСТИХ РЕЧОВИН VIII ГРУПИ. ПЛАТИНОВІ МЕТАЛИ .....	34
Завдання для самоперевірки.....	35
Розділ 14. МЕТОДИ ОТРИМАННЯ ПРОСТИХ РЕЧОВИН IX ГРУПИ.....	36
Завдання для самоперевірки.....	37
Розділ 15. МЕТОДИ ОТРИМАННЯ ПРОСТИХ РЕЧОВИН X ГРУПИ.....	39
Завдання для самоперевірки.....	40
ЛІТЕРАТУРА.....	41