

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

## МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

ДО ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ З ТЕМИ  
«ХІМІЯ d-ЕЛЕМЕНТІВ VII В ГРУПИ ПЕРІОДИЧНОЇ СИСТЕМИ»  
З ДИСЦИПЛІНИ «ЗАГАЛЬНА ТА НЕОРГАНІЧНА ХІМІЯ»  
ЗА ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНОЮ ПРОГРАМОЮ «БАКАЛАВР»  
ДЛЯ СТУДЕНТІВ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ  
161 ХІМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРІЯ  
162 БІОТЕХНОЛОГІЇ ТА БІОІНЖЕНЕРІЯ  
181 ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ  
186 ВИДАВНИЦТВО ТА ПОЛІГРАФІЯ  
226 ФАРМАЦІЯ

Затверджено на засіданні  
кафедри неорганічної хімії  
Протокол № 11 від 24.05.2017

Методичні вказівки до лабораторних занять з теми «Хімія d-елементів VII В групи періодичної системи» з дисципліни «Загальна та неорганічна хімія» / укл.: Голіченко О.А., Китова Д.Є. – Дніпро: ДВНЗ УДХТУ, 2018. – 16 с.

Укладачі: О.А. Голіченко, канд. хім. наук  
Д.Є. Китова, канд. хім. наук

Відповідальний за випуск О.В. Штеменко, д-р хім. наук

#### Навчальне видання

Методичні вказівки до лабораторних занять з теми «Хімія d-елементів VII В групи періодичної системи» з дисципліни «Загальна та неорганічна хімія» за освітньо-професійною програмою «бакалавр» для студентів спеціальностей:

161 хімічні технології та інженерія

162 біотехнології та біоінженерія

181 харчові технології

186 видавництво та поліграфія

226 фармація

Укладачі: ГОЛІЧЕНКО Олександр Анатолійович  
КИТОВА Діна Євгенівна

Технічний редактор В.П. Синицька  
Комп'ютерна верстка В.П. Синицька

Підписано до друку 03.05.18. Формат 60×84/16. Папір ксерокс. Друк різнограф.  
Умов. друк. арк. 0,73. Обл.-вид. арк. 0,77. Тираж 100 прим. Зам. № 541.  
Свідоцтво ДК № 5026 від 16.12.2015

---

ДВНЗ УДХТУ, просп. Гагаріна, 8, м. Дніпро, 49005

---

Редакційно-видавничий відділ

## d-елементи VII групи

### 1 Питання програми

- 1 Підгрупа Мангану. Загальна характеристика елементів. Знаходження в природі, добування, властивості.
- 2 Оксиди елементів та їх гідроксиди. Сполуки з галогенами, характер зміни властивостей сполук з ростом ступеня окиснення елемента.
- 3 Порівняння властивостей сполук d-елементів VII групи. Застосування простих речовин та сполук цих елементів.

### 2 Загальна характеристика

Елементи VII Б групи типові метали; Манган (Mn), Технецій (Tc), Реній (Re) та Борій (Bh). Вони належать до родини d-елементів. Валентні електрони їх атомів утворюють однакову зовнішню електронну конфігурацію:  $ns^2(n-1)d^5$ . В таблиці 1 наведені деякі властивості d-елементів VII групи, крім Борію (Bh), який був одержаний нещодавно та існує лише долі секунди.

Таблиця 1

Властивості елементів VII групи

	Манган Mn	Технецій Tc	Реній Re
Порядковий номер елемента	25	43	75
Відносна атомна маса	54,938	97,907	186,207
Вміст в земній корі, мас. частки, %	$9 \cdot 10^{-2}$	–	$1 \cdot 10^{-7}$
Температура плавлення, °C	1244	2200	3180
Температура кипіння, °C	2080	4600	5600
Густина при 20°C, г/см <sup>3</sup>	7,44	11,49	21,09
Атомний радіус	0,130	0,136	0,137
Відносна електронегативність	1,5	1,9	1,9
$E^\circ(\text{Ел}^{2+}/\text{Ел}^0)$ , В	–1,18	0,4	–
Ступені окиснення	(1),2,3,4,(5),6,7	(2),(3),4,(5),6,7	(2),(3),4,(5),6,7

## Знаходження в природі d-елементів VII групи

Елемент	Вміст в земній корі, мас. частки, %	Природні мінерали	Добування металів
Mn	$9 \cdot 10^{-2}$ (дуже поширений метал в природі)	Піролюзит $MnO_2$ , манганіт $MnOOH$ , гаусманіт $Mn_3O_4$ , ридохрїзит $MnCO_3$ та інші	Алюмотермічне відновлення піролюзиту, гаустаніту та інших руд: $3Mn_3O_4 + 8Al \rightarrow 9Mn + 4Al_2O_3$ Електроліз розчинів солей Mn (II)
Tc	Всі ізотопи радіоактивні. В природі практично немає	Немає	Опромінення нейтронами сусідніх елементів по ПС Молібдену та Рутенію ${}_{42}^{98}Mo + {}_0^1n \rightarrow {}_{42}^{99}Mo \xrightarrow{\beta} {}_{43}^{99}Tc$ ${}_{44}^{104}Ru + {}_0^1n \rightarrow {}_{43}^{104}Tc + {}_1^1H$
Re	$1 \cdot 10^{-7}\%$ (рідкісний елемент)	Джезказганіт $CuReS_4$ . Міститься як домішка в молібденових, вольфрамових і платинових рудах.	Відновнення воднем зі збагачених відходів мідного та молібдено-вольфрамового виробництва з утворених $Re_2O_7$ , $KReO_4$ $2KReO_4 + 7H_2 \rightarrow 2KOH + 2Re + 6H_2O$
Bh	Немає (штучний)	Немає	Бомбардування ядер Плюмбуму – 209 ядрами Хрому – 54 ${}_{82}^{209}Pb + {}_{24}^{54}Cr \rightarrow {}_{106}^{262}Bh + {}_0^1n$

## 3 Прості речовини

Манган, технецій і реній сріблясто-білі метали, у яких зростає ковалентний зв'язок, тому зменшується хімічна активність і зростає термоплавкість.

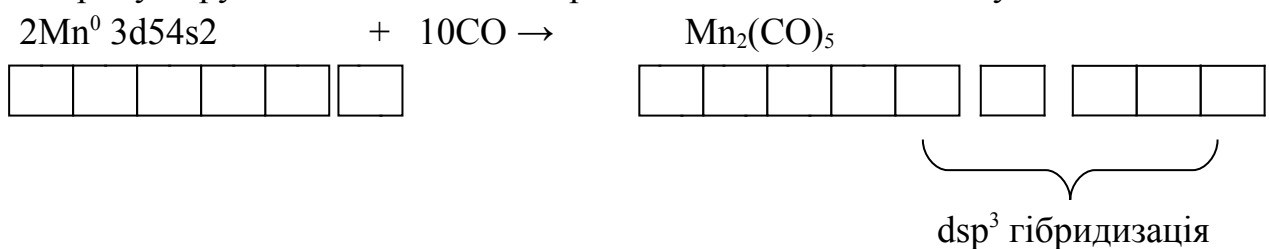
В ряду активності Манган знаходиться між активними металами Магнієм і Цинком, а Технецій і Реній після Гідрогену. Поверхня мангану на повітрі покривається оксидною плівкою, що зменшує його хімічну активність.

Mn	з $O_2 \rightarrow MnO, MnO_2, Mn_2O_3$	Re	з $H_2O, HCl, H_2SO_4 \neq$
----	---	----	-----------------------------

$3 \text{ F}_2 \rightarrow \text{MnF}_2, \text{MnF}_3$ $3 \text{ Cl}_2, \text{ Br}_2, \text{ J}_2 \rightarrow \text{MnHal}_2$ $3 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow \text{Mn}(\text{OH})_2 + \text{H}_2$ $3 \text{ HCl} \rightarrow \text{MnCl}_2 + \text{H}_2$ $3 \text{ H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MnSO}_4 + \text{H}_2$ $3 \text{ S, C} \rightarrow \text{MnS}, \text{MnS}_2, \text{Mn}_3\text{C}$ $3 \text{ NH}_3 \rightarrow \text{Mn}_3\text{N}_2 + \text{H}_2$ $3 \text{ HNO}_3\text{p} \rightarrow \text{Mn}(\text{NO}_3)_2 + \text{NO}$ $3 \text{ HNO}_3\text{k} \rightarrow \text{Mn}(\text{NO}_3)_2 + \text{NO}_2$ $3 \text{ H}_2\text{SO}_4\text{k} \rightarrow \text{MnSO}_4 + \text{SO}_2$ $3 \text{ KClO}_3 + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{MnO}_4$ $3 \text{ KOH} \neq$ $3 \text{ CO} \rightarrow \text{Mn}_2(\text{CO})_{10}$	(Tc)	$3 \text{ O}_2 \rightarrow \text{Re}_2\text{O}_7, \text{ReO}_2$ $3 \text{ HNO}_3\text{k} \text{ або } \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{HReO}_4$ $3 \text{ F}_2, \text{Cl}_2, \text{Br}_2 \rightarrow \text{ReF}_6, \text{ReCl}_5, \text{ReBr}_3$ $3 \text{ H}_2\text{SO}_4\text{k} \rightarrow \text{HReO}_4$ $3 \text{ H}_2\text{O}_2; \text{Cl}_2, \text{Br}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HReO}_4$ $3 \text{ KClO}_3 + \text{KOH} \rightarrow \text{KReO}_4$ $3 \text{ KOH} \neq$ $3 \text{ CO} \rightarrow \text{Re}_2(\text{CO})_{10}$
---	------	---

Елементи з нульовим ступенем окиснення утворюють біядерні кластерні сполуки з карбон(II) оксидом складу  $\text{E}_2(\text{CO})_{10}$ .

Валентні електрони елементів  $(n-1)d^5ns^2$  в атомах при взаємодії з CO перерозподіляються і утворюють в атомі металу п'ять гібридних орбіталей ( $dsp^3$ -гібридизація), залишаючи один неспарений електрон, який утворює електронну пару з таким самим електроном іншого атома металу



В ряду Mn-Tc-Re температури плавлення карбонілів і їх стійкість підвищуються:

	$\text{Mn}_2(\text{CO})_{10}$	$\text{Tc}_2(\text{CO})_{10}$	$\text{Re}_2(\text{CO})_{10}$
t пл, 0C	155	160	177

#### 4 Властивості оксидів і гідроксидів елементів підгрупи Мангану

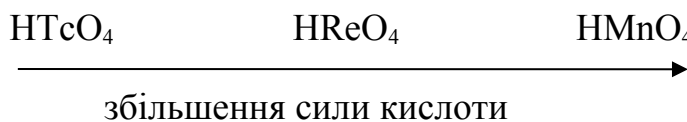
Манган утворює оксиди з різними ступенями окиснення. Цим оксидам відповідають гідроксиди і, якщо зіставити їх властивості, легко дійти висновку, що зі зростанням ступеня окиснення збільшується кислотні властивості

$\text{MnO}$	$\text{Mn}_2\text{O}_3$	$\text{MnO}_2$	$\text{MnO}_3$	$\text{Mn}_2\text{O}_7$
$\text{Mn}(\text{OH})_2$	$\text{MnOOH}$	$\text{Mn}(\text{OH})_4$ $\text{H}_4\text{MnO}_4$	$\text{H}_2\text{MnO}_4$	$\text{HMnO}_4$
основні		амфотерні	кислотні	

У Технецію та Ренію найстійкішим є ступінь окиснення +7, на що вказує значення ізобарно-ізотермічних потенціалів, а також стандартних окисно-відновних потенціалів

	$\text{Mn}_2\text{O}_7$	$\text{Tc}_2\text{O}_7$	$\text{Re}_2\text{O}_7$
$\Delta G$ , кДж/моль	-543,4	-936,3	-1165,9
$E$ ( $\text{EO}_4^- + 2\text{H}_2\text{O} / \text{EO}_2 + 4\text{OH}^-$ ), В	0,6	0,738	-0,595

$\text{HTcO}_4$  та  $\text{HReO}_4$  є слабкішими кислотами, ніж  $\text{HMnO}_4$ , що зумовлено впливом збільшенням радіуса центрального атома.



Стійкість сполук зростає, окисні властивості зменшуються, кислотні властивості зменшуються.

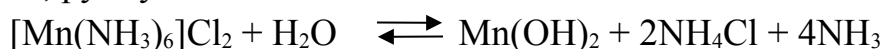
Але існують сполуки Мангану з Оксигеном  $\text{Mn}_2\text{O}_3$  та  $\text{Mn}_3\text{O}_4$ , які за властивостями є солями: манган(II) манганіт ( $\text{Mn}^{+2}\text{Mn}^{+4}\text{O}_3$ ) та манган(II) ортоманганіт ( $\text{Mn}_2^{+2}\text{Mn}^{+4}\text{O}_4$ ).

## 5 Хімічні властивості сполук Мангану(II)

Електронна будова іона  $\text{Mn}^{2+}$   $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^0$ . Наполовину заповнений 3d-підрівень сприяє стійкості сполук Мангану зі ступенем окиснення +2.

$\text{MnO}$ ,  $\text{Mn}(\text{OH})_2$  мають переважно основний характер, тому існують солі лише катіонного типу  $\text{MnCl}_2$ ,  $\text{MnSO}_4$ . Більшість солей  $\text{Mn}^{2+}$  стійкі і добре розчиняються у воді, крім карбонату і фосфату  $\text{MnCO}_3$  ( $\text{Mn}_3(\text{PO}_4)_2$ ). З водних розчинів солі кристалізуються у вигляді кристалогідратів, які являють  $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} - [\text{Mn}(\text{H}_2\text{O})_6](\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} - [\text{Mn}(\text{H}_2\text{O})_4]\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$

Іони  $\text{Mn}^{2+}$  утворюють комплексні сполуки з такими лігандами, як  $\text{CN}^-$ ,  $\text{SCN}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NH}_3$ , але існують лише в твердому стані, а в розчинах більшість з них нестійкі, руйнуються водою:



Комплекси  $\text{Mn}^{2+}$  містять комплексоутворювач з неспареними електронами на 3d-орбіталях як в сильному, так і в слабкому полі лігандів

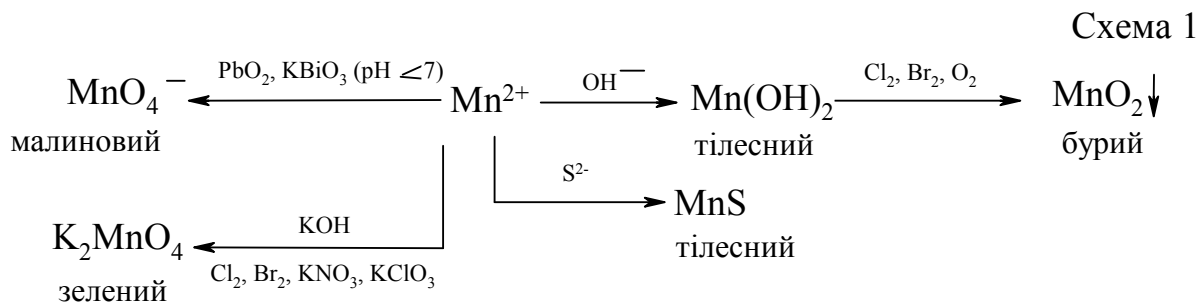


Тому комплекси  $\text{Mn}^{2+}$  парамагнітні.

Ступінь окиснення (+2) стійкий для Мангану, але він може підвищуватися до +4, +6, +7 при дії окисників у розчинах, або при сплавленні.

В нейтральному середовищі або слабколужному ( $\text{pH} \geq 7$ ) утворюється  $\text{MnO}_2$ , в сильнолужному ( $\text{pH} > 7$ ) утворюються частіше манганати ( $\text{MnO}_4^{2-}$ ), а в кислому ( $\text{pH} < 7$ ) при дії сильних окисників перманганатна кислота або її солі.

Можливі перетворення сполук  $\text{Mn}^{2+}$  в хімічних реакціях наведені у схемі 1.

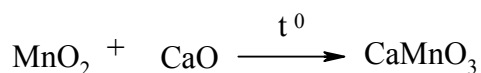


Для Технецію та Ренію ступінь окиснення +2 нехарактерний.

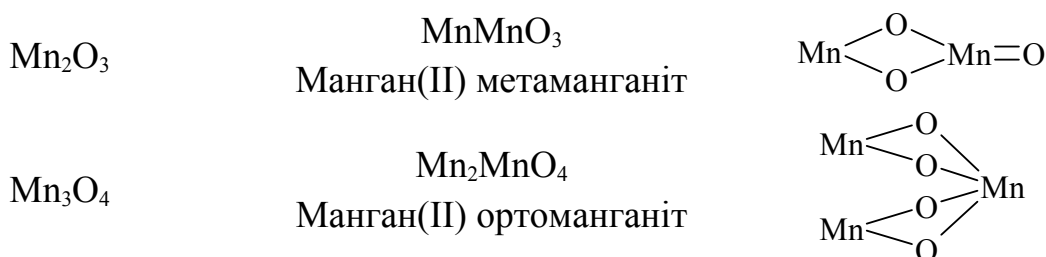
## 6 Сполуки Мангану та його аналогів зі ступенем окиснення +4

Діоксид  $\text{MnO}_2$  – чорно-бура тверда речовина. Це найбільш стійка сполука Мангану, вона найбільш поширена із сполук Мангану в земній корі.

За хімічною природою  $\text{MnO}_2$  амфотерний, але солі катіонного типу майже не існують. Відома чорна сіль,  $\text{Mn}(\text{SO}_4)_2$ , яка у воді повністю гідролізує. При сплавленні з лугами або основними оксидами утворюються манганіти:

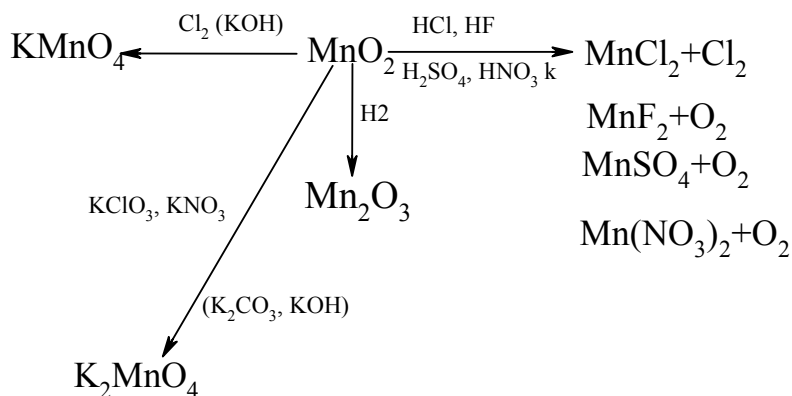


Сполуки Мангану зі складом  $\text{Mn}_2\text{O}_3$  і  $\text{Mn}_3\text{O}_4$  – солі.

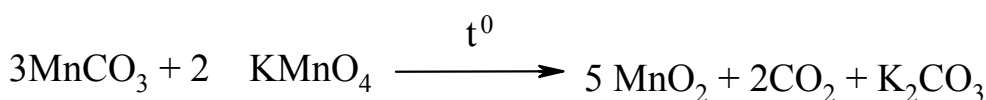
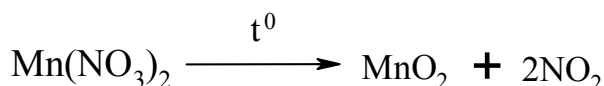


$\text{MnO}_2$  виявляє окисно-відновну амфотерність, тобто Манган може підвищувати ступінь окиснення до +6, +7 при взаємодії з окисниками і знижувати до +2 при взаємодії з відновниками, що показано на схемі 2.

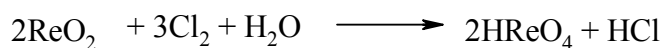
Схема 2



### Добування MnO<sub>2</sub>

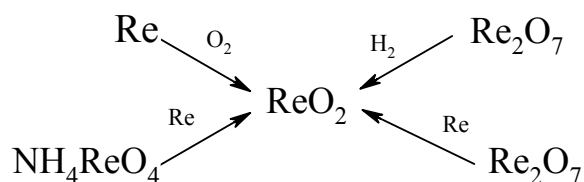


Відомі багато чисельні сполуки Ренію(VI)  $\text{ReO}_2$ ,  $\text{ReO}_3^{2-}$ ,  $\text{ReHal}_6^{2-}$ . На відміну від сполук Мангану(IV), сполуки Ренію(IV) легко перетворюються на стійкіші сполуки Ренію(VII):



Реній(IV) оксид можна добути в реакціях

Схема 3



$\text{ReO}_2$  утворюється також в реакціях диспропорціонування сполук Ренію(VI)



## 7 Сполуки Мангану та його аналогів зі ступенем окиснення +6

Сполуки Мангану зі ступенем окиснення +6 нечисленні і нестійкі. В розчині існують лише солі (манганати) зеленого кольору, наприклад  $\text{K}_2\text{MnO}_4$ , а оксид  $\text{MnO}_3$  і манганатна кислота  $\text{H}_2\text{MnO}_4$  миттєво розкладаються. У Технецію та Ренію сполуки зі ступенем окиснення +6 є більш стійкими. Кристали  $\text{ReO}_3$  стійкі на повітрі, а кислота  $\text{H}_2\text{ReO}_4$  існує в розчині.

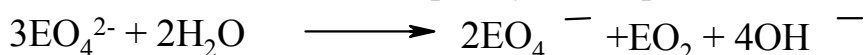


Для Ренію більш відомі фториди, хлориди та оксогалогеніди  $\text{ReF}_6$ ,  $\text{ReCl}_6$ ,  $\text{ReOF}_4$ .

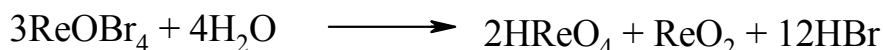
Манганатна кислота розкладається за реакцією диспропорціонування:



Такого типу розклад характерний для більшості сполук Мангану зі ступенем окиснення +6. Солі гідролізують за рівнянням

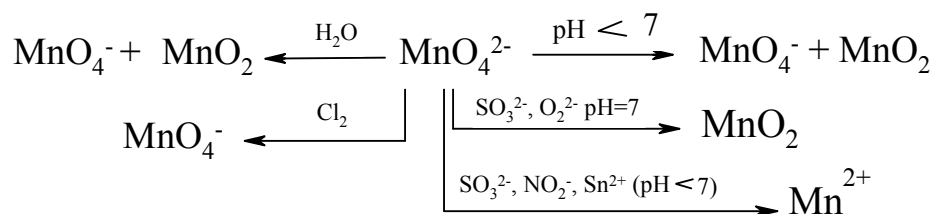


Галогенангідриди в воді також диспропорціонують.



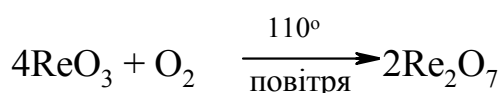
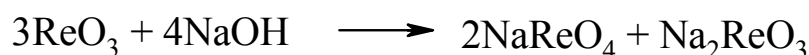
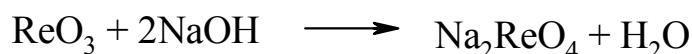
Деякі хімічні властивості манганатів наведені у схемі 4.

Схема 4



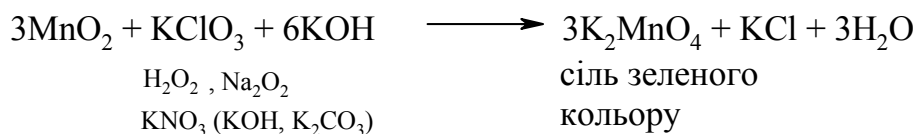
Отже  $\text{Mn}^{+6}$  виявляє окисно-відновну амфотерність: з сильними окисниками підвищує ступінь окиснення до +7, а з відновниками знижує до +4 при рН близькому до 7 і до +2 в кислому середовищі.

Сполуки  $\text{Re}^{+6}$  стійкіші ніж  $\text{Mn}^{+6}$ , але також доволі легко диспропорціонують на стабільніші сполуки зі ступенями окиснення +7 та +4.



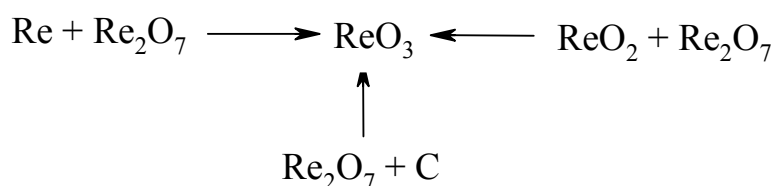
Способи добування сполук  $\text{E}^{+6}$

Манганати найчастіше добувають окисненням піролюзиту сплавленням в лужному середовищі:



Оксид Ренію(VI) можна добути за реакціями наведеними у схемі 5.

Схема 5



## 8 Сполуки Мангану та його аналогів зі ступенем окиснення +7

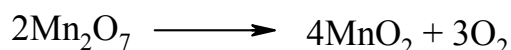
Стійкість сполук із вищим ступенем окиснення +7 в ряду Mn-Tc-Re зростає. Для Мангану відомі оксид  $\text{Mn}_2\text{O}_7$  та оксофторид  $\text{MnO}_3\text{F}$ , а для Ренію добути  $\text{ReF}_7$ ,  $\text{ReOF}_5$ ,  $\text{ReO}_2\text{F}_3$ ,  $\text{Re}_2\text{O}_7$ .

Всі елементи мають тетраедричні аніони  $\text{EO}_4^-$ .

Зміна енергії Гіббса утворення однотипних сполук свідчить про зростання стійкості в ряду від Мангану до Ренію:

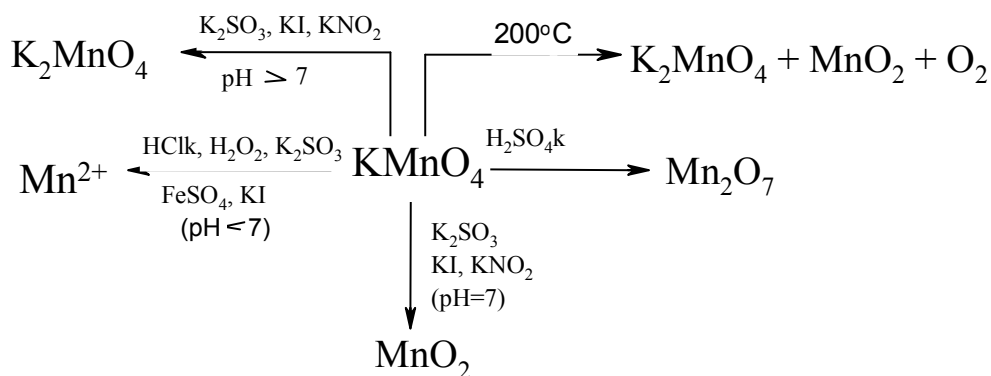
	$\text{Mn}_2\text{O}_7$	$\text{Tc}_2\text{O}_7$	$\text{Re}_2\text{O}_7$	$\text{MnO}_4^-$	$\text{TcO}_4^-$	$\text{ReO}_4^-$
$\Delta G^0_{\text{кДж/моль}}$	-543,4	-936,3	-1165,9	-426,4	-631,2	-698,1

$\text{Mn}_2\text{O}_7$  нестійка зелено-чорна масляниста рідина розкладається з вибухом:



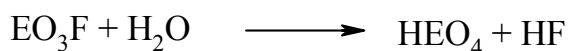
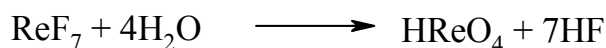
Сполуки Технецію(VII) та Ренію(VII) стійкі кристалічні речовини, що пов'язано з їх слабкішими окисними властивостями в порівнянні з похідними Mn(VII). Отже найсильнішими окисниками серед розглянутих сполук перманганати. Продукти окисно-відновних реакції залежать від середовища розчинів. В кислому середовищі перманганат зі ступенем окиснення +2, в нейтральному Mn(IV), у лужному – Mn(VI). Вказані перетворення зображені на схемі 6.

Схема 6



Перманганатна кислота  $\text{HMnO}_4$  існує лише у водних розчинах з концентрацією 20%. В ряду  $\text{HMnO}_4 - \text{HTcO}_4 - \text{HReO}_4$  кислотні властивості послаблюються, окисні властивості послаблюються, стійкість зростає. Кислота  $\text{HMnO}_4$  сильні і її солі не гідролізують в розчинах.

Галогеніди, оксогалогеніди E (VII) типові кислотні сполуки, які енергійно взаємодіють з водою з утворенням кислот:



### Якісні реакції

Таблиця 3

іон	Реагент	Аналітичний ефект
$\text{Mn}^{2+}$	1. а) $\text{HNO}_3 + \text{PbO}_2$ ( $\text{Pb}_2\text{O}_3$ ) б) $\text{HNO}_3 + \text{KBiO}_3$ в) $\text{HNO}_3 + (\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$	Утворення фіолетово-червоного розчину, який містить іони $\text{MnO}_4^-$
	2. луг + $\text{H}_2\text{O}_2$	Бурий осад $\text{MnO}_2$

## Завдання для самопідготовки

1.  $\text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$
2.  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$
3.  $\text{MnSO}_4 + \text{Br}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$
4.  $\text{MnO}_2 + \text{HNO}_3 \rightarrow$
5.  $\text{MnCO}_3 + \text{KClO}_3 \rightarrow$
6.  $\text{Re} + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{NH}_3 \rightarrow$
7.  $\text{MnSO}_4 + (\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8 + \text{H}_2\text{O} (\text{pH} < 7) \rightarrow$
8.  $\text{MnO}_2 + \text{HNO}_3 + \text{PbO}_2 \rightarrow$
9.  $\text{Mn}_3\text{O}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$
10.  $\text{MnO}_4^{2-} \rightarrow \text{Mn}^{2+} \rightarrow \text{MnO}_2$
11.  $\text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$
12.  $\text{Mn}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 (\text{повітря}) \rightarrow$
13.  $\text{Mn}_2\text{O}_3 + \text{HCl} \rightarrow$
14.  $\text{KMnO}_4 + \text{MnSO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$
15.  $\text{HMnO}_7$  – графічна формула, назва
16.  $\text{MnO}_4^- + \text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$
17.  $\text{Mn} + \text{HCl} (\text{p}) \rightarrow$
18.  $\text{KMnO}_4 + \text{NaNO}_2 + \text{Ba}(\text{OH})_2 \rightarrow$
19.  $\text{MnO}_4^- + \text{Fe}^0 + \text{H}^+ \rightarrow$
20.  $\text{KMnO}_4 + \text{PH}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$
21.  $\text{KMnO}_4 + \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$
22.  $\text{MnSO}_4 + \text{KClO}_3 + \text{KOH} (\text{сплав.}) \rightarrow$
23.  $\text{K}_2\text{ReO}_4 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$
24.  $\text{MnO}_4^{2-} \rightarrow \text{MnO}_4^- \rightarrow \text{MnO}_2$
25.  $\text{KMnO}_4 + \text{Na}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$
26.  $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$  конц  $\rightarrow$
27.  $\text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{Na}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$
28.  $\text{KMnO}_4 + \text{MnSO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$
29.  $\text{KMnO}_4 + \text{N}_2\text{H}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$
30.  $\text{MnO}_4^- + \text{S}^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$
31.  $\text{MnSO}_4 + \text{KClO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$
32.  $\text{MnO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$
33.  $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2 (t^\circ) \rightarrow$
34.  $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2 + \text{NH}_4\text{HSO}_5 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$
35.  $\text{MnCl}_2 + \text{Br}_2 + \text{KOH} \rightarrow$
36.  $\text{MnF}_2 + \text{KF} \rightarrow$
37.  $\text{MnSO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$
38.  $\text{MnO}_2 \rightarrow \text{MnO}_4^{2-} \rightarrow \text{Mn}^{2+}$
39.  $\text{MnSO}_4 + \text{CaOCl}_2 + \text{NaOH} \rightarrow$
40.  $\text{KMnO}_4 + \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{KOH} \rightarrow$  тетратіонат
41. гаусманіт +  $\text{HCl} \rightarrow$
42.  $\text{MnSO}_4 + \text{NH}_4\text{OH} \rightarrow$
43.  $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$

44.  $\text{MnSO}_4 + \text{PbO}_2 + \text{HNO}_3 \rightarrow$
45.  $\text{Mn}^{2+} + \text{BrO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow$
46.  $\text{KMnO}_4 + \text{MnCl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$
47.  $\text{MnO}_2 + \text{J}^- + \text{H}^+ \rightarrow$
48.  $\text{KMnO}_4 + \text{H}_3\text{PO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$
49.  $\text{MnO}_4^- + \text{H}_2\text{S} + \text{H}^+ \rightarrow$
50.  $\text{MnCl}_2 + \text{KCl} \rightarrow$
51.  $\text{Mn}_3\text{O}_4 + \text{KClO}_3 + \text{KOH} \text{ спл} \rightarrow$
52.  $\text{MnO}_4^- \rightleftharpoons \text{MnO}_4^{2-}$
53.  $\text{MnS} + \text{HNO}_3 \text{ p} \rightarrow$
54.  $\text{MnS} + \text{HNO}_3 \text{ к} \rightarrow$
55.  $\text{KMnO}_4 + \text{AsH}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$
56.  $\text{CrO}_2^- + \text{MnO}_4^- \rightarrow$
57.  $\text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$
58.  $\text{Mn}^0 \rightarrow \text{Mn}^{2+} \rightarrow \text{MnO}_4^{2-}$
59.  $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ к} \rightarrow$
60.  $\text{KMnO}_4 + \text{Na}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$
61.  $\text{KMnO}_4 + \text{Na}_2\text{O}_2 + \text{KOH} \rightarrow$
62.  $\text{MnO}_3\text{F} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$
63.  $\text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$
64.  $\text{Mn}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 + \text{KOH} \rightarrow$
65.  $\text{MnO}_4^- + \text{Cr}^{3+} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{pH} < 7}$
66.  $\text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$
67.  $\text{KMnO}_4 \xrightarrow{t^\circ}$
68.  $\text{SO}_2 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$
69.  $\text{MnO}_2 + \text{KBr} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$
70.  $\text{Mn}(\text{CN})_2 + \text{KCN} \rightarrow$
71.  $\text{MnSO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$
72.  $\text{Re} \rightarrow \text{ReO}_4^- \rightarrow \text{ReO}_2$
73. Реакції відновлення  $\text{MnO}_4^-$ ,  $\text{MnO}_4^{2-}$ ,  $\text{MnO}_2$  до  $\text{Mn}^{2+}$
74.  $\text{MnCl}_2 + \text{KBrO} + \text{KOH} \rightarrow$
75.  $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ конц} \rightarrow$
76.  $\text{MnO}_2 + \text{Al} \rightarrow$
77.  $\text{MnO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$
78.  $\text{MnSO}_4 + \text{Br}_2 + \text{NaOH} \rightarrow$
79.  $\text{Mn}_3\text{O}_4 + \text{KNO}_3 + \text{K}_2\text{CO}_3 \rightarrow$
80.  $\text{Re}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow$
81.  $\text{KMnO}_4 + \text{H}_3\text{PO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$
82.  $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ к} \rightarrow$
83.  $\text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ p} \rightarrow$
84.  $\text{Mn}^0 \rightarrow \text{Mn}^{2+} \rightarrow \text{MnO}_4^-$
85.  $\text{KMnO}_4 (t^\circ) \rightarrow$
86.  $\text{KMnO}_4 + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$
87.  $\text{MnO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$
88.  $\text{MnO}_2 + \text{HBr} \rightarrow$

89.  $\text{Mn}(\text{OH})_2 + \text{NH}_4\text{Cl} \rightarrow$
90. Яка маса калій манганату утвориться при сплавленні 0,174 г манган(IV) оксиду з сумішшю калій хлорату і калій гідроксиду?
91. Який об'єм за н.у. нітроген(II) оксиду можна окиснити 100 мл 0,1 н. розчину калій перманганату, підкисленого сульфатною кислотою?
92. Яка маса калій манганату утвориться при взаємодії 200 мл 0,1 н. розчину манган броміду з гідроген пероксидом в лужному розчині? Як зміниться колір розчину?
93. Який об'єм хлору за н.у. виділиться при взаємодії 2 моль  $\text{Mn}_3\text{O}_4$  з концентрованою соляною кислотою?
94. Який об'єм газу виділиться при взаємодії 1,1 г мангану з розведеною нітратною кислотою?
95. Яку масу манган(IV) оксиду необхідно взяти для окиснення сумішшю  $\text{KNO}_3$  з  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , щоб добути 200 г калій манганату, якщо вихід продукту становить 90%?
96. Яка маса хлорного вапна необхідна для окиснення 30 г манган сульфату у лужному розчині?
97. Який об'єм азоту за н.у. виділиться при взаємодії 330 г гідроксиламіну з калій перманганатом в сірчанокиислому розчині?
98. Яку масу Ренію та який об'єм 37% розчину  $\text{H}_2\text{O}_2$  ( $\rho=1,277$  г/мл) необхідно взяти, щоб здобути 2,5 г перренатної кислоти?
99. Який об'єм кисню за н.у. виділиться при взаємодії 200 мл 0,1 н. розчину калій перманганату з 0,624 г натрій пероксиду в сірчанокиислому розчині?
100. Які маси манган(IV) оксиду та кальцій оксиду необхідні для сплавлення з утворенням 7,15 г кальцій манганіту?

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия. – М.: Высшая школа, 2001. – С. 618-629.
2. Кудрявцев А.А. Составление химических уравнений. – М.: Высшая школа, 1991. – 320 с.
3. Гольбрайх З.Е., Маслов Е.И. Сборник задач и упражнений по химии. – М.: Высшая школа, 1997. – 384 с.
4. Некрасов Б.В. Основы общей химии. Т.І.М., "Химия", 1965. – С. 170-189.
5. Рисе И. Г. Загальна хімія. – К.: Вища школа, 1973. – С. 95-110.
6. Голуб А.М. Загальна та неорганічна хімія. – К.: вид-во Київського університету, 1968. – 370 с.

## Довідковий матеріал

Стандартні окисні потенціали ( $E^{\circ}$ ) відносно потенціалу водневого електрода при 25°C

Рівняння процесу	$E^{\circ}$ , В
Манган	
$Mn^{2+} + 2e = Mn^{\circ}$	-1,179
$MnO_4^- + e = MnO_4^{2-}$	+0,564
$MnO_4^- + 2H_2O + 3e = MnO_2 + 4OH^-$	+0,60
$MnO_2 + 4H^+ + 2e = Mn^{2+} + 2H_2O$	+1,228
$MnO_4^- + 8H^+ + 5e = Mn^{2+} + 4H_2O$	+1,507
$MnO_4^- + 4H^+ + 3e = MnO_2 + 2H_2O$	+1,692
$MnO_4^{2-} + 4H^+ + 2e = MnO_2 + 2H_2O$	+2,09
$MnO_4^{2-} + 2H_2O + 2e = MnO_2 + 4OH^-$	+0,71
Реній	
$ReO_4^- + 2H_2O + 3e = ReO_2 + 4OH^-$	-0,595
$ReO_4^- + 4H^+ + 3e = ReO_2 + 2H_2O$	+0,510
$ReO_4^- + 4H_2O + 7e = Re + 8OH^-$	-0,584
$ReO_4^- + 8H^+ + 7e = Re + 4H_2O$	+0,37
Технецій	
$Tc^{2+} + 2e^- = Tc \downarrow$	+0,400
$TcO_4^- + 4H^+ + 3e^- = TeO_2 + 2H_2O$	+0,782
$TcO_4^- + 8H^+ + 7e^- = Te + 4H_2O$	+0,472

## Додаток

№ Зав- дання	Номери задач, які відносяться до даного завдання									
1	1	6	12	19	27	36	46	57	69	93
2	2	7	13	20	28	37	47	58	70	94
3	3	8	14	21	29	38	48	59	71	95
4	4	9	15	22	30	39	49	60	72	96
5	5	10	16	23	31	40	50	61	73	97
6	6	11	17	24	32	41	51	62	74	98
7	7	12	18	25	33	42	52	63	75	99
8	8	13	19	26	34	43	53	64	76	100
9	9	14	20	27	35	44	54	65	77	90
10	10	15	21	28	36	45	55	66	78	91
11	11	16	22	29	37	46	56	67	79	92
12	12	17	23	30	38	47	57	68	80	93
13	13	18	24	31	39	48	58	69	81	94
14	14	19	25	32	40	49	59	70	82	95
15	15	20	26	33	41	50	60	71	83	96
16	16	21	27	34	42	51	61	72	84	97
17	17	22	28	35	43	52	62	73	85	98
18	18	23	29	36	44	53	63	74	86	99
19	19	24	30	37	45	54	64	75	87	100
20	20	25	31	38	46	55	65	76	88	92