

# Элементы 7й группы

Лекции 9-10

# Элементы 7 группы

3	4	5	6	<u>7</u>	8	9	10	11	12
Sc	Ti	V	Cr	<b>Mn</b>	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
Y	Zr	Nb	Mo	<b>Tc</b>	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd
La	Hf	Ta	W	<b>Re</b>	Os	Ir	Pt	Au	Hg

**Mn** марганец

**Tc** технеций

**Re** рений

# Свойства элементов 7 группы

	Mn	Tc	Re
Ат. №	25	43	75
Эл. Конф.	$3d^5 4s^2$	$4d^5 5s^2$	$4f^{14} 5d^5 6s^2$
R(ат.), пм	130	136	137
$I_1$ , эВ	7.44	7.28	7.88
$I_2$ , эВ	15.64	15.26	16.71
$\chi(A-R)$	1.60	1.36	1.46
С.О.	2,3,4,(5),6,7	(2),3,4,5,(6),7	(2),3,4,5,6,7

# Свойства металлов 7 группы

	Т.пл., °C	Т.кип., °C	d, г/см <sup>3</sup>	крист. структура	$E^0$ ( $M^{n+}/M^0$ ), В
<b>Mn</b>	1245	2080	7.43	$\alpha$ -Mn	-1.18 (n = 2)
<b>Tc</b>	2200	4600	11.49	ГПУ	+0.4 (n = 2)
<b>Re</b>	3180	5900	21.03	ГПУ	+0.3 (n = 3)

$\alpha$ -Mn

$\beta$ -Mn

$\gamma$ -Mn

$\delta$ -Mn

1000 К

1352 К

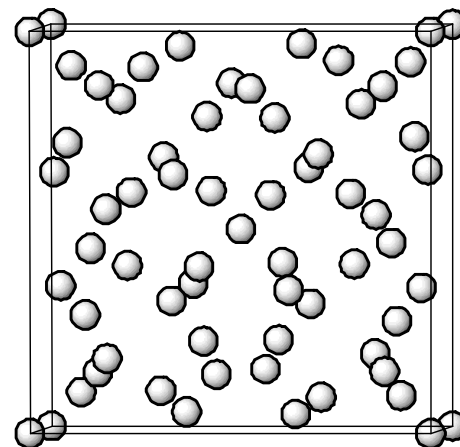
1416 К

$\alpha$ -Mn

КПУ

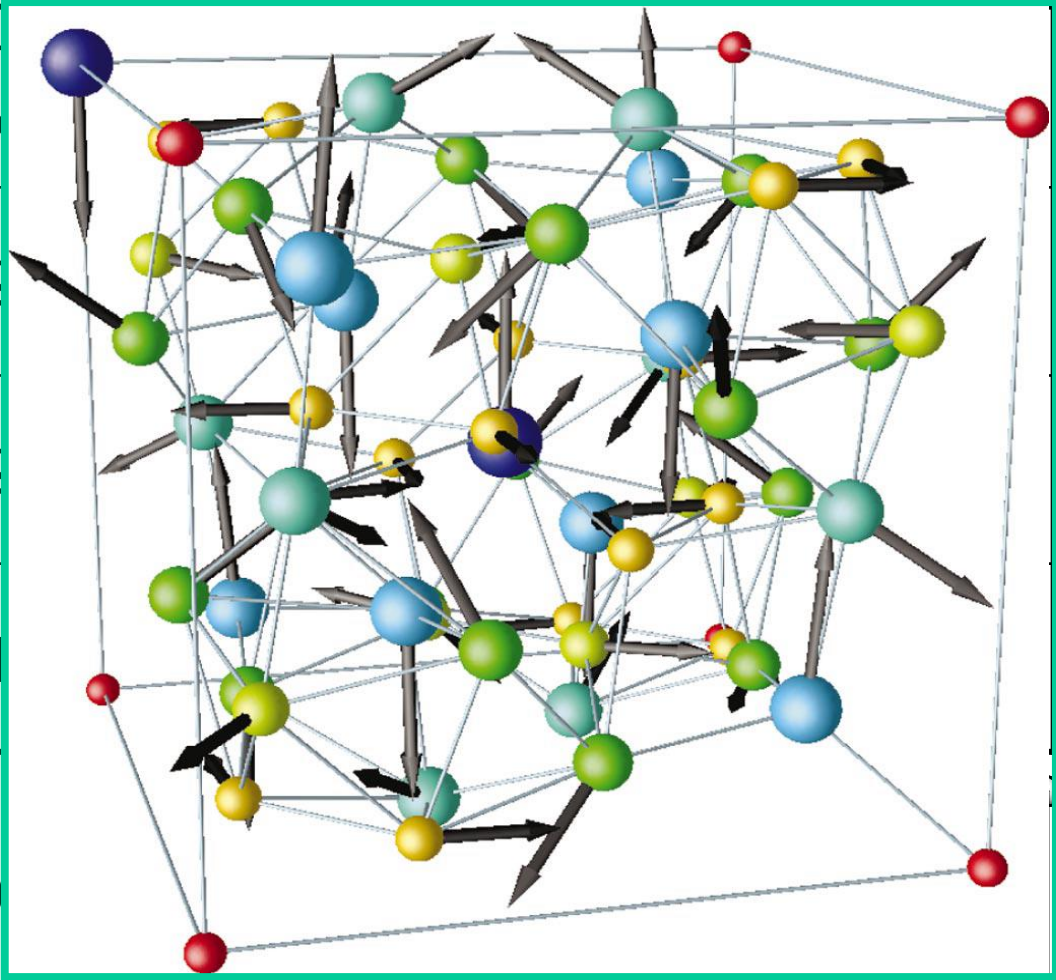
КПУ/т

ОЦК

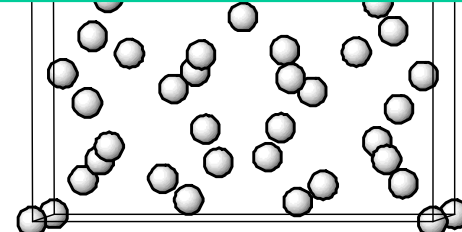


$\alpha$ -Mn

# Свойства металлов 7 группы

	T.m		$E^0$ ( $M^{n+}/M^0$ ), В
Mn	12		-1.18 ( $n = 2$ )
Tc	22		+0.4 ( $n = 2$ )
Re	31		+0.3 ( $n = 3$ )

$\alpha$ -Mn	↓	10			
$\beta$ -Mn	↓	1352 К	КПУ/Т		
$\gamma$ -Mn	↓	1416 К	ОЦК		
$\delta$ -Mn	↓				$\alpha$ -Mn

# Химические свойства Mn

1. Высокая реакционная способность



2. Растворяется в кислотах



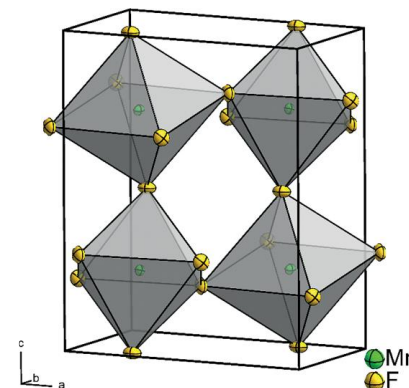
3. Пассивируется  $\text{HNO}_3$  (конц)

4. Не реагирует с щелочами

5. Не реагирует с  $\text{H}_2$ , не образует гидридов

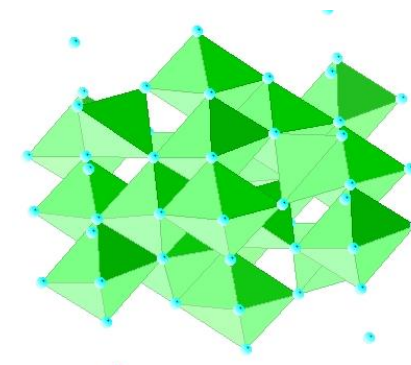
# Химические свойства Mn

6. Реагирует  $F_2$ ,  $O_2$  с образованием  $Mn^{3+}$



$MnF_3$

7. Реагирует с другими галогенами и многими неметаллами с образованием  $Mn^{2+}$



$Mn_3O_4$

$Mn^{2+}$ ,  $P^{1-}$ ,  $P^0$

# Химические свойства Mn

8. Реагирует с углеродом, образуя карбиды



9. Легко образует сплавы и интерметаллиды



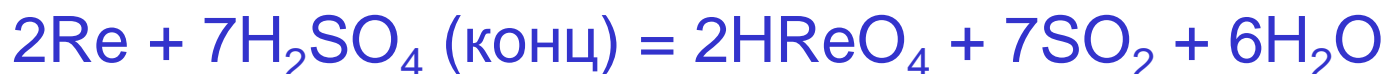
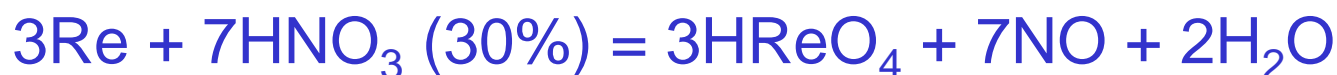
10. Растворяется с образованием комплексов



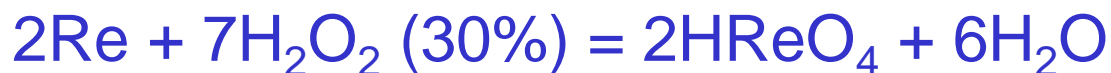


# Химические свойства Тс, Re

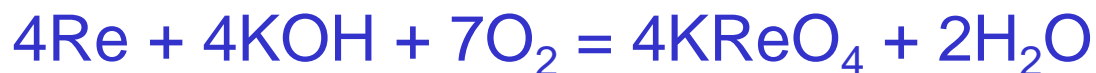
1. Не растворяются в кислотах-неокислителях
2. Не растворяются в щелочах
3. Растворяются в кислотах-окислителях



4. Растворяются на холоду в  $\text{H}_2\text{O}_2$



5. Окисляются в расплавах щелочей



# Химические свойства Тс, Re

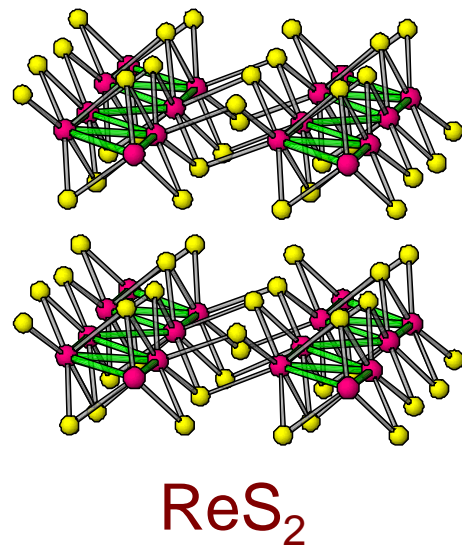
6. Тс, Re реагируют со многими неметаллами



горят в кислороде при  $T > 400\text{ }^\circ\text{C}$



7. Не образуют гидридов,  
не реагируют с  $\text{H}_2$



# Нахождение в природе

Марганец – распространенный элемент (0.028 ат.%)  
основные минералы:

пиролюзит	$\beta\text{-MnO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$
родохрозит	$\text{MnCO}_3$
браунит	$\text{Mn}_2\text{O}_3$
манганит	$\text{Mn}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$
гаусманит	$\text{Mn}_3\text{O}_4$



*родохрозит*

Технеций – нет стабильных изотопов

$T_{1/2} (^{98}\text{Tc}) = 4 \cdot 10^6$  лет,  $\beta$ -излучатель

Рений – редкий и рассеянный элемент, извлекается из молибденовых или медных руд при содержании металла  
> 0.002 %

# Нахождение в природе

Марганец – распространенный элемент (0.028 ат.%)

основные минералы:

пирролюзит

родохрозит

браунит (Mn)

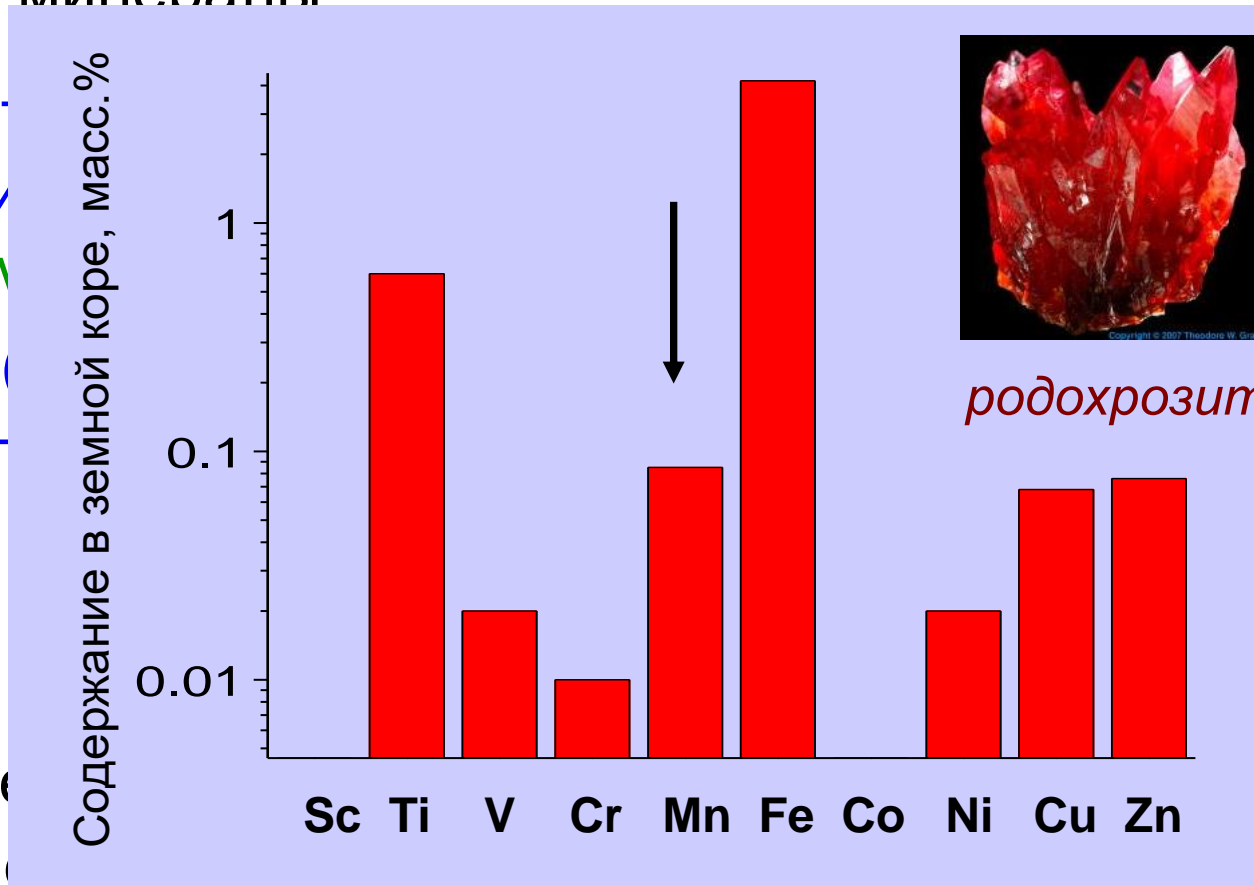
манганит (Mn)

гаусманит

Технеций

Рений – р

молибден



> 0.002 %

# Нахождение в природе

Марганец

ОСНОВ

пирол

родох

браун

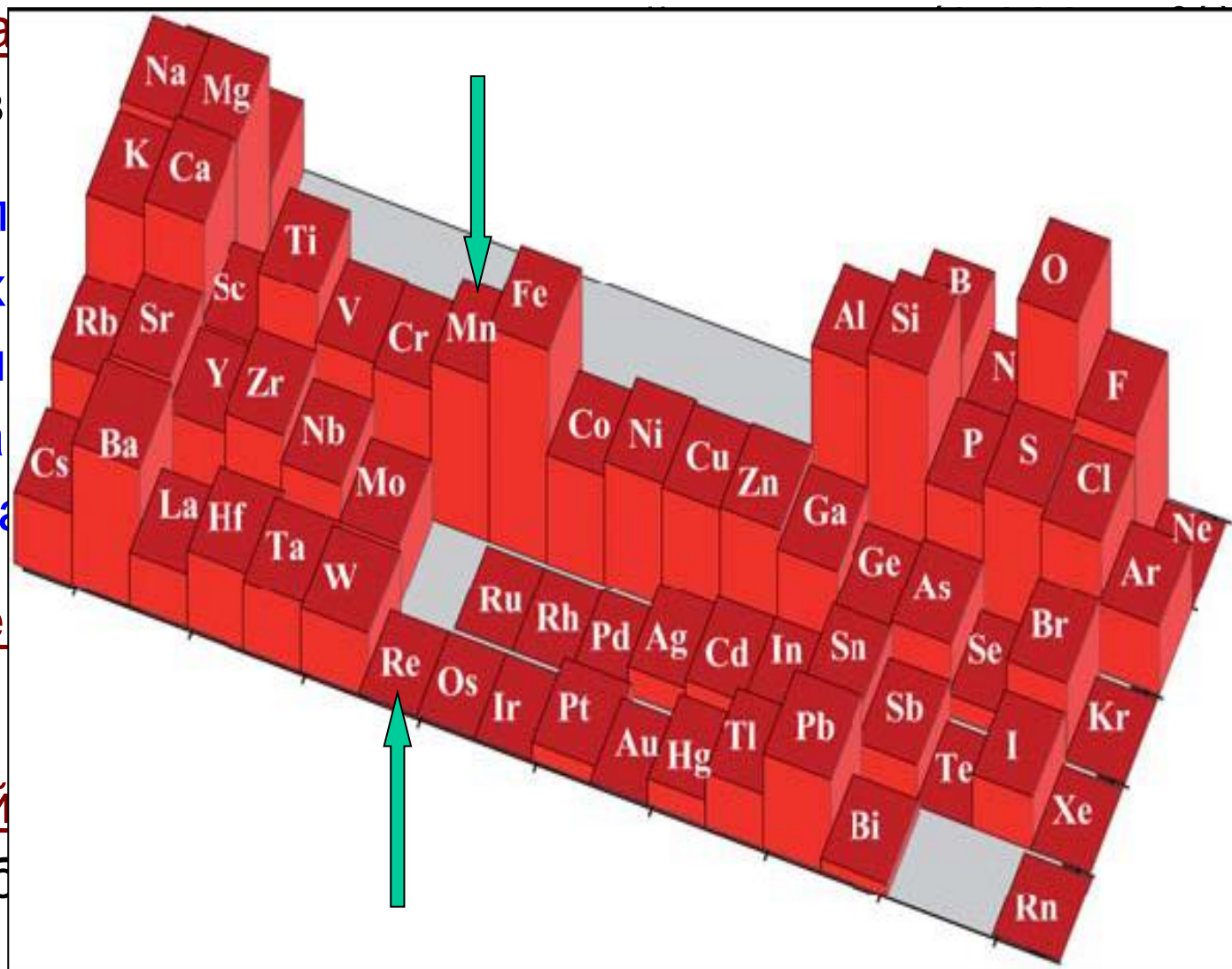
манга

гаусма

Технеций

Рений

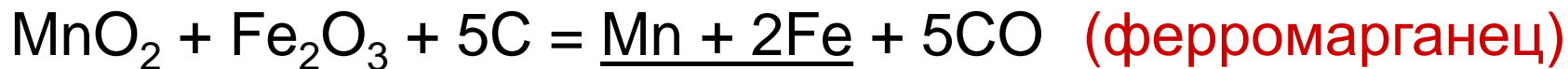
молиб



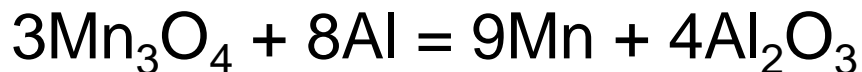
из  
алла

# Получение Mn

Основные процессы получения Mn:

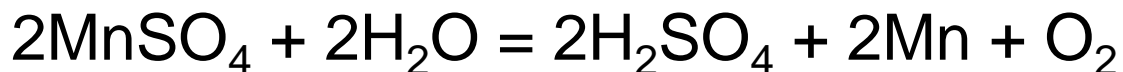
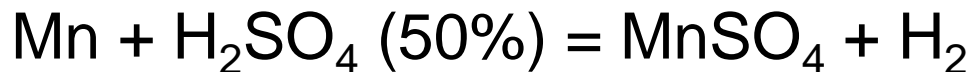


>30% Mn



(алюмотермия)

Очистка:



(электролиз раствора (электровыщелачивание))



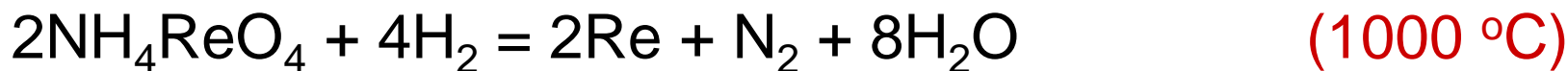
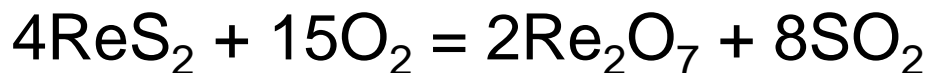
# Получение Tc, Re

1. **Tc** не получают из природных минералов, но выделяют из продуктов деления урана

Самые устойчивые изотопы  $^{99}\text{Tc}$  ( $\tau_{1/2} = 2 \cdot 10^5$  лет)  
 $^{98}\text{Tc}$  ( $\tau_{1/2} = 4 \cdot 10^6$  лет)

2. Основные процессы получения **Re**:

Основной минерал – молибденит  $\text{MoS}_2$  (+  $\text{ReS}_2$ )



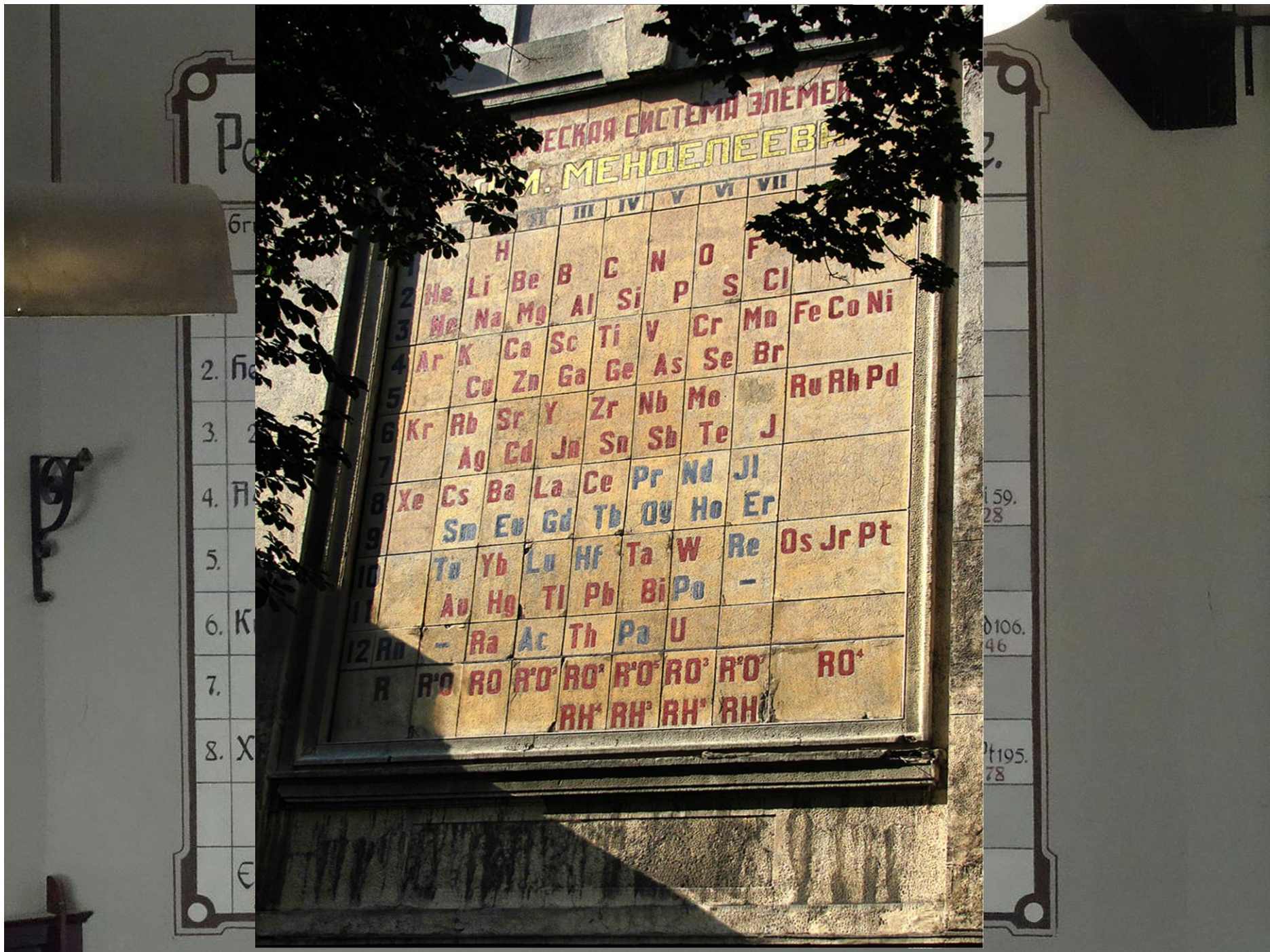
Всего ~60 тонн в год в мире



# Periodisches System der Elemente.

	Gruppe 0.	Gruppe I.	Gruppe II.	Gruppe III.	Gruppe IV.	Gruppe V.	Gruppe VI.	Gruppe VII.	Gruppe VIII.
		H <sub>1</sub>							
2.	He <sub>2</sub> 4	Li <sub>3</sub> 7	Be <sub>4</sub> 9	B <sub>5</sub> 11	C <sub>6</sub> 12	N <sub>7</sub> 14	O <sub>8</sub> 16	F <sub>9</sub> 19	
3.	Ne <sub>10</sub> 20	Na <sub>11</sub> 23	Mg <sub>12</sub> 24	Al <sub>13</sub> 27	Si <sub>14</sub> 28	P <sub>15</sub> 31	S <sub>16</sub> 32	Cl <sub>17</sub> 35.5	
4.	Ar <sub>18</sub> 40	K <sub>19</sub> 39	Ca <sub>20</sub> 40	Sc <sub>21</sub> 45	Ti <sub>22</sub> 48	V <sub>23</sub> 51	Cr <sub>24</sub> 52	Mn <sub>25</sub> 55	Fe <sub>26</sub> 56. Co <sub>27</sub> 59. Ni <sub>28</sub> 59.
5.		Cu <sub>29</sub> 64	Zn <sub>30</sub> 65	Ba <sub>31</sub> 70	Ge <sub>32</sub> 72	As <sub>33</sub> 75	Se <sub>34</sub> 79	Br <sub>35</sub> 80	
6.	Kr <sub>36</sub> 82	Rb <sub>37</sub> 85	Sr <sub>38</sub> 87	Y <sub>39</sub> 89	Zr <sub>40</sub> 90	Nb <sub>41</sub> 94	Mo <sub>42</sub> 96	M <sub>43</sub> 100	Ru <sub>44</sub> 102. Rh <sub>45</sub> 103. Pd <sub>46</sub> 106.
7.		Hg <sub>47</sub> 108	Cd <sub>48</sub> 112	In <sub>49</sub> 114	Sn <sub>50</sub> 119	Sb <sub>51</sub> 122	Te <sub>52</sub> 128	I <sub>53</sub> 127	
8.	X <sub>54</sub> 131	Cs <sub>55</sub> 133	Ba <sub>56</sub> 137	La <sub>57-71</sub> 139	Hf <sub>72</sub> 178	Ta <sub>73</sub> 182	W <sub>74</sub> 184	Re <sub>75</sub> 190	Os <sub>76</sub> 191. Ir <sub>77</sub> 193. Pt <sub>78</sub> 195.
		Au <sub>79</sub> 197	Hg <sub>80</sub> 201	Tl <sub>81</sub> 204	Pb <sub>82</sub> 207	Bi <sub>83</sub> 209			
	Em <sub>86</sub> 222		Ra <sub>88</sub> 226	Ac <sub>89</sub> 230	Th <sub>90</sub> 232	Pa <sub>91</sub> 235	U <sub>92</sub> 238		





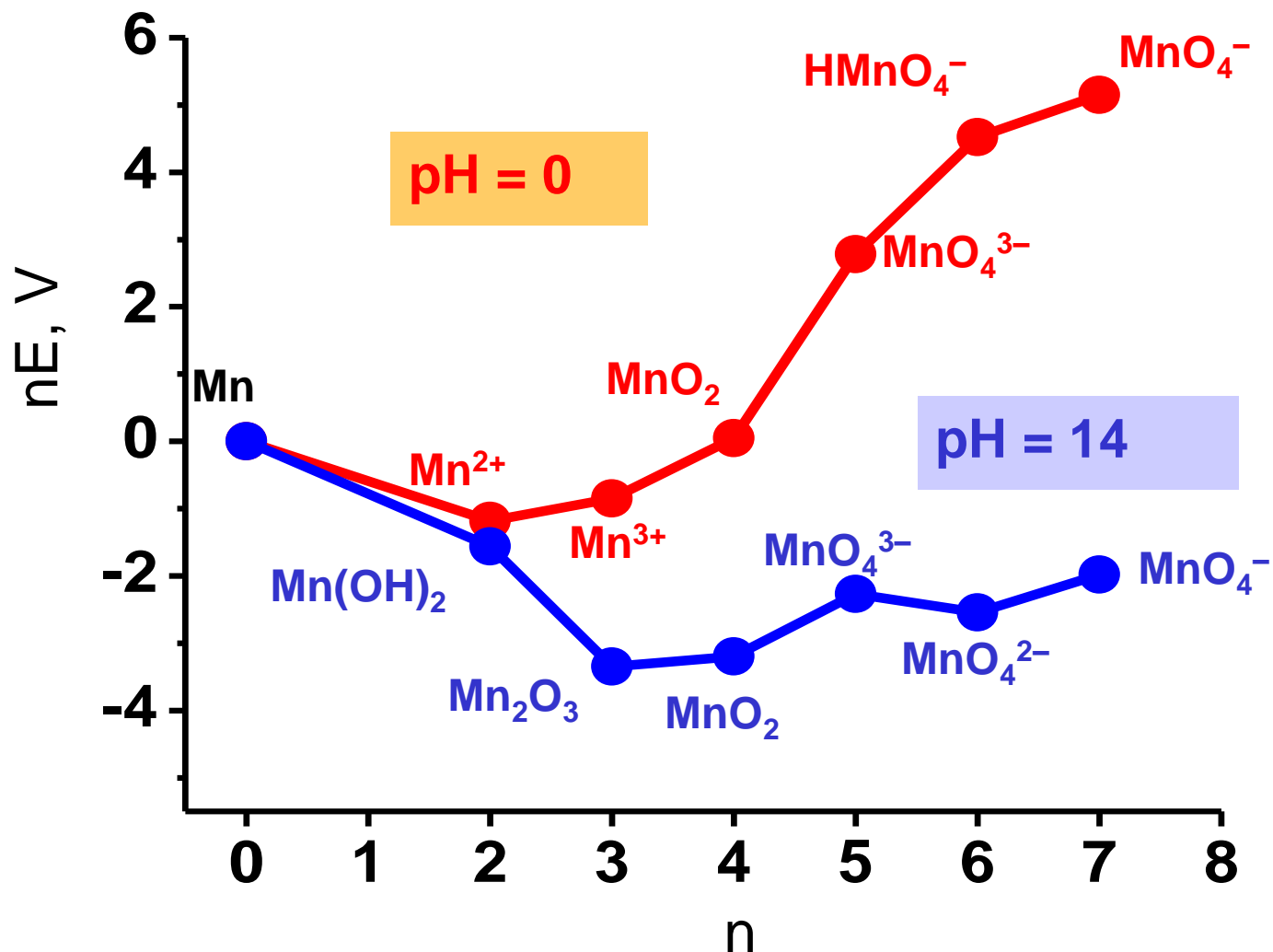
# Применение металлов 7 группы

1. **Mn** – для инструментальных и конструкционных сталей высокой ударной стойкости
2. **Mn** – бронзы
3. **Mn** – электротехнические сплавы
4.  $\text{Mn}^{2+}$  – микродобавки к удобрениям
5.  $\text{MnO}_2$  – в электрохимических элементах
6.  $\text{KMnO}_4$  – промышленный окислитель
7.  $^{99}\text{Tc}$  – в медицине для диагностики
8. **Re** – катализаторы в нефтехимической промышленности
9. **Re** – в электротехнике и измерительных приборах



Ферромарганец  
**Mn (12%)**

# Диаграмма Фроста для Mn



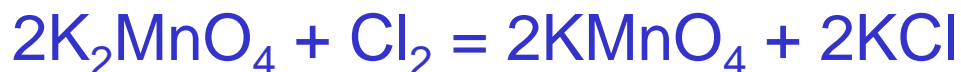


# Red/Ox свойства Mn

1. В кислой среде самая устойчивая с.о. +2
2. В щелочной среде устойчивы с.о. +3, +4, +6
3. В кислой среде с.о.  $\text{Mn}^{+2}$  сопропорционирует с высшими с.о. с образованием  $\text{Mn}^{+3}$
4. С.о. +5 всегда неустойчива по отношению к диспропорционированию
5. В кислой среде окислительные свойства выражены сильнее, чем в щелочной

# Высшие степени окисления Mn

## 1. Получение:



## 2. Марганцевая кислота:

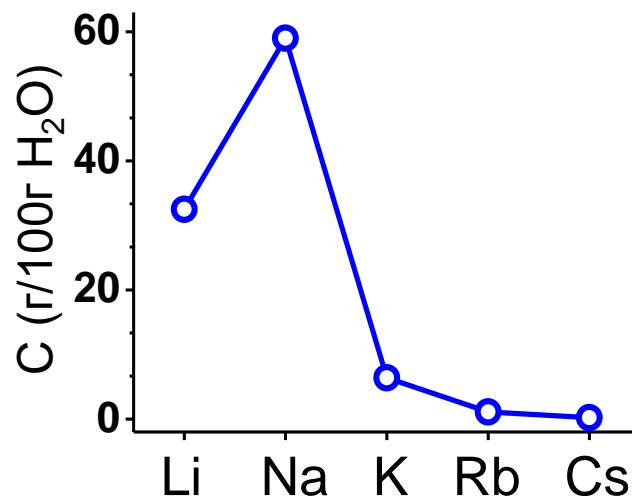


Сильная кислота,  $C_{\text{max}} = 20\%$



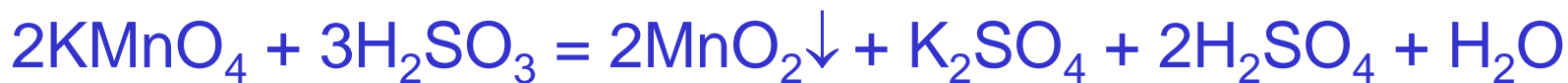
Ангидрид  $\text{Mn}_2\text{O}_7$

Соли - перманганаты



# Высшие степени окисления Mn

3. Окислитель (+7):



Ho:



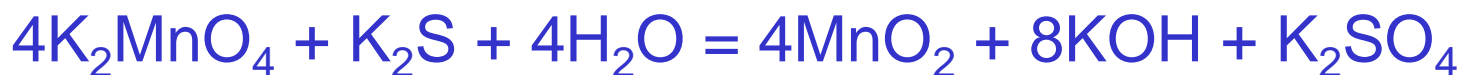
# Высшие степени окисления Mn

4. Диспропорционирование манганата(VI):



Кислота  $\text{H}_2\text{MnO}_4$  и оксид  $\text{MnO}_3$  неизвестны

5. Окислитель (+6):



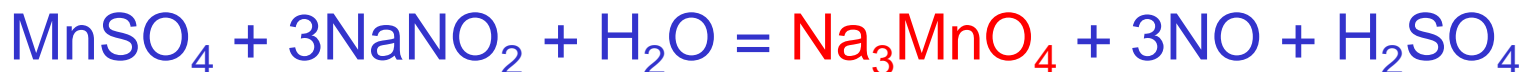
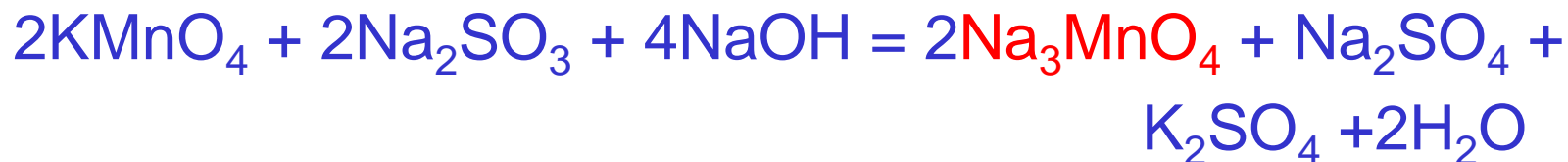
6. Манганаты(VI) изоморфны сульфатам и хроматам



7. Манганаты(VI) парамагнитны,  $\mu \approx 1.73$  мБ ( $d^1$ )

# Соединения Mn(V,IV)

1. Соединения Mn(V) неустойчивы, сильные окислители



2. Соединения Mn(V) диспропорционируют  
в кислой и щелочной среде





# Соединения Mn(V,IV)

3. Устойчивость соединений Mn(V) повышается путем матричной стабилизации



$x = 0$



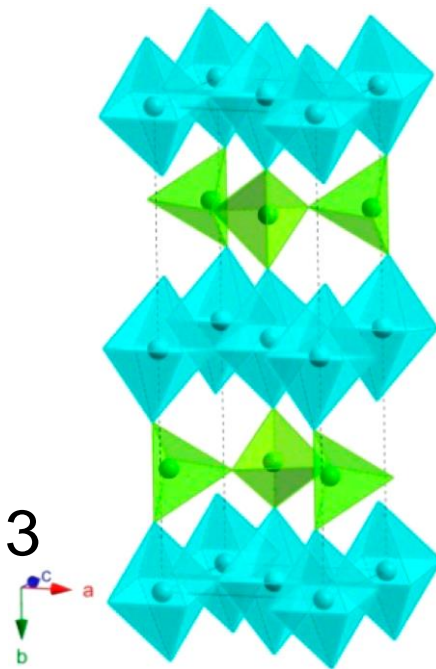
$x = 0.1$



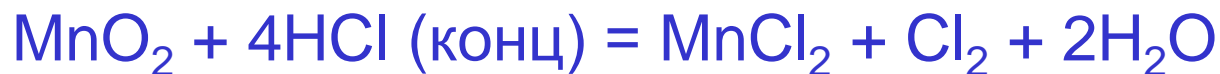
$x = 0.2$



$x = 0.3$



4. Соединения Mn(IV) слабые окислители



# Соединения Mn(V,IV)

5. Соли Mn(IV) легко гидролизуются (не red/ox!):



6.  $\text{MnO}_2$  имеет структуру рутила

7. Известен фторид Mn(IV)

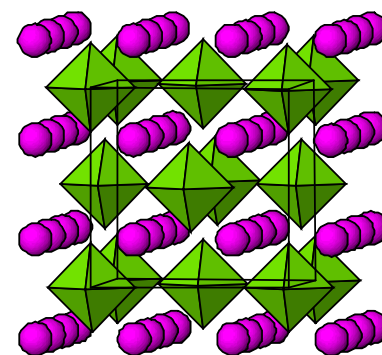


неустойчив



(40 °C)

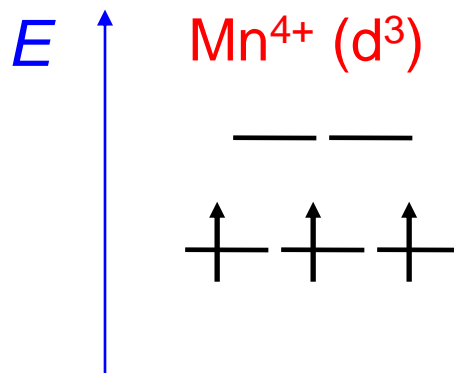
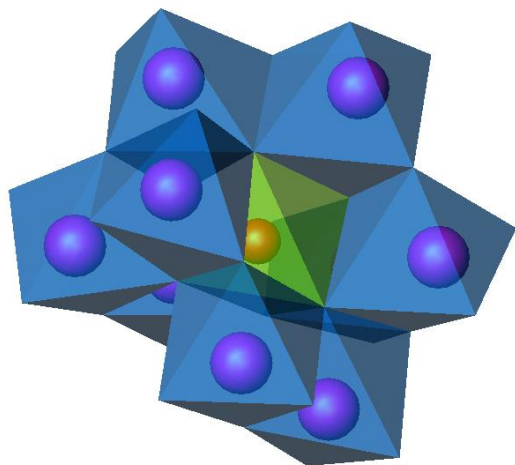
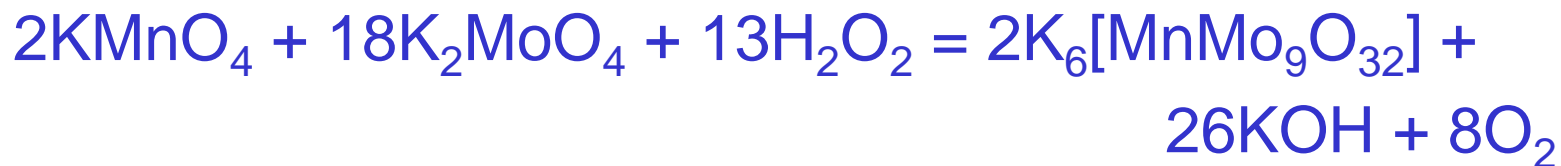
8. Известны комплексы Mn(IV),  
самые устойчивые – фторидные



**$\text{K}_2\text{MnF}_6$**

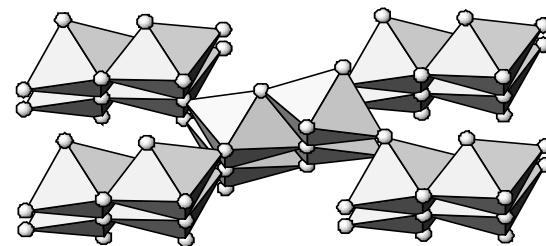
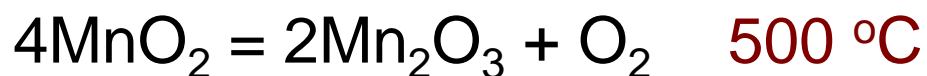
# Соединения Mn(V,IV)

9. Mn(IV) (октаэдр,  $d^3$ ) стабилизируется в гетерополисоединениях



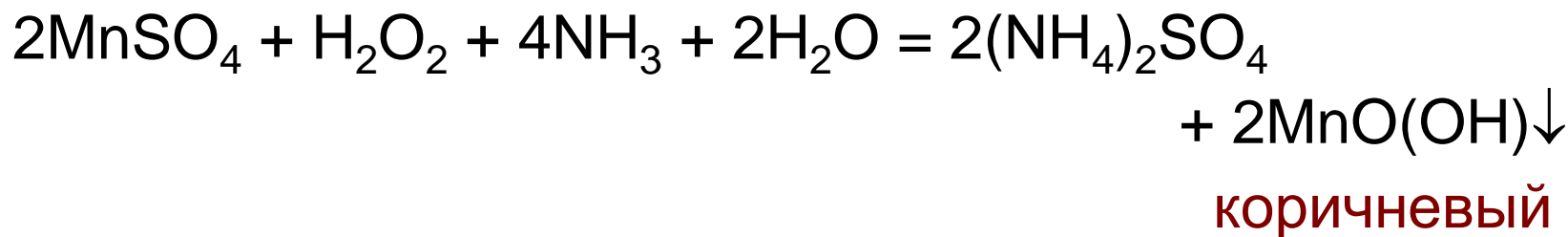
# Соединения Mn(III)

## 1. Бинарные соединения:

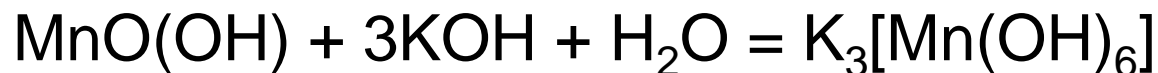


*MnO(OH)*

## 2. Гидроксид Mn(III)

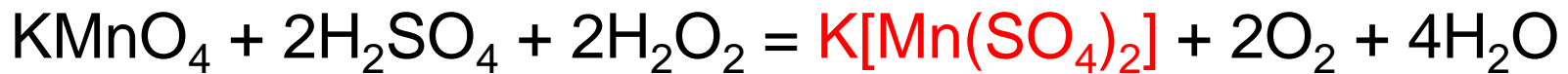


Амфотерный гидроксид

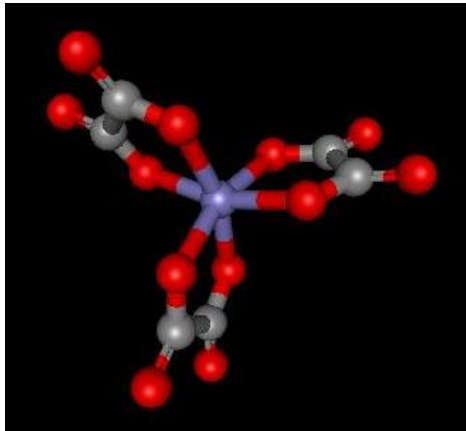
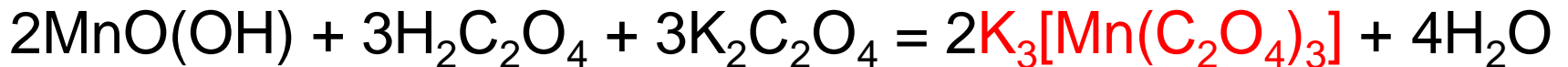


# Комплексы Mn(III)

## 1. Стабилизация Mn(III) путем образования комплексов

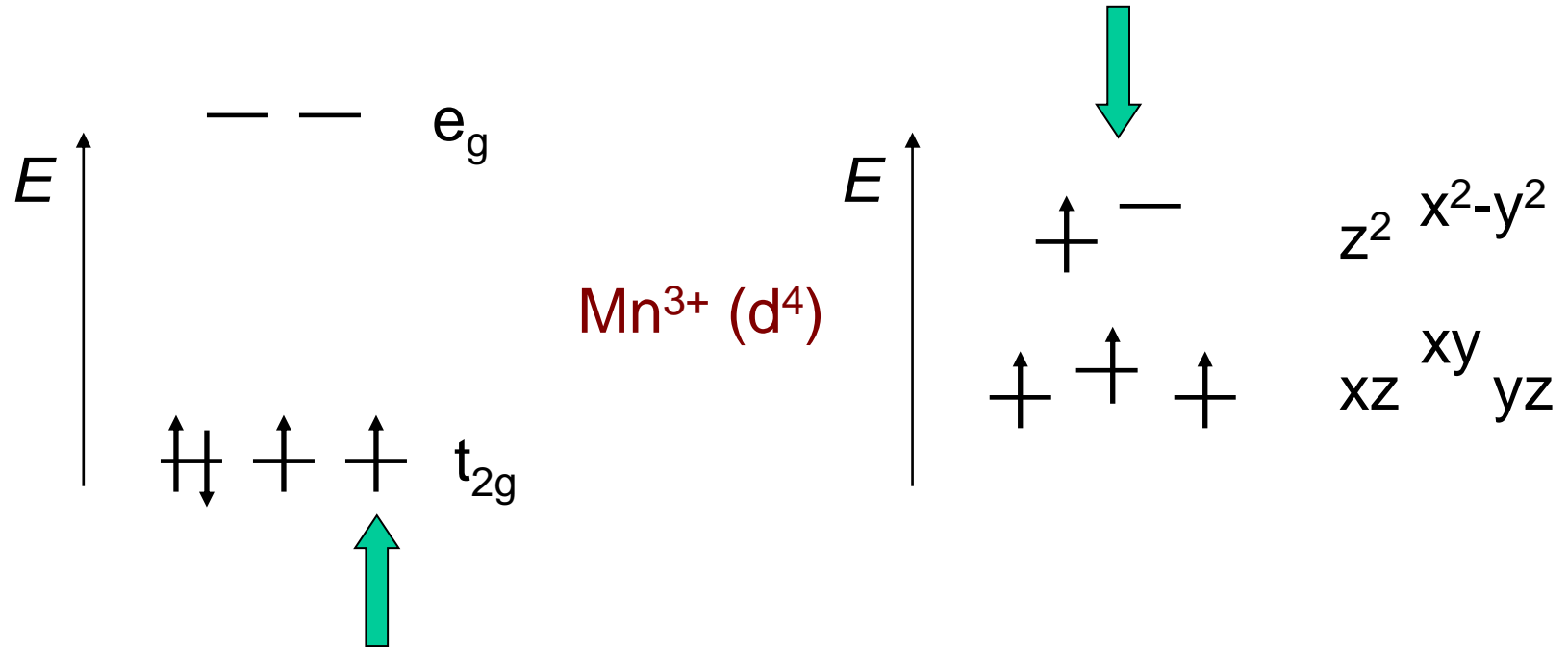


## 2. Более устойчивы хелатные комплексы

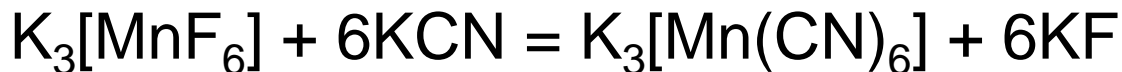
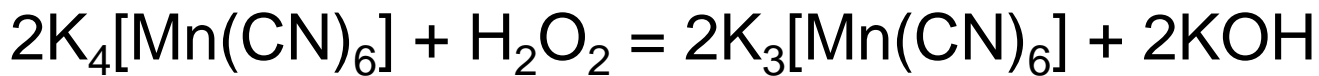


# Комплексы Mn(III)

3. Большинство комплексов Mn(III) высокоспиновые  
Ян-Теллеровское искажение октаэдра,  $\mu \approx 4.9$  мБ



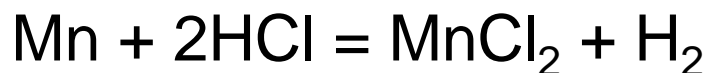
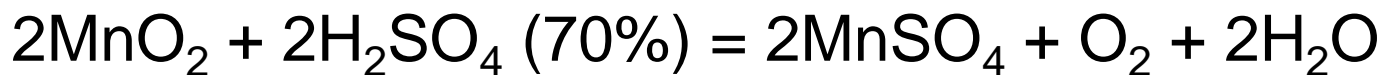
4. Известны низкоспиновые комплексы,  $\mu \approx 2.8$  мБ



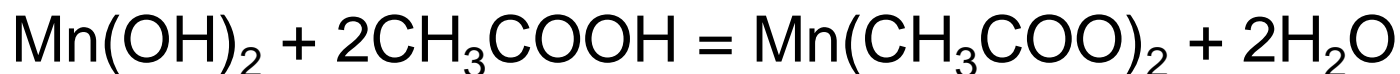
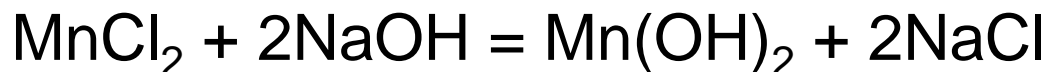
красный

# Соединения Mn(II)

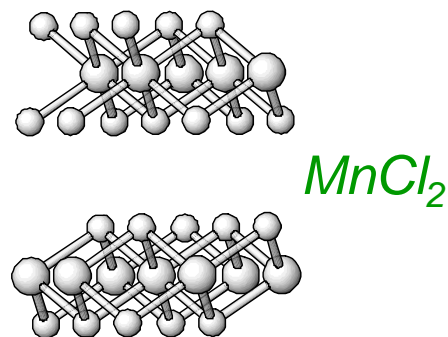
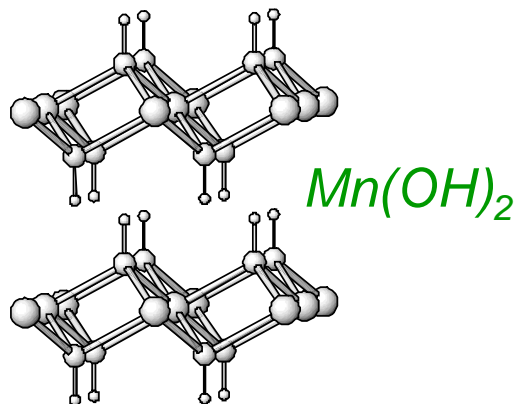
## 1. Получение:



## 2. Гидроксид – сильное основание, $\text{p}K_b = 3.3$

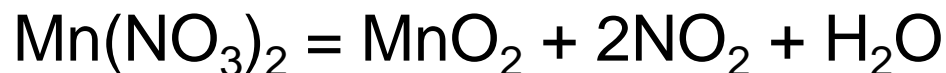
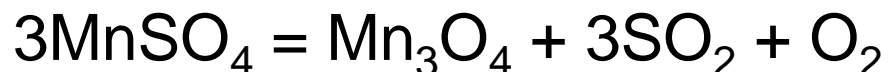


разлагается при разбавлении

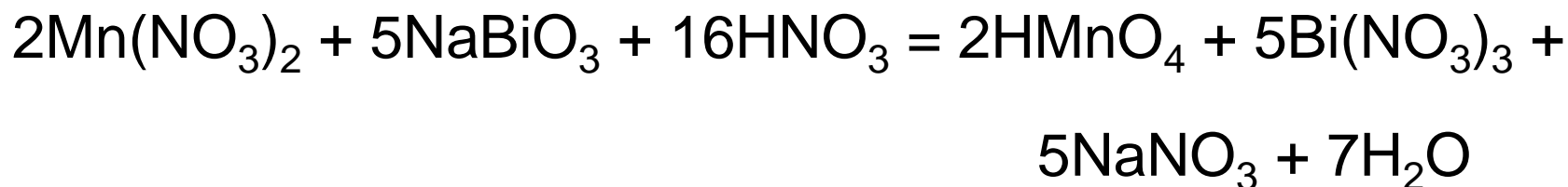


# Соединения Mn(II)

3. Mn(II) окисляется в щелочной среде или при нагревании:



4. Mn(II) окисляется в кислой среде только сильными окислителями

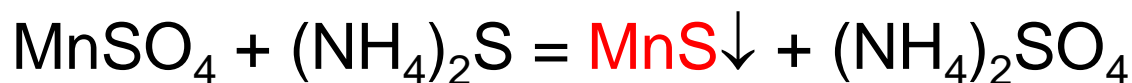
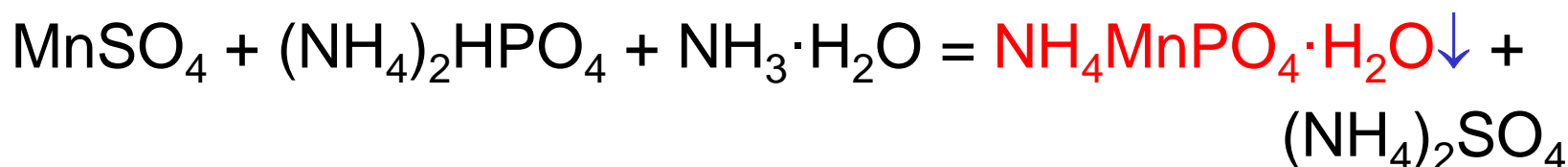
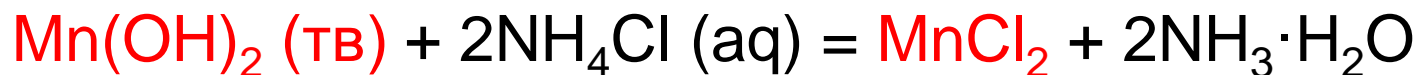


Другие сильные окислители:  $\text{PbO}_2$ ,  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$

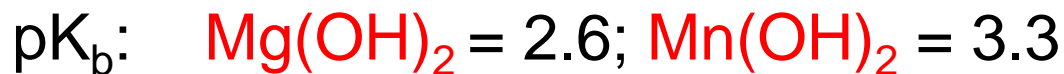


# Соединения Mn(II)

## 5. Сходство $\text{Mn}^{2+} \leftrightarrow \text{Mg}^{2+}$

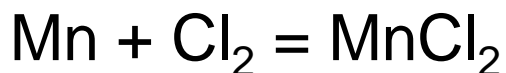


Причина сходства:



# Галогениды Mn(II)

	$\text{MnF}_2$	$\text{MnCl}_2$	$\text{MnBr}_2$	$\text{MnI}_2$
т.пл.	930°C	650°C	698°C	637°C
Цвет	светло- желтый	светло- розовый	светло- розовый	светло- розовый
Стр. тип	r-TiO <sub>2</sub>	CdCl <sub>2</sub>	CdCl <sub>2</sub>	CdI <sub>2</sub>

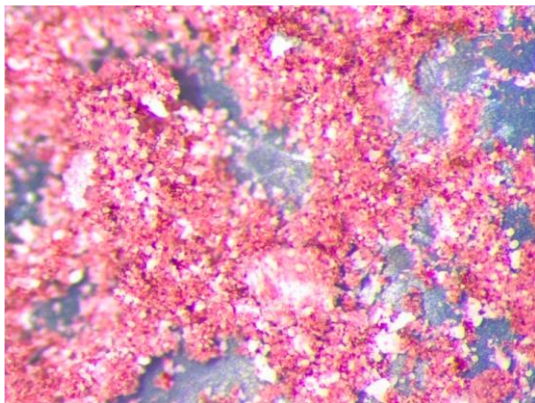
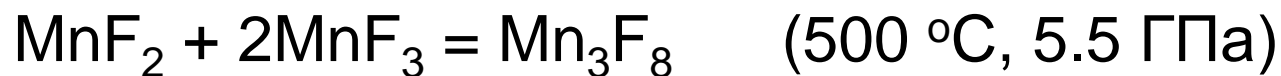


$\text{MnF}_2$  нерастворим в воде, известен  $\text{MnF}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

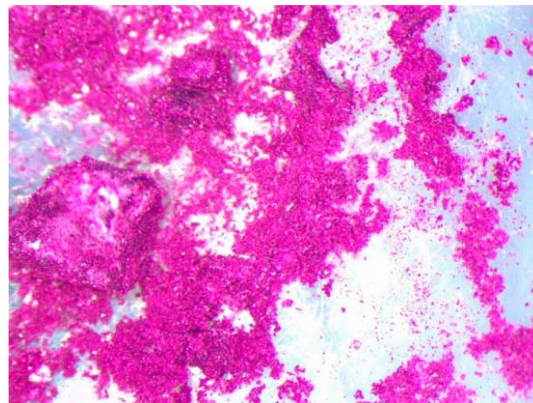
$\text{MnCl}_2$ ,  $\text{MnBr}_2$ ,  $\text{MnI}_2$  растворимы, гидратированы в р-ре



# Фториды Mn(II/III)



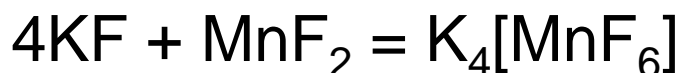
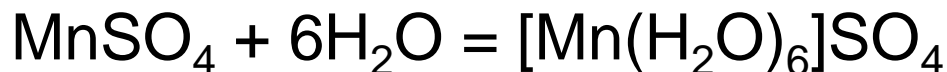
$\text{Mn}_2\text{F}_5$



$\text{Mn}_3\text{F}_8$

# Комплексы Mn(II)

1. Наиболее устойчивы оксо- и фторо-комплексы:



2. Большинство комплексов с другими лигандами разлагаются водой:



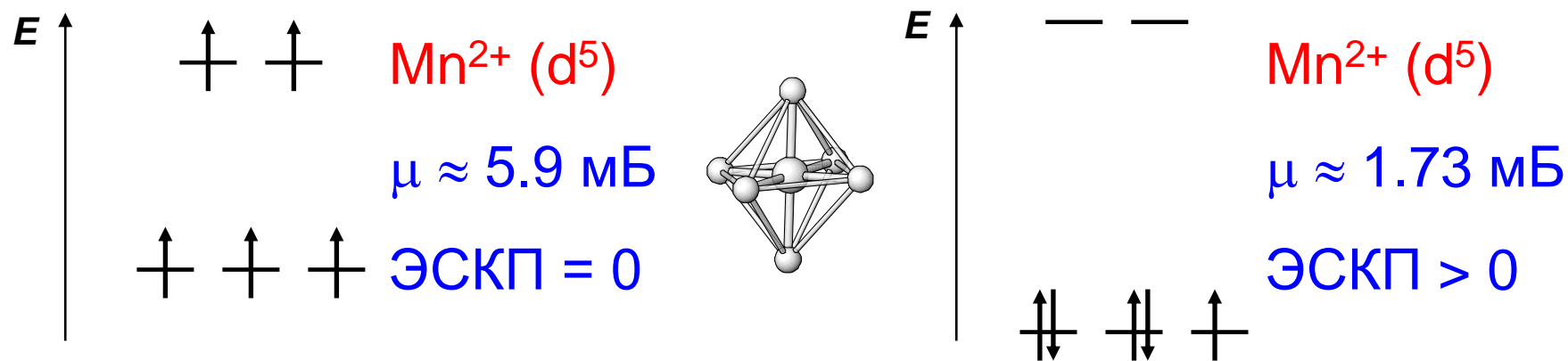
3. Известны тетраэдрические комплексы



# Комплексы Mn(II)

## 4. Октаэдрические комплексы Mn(II)

высокоспиновые, неокрашенные



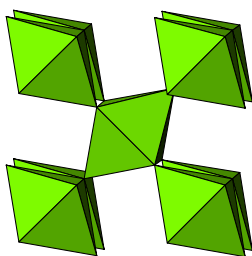
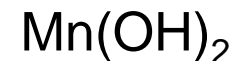
ТЕМНО-СИНИЙ, НИЗКОСПИНОВЫЙ

# Оксиды Mn

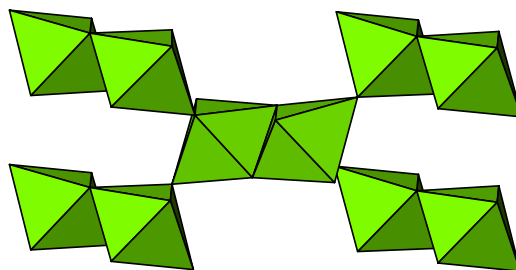


*кислотный*

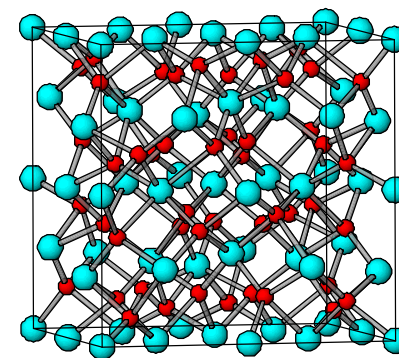
*основный*



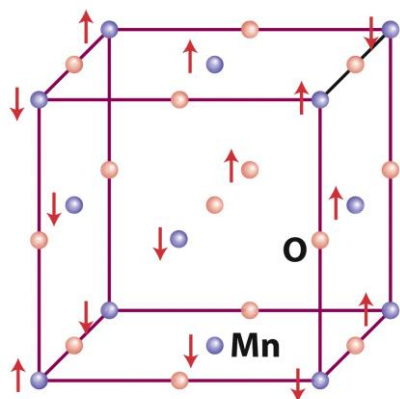
$\alpha\text{-MnO}_2$  пиролюзит



$\gamma\text{-MnO}_2$  рамсделлит

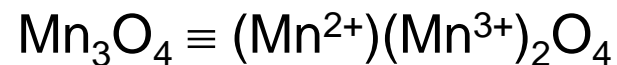
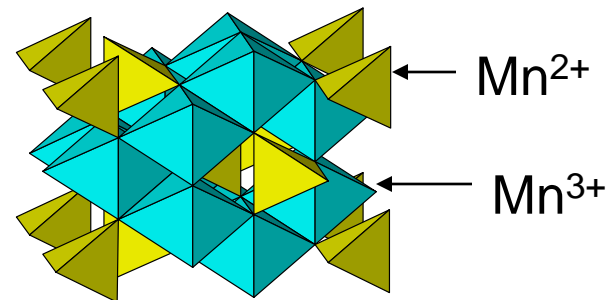


$\text{Mn}_2\text{O}_3$

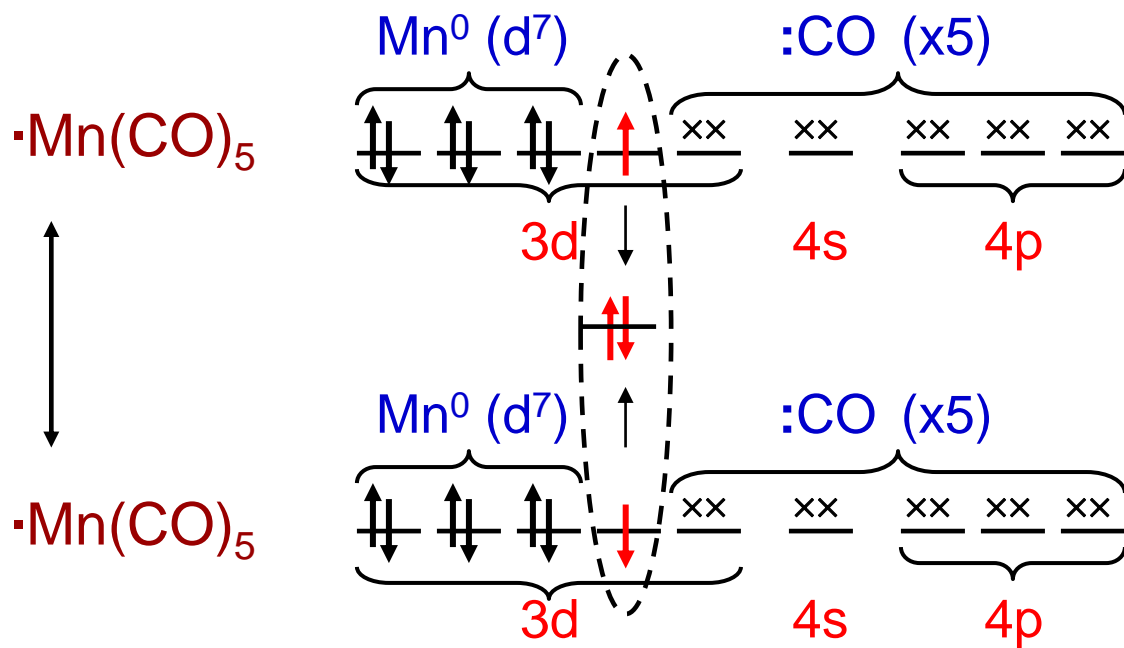
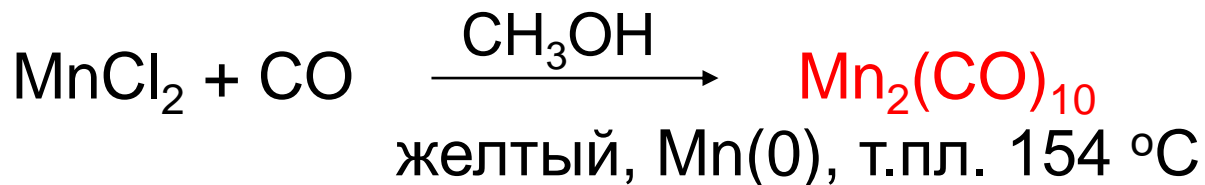


**MnO:**

Антиферромагнитное  
упорядочение

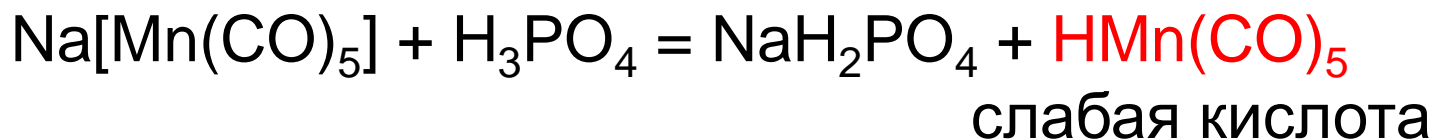


# Карбонилы Mn

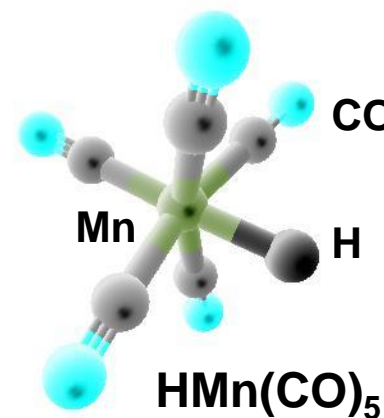


# Карбонилы Mn

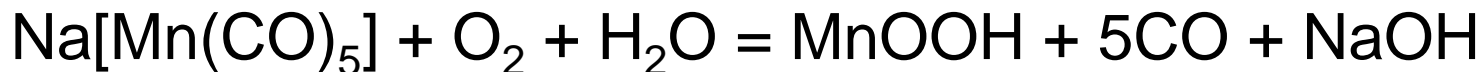
## Карбонилаты



## Галогенкарбонилы



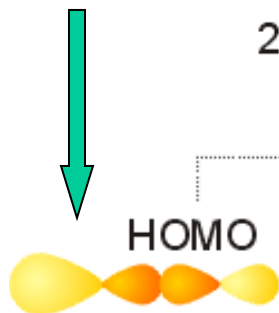
Все карбонильные соединения Mn легко окисляются во влажном воздухе



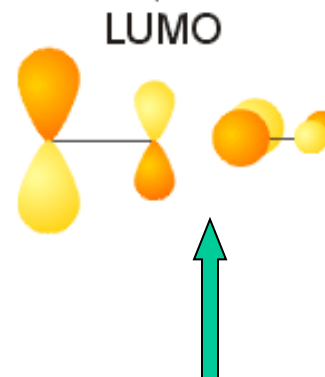
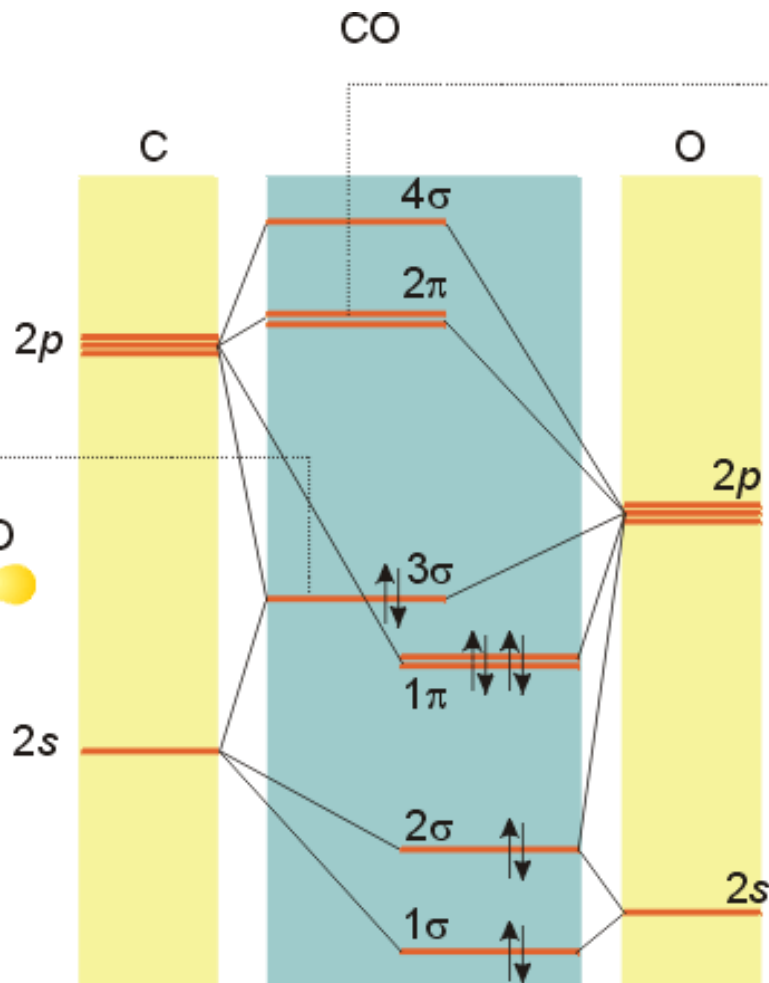


# CO как лиганд в карбонилах

передает  
электронную  
плотность на  
d—орбитали  
металла



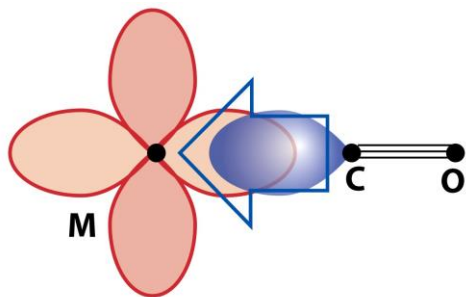
***σ-донор***



принимают  
электронную  
плотность с  
d—орбиталей  
металла

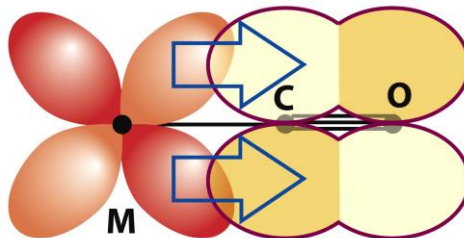
***π-акцептор***

# Образование карбонилов



15

Structure 21-15  
Shriver & Atkins Inorganic Chemistry, Fourth Edition  
© 2006 by D. F. Shriver, P. W. Atkins, T. L. Overton, J. P.ourke, M. T. Wells, and F. A. Armstrong



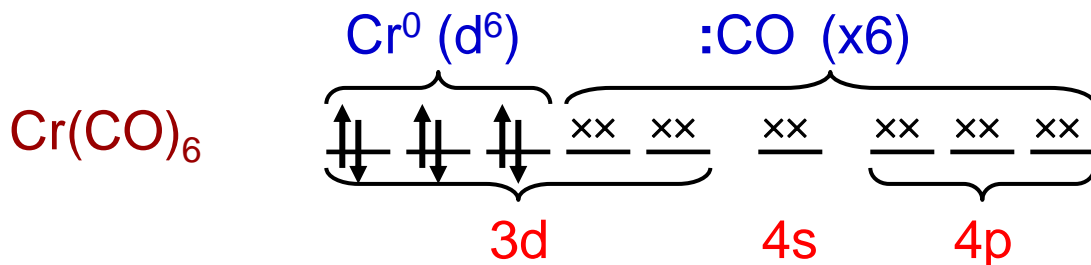
16

Structure 21-16  
Shriver & Atkins Inorganic Chemistry, Fourth Edition  
© 2006 by D. F. Shriver, P. W. Atkins, T. L. Overton, J. P.ourke, M. T. Wells, and F. A. Armstrong

$$\angle(\text{M}-\text{C}\equiv\text{O}) = 180^\circ$$

## Правило 18 электронов:

в карбонилах переходный металл стремится приобрести **18-электронную** конфигурацию



Cr	6 e
6(CO)	12 e
$\Sigma$	18 e

# Карбонилы металлов

## Моноядерные карбонилы

$V(CO)_6$ ,  $Cr(CO)_6$ ,  $Mo(CO)_6$ ,  $W(CO)_6$ ,  $Fe(CO)_5$ ,  $Ru(CO)_5$ ,  
 $Os(CO)_5$ ,  $Ni(CO)_4$

## Биядерные карбонилы

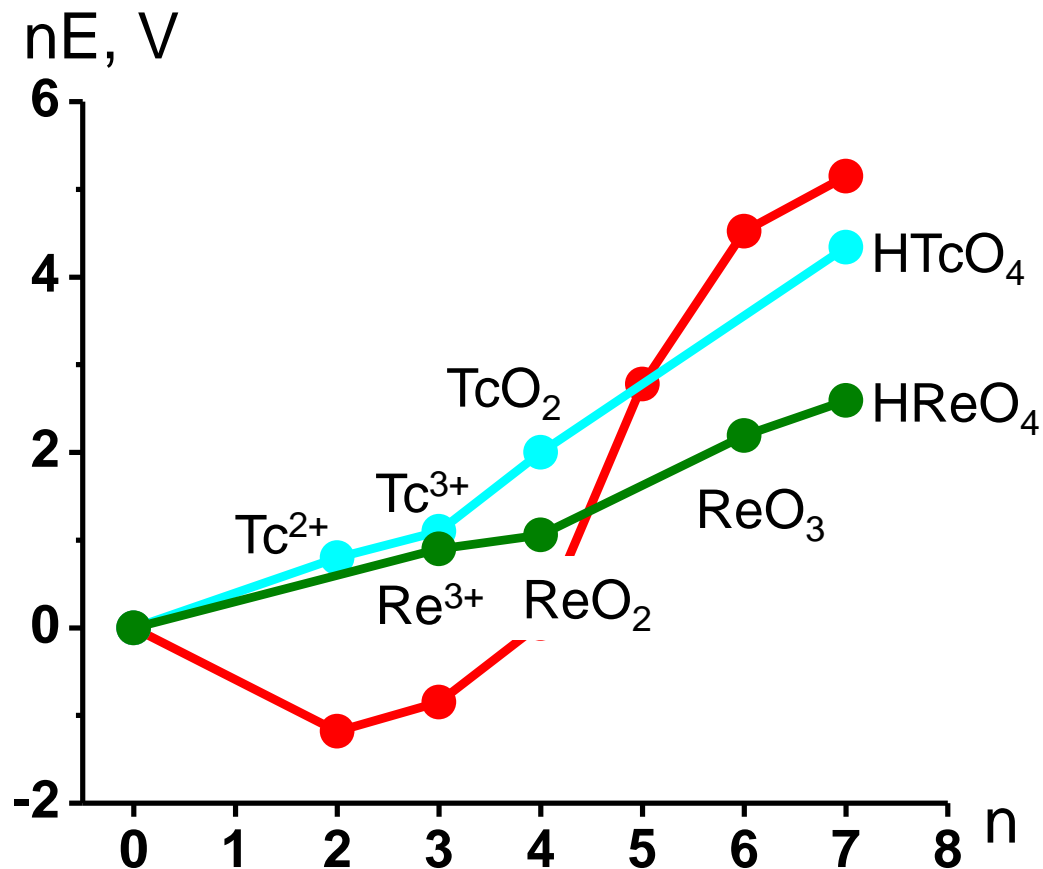
$Mn_2(CO)_{10}$ ,  $Re_2(CO)_{10}$ ,  $Fe_2(CO)_9$ ,  $Ru_2(CO)_9$ ,  $Os_2(CO)_9$ ,  
 $Co_2(CO)_8$

## Многоядерные карбонилы

$Fe_3(CO)_{12}$ ,  $Ru_3(CO)_{12}$ ,  $Co_4(CO)_{12}$ ,  $Rh_4(CO)_{12}$ ,  $Ir_4(CO)_{12}$

Правило 18 электронов !  
(правило Сиджвика)

# Диаграмма Фроста для Tc, Re при pH=0



# Соединения Тс, Re(VII)

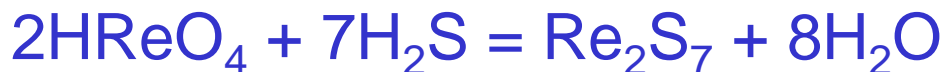
1.  $\text{Tc}_2\text{O}_7$  (т.пл. 120 °С, т.кип. 311 °С)

$\text{Re}_2\text{O}_7$  (т.пл. 301 °С, т.кип. 362 °С)

летучие вещества желтого цвета, ангидриды кислот

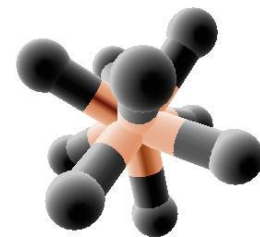


2.  $\text{HTcO}_4$  и  $\text{HReO}_4$  кислоты средней силы, не окислители



3. Соли – пертехнетаты и перренаты – устойчивы

$\text{KReO}_4$ : т.пл. 555 °С, т.кип. 1370 °С



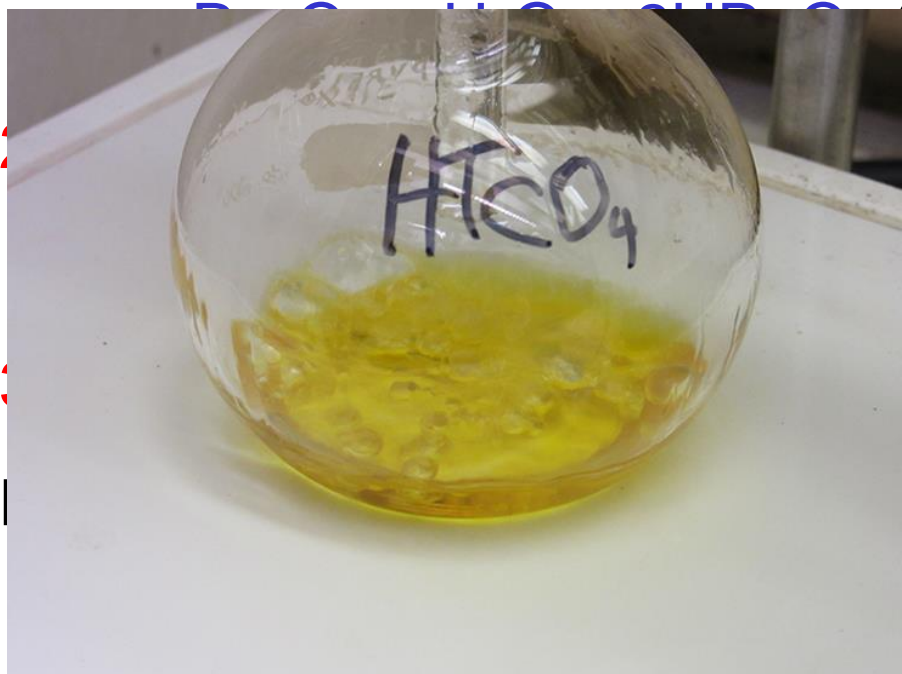
$[\text{ReH}_9]^{2-}$

# Соединения Тс, Re(VII)

1.  $\text{Tc}_2\text{O}_7$  (т.пл. 120 °С, т.кип. 311 °С)

$\text{Re}_2\text{O}_7$  (т.пл. 301 °С, т.кип. 362 °С)

летучие вещества желтого цвета, ангидриды кислот

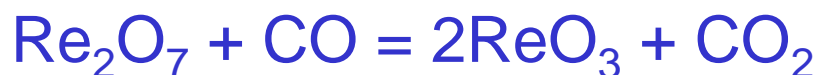
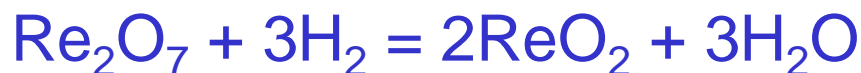


# Соединения Тс, Re(VII)

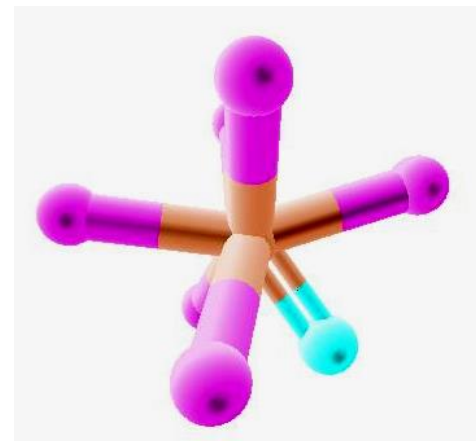
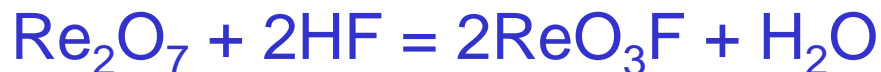
4.  $E(\text{ReO}_4^-/\text{ReO}_2) = 0.51 \text{ В}$ ;  $E(\text{ReO}_4^-/\text{Re}^{3+}) = 0.42 \text{ В}$ ;

$$E(\text{ReO}_4^-/\text{Re}) = 0.37 \text{ В}$$

5. Восстанавливаются при нагревании



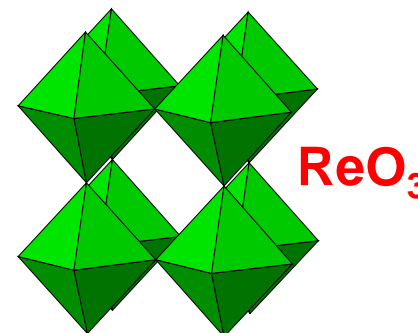
6. Известны оксогалогениды



7. Отличие Тс(VII) от Re(VII): только  $\text{ReF}_7$  существует

# Соединения Тс, Re(VI)

1.  $\text{ReO}_3$  – красное вещество, металл;  $\text{TcO}_3$  неизвестен



2. Ренаты(VI) получают окислением  $\text{ReO}_2$



3. Известны  $\text{TcF}_6$ ,  $\text{ReF}_6$



4. Гидролиз





# Соединения Тс, Re(V)

1. Известны галогениды (V)  $\text{TcF}_5$ ,  $\text{ReF}_5$ ,  $\text{ReCl}_5$  и  $\text{ReBr}_5$



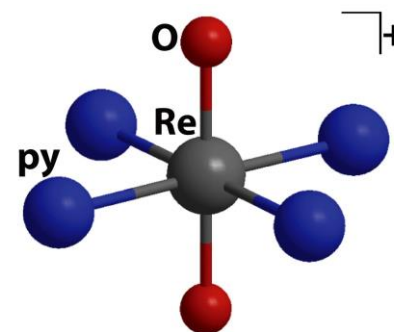
2.  $\text{Re}_2\text{O}_5$ , неустойчив:



3. Известны ренаты(V)



4. Для Re(V) известны устойчивые комплексы



**8**  $[\text{Re}(\text{O})_2(\text{py})_4]^+$

Structure 18-8  
Shriver & Atkins Inorganic Chemistry, Fourth Edition  
© 2006 by G. F. Shriver, P. W. Atkins, T. L. Overman, J. P. Rourke, M. T. Weller, and F. A. Armstrong

# Соединения Тс, Re(IV)

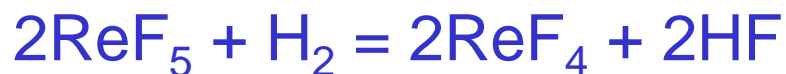
1.  $\text{TcO}_2$  и  $\text{ReO}_2$ : черные, структура рутила,

не растворяются в воде, щелочах, кислотах

2.  $\text{TcO}_2$ ,  $\text{ReO}_2$  окисляются до  $\text{M(VII)}$  даже в кислой среде



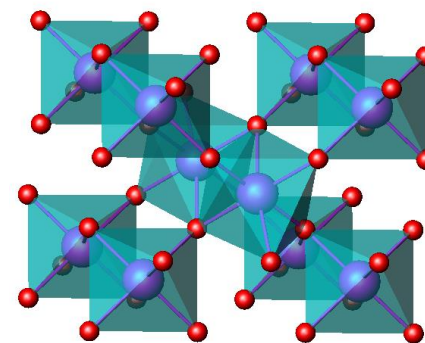
3. Известны галогениды  $\text{TcF}_4$ ,  $\text{TcCl}_4$ ,  $\text{ReF}_4$ ,  $\text{ReCl}_4$ ,  $\text{ReBr}_4$ ,  $\text{ReI}_4$



4. Галогениды гигроскопичны



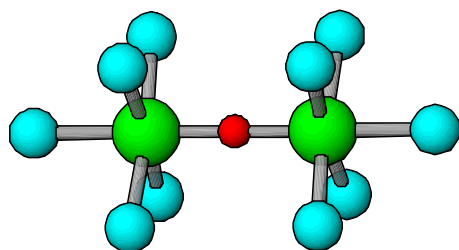
необратимый процесс



$\text{ReO}_2$

# Соединения Тс, Re(IV)

5. Образуют полиядерные оксогалогенокомплексы



6. Сульфиды  $\text{TcS}_2$ ,  $\text{ReS}_2$  термически устойчивы

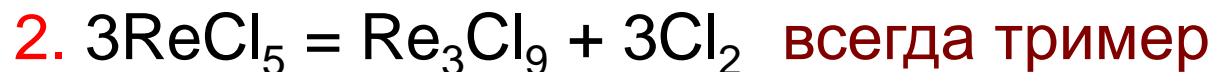
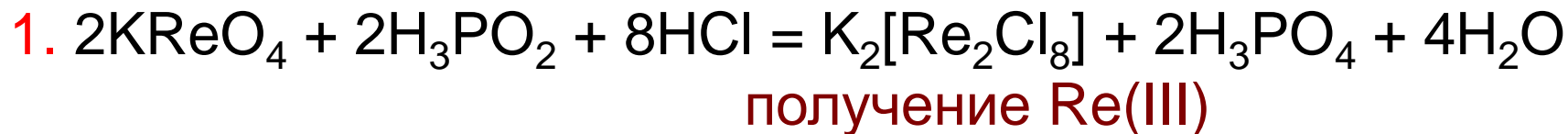


Рениит,  
 $\text{ReS}_2$



Единственное  
месторождение на  
Камчатке

# Соединения Тс, Re(III)

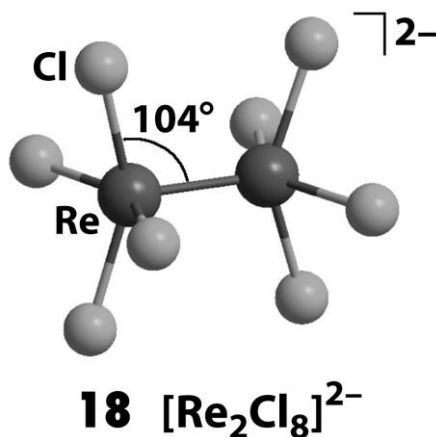


Изомеры:  $\text{K}_2[\text{Re}_2\text{Cl}_8]$  (синий)

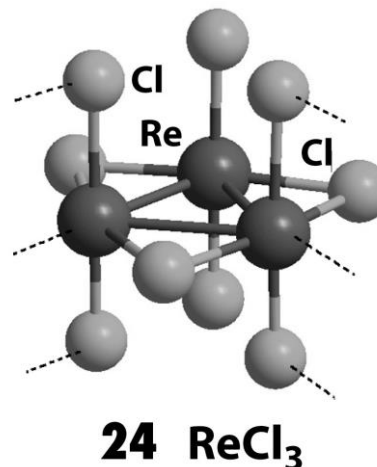
$\text{K}_3[\text{Re}_3\text{Cl}_{12}]$  (красный)

Связи: четверная Re–Re 224 пм

двойная Re–Re 248 пм



Structure 18-18  
Shriver & Atkins Inorganic Chemistry, Fourth Edition  
© 2006 by D. F. Shriver, P. W. Atkins, T. L. Overton, J. P. Rourke, M. T. Weller, and F. A. Armstrong



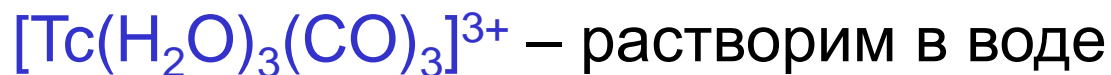
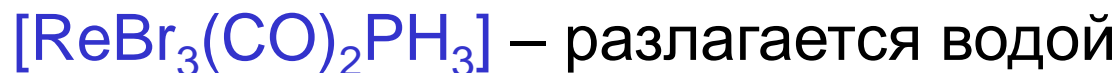
Structure 18-24  
Shriver & Atkins Inorganic Chemistry, Fourth Edition  
© 2006 by D. F. Shriver, P. W. Atkins, T. L. Overton, J. P. Rourke, M. T. Weller, and F. A. Armstrong

# Соединения Tc, Re(III)

4. Соединения Tc, Re(III) часто содержат связь M—M, обычно – повышенной кратности
5. Кратность связи сохраняется в реакциях замещения



6. Известны моноядерные соединения Tc, Re(III) с  $\pi$ -акцепторными лигандами

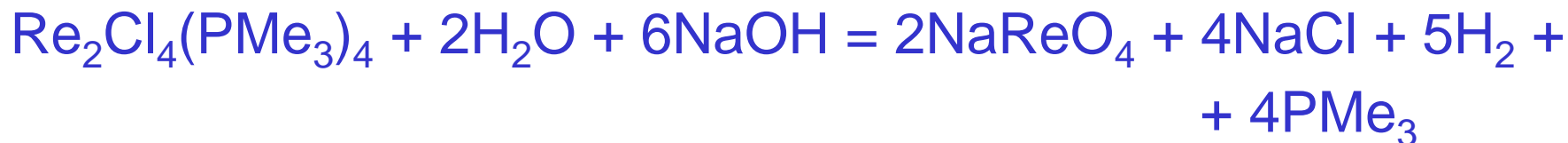


# Низшие с.о. Тс, Re

1. Известны соединения Тс, Re(II)

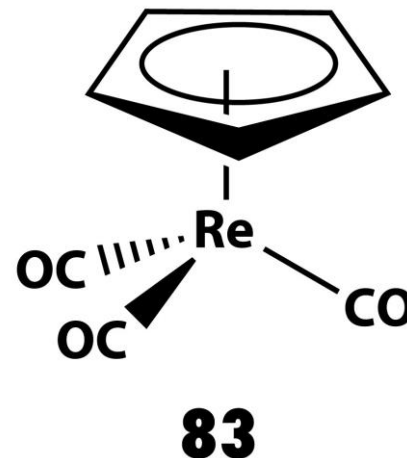
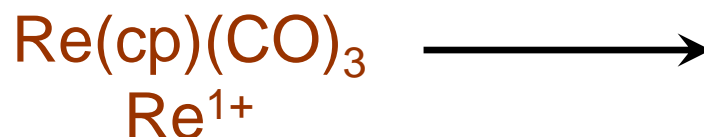


2. Не существуют в водных растворах, легко окисляются

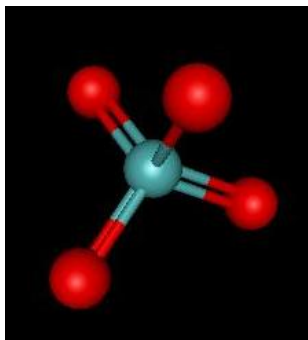


3. Галогениды Тс, Re(II) неизвестны

4. Известны карбонилы и их производные



# Сравнение свойств в группе

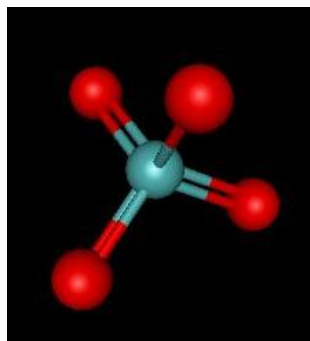


Увеличивается радиус металла

Уменьшается сила кислот

Уменьшается окислительная способность

# Сравнение свойств в периоде



Возрастает число связей M=O

Увеличивается сила кислот

Уменьшается радиус металла

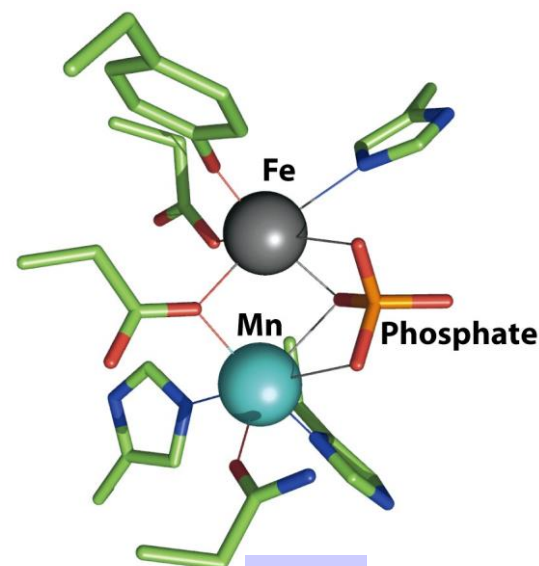
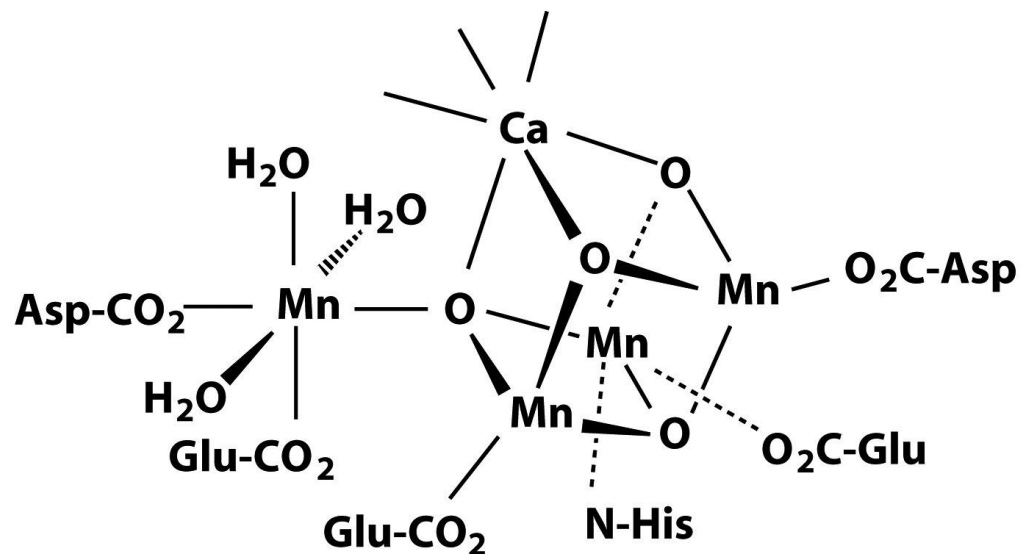
Увеличивается с.о. металла

Увеличивается окислительная способность



# Биологическая роль Mn

1. Mn – биогенный элемент
2. В хлорофилле ( $\text{Mn}^{4+}/\text{Mn}^{3+}/\text{Mn}^{2+}$ ) как катализатор выделения  $\text{O}_2$
3. В фосфатазе ( $\text{Fe}^{3+}/\text{Mn}^{2+}$ ) для расщепления эфиров фосфорной кислоты в растениях



# Основные тенденции в 7 группе

1. Свойства **Mn** отличаются от свойств **Tc** и **Re**, которые похожи между собой.
2. Вниз по группе увеличивается устойчивость высших с.о., уменьшается устойчивость низших с.о., соединения **Tc(III)** и **Re(III)** стабилизированы кратными связями **M–M**.
3. **Mn** в высших с.о. проявляет свойства окислителя, в кислой среде – сильного, **Tc** и **Re** в низших с.о. проявляют восстановительную активность.
4. **Mn(OH)<sub>2</sub>** – основание средней силы, **HMO<sub>4</sub>** – типичные кислоты, вниз по группе сила кислот уменьшается.
5. Вниз по группе и с уменьшением с.о. увеличивается устойчивость комплексов с донорными атомами **Cl, N, S, P**, уменьшается устойчивость *оксо*- и *фторо*-комплексов.