



Вольфра

М



Молибде

Н

представители VIB группы ПСХЭ

# Подгруппа хрома

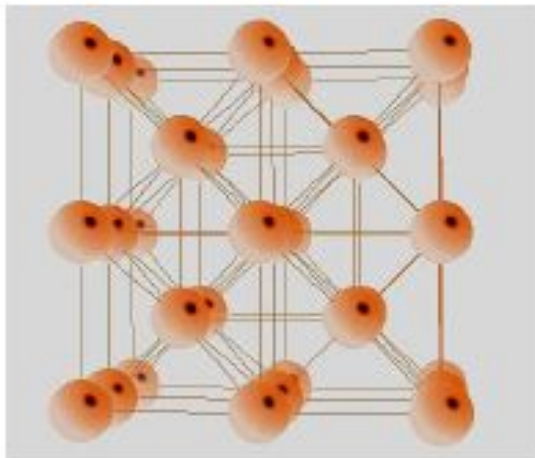
3    4    5    **6**    7    8    9    10    11    12

Sc	Ti	V	<b>Cr</b>	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
Y	Zr	Nb	<b>Mo</b>	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd
La	Hf	Ta	<b>W</b>	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg

Cr – хром, Mo – молибден, W – вольфрам

# Свойства элементов

	Cr	Mo	W
Т.пл., °С	1860	2620	3410
Т.кип., °С	2680	4630	5700
$\Delta_v H^0$ , кДж/моль	348.8	594.1	799.1
$d$ , г/см <sup>3</sup>	7.23	10.22	19.30
$E^0(M^{3+}/M^0)$ , В	-0.74	-0.20	-0.11



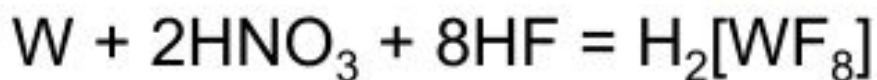
Структурный тип  $\alpha$ -Fe  
решетка кубическая  
объемоцентрированная



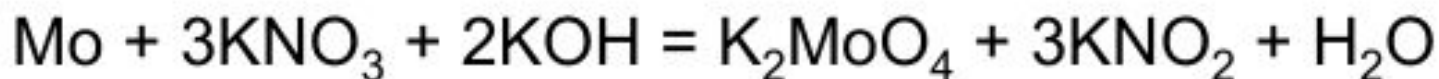
# Химические свойства Mo, W

1. Не растворяются в кислотах-неокислителях

2. Окисляются в кислой среде:



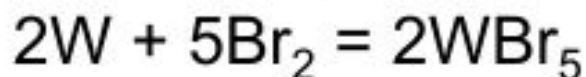
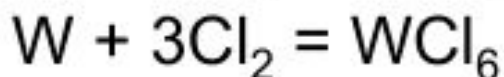
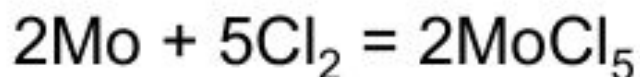
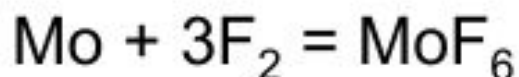
3. Окисляются в щелочных расплавах



4. Окисляются кислородом при нагревании



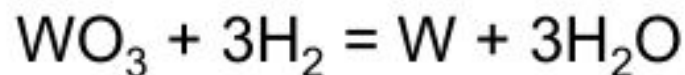
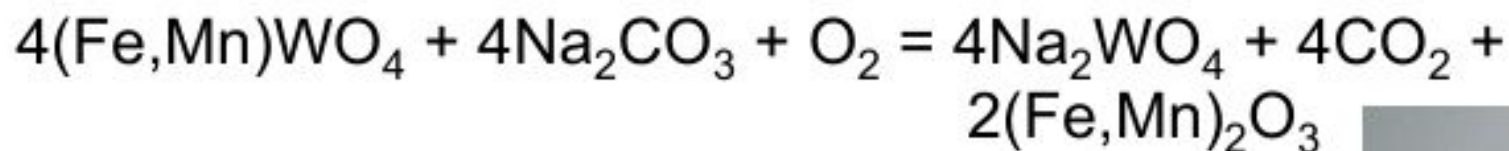
5. Реагируют с галогенами



# Получение Mo, W

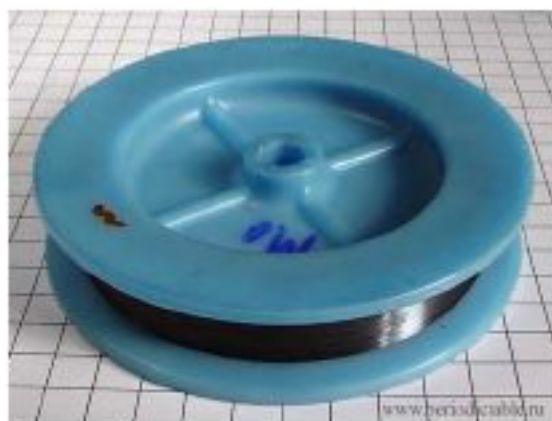
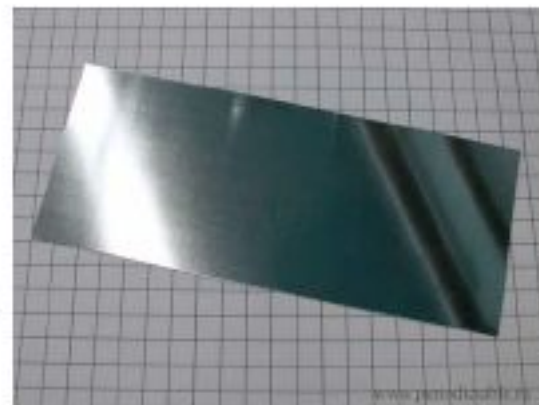
Редкие элементы: по  $\sim 10^{-3}$  мас. % в земной коре

Минералы:  $\text{MoS}_2$  молибденит *сульфид*  
 $\text{CaWO}_4$  шеелит *оксиды*  
 $(\text{Fe}, \text{Mn})\text{WO}_4$  вольфрамит *оксиды*



# Применение Mo, W

- для производства жаропрочных сплавов
- в радиотехнике и электронике
- в авиапромышленности
- для производства сверхтвердых сплавов
- в химической промышленности
- для измерения высоких (>2500 K) температур
- $\text{MoO}_3$  в качестве катализатора
- $\text{MoS}_2$  в качестве твердой смазки



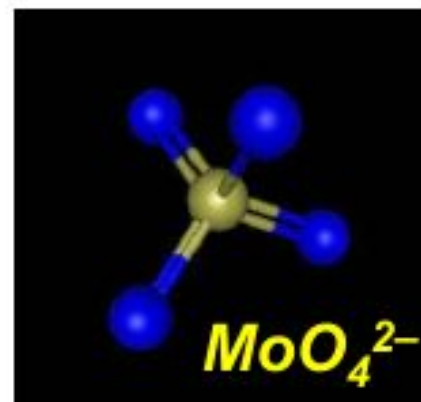
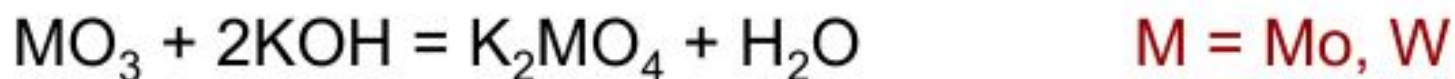


# Соединения Mo(VI), W(VI)

1. Наиболее устойчивая с.о. для W

2. Триоксиды  $\text{MoO}_3$  т.пл.  $796^\circ\text{C}$ ,  $\text{WO}_3$  т.пл.  $1472^\circ\text{C}$

светло-желтые, слоистая структура – октаэдры  $\text{MO}_3$   
нерастворимы в воде



# Соединения Mo(VI), W(VI)

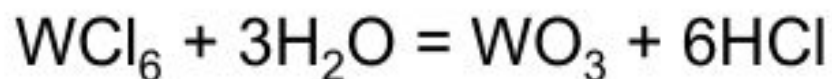
## 3. Галогениды $MX_6$

молекулярная структура, гигроскопичны

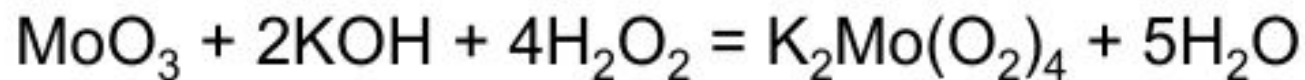
$MoF_6$  – бесцветная жидкость

$WF_6$  – светло-желтая жидкость

$WCl_6$  – темно-синие кристаллы



## 4. Пероксиды



$K_2Mo(O_2)_4$  красный

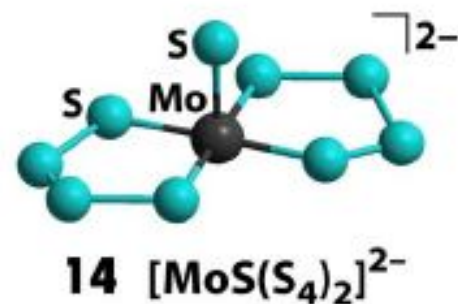
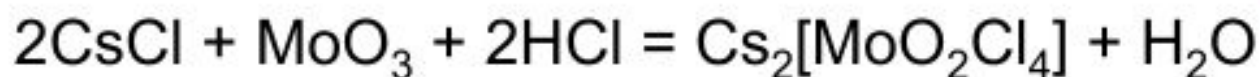
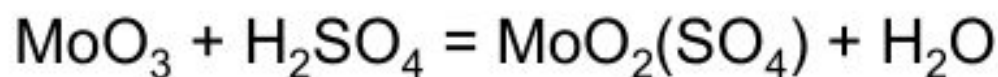
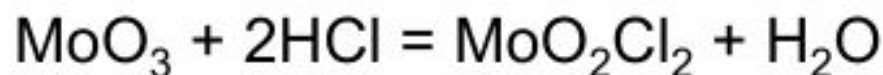
$K_2W(O_2)_4$  желтый



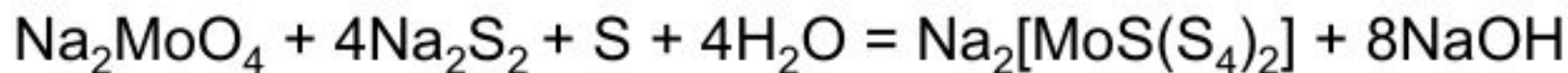
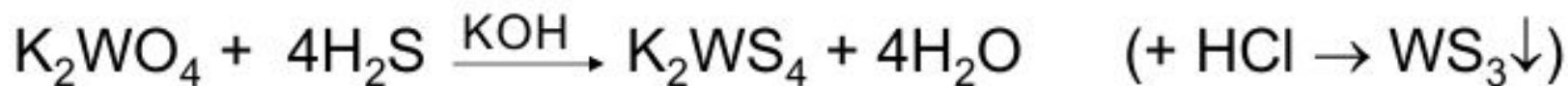
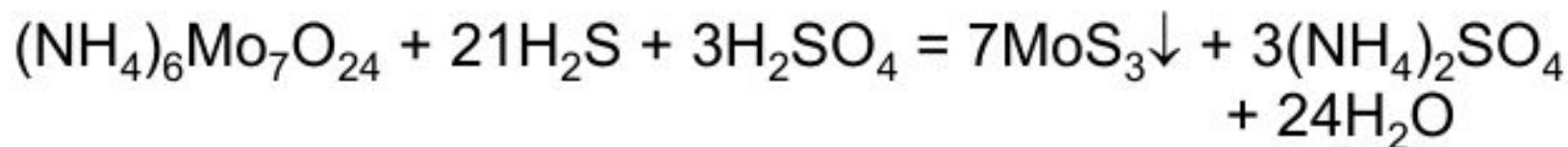
# Соединения Mo(VI), W(VI)

## 5. Производные молибдена, вольфрама

$\text{MoO}_2^{2+}$  молибденил,  $\text{WO}_2^{2+}$  вольфрамил

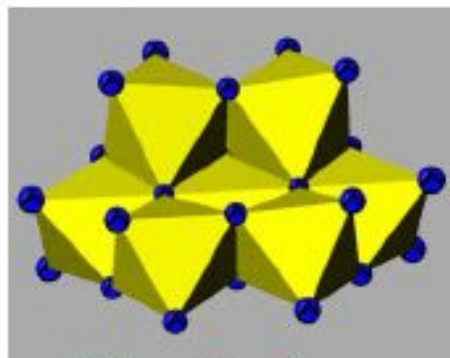
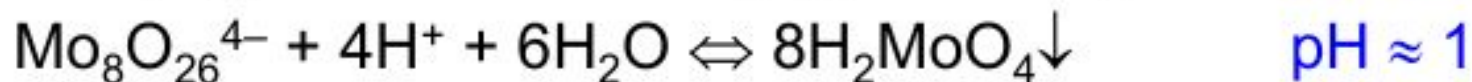
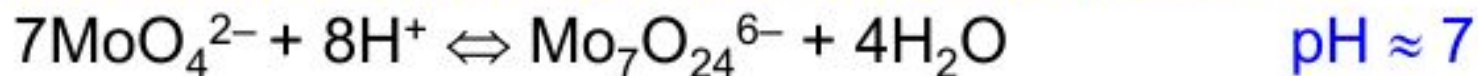


## 6. Тиосоли

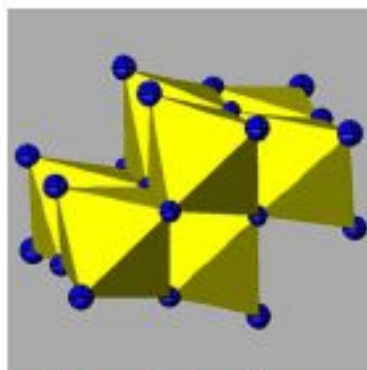


# Соединения Mo(VI), W(VI)

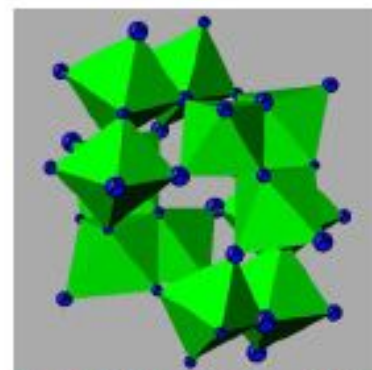
## 7. Полимеризация молибдатов, вольфраматов



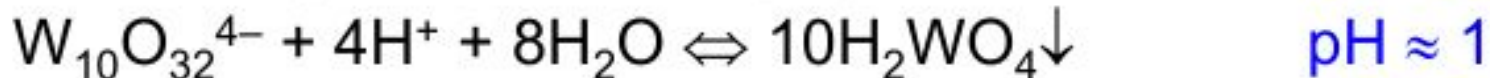
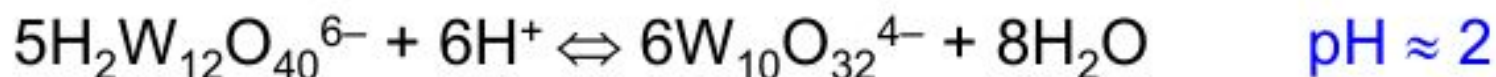
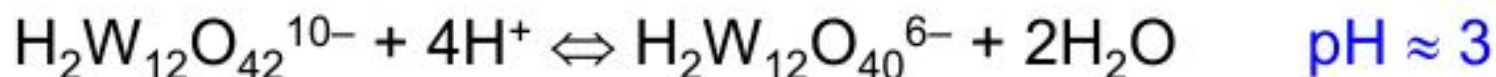
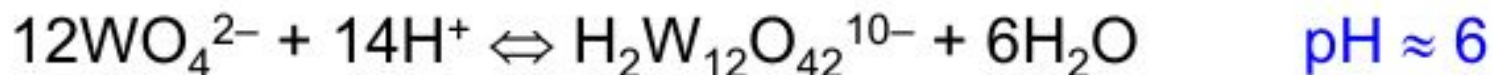
$\text{Mo}_7\text{O}_{24}^{6-}$



$\text{Mo}_8\text{O}_{26}^{4-}$



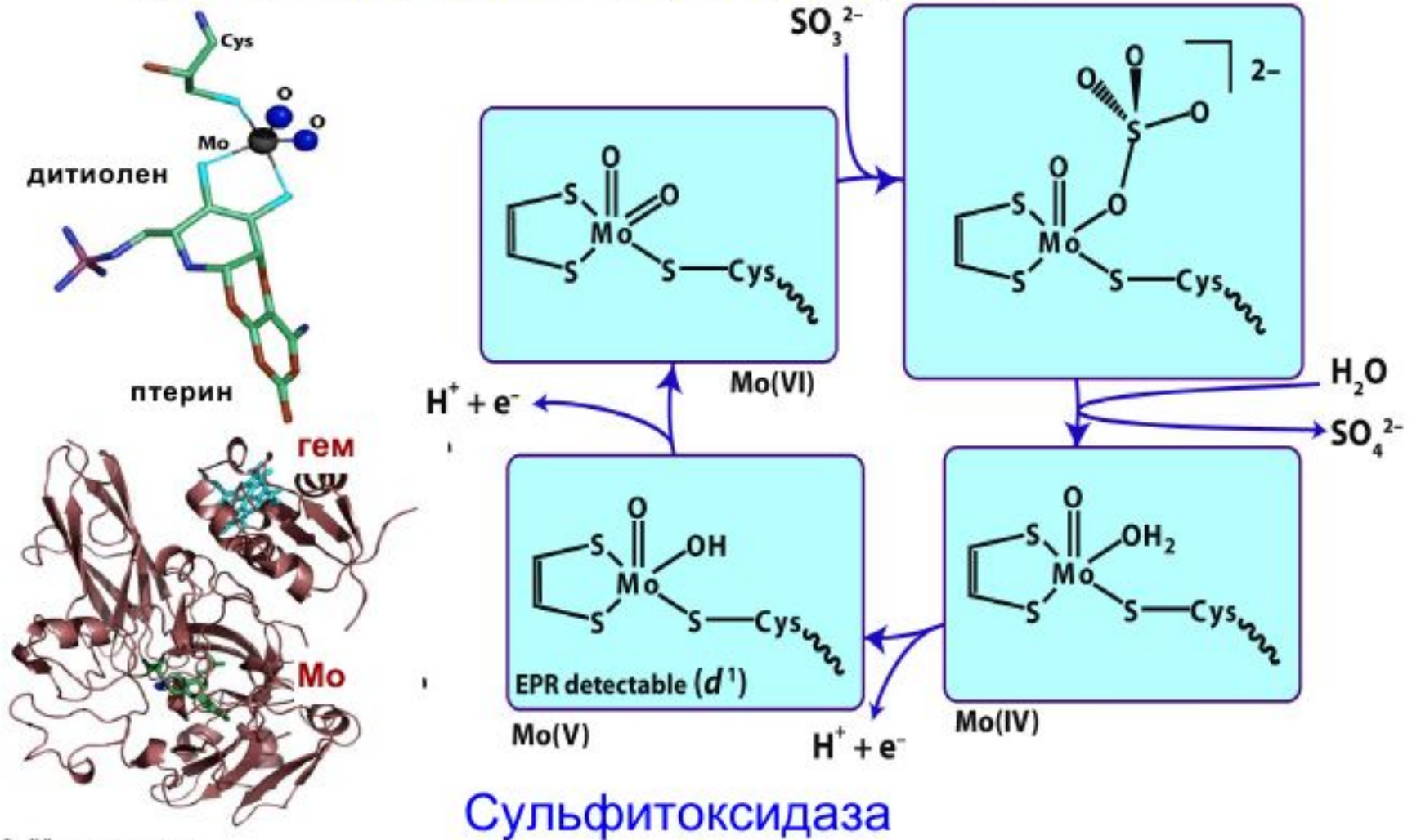
$\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{42}^{10-}$





# Биологическая роль Mo, W

1. **Mo**: катализ переноса кислорода воды для окисления сульфитов, арсенитов, альдегидов, CO





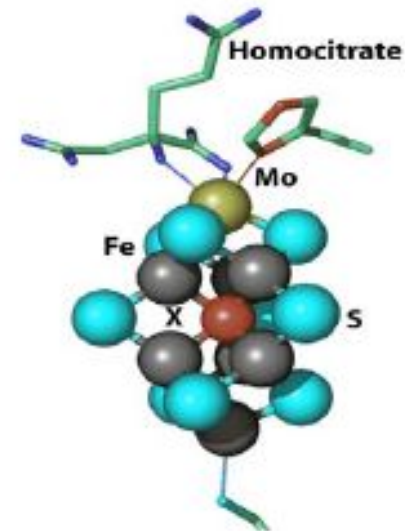
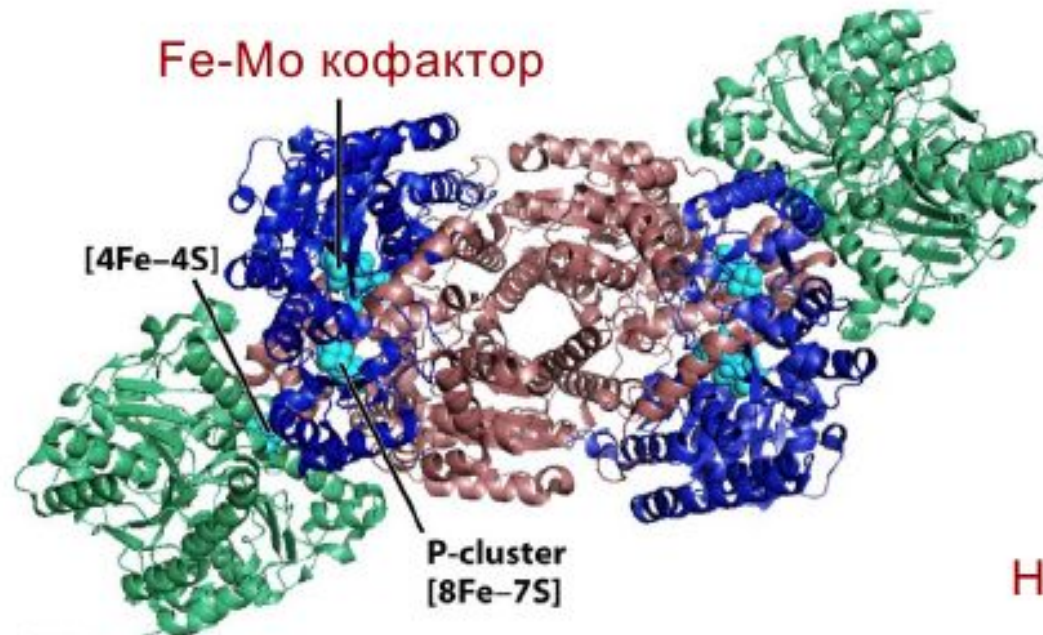
# Биологическая роль Mo, W

2. **Mo**: катализ переноса кислорода при восстановлении нитратов

$$E^0(\text{NO}_3^-/\text{NO}_2^-) = +0.40 \text{ В при pH} = 7$$

3. **Mo**: в составе нитрогеназы для фиксации азота

4. **W**: катализ образования связи C–H при нефотосинтезном поглощении  $\text{CO}_2$  простейшими организмами



Нитрогеназа Fe-Mo