

# Химическая технология ядерного топлива

## Тема 3. Фториды урана

***Амелина Галина Николаевна***

*доцент ОЯТЦ ИЯТШ*

*334-10 к.*

# Фториды урана



# Тетрафторид урана $UF_4$

$$t_{\text{пл.}} = 1036 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{кип.}} = 1417 \text{ }^\circ\text{C}$$



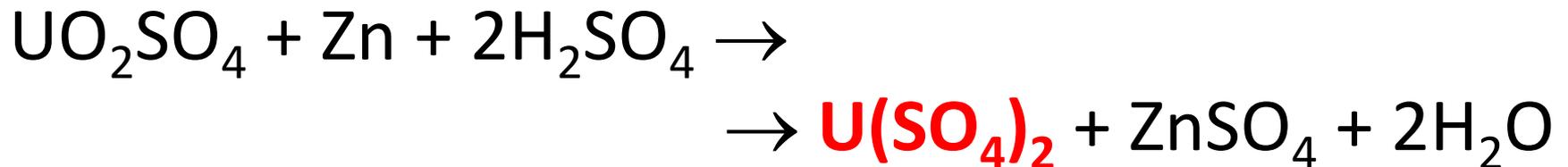
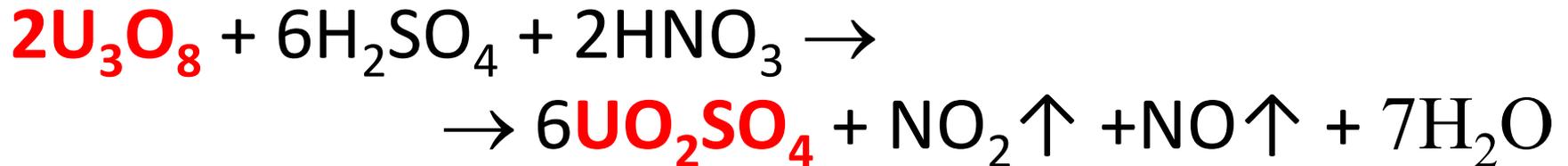
малорастворимая соль

изоморфен

с  $ThF_4$ ,  $PuF_4$ ,  $CeF_4$ ,  $HfF_4$ ,  $ZrF_4$

# Методы получения UF<sub>4</sub>

1) «Мокрый» способ (осаждение из р-ров):



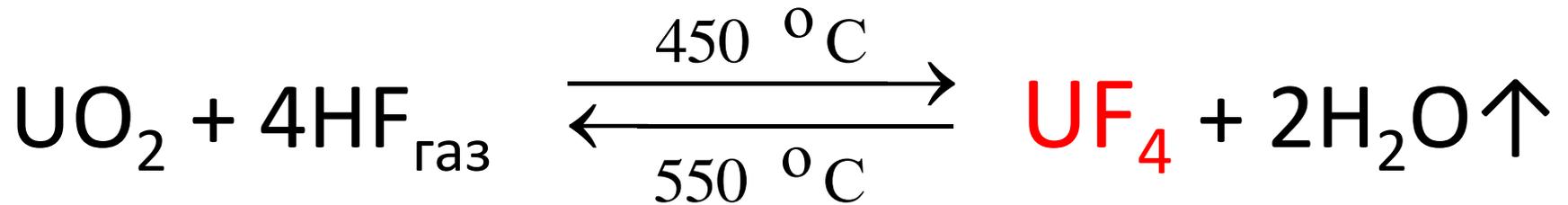
# Тетрафторид урана $UF_4$

## Кристаллогидраты $UF_4$ :

- при 20 °С –  $UF_4 \cdot 2,5H_2O$  –  
труднофильтруемый зеленый  
аморфный осадок;
- при 40–60 °С –  $UF_4 \cdot 1,5H_2O$ ;
- при 90–100 °С –  $UF_4 \cdot 0,5H_2O$  –  
крупные бирюзовые **хорошо  
фильтрующиеся** кристаллы

## Методы получения UF<sub>4</sub>

### 2) Газофазное гидрофторирование:



Пирогидролиз (> 500 °C):

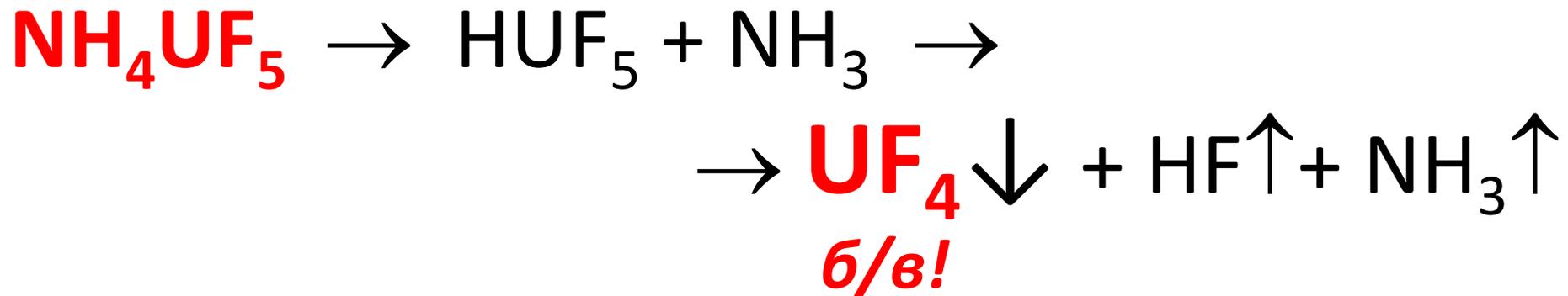


## Методы получения $UF_4$

Комплексные соли типа

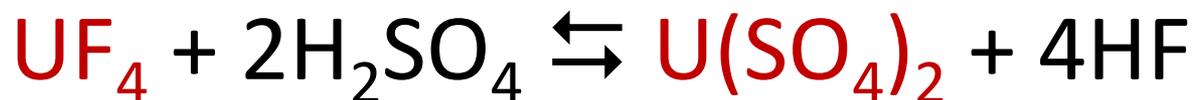


3) Термическое разложение ( $500\text{ }^\circ\text{C}$ ) :

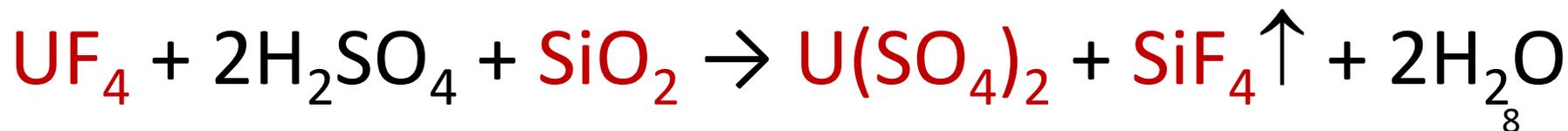
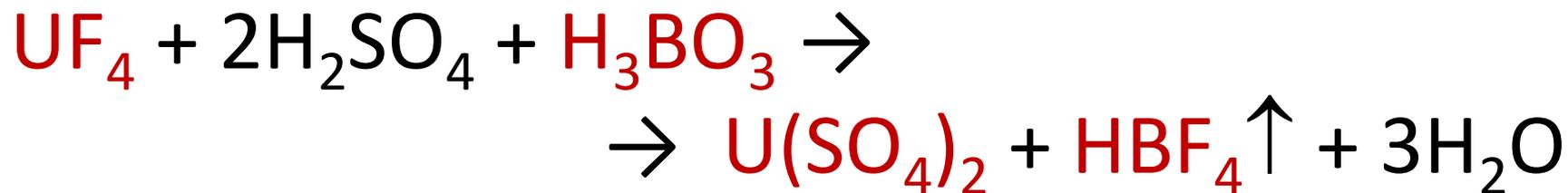


# Тетрафторид урана UF<sub>4</sub>

1) С к-тами – неокислителями (горяч., конц.) – медленно:



В присутствии комплексообразователей (связывание иона фтора) – быстро:

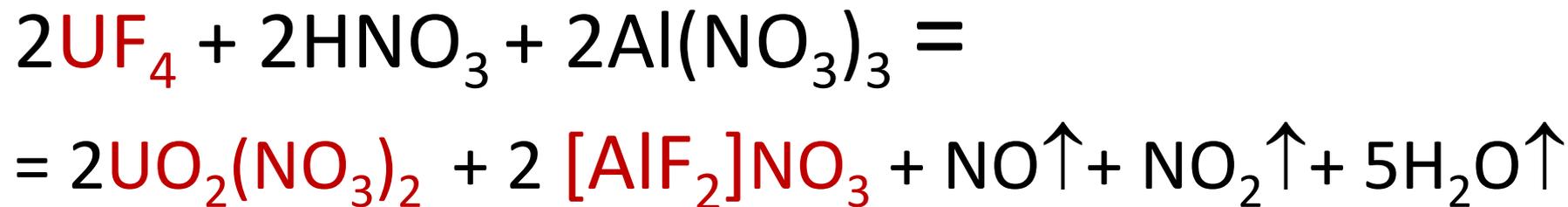


# Тетрафторид урана UF<sub>4</sub>

2) В к-тах-окислителях и в р-рах в присутствии окислителей (с образованием  $\text{UO}_2^{2+}$ ) – легко



В присутствии комплексообразователей (связывание иона фтора):



# Тетрафторид урана $UF_4$

## 3) Растворы

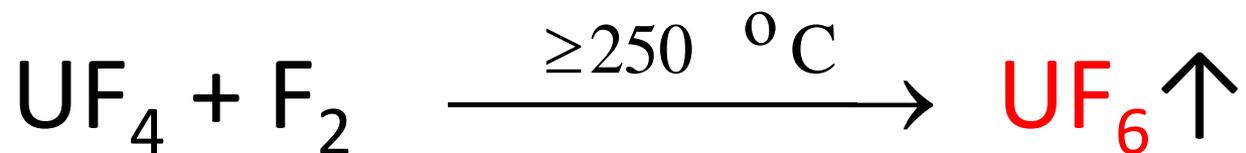
- щелочей,
- гидроксида аммония,
- соды

при нагревании превращают  $UF_4$  в  $U(OH)_4$  – нерастворимый, но легко вскрываемый к-тами.

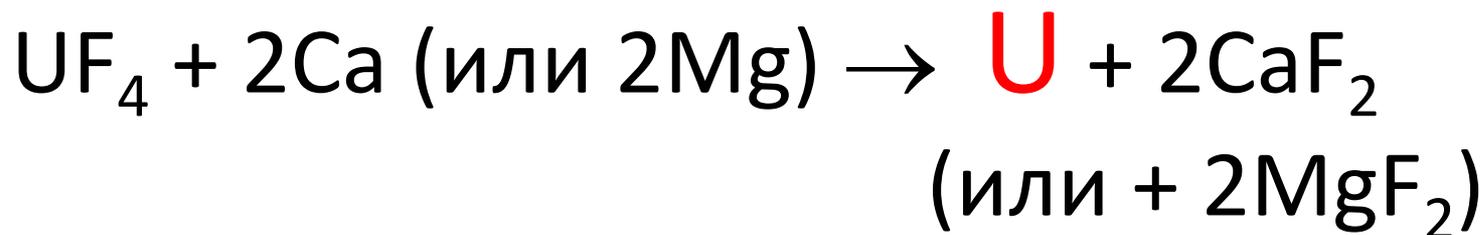
# Тетрафторид урана UF<sub>4</sub>

## Применение

1) Получение гексафторида урана



2) Получение металлического урана



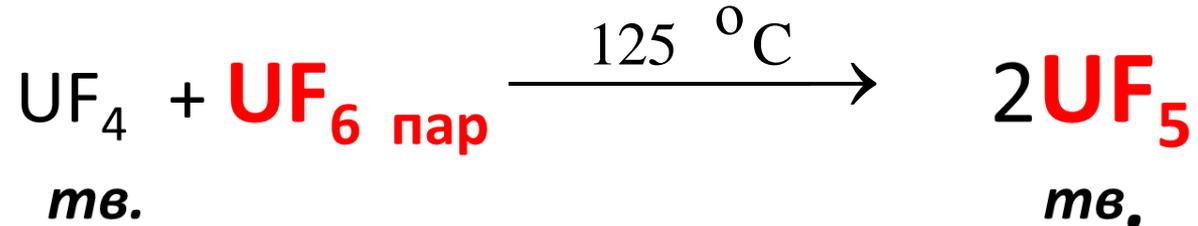
# Пентафторид и промежуточные фториды урана

$UF_4$	$U_4F_{17}$	$U_2F_9$	$UF_5$
--------	-------------	----------	--------



# Пентафторид и промежуточные фториды урана

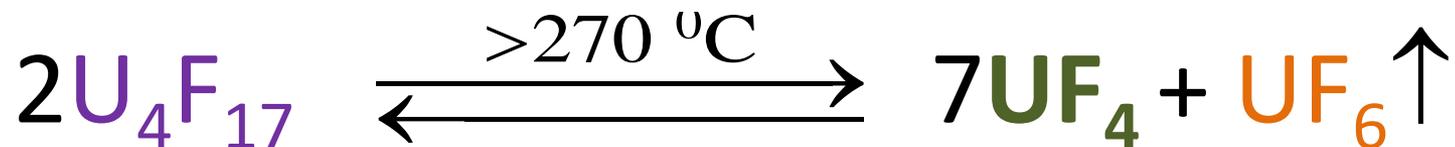
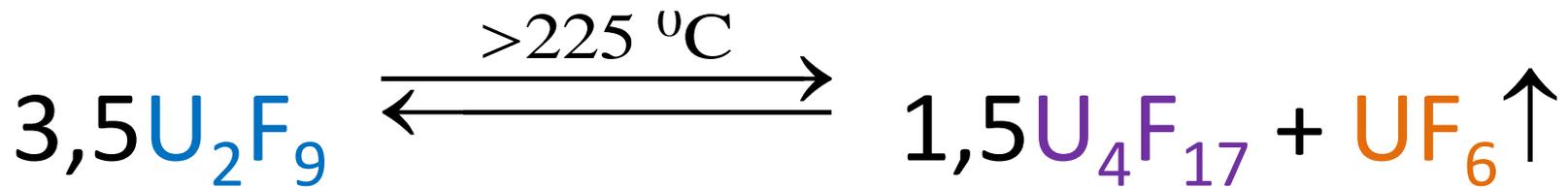
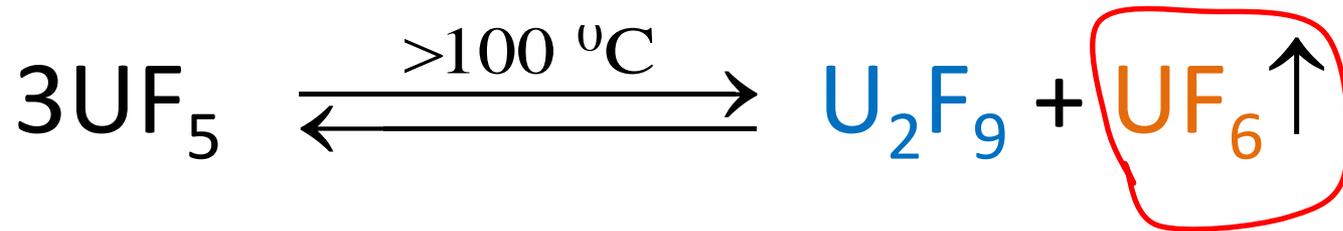
Синтез **UF<sub>5</sub>** (сопропорционирование):



*Сопропорционирование идет через образование промежуточных фторидов*



# Диспропорционирование $\text{UF}_5$ и промежуточных фторидов:



# Пентафторид и промежуточные фториды урана

Гидролиз (сопровождается  
диспропорционированием):



Ряд склонности к гидролизу



# Гексафторид урана $\text{UF}_6$

- $\text{UF}_6$  – бесцветное кристаллическое вещество, возгоняется без плавления (сублимирует)
- Единственное устойчивое летучее соединение урана



# Гексафторид урана $UF_6$

**Используется для разделения  
природных изотопов  
урана-235 и урана-238**

# Гексафторид урана UF<sub>6</sub>

Плотность<sub>ТВ</sub> 25 °С = 5,06 г/см<sup>3</sup>

Плотность<sub>ТВ</sub> 62 °С = 4,87 г/см<sup>3</sup>

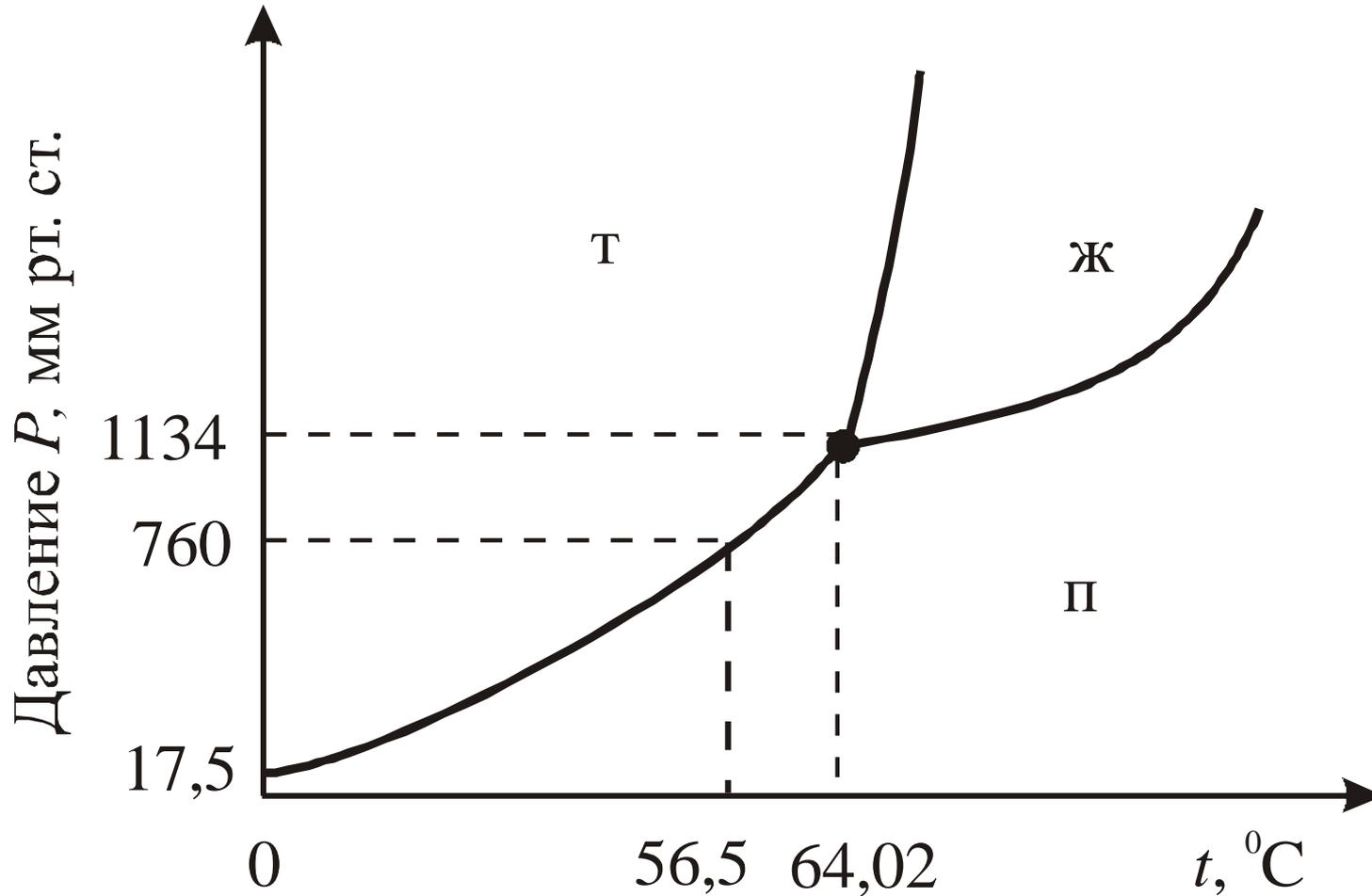
Плотность<sub>жид</sub> 69 °С = 3,6 г/см<sup>3</sup>

**t**<sub>сублимации</sub> = 56,5 °С – давление 760 мм рт. ст.

**t**<sub>плавления</sub> = 64,05 °С – давление 1134 мм рт. ст.

# Гексафторид урана $UF_6$

## Диаграмма фазового состояния $UF_6$



*Диаграмма состояния ГФУ имеет важное значение для понимания ряда технологических операций производства  $UF_6$*

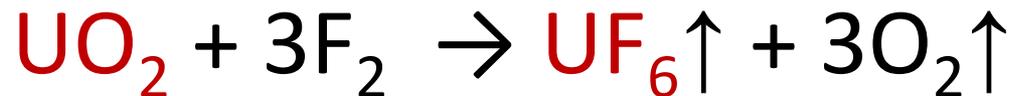
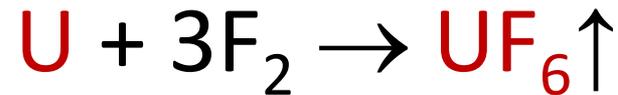
# Методы получения $UF_6$

1. Прямым фторированием элементарным фтором
2. Фторированием фторгалогенами
3. Диспропорционирование
4. Прокаливанием тетрафторида урана

# Методы получения UF<sub>6</sub>

## 1. Прямое фторирование элементарным фтором

*Фторировать можно любое соединение урана, не содержащее щелочных металлов*



# Методы получения UF<sub>6</sub>

## 2. Диспропорционирование UF<sub>5</sub>:



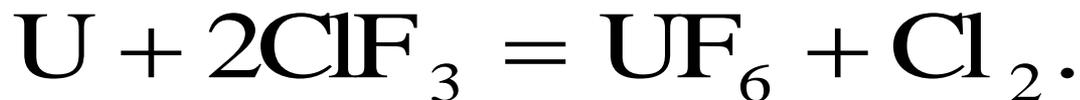
## 3. Прокаливание тетрафторида урана в атмосфере кислорода:



# Методы получения UF<sub>6</sub>

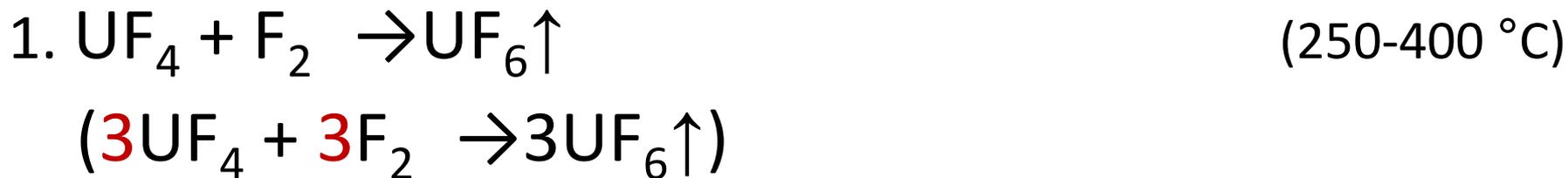
## 4. Фторирование фторгалогенами:

- *Трифторид хлора и трифторид брома – специфические вещества, жидкости, обладающие сильнейшими окислительными свойствами.*
- *При температуре 60–100°C металлический уран и его соединения хорошо фторируются галогенфторидами:*



# Методы получения UF<sub>6</sub>

## Промышленные методы получения UF<sub>6</sub>

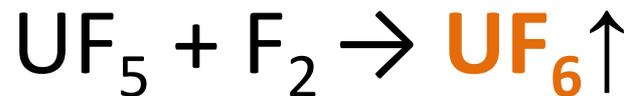
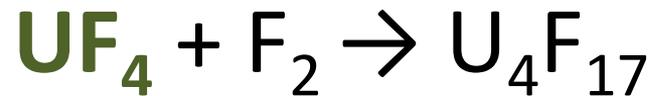


*Для снижения расхода элементарного фтора возможно проведение предварительного гидрофторирования:*



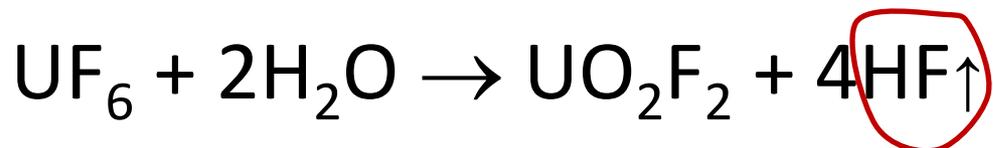
# Методы получения $UF_6$

Фторирование  $UF_4$   
элементным фтором является стадийным процессом  
с образованием промежуточных фторидов

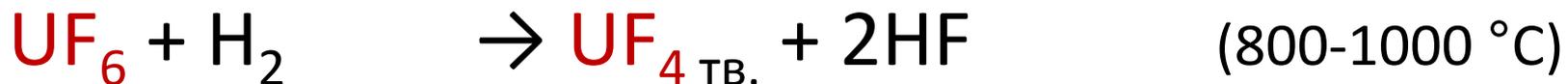


# Химические свойства UF<sub>6</sub>

1. Интенсивно взаимодействует с водой (гидролиз)

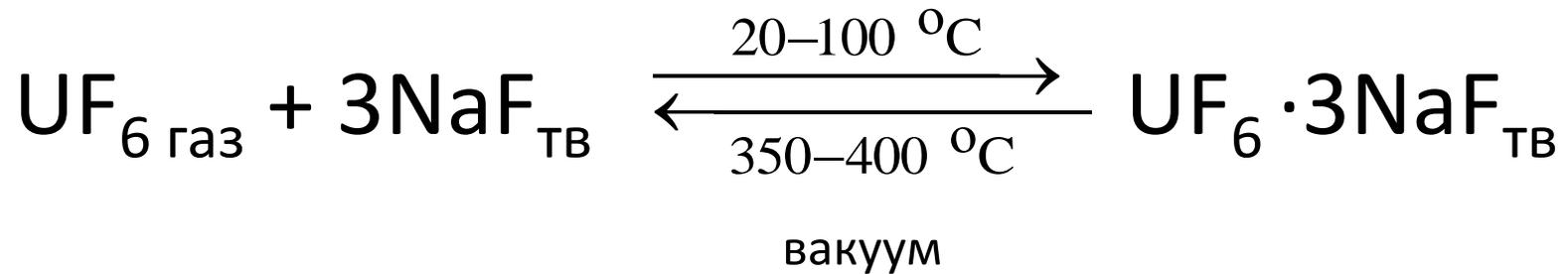


2. Является умеренным окислителем:



# Химические свойства UF<sub>6</sub>

## Улавливание гексафторида урана



# Химические свойства $\text{UF}_6$

- Активно реагирует почти со всеми металлами
- С сухим воздухом, с кислородом, с азотом не взаимодействует

# Уранилфторид $\text{UO}_2\text{F}_2$

