

Химическая технология ядерного топлива

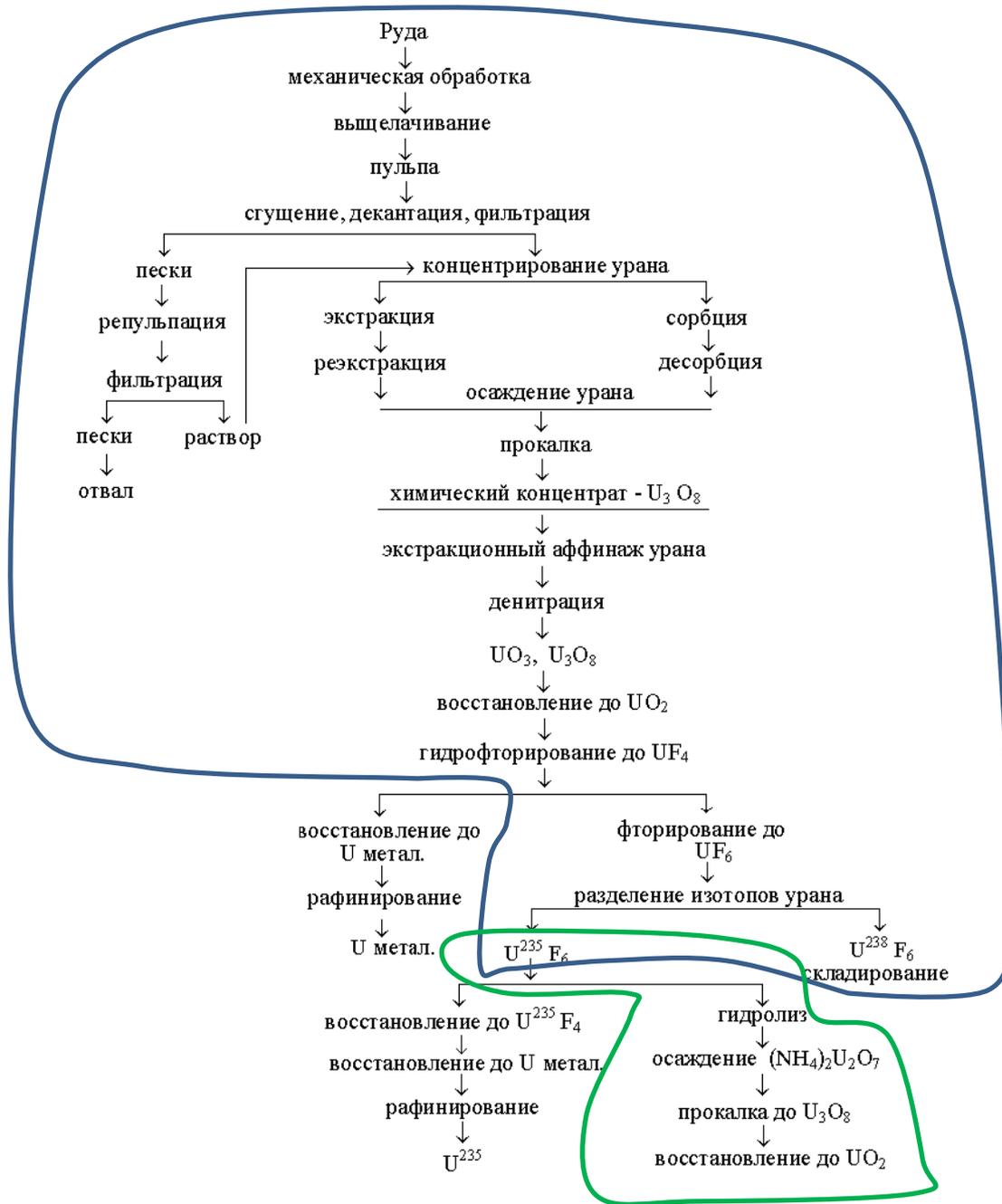
Тема 15. Конверсия обогащенного
гексафторида урана до диоксида

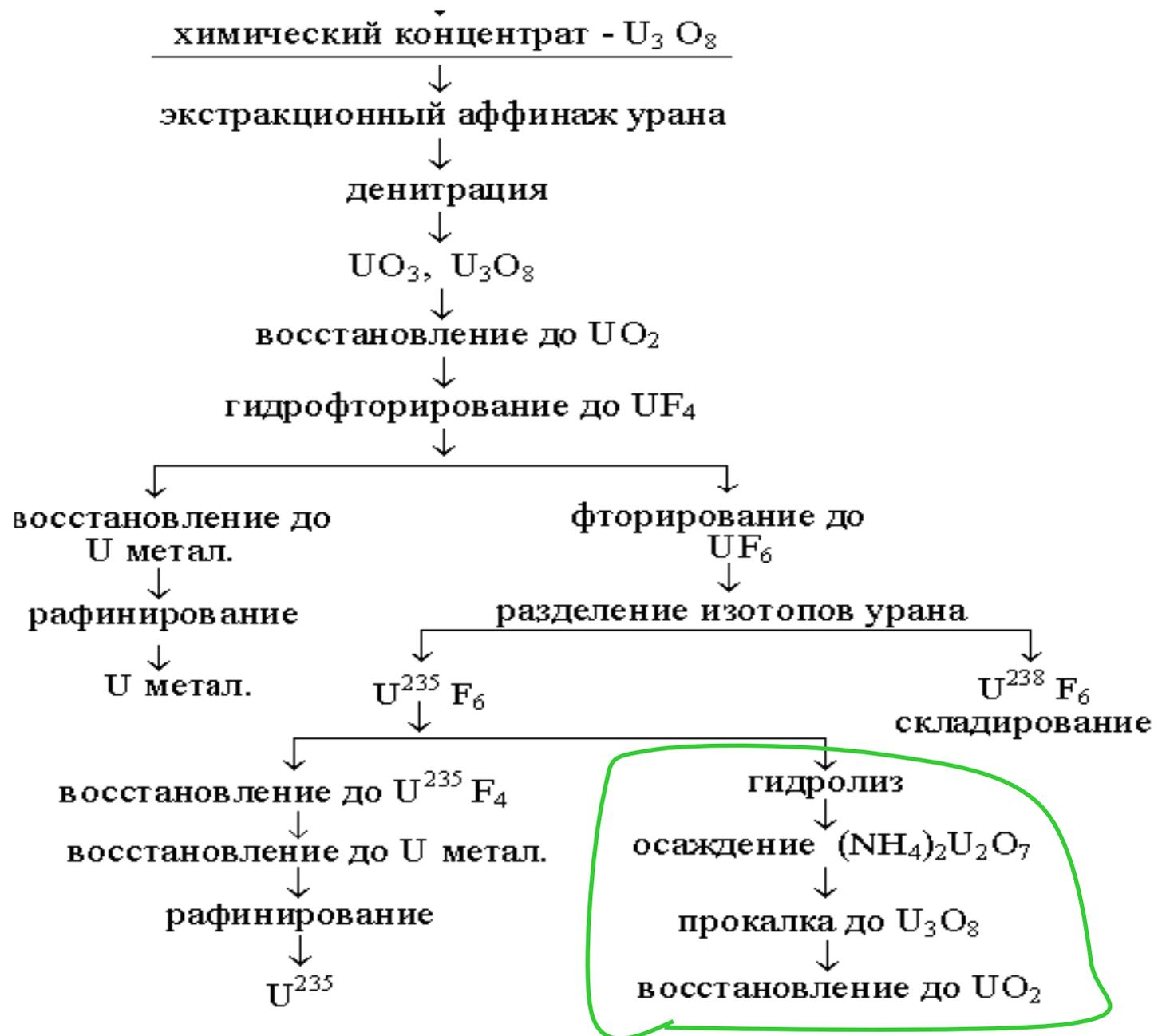
Амелина Галина Николаевна

доцент ОЯТЦ ИЯТШ

334-10 к.

Общая схема переработки урансодержащих руд





Методы переработки ГФУ, обогащенного по U-235

Водные методы переработки

- а) АммонийДиуранатный процесс (АДУ)
- б) гидролиз UF_6 с нитратом алюминия $Al(NO_3)_3$
- в) АммонийУранлКарбонатный процесс (АУТК, АУК).

Безводные методы переработки

- а) пирогидроллиз UF_6 до UO_2
- б) восстановление UF_6 водородом до UF_4 .

АДУ-процесс

АммонийДиУранат $(\text{NH}_4)_2\text{U}_2\text{O}_7$ – исходное
соединение для получения керамического UO_2 .

АДУ-процесс



Гидролиз водой или р-ром NH_4OH



Осаждение уранатов аммония $[(\text{NH}_4)_2\text{U}_2\text{O}_7]$



Сушка



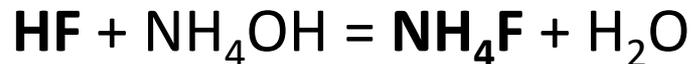
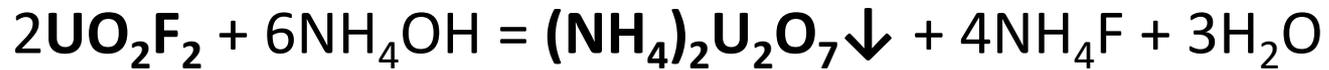
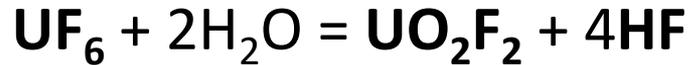
Прокалка до U_3O_8



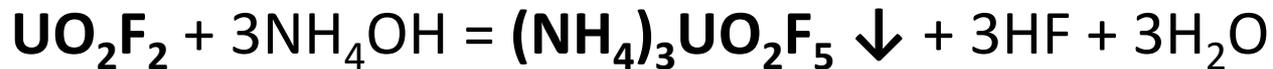
Восстановление до UO_2

АДУ-процесс

Гидролиз гексафторида урана и осаждение полиураната аммония ведется большим избытком гидроксида аммония по схеме:



При недостатке гидроксида аммония возможна реакция:



Аппараты:

- аппараты вертикальные с мешалкой (осаждение полиураната);
- вакуумный фильтр;
- барабанные вращающиеся печи (сушка и прокаливание, восстановление закиси-окиси до диоксида урана).

АДУ-процесс

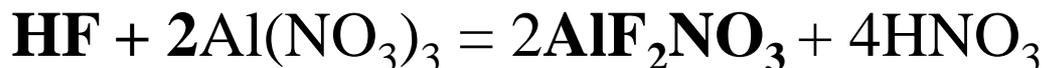
Извлечение урана в осадок составляет более 99,5%.

Отфильтрованный осадок полиураната содержит несколько процентов фтора. Осадок полиуранатов просушивают и прокаливают до U_3O_8 , которую восстанавливают водородом до UO_2 . В результате такого способа переработки получается мелкодисперсный порошок диоксида урана, при прессовании которого получают образцы с высокой плотностью – не менее 95% от теоретической (около 10 г/см^3).

Получаемый порошок UO_2 с содержанием до 5% ^{235}U используется для изготовления таблетированного топлива энергетических реакторов типа ВВР, а порошок UO_2 , обедненный по изотопу ^{235}U – для топлива зоны воспроизводства реакторов на быстрых нейтронах (РБН).

Гидролиз UF_6 с нитратом алюминия $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$

Способ позволяет уже на начальной стадии связать F-ион в прочное соединение с алюминием и вывести его из растворов на последующей стадии экстракции:



Комплексы AlF_2NO_3 и $\text{AlF}(\text{NO}_3)_2$ подавляют диссоциирующее действие F-иона на процесс экстракции урана и защищают аппаратуру от коррозии.

Гидролиз UF_6 с нитратом алюминия $Al(NO_3)_3$

Для гидролиз гексафторида урана используют барботажный или струйный метод.

Барботажный метод заключается в подаче газообразного UF_6 в раствор через газоподводную трубку в аппарат с мешалкой (Рис.1).

Струйный метод – более современный и производительный. ГФУ подается в верхнюю часть вертикального аппарата, а водный раствор тангенциально водится через стенку и по винтовой траектории опускается вниз (Рис.2).

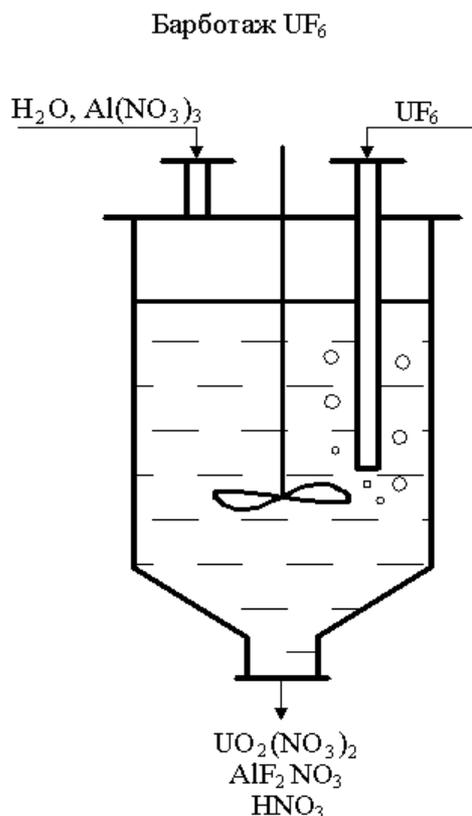


Рис.1

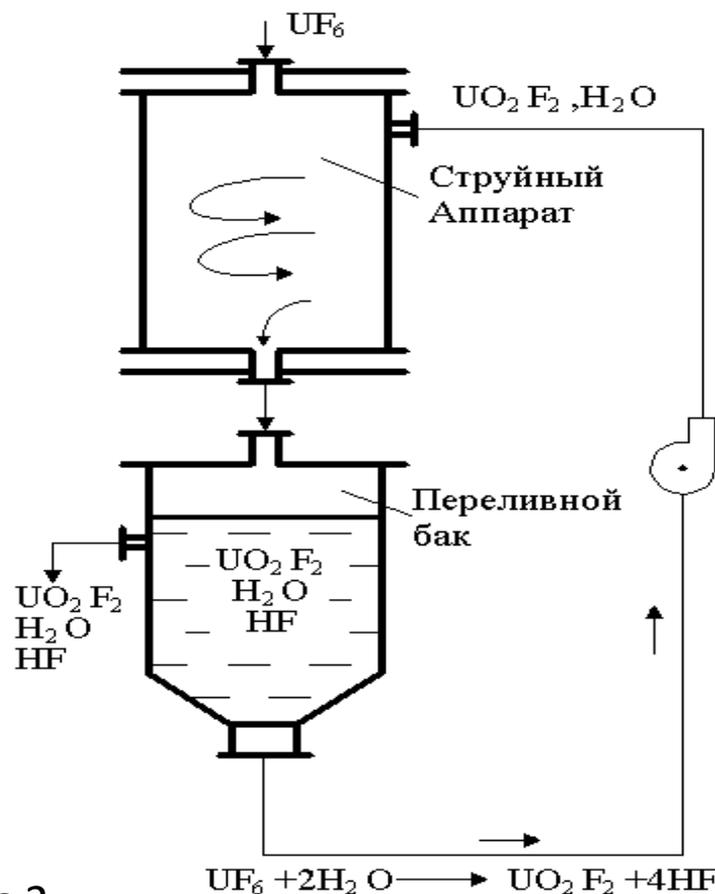
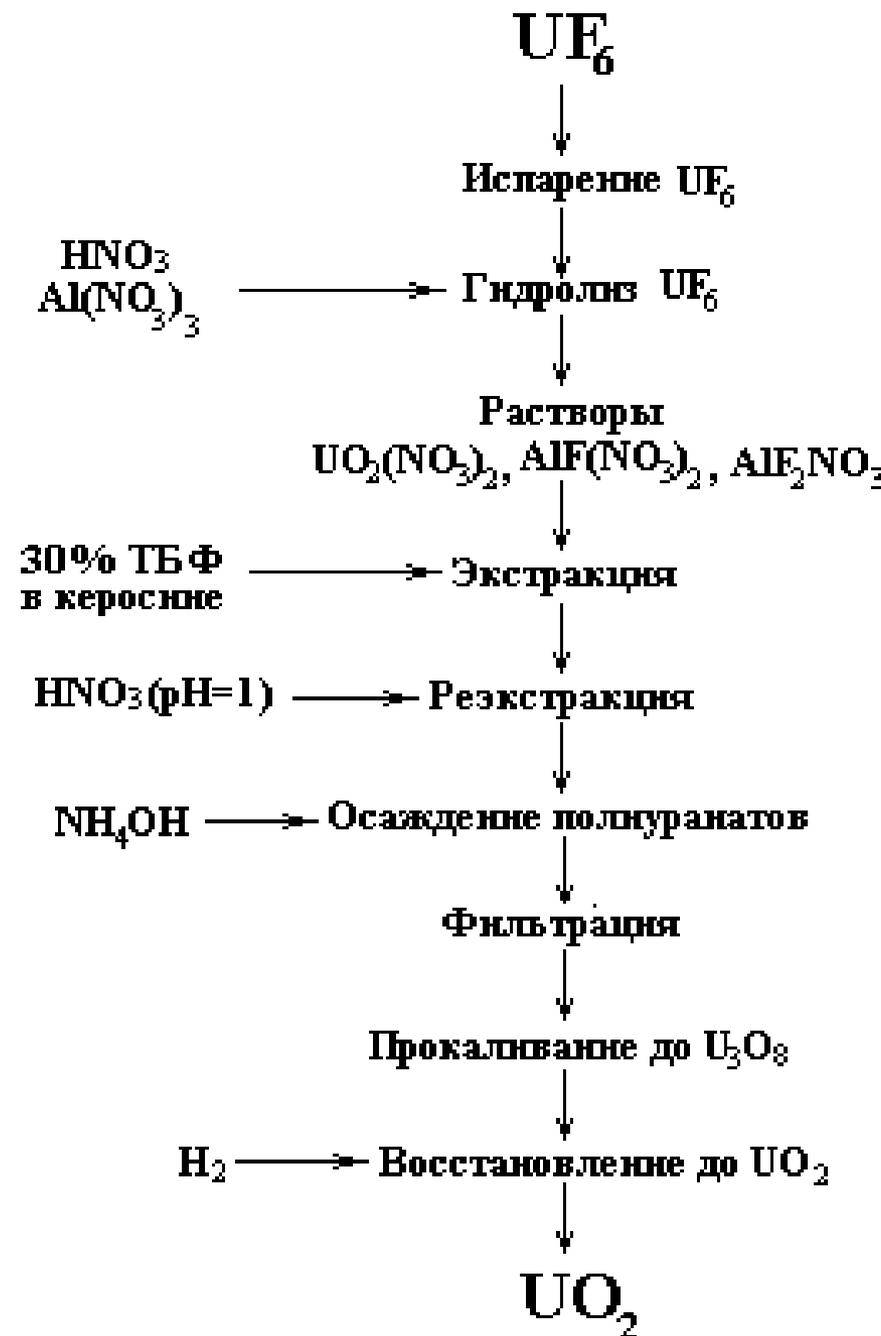


Рис.2

Гидролиз UF_6 с нитратом алюминия $Al(NO_3)_3$



Гидролиз UF_6 с нитратом алюминия $Al(NO_3)_3$

Экстракцию урана проводят ТБФ (30% раствор в керосине), **реэкстракцию** – слабым р-ром азотной кислоты.

На стадии экстракции происходит очистка от фтора.

Из реэкстракта проводят **осаждение урана** в виде полиуранатов аммония:



Полиуранаты просушивают и прокаливают в барабанных вращающихся печах при 690-730 °С:



Восстановление до диоксида урана проводят в аналогичных печах при 690-730 °С большим избытком водорода:



АУК (АУТК)-процесс

АммонийУранилТриКарбонат $(\text{NH}_4)_4[\text{UO}_2(\text{CO}_3)_3]$

Гидролиз UF_6 – р-ром карбоната аммония → выделяют АУТК:



Осадок $(\text{NH}_4)_4[\text{UO}_2(\text{CO}_3)_3]$ отфильтровывают, просушивают и подвергают термическому разложению:



*При дальнейшем прокаливании на воздухе образуется U_3O_8 ,
в водороде – UO_2 .*

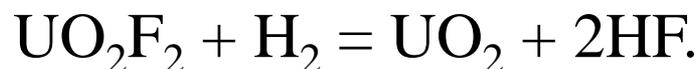
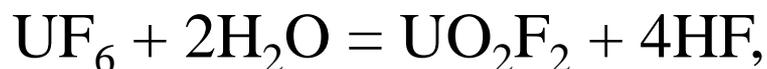
Безводные методы переработки UF_6

Пирогидролиз UF_6

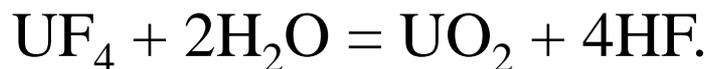
Процесс проводится при повышенных температурах (200-500-1000 °С) в присутствии паров воды.

I. Реакция взаимодействия гексафторида урана со смесью водорода и водяного пара ($H_2 + H_2O$):

1. Цепочка превращений $UF_6 \rightarrow UO_2F_2 \rightarrow UO_2$:



2. Цепочка превращений $UF_6 \rightarrow UF_4 \rightarrow UO_2$:

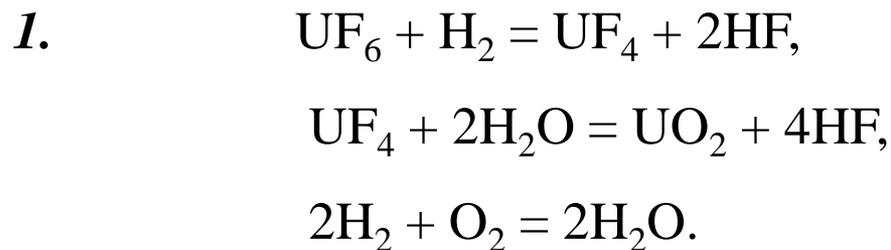


Суммарная реакция взаимодействия гексафторида водорода со смесью водорода и водяного пара:

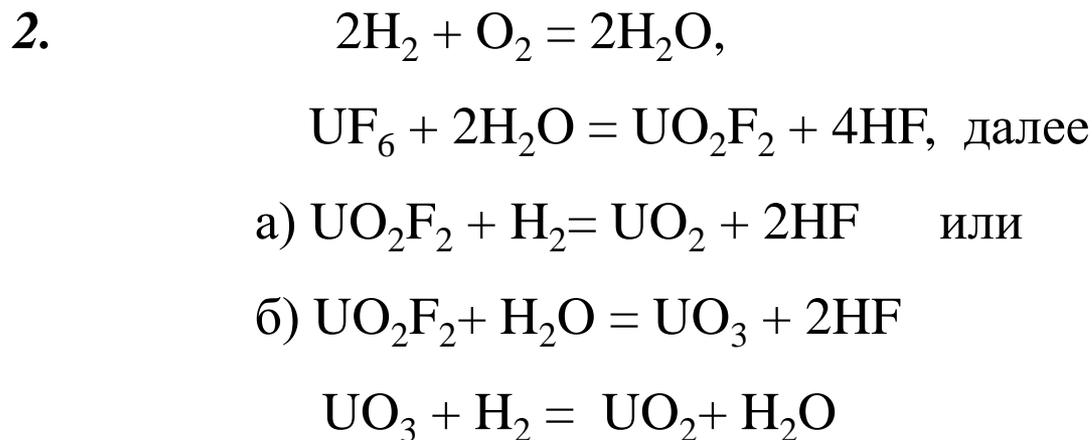


Пирогидролиз UF_6

I I. Реакция взаимодействия гексафторида урана со смесью водорода и кислорода (кислородно-водородная конверсия):



или



Суммарная реакция восстановительного гидролиза в кислородно-водородном пламени:



Безводные методы переработки UF_6

Восстановление UF_6 водородом

Способ переработки UF_6 применяют для получения тетрафторида урана, который далее идет на получение металлического урана методом металлотермического восстановления кальцием или магнием.

