



[www.mephi.ru](http://www.mephi.ru)



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»



www



## Продукция ОАО «ТВЭЛ»



ОАО «ТВЭЛ» является диверсифицированной компанией, выпускающей широкую номенклатуру продукции, имеющей самостоятельное право на проведение экспортно-импортных операций. Основным направлением деятельности является производство и продажа ядерного топлива.

### ВВЭР-440

Габариты твэла, мм:

длина

2536

наружный диаметр

9,1

внутренний диаметр оболочки

7,72

Материал оболочки

Сплав Zr+1% Nb

Топливо

Спеченные таблетки двуокиси урана

Обогащение ураном-235 в зависимости от исполнения, %

1,6; 2,0; 2,4; 3,0; 3,3; 3,6; 4,0; 4,4

Габариты таблеток, мм:

диаметр

7,57

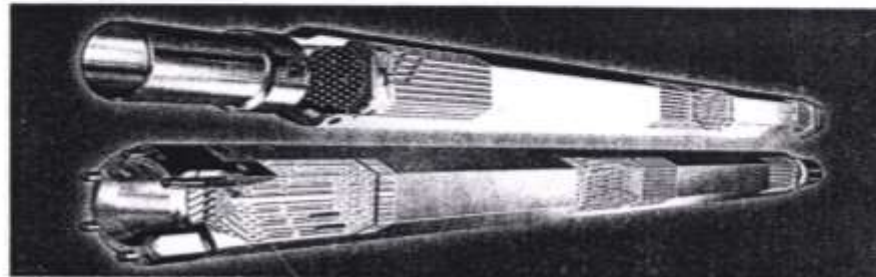
высота

9...12

номинальный диаметр

центрального отверстия

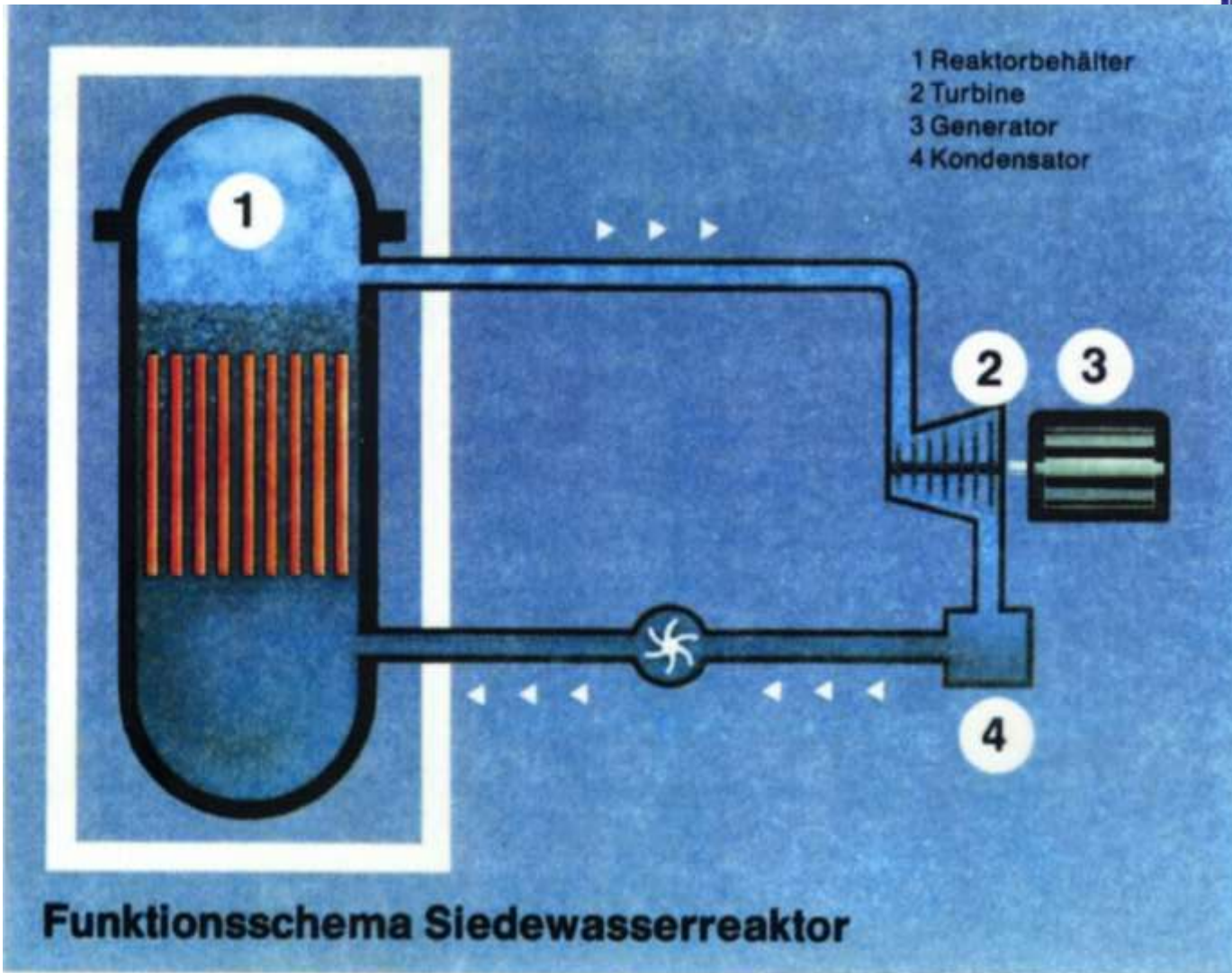
1,5

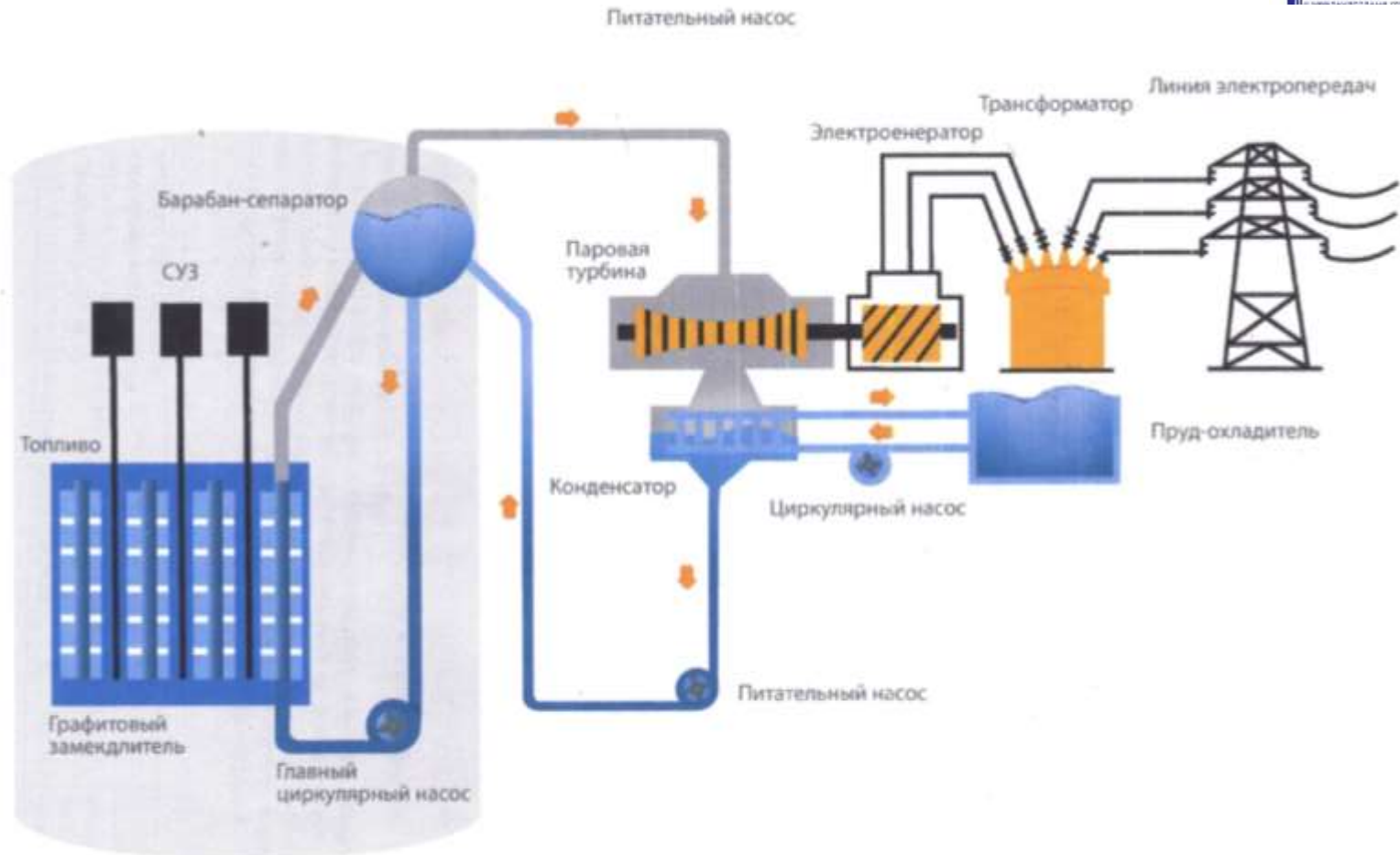




## Сравнительная характеристика стационарной и транспортной атомной энергетики России за 50 лет

N п/п	Параметры	Стационарная энергетика	Транспортная энергетика
1	Число реакторов, на объектах	36	> 450
2	Суммарная тепловая мощность, МВт	$\sim 10^5$	$\sim 5 \times 10^4$
3	Общая наработка, реакторо-год	$\sim 400$	$\sim 2000$
4	Суммарная энерговыработка, МВт·ч	$\sim 10^{13}$	$\sim 10^9$





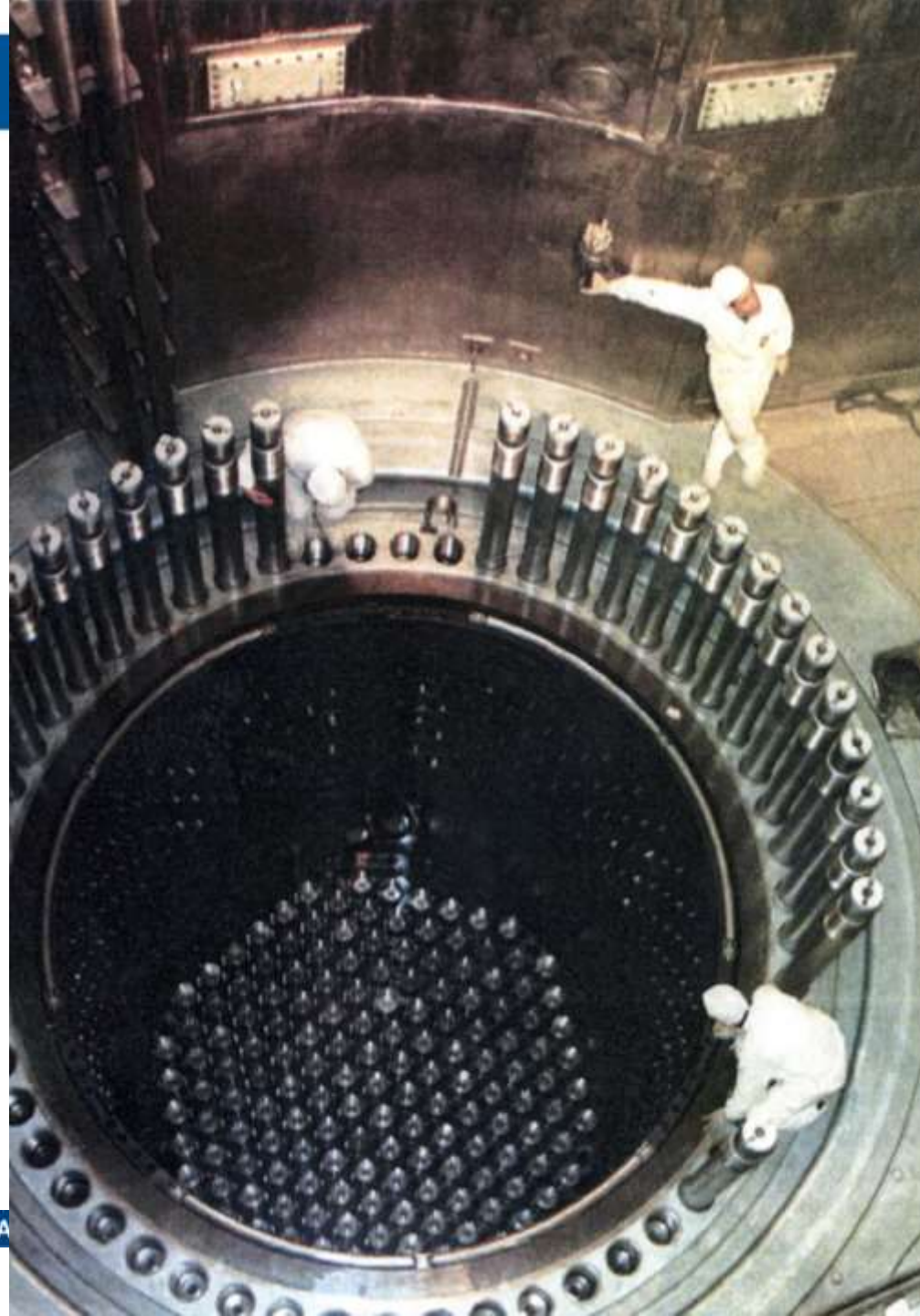
РБМК

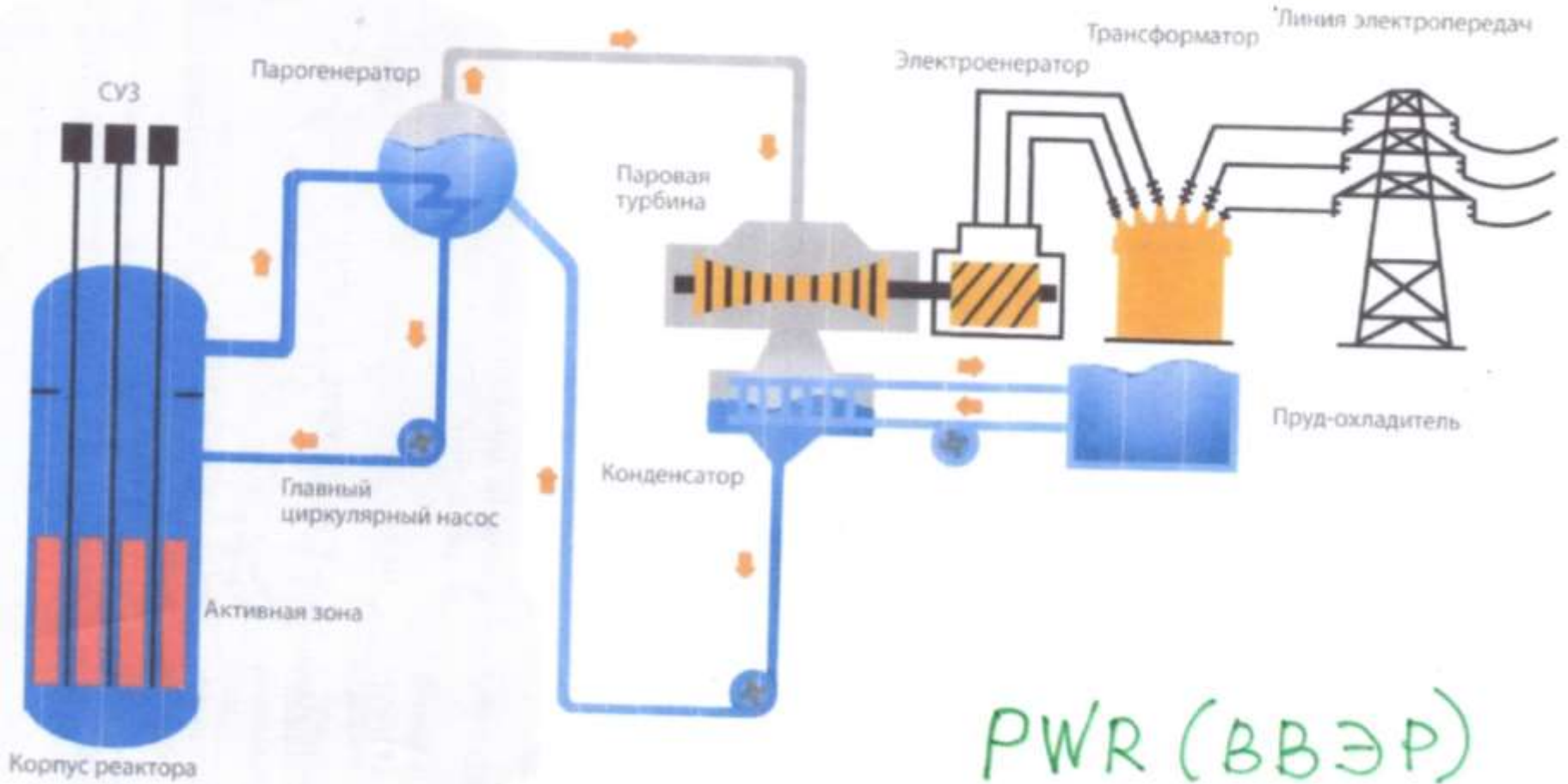


on Belitsky I. ANTONOV A.I.



[www.mephi.ru](http://www.mephi.ru)





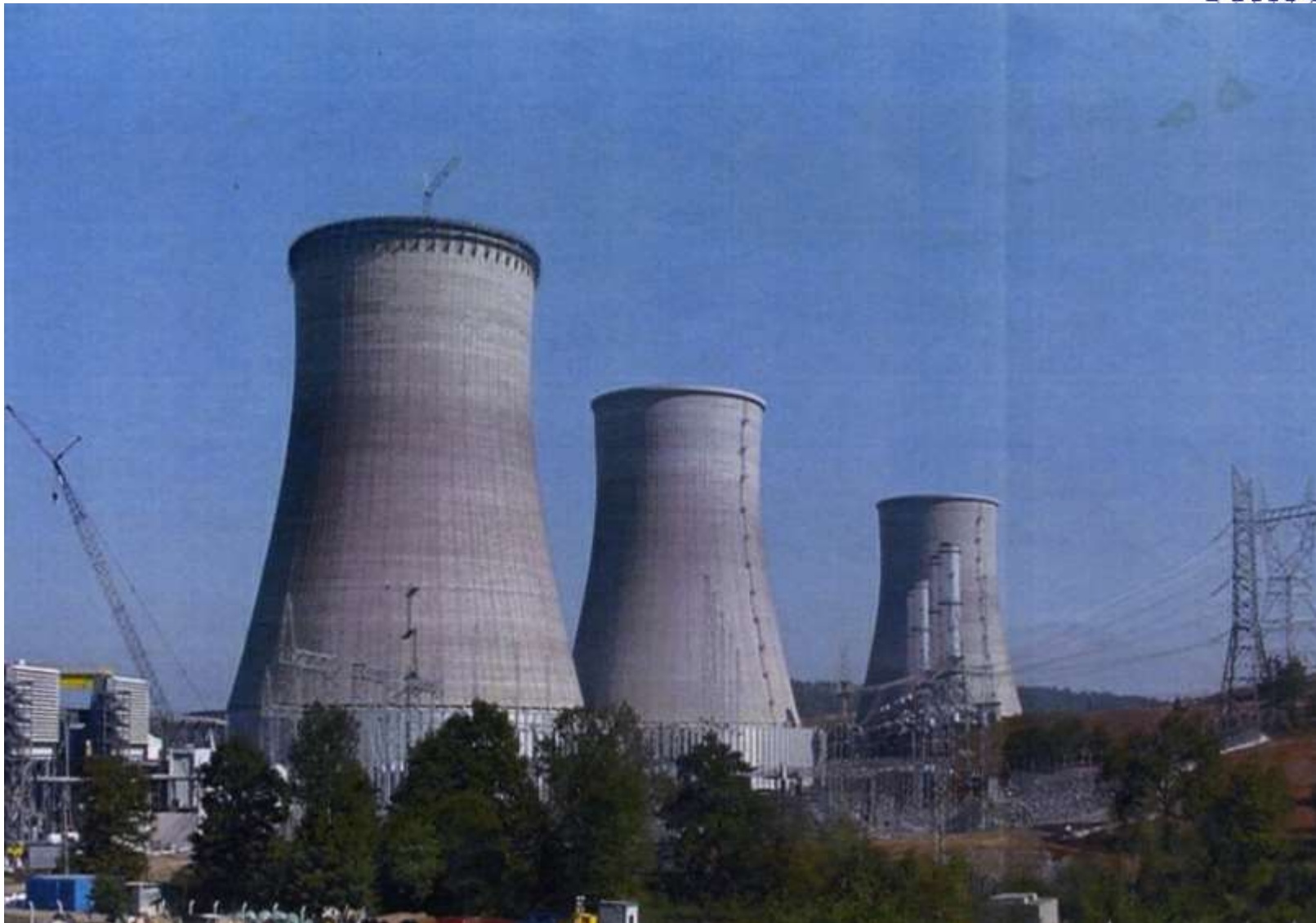


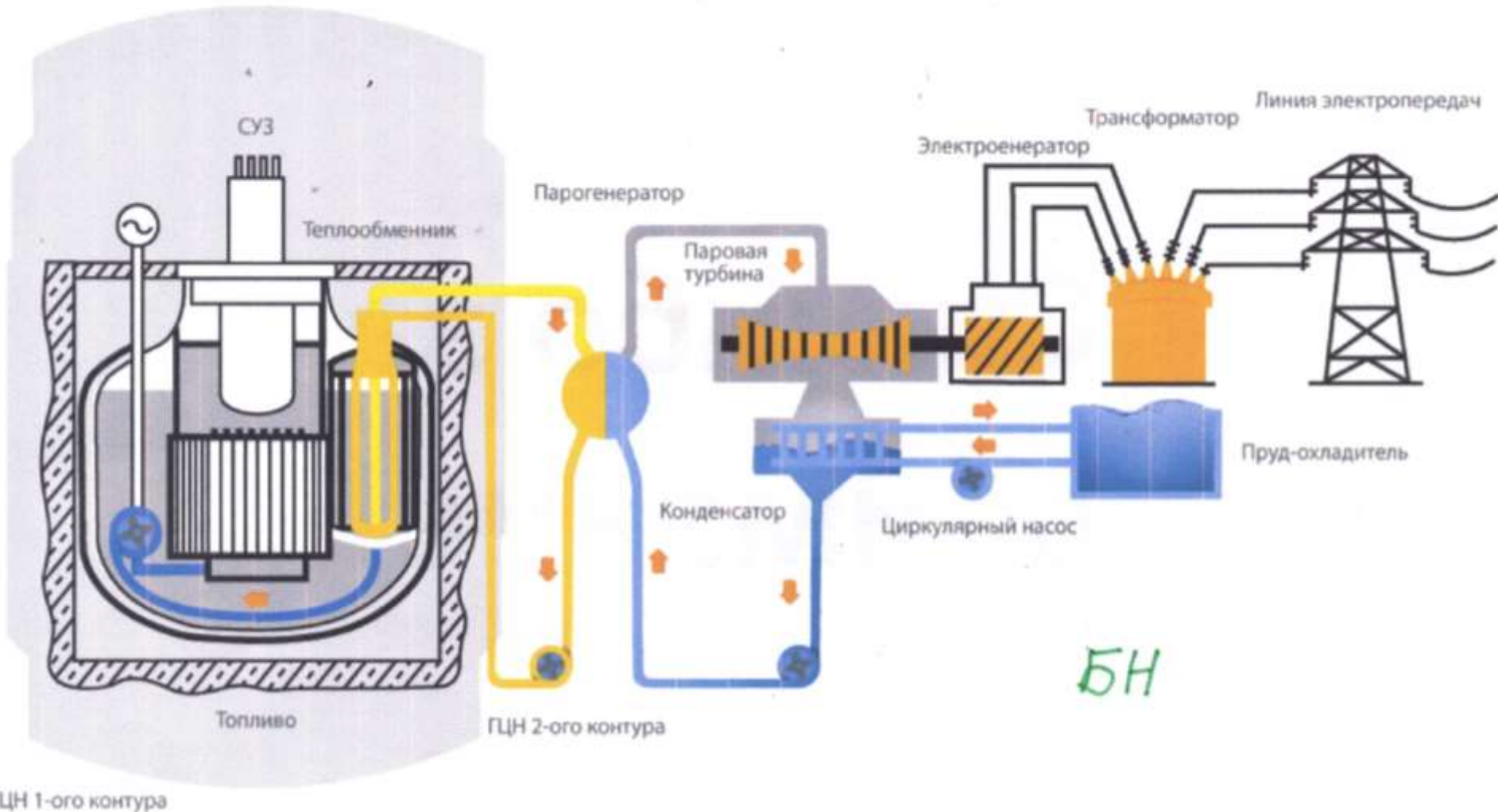


## КОРПУС РЕАКТОРА НА ШТАТНОМ МЕСТЕ



Установка в реакторную шахту  
корпуса реактора ВВЭР-1000.









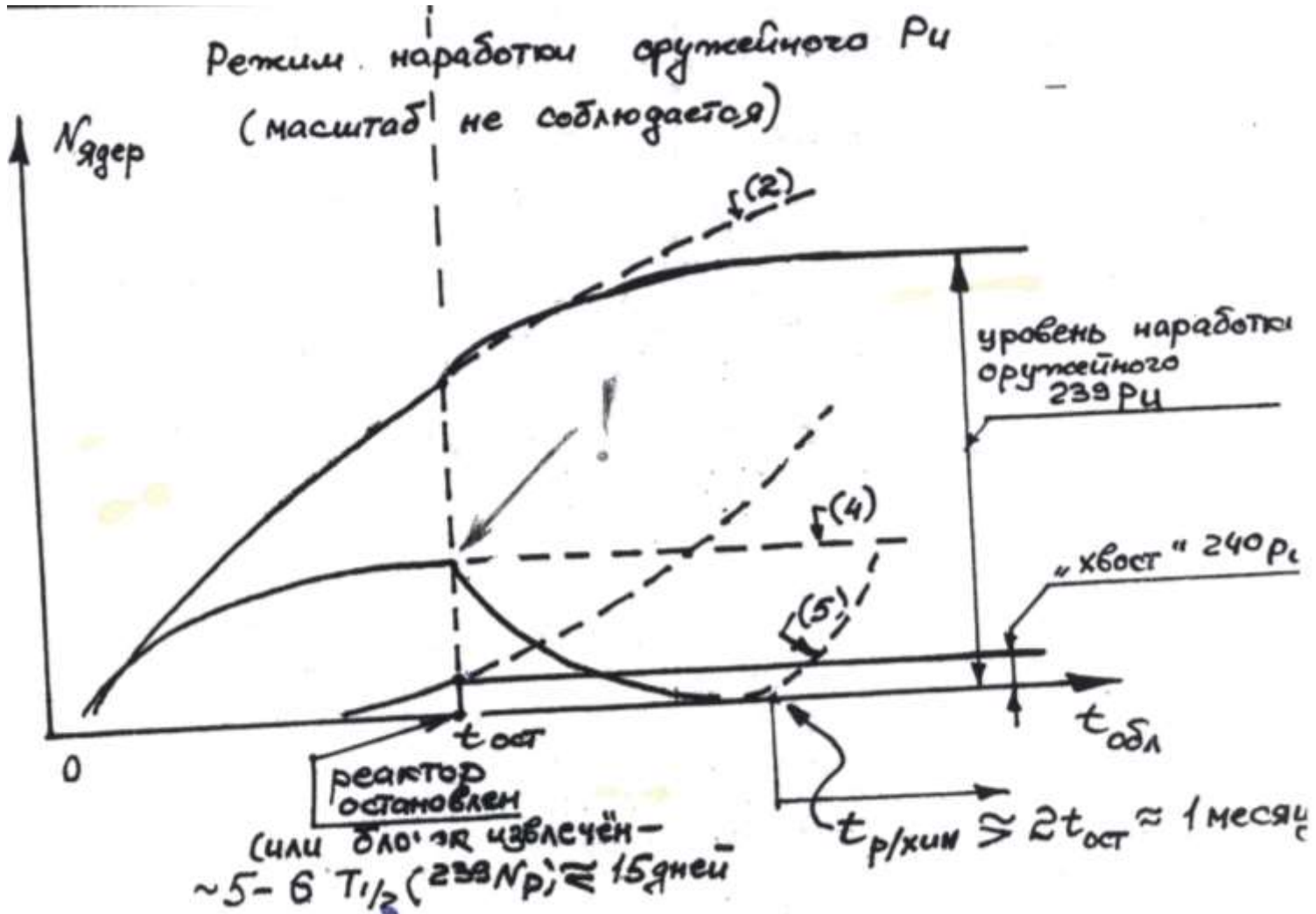
### Аллотропия плутония в металлической форме

Фазовое состояние	Температурный диапазон	Тип кристаллической решетки	Плотность, г/см <sup>3</sup>
$\alpha$	< 122	Простая моноклическая	19.84
$\beta$	122 – 206	Объемно центрированная моноклическая	17.70
$\gamma$	206 – 319	Гранецентрированная орторомбическая	17.14
$\delta$	319 – 451	Гранецентрированная кубическая	15.92
$\delta'$	451 – 476	Объемно центрированная тетрагональная	16.07
$\epsilon$	476 – 640	Объемно центрированная кубическая	16.51
Плавление	640	—	—
Кипение	3227	—	—



## Нейтронный фон и внутреннее тепловыделение некоторых изотопов урана и плутония

Нуклид	Средний выход нейтронов при спонтанном делении, н/с · кг	Уд. тепловыделение по $\alpha$ -распаду, Вт/кг (относительно $^{239}\text{Pu}$ )
$^{235}\text{U}$	0,011	$0,6 \cdot 10^{-4}$ ( $0,32 \cdot 10^{-4}$ )
$^{239}\text{Pu}$	23	1,9 (1)
$^{240}\text{Pu}$	$10^6$	7,0 (3,7)
$^{238}\text{Pu}$	$2,6 \cdot 10^6$	570 (300)





ЯВУ на основе реакторного плутония из ОЯТ  
ВВЭР-1000  (Масса 23 кг)

Температура активной части заряда за счет тепло-  
выделения вследствие радиоактивного распада :  $190^{\circ}\text{C}$   
(при толщине слоя обжимающего ВВ 10 см и внешней  
температуре  $20^{\circ}\text{C}$ ).

---

#### ТНТ:

- температура плавления –  $81^{\circ}\text{C}$ ;
- температура разложения –  $150^{\circ}\text{C}$ ;
- температура кипения –  $210^{\circ}\text{C}$ .

---

При использовании для теплосъема алюминиевых  
мостов:

- скорость детонации ТНТ – примерно 7 км/с;
  - скорость звука в алюминии – примерно 5 км/с,
- и возникают большие трудности при обеспечении  
строгой сферической симметричности обжатия  
активной части заряда детонационной волной.



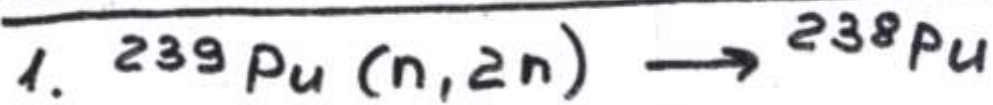


## Генерация нейтронов спонтанного деления в заряде, содержащем различные делящиеся материалы

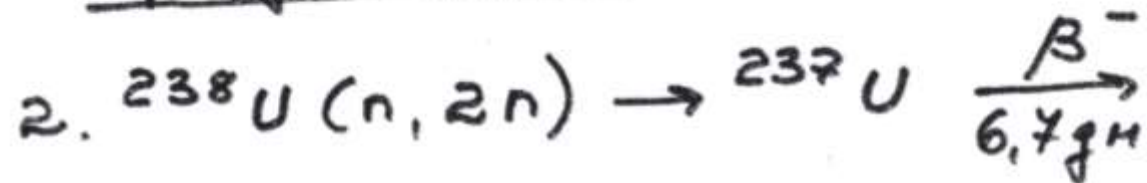
Материал заряда	Критическая масса, кг	Генерация нейтронов спонтанного деления, нейтр./с	Среднее число нейтронов спонтанного деления, появляющихся за время создания надкритического состояния	
			Устройство имплозивного типа	Устройство пушечного типа
Pu оружейный	5	$3 \cdot 10^5$	3	45 ("хлопок")
Pu реакторный	25	$7,5 \cdot 10^6$	75 ("хлопок")	~1200 ("хлопок")
Оружейный U (примерно 94% по $^{235}\text{U}$ )	25	<30	<0,0003	<0,004



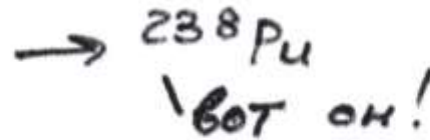
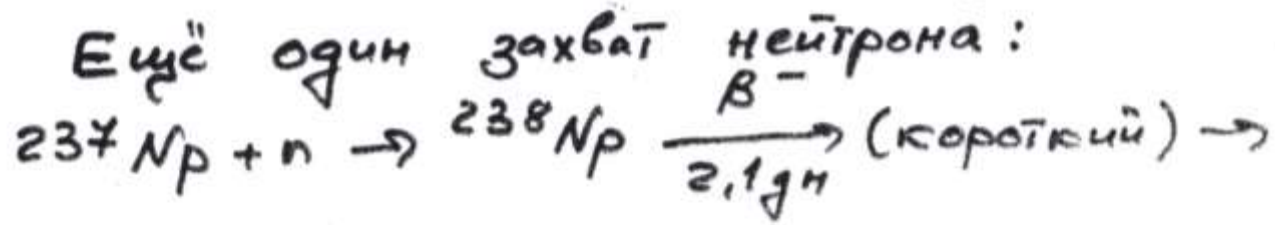
## попытки объяснения образования $^{238}\text{Pu}$



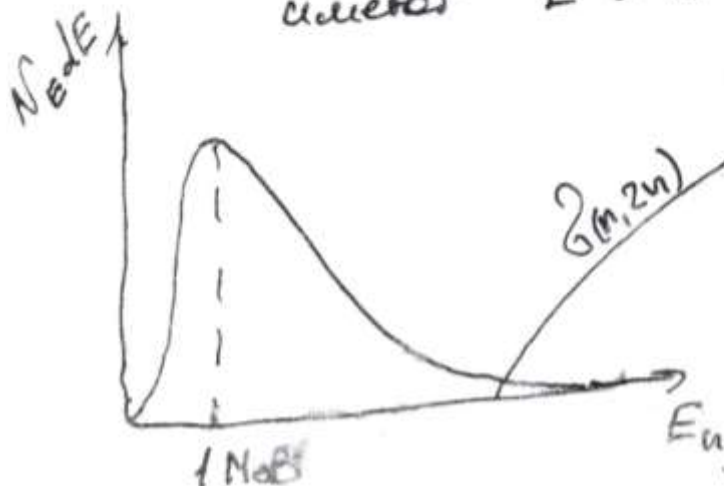
На самом деле  $^{238}\text{Pu}$  образовывалось гораздо больше.



(короткий)  $\rightarrow ^{237}\text{Np} (T_{1/2} = 2,14 \cdot 10^6 \text{ лет})$   
накапливается!

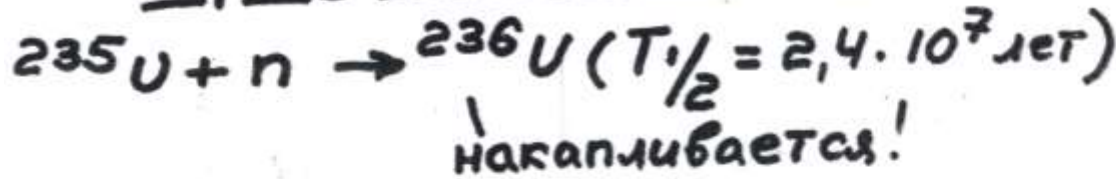


Снова меньше, чем на самом деле -  
 совсем мало вторичных нейтронов  
 имеют  $E > E_{\text{сбор}}^{(n, 2n)}$

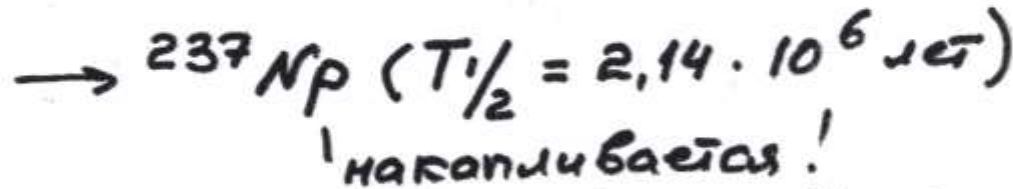
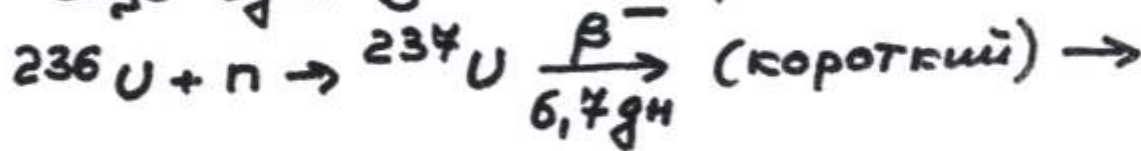




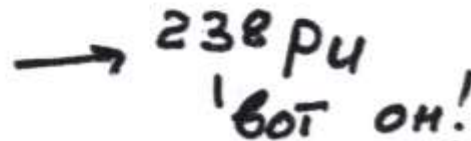
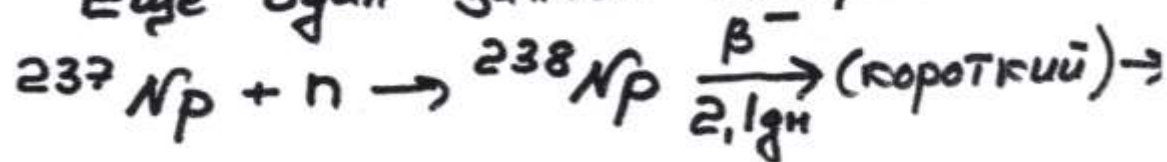
## Образование $^{238}\text{Pu}$ .



Ещё один захват нейтрона:



Ещё один захват нейтрона:



Вот так сходилось!