

Технически университет - София  
Конкурс за най-добър доклад по ядрена техника и  
енергетика за студенти и ученици

# Доклад

НА ТЕМА

# “Торийят като ядрено гориво”

От Митко Руменов Дойчинов , ученик от 11 клас в  
ПГТЕ “Хенри Форд”

Специалност: ВЕИ

## 1.Изобилие

Торийят е около 3 пъти по-често срещан в земната кора от урана, което го превръща в изобилна и често срещана суровина по цялото земно кълбо. Засега торийят дори се възприема главно като отпаден продукт от индустрията, заради изобилието му в рудите за редкоземни метали и сходните му химически свойства с другите актиниди срещани в същите залежи. Въпреки това той намира приложение в металургията и електронните устройства заради високата си температура на топене.

Поради разпространението си по цял свят, ако бъде приложен като източник на енергия, торийят би дал известна икономическа и енергийна свобода на някои страни от третия свят и би облекчил зависимостта им към развитите страни. Малки (модулни) ториеви реактори биха дали начален старт на тежката индустрия в развиващите се страни, и поради трудностите (главно гама лъчение от изотопни замърсявания) свързани с производството на уран-233 с оражейно качество, опасността от развитие на ядрени оръжия е почти незначителна.

<i>Страна</i>	<b>Запаси на торий в тонове</b>	<b>Базисни запаси в тонове</b>
Австралия	300 000	340 000
Индия	290 000	300 000
Норвегия	170 000	180 000
САЩ	160 000	300 000
Канада	100 000	100 000
ЮАР	35 000	39 000
Бразилия	16 000	18 000
Малайзия	4 500	4 500
<i>Други страни</i>	95 000	100 000
<i>Целият свят</i>	1 200 000	1 400 000

## **2.Приемущества на ториевите ядрени горива в реактори тип “размножители”**

- Поради високата си ефективност на оползотворяване на енергията заложена в началния материал (До 200% по-ефективно от масово използваните уранови реактори) и оттам по-малко нужно гориво за генериране на същата енергия, ядреният отпадък е изключително малко. Благодарение на високо ефективното изгаряне на изотопите с дълъг живот радиоактивността му намалява с изключително бързи темпове. За няколко стотин години те стават безопасни, в сравнение с хилядите години нужни на отпадъците от разпространените уранови реактори.

- “Размножителите” не се нуждаят от допълнително прибавяне на делимо гориво. Щом веднъж са стартирани чрез уран-235, плутоний или уран-233, могат да произведат нужното им количество делим материал чрез облъчване на торий с излишни неутрони от главната реакция.

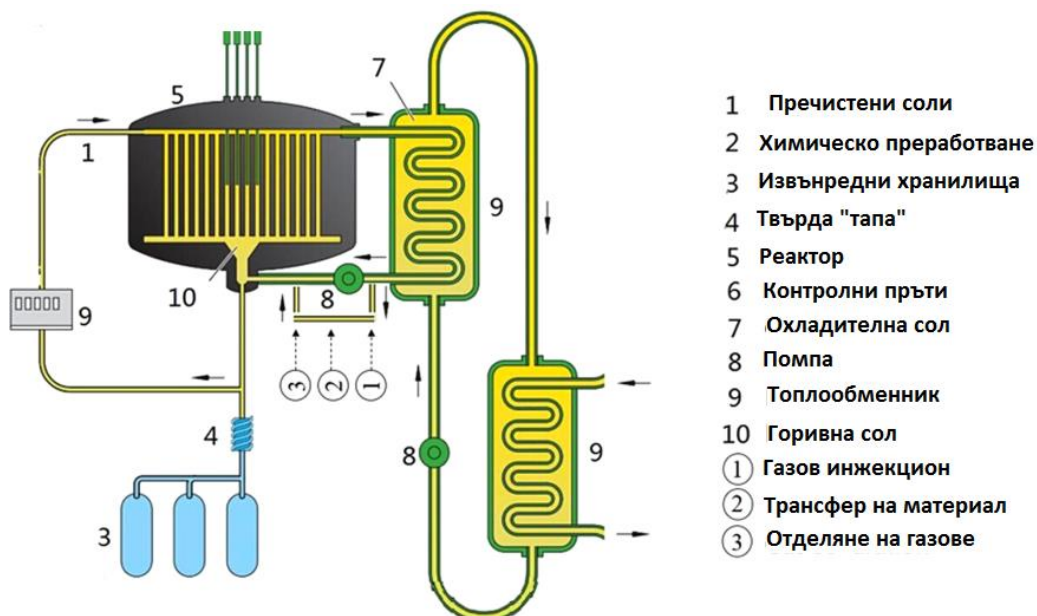
- Използването на размножителните реактори дава възможност за намаляване на ядрените оръжия в световен мащаб, тъй като те се нуждаят от сходно обогатено гориво от което са направени атомните оръжия за да стартират.

- Няма нужда от допълнително обогатяване на естественото гориво, което намалява цената за производство значително много, въпреки че същото може да се спомене и за урановите “размножители”.

- Минното дело около ториевите залежи е много по-безопасно и ефективно в сравнение с урановите. Монацита (главната ториева руда) е с много по-големи концентрации на полезен материал в сравнение с уранината (главната добивна руда на

урана), което намалява нужния обем преработен материал за добиване на суровина, намалявайки екологичния отпечатък на индустрията.

- Реакторите с течни соли са с вградена защита против претоварване. В дизайна на реакторите се включва участък, който постоянно се охлажда, като солите биват държани в твърдо състояние. При загуба на мощност "тапата" от твърди соли спира да се охлажда и се разтопява, позволявайки на горивото да изтече в специално подземно хранилище, спирайки верижната реакция.



### 3. Възможни недостатъци

- "Размножаването" в реактори с термален неутронен спектър е бавно и изисква продължително обработване на горивото.

- Скъпо и усложнено тестване, анализиране и взимане на разрешителни, правейки проектите неизгодни.

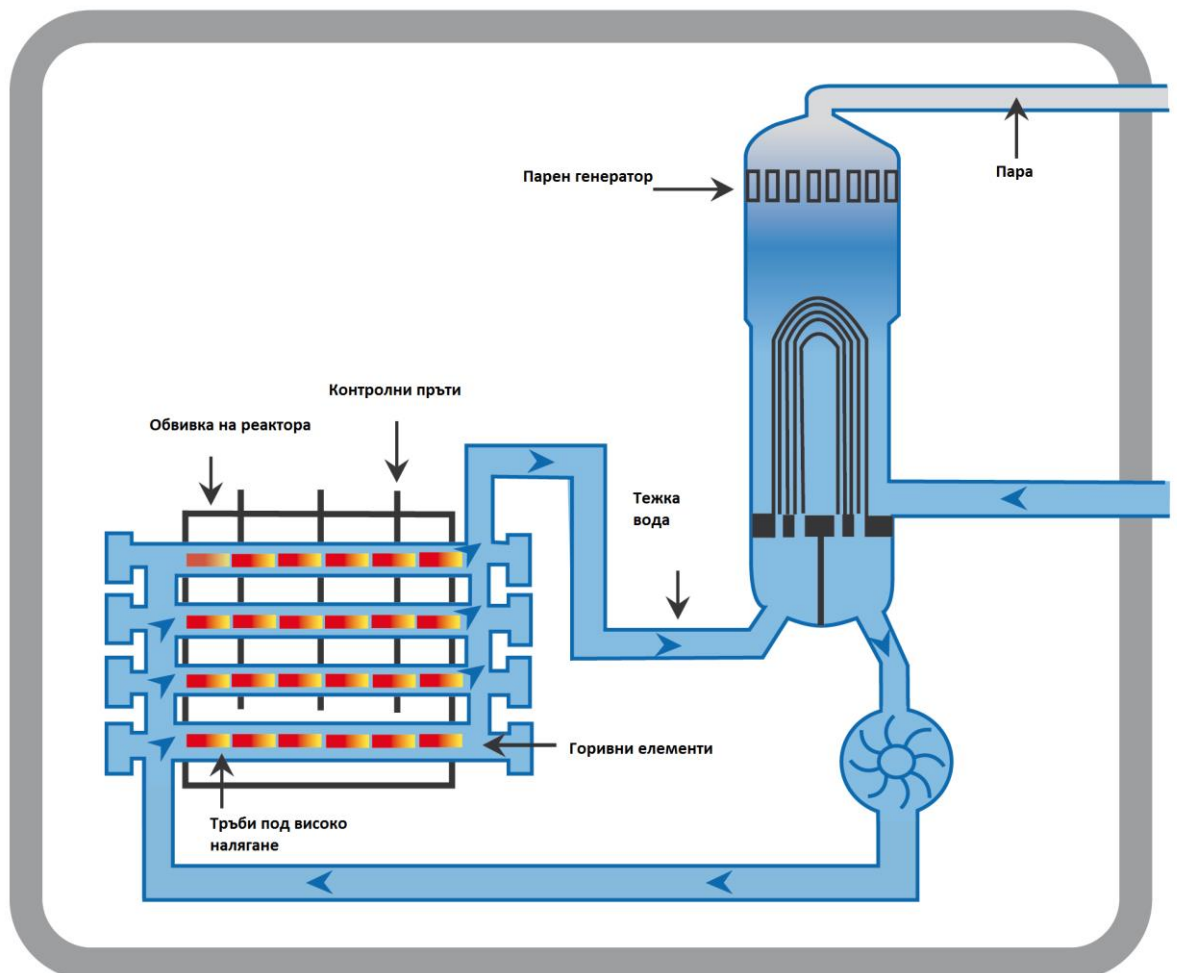
- Цената за производство и преработване на гориво е по-висока в сравнение с твърдите ядрени горива.

-При облъчването на торийя ще се произведе уран-232, който е опасен поради отделянето на гама лъчи при разпад. Този процес може да се промени чрез отделянето на протактиний-233, тогава облъчването би произвело уран 233, който по-късно би могъл да се използва за ядрени оръжия.

#### 4. Реактори подходящи за горива на базата на торийя

##### 4.1. Реактори с тежка вода под налягане / CANDU

Реактор с тежка вода под налягане / CANDU

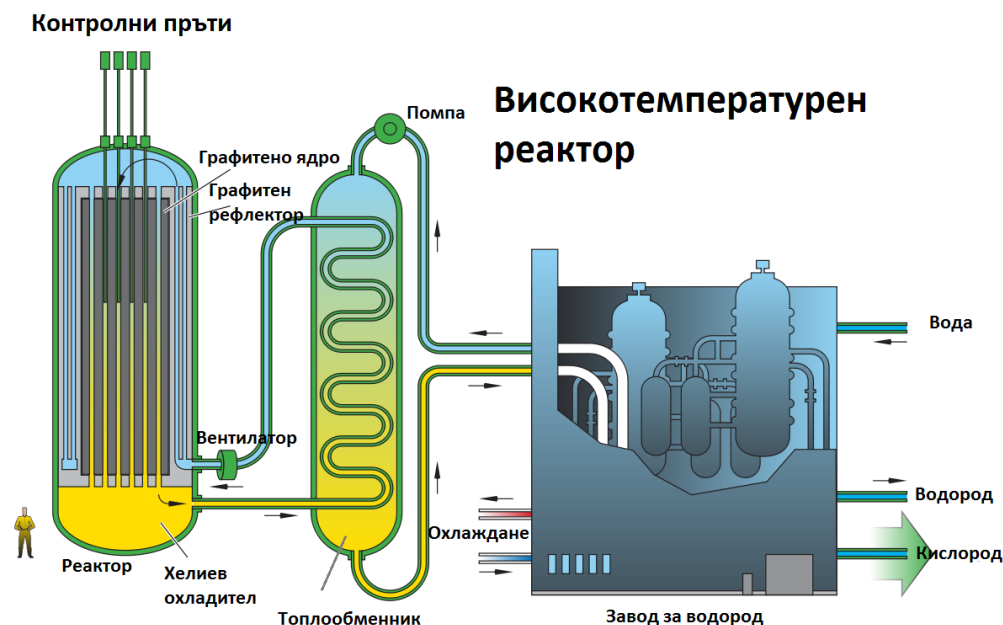


- Приемущества: Сравнително ниска температура на модератора, висока икономия на неутрони, евтино гориво и преработка, по-

малка концентрация на отпадни изотопи в изхабеното гориво, по-компактно съхранение на отпадното гориво и др.

- Недостатъци: Висока цена на модератора (Тежка вода), нужда от често сменяне на горивото (неефективно игаряне), голям обем на ядрото, възможност за произвеждане на гориво за ядрени оръжия и др.

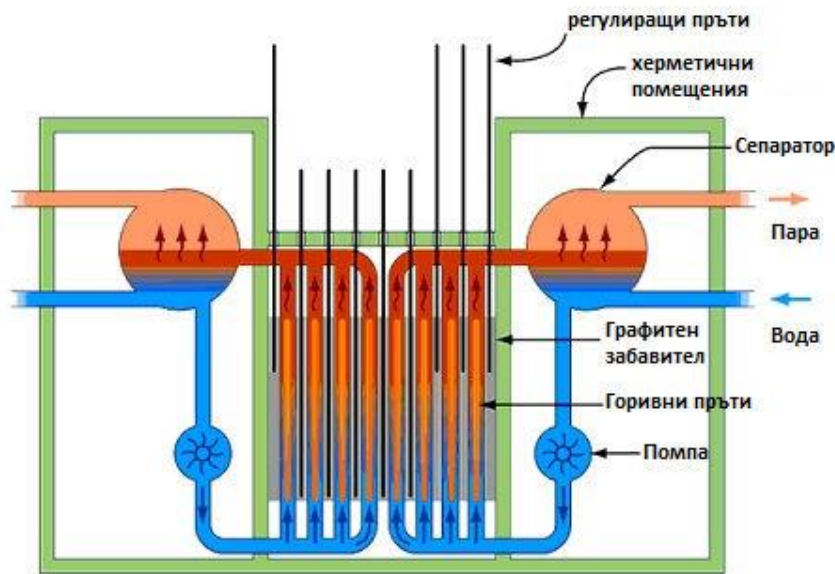
#### 4.2 Високотемпературни газо-охлаждани реактори



- **Приемущества:** Високоэффективно производство на електроенергия, ефективно производство на водород, висока оперативна стабилност, ниска реактивност на охладителя, малък обем на отпадъците.

- **Недостатъци:** Ниска разработеност на хелиевите турбини, висока цена на хелий.

### 4.3 Реактори с кипяща вода



- **Приемущества:** Ниско операционно налягане (70-75 бара), пониско облъчване и износване на реакторния съд, малко движещи се части, лесни за управление, може да използва естествена циркулация на водата (премахва нуждата от помпи) и др.

- **Недостатъци:** Нужда от по-сложна циркулация на водата поради промени в ядрото при изхабяване на горивото, голям обем и висока цена на херметичното помещение, сложна и опасна система за охлаждане. Контролните пръти са разположени в долната част на реактора и не може да се разчита на гравитацията ги вкара в ядрото и да “загаси” реактора при загуба на мощност.

### 4.4 Реактори с бързи неутрони

-**Приемущества:** Могат да използват отпадъци като гориво, като изразходват почти цялата енергия в тях. Трасмутират дори и безполезните елементи и ги изгаря за енергия, като въпреки

това има излишни нейтрони, които могат да се използват за производството на още гориво.

- Недостатъци: Скъпи за направа и управление, нужда от високообогащено гориво за да стартира, използване на взривоопасен охладител (натрий). Позитивна обратна връзка при облъчване (и кипене) на охладителя предизвикана от загуба на модерация.

