

# Перспективи впровадження інновацій у атомну енергетику України

## Лекторій "Наукові зустрічі / Scientific meetings"

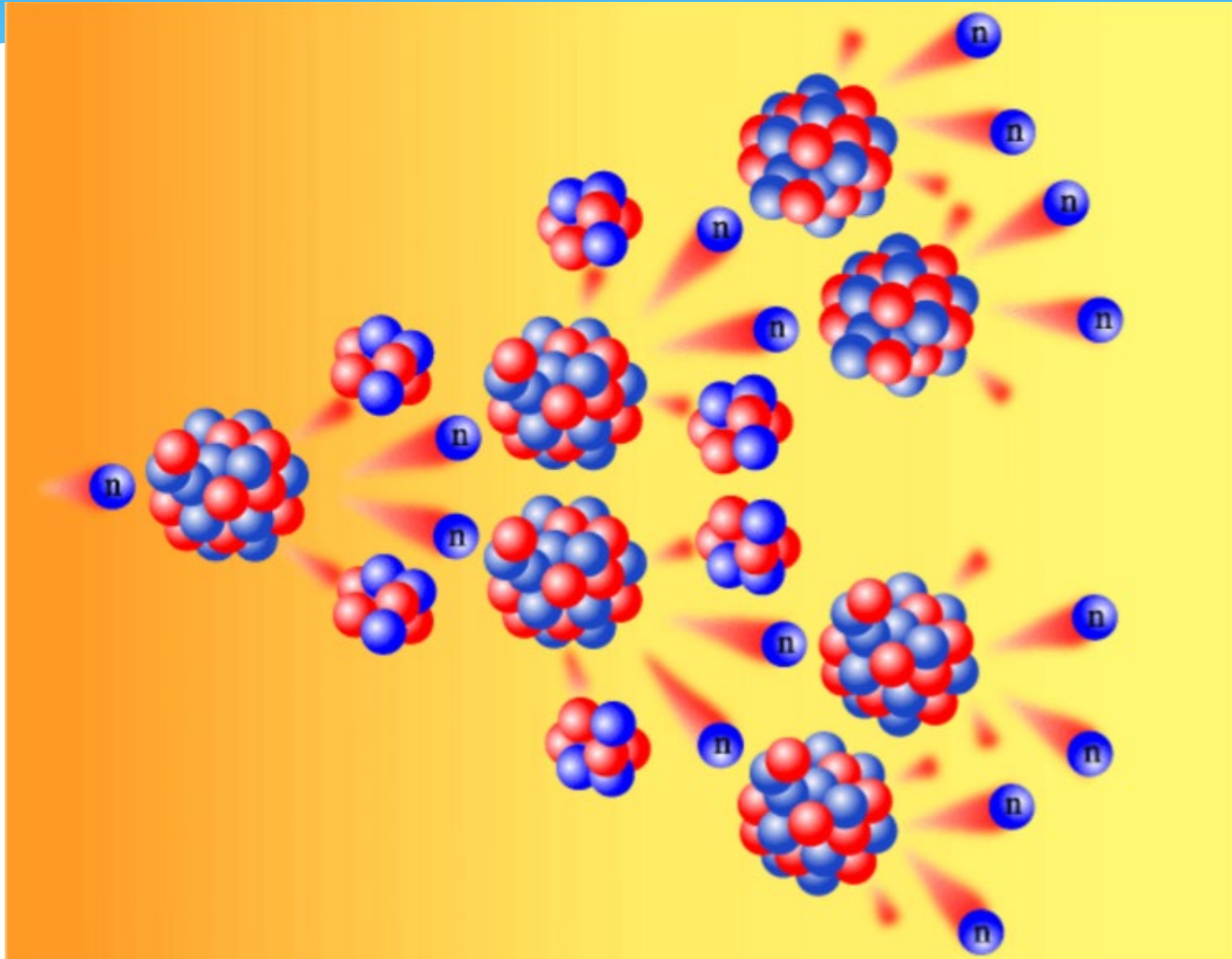


**Костянтин Сімейко**, кандидат технічних наук, докторант Інституту газу НАН України, заступник голови Ради молодих вчених Відділення фізико-технічних проблем енергетики НАН України

# План лекції

- \* 1.) Принцип дії АЕС.
- \* 2.) Аварія на Чорнобильській АЕС та АЕС «Фукусіма»
- \* 3.) Дослідження та розробки Українських вчених
- \* 4.) Ядерні системи IV покоління

# Принцип дії АЕС



# Принцип дії АЕС

**БОЛЬШОЙ СЕКРЕТ  
МАЛЕНЬКОЙ УРАНОВОЙ ТАБЛЕТКИ**

360 м<sup>3</sup> газа

350 кг нефти

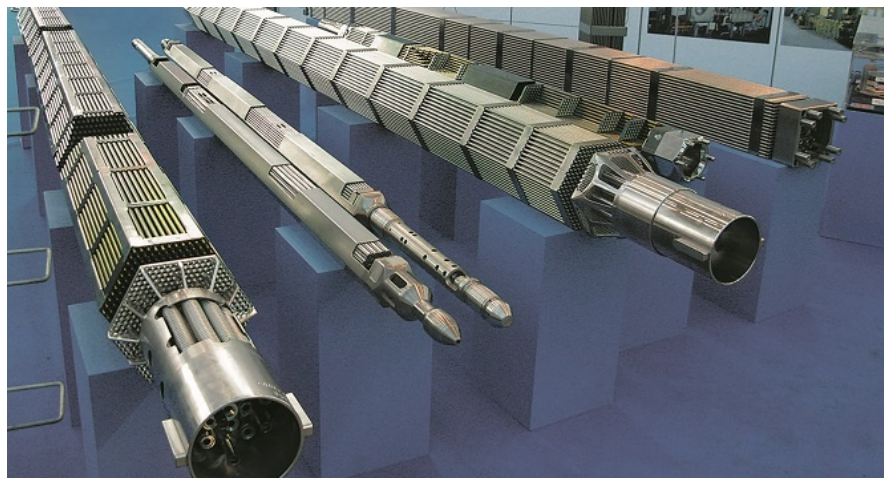
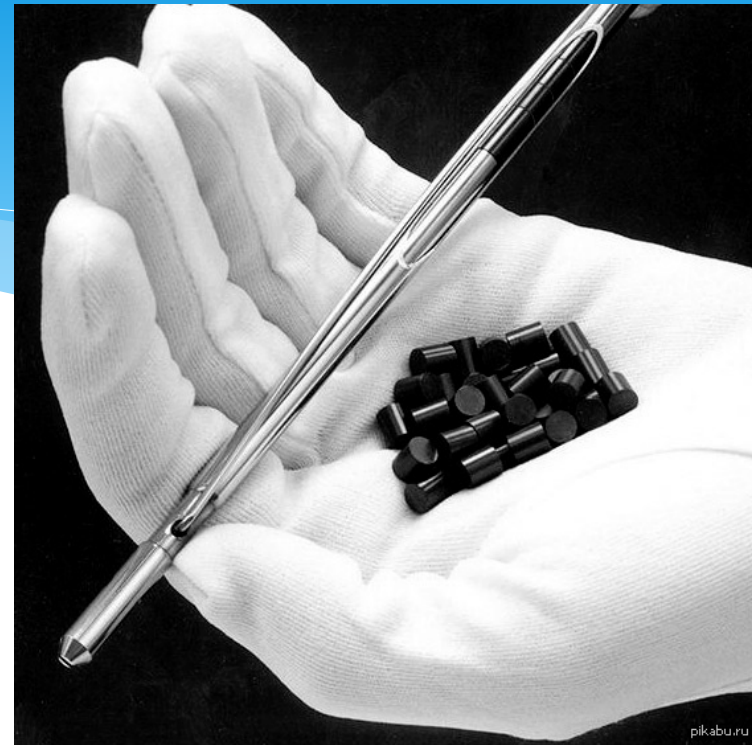
400 кг каменного угля

177 суток непрерывной езды на велосипеде

В каждый энергоблок ВВЭР-1000 загружается 16 782 480 таблеток. Вы еще сомневаетесь в эффективности атомной энергетики?

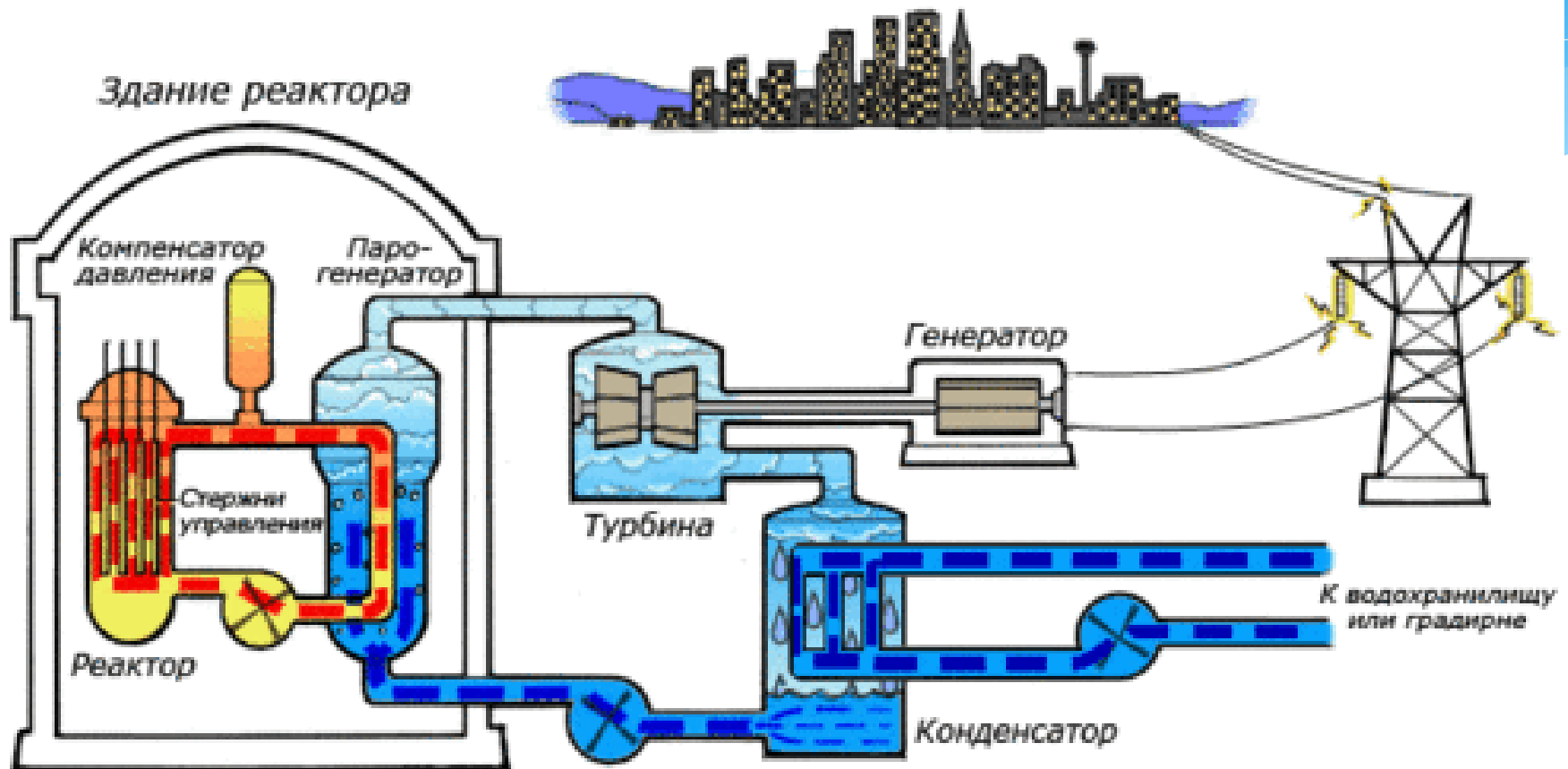
ИЦАЭ

The infographic features a central image of a small, dark, cylindrical uranium tablet. Surrounding it are five circular icons: a gas cylinder, an oil barrel, a coal cart, a bicycle, and a sun-like symbol. The text is in Russian, highlighting the efficiency of nuclear energy.

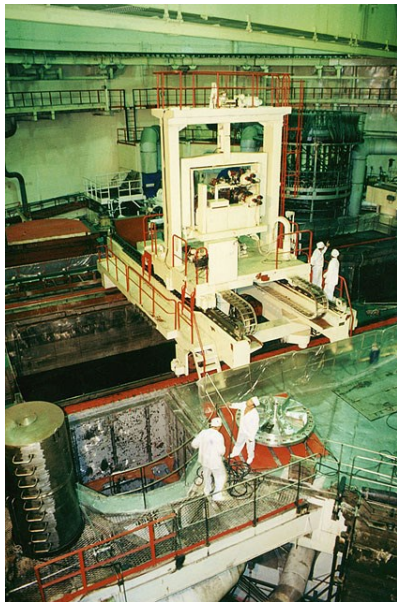




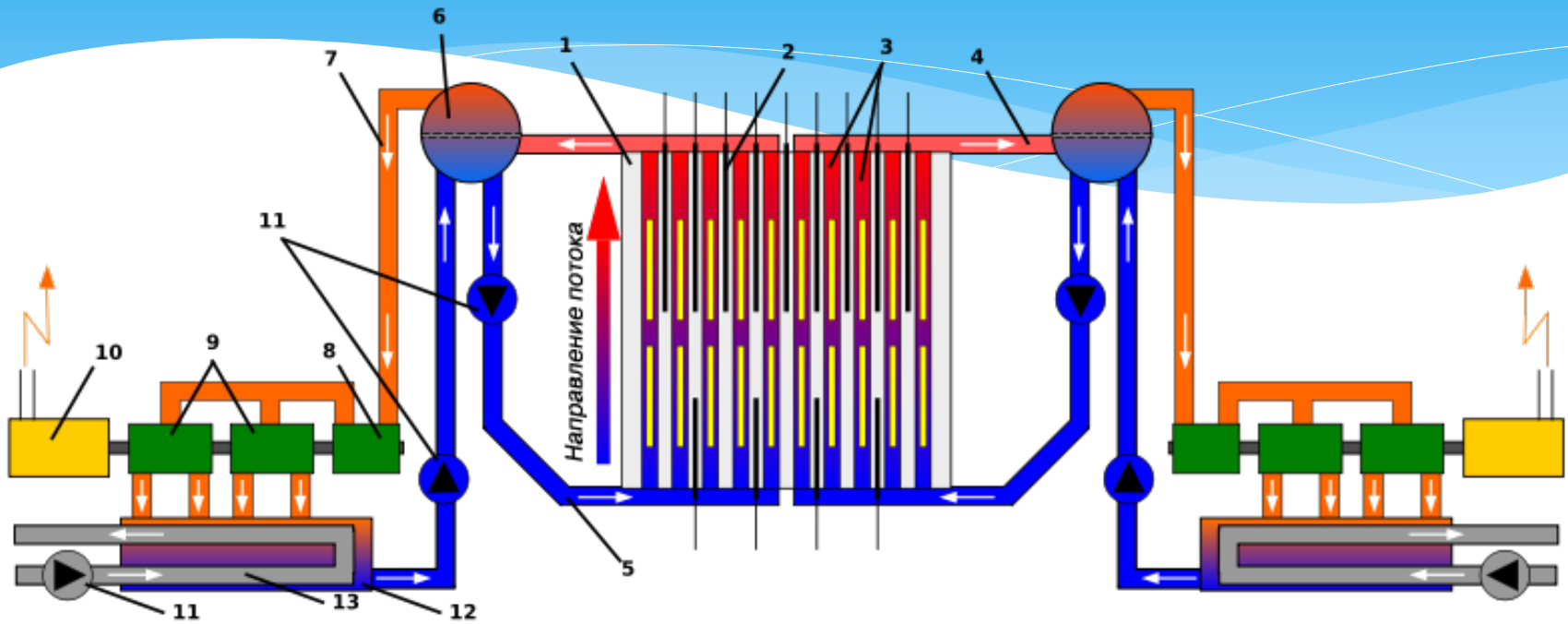
# Принцип дії АЕС



# Принцип дії АЕС



# Аварія на Чорнобильській АЕС



1 – Графитовый замедлитель

2 – Стержни управления и защиты

3 – Технологические каналы

4 – Пар

5 – Вода

6 – Барабан-сепаратор

7 – Сухой пар

8 – Турбина высокого давления

9 – Турбины низкого давления

10 – Электрогенератор

11 – Циркуляционные насосы

12 – Охладитель (конденсатор)

13 – Вспомогательный водяной контур



# Сучасний стан атомної енергетики України





# Вітчизняний науковий супровід атомної енергетики України

- \* Національна академія наук України
- \* ВП «Науково-технічний центр» ДП НАЕК «Енергоатом»
- \* Профільні ВНЗ Міністерства освіти та науки України





## Національний науковий центр «Харківський фізико-технічний інститут»

- \* Установка нового покоління «Джерело нейтронів», заснована на підкритичній збірці, керованій лінійним прискорювачем електронів.
- \* Термоядерні дослідження. Магнітне утримання плазми в стелараторах та електромагнітних пастках, розробка і застосування методів високочастотного нагріву плазми, розробка та використання методів діагностики високотемпературної плазми (установки «Ураган 2М», «Ураган 3М»).
- \* Фізика радіаційних явищ і радіаційного матеріалознавства.
- \* Радіаційно-стійкі кераміки та вуглець-графітові матеріали.
- \* Створення толерантного ядерного палива.



# ВП «Науково-технічний центр» ДП НАЕК «Енергоатом»

- \* Стратегічні дослідження і розробки в області розвитку ядерної енергетики і інноваційних паливних циклів.
- \* Аналіз безпеки енергоблоків АЕС.
- \* Експлуатація активних зон реакторних установок (РУ) і паливовикористання.
- \* Продовження терміну експлуатації енергоблоків АЕС.
- \* Поводження з радіоактивними відходами і відпрацьованим ядерним паливом.
- \* Вдосконалення водно-хімічних режимів, технологій водопостачання, охолодження, водопідготовки.
- \* Вдосконалення систем управління, підвищення культури безпеки
- \* Нормативне забезпечення експлуатації АЕС.
- \* Супровід інформаційних систем інженерної підтримки АЕС.





## Пріоритетні завдання/напрямки подальшого розвитку ВП «Науково-технічний центр» ДП НАЕК «Енергоатом»

- \* Організація і виконання робіт по комплексному науково-технічному супроводу безпечної експлуатації корпусів реакторів, устаткування, конструкцій і трубопроводів АЕС в області радіаційного матеріалознавства, конструкційної міцності, неруйнівного контролю.
- \* Організація конструкторського супроводу РУ енергоблоків АЕС
- \* Виконання тепло-гідравлічних і нейтронно-фізичних розрахунків у рамках обґрунтувань безпеки.
- \* Виконання стратегічних досліджень подальшого розвитку ЯПЦ і ядерній генерації.
- \* Створення розрахунково-аналітичного центру для обґрунтувань безпеки АЕС.



# Інститут проблем безпеки АЕС НАН України

- \* Перетворення об'єкта «Укриття» на екологічно безпечну систему.
- \* Безпека експлуатації ядерних установок.
- \* Зняття з експлуатації ядерних установок.
- \* Поводження з відпрацьованим ядерним паливом та радіоактивними відходами.

**SSTC  
NRS**

ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО  
ДЕРЖАВНИЙ НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ  
ЦЕНТР З ЯДЕРНОЇ ТА РАДІАЦІЙНОЇ  
БЕЗПЕКИ

# Державний науково-технічний центр з ядерної та радіаційної безпеки



ДЕРЖАВНА ІНСПЕКЦІЯ  
ЯДЕРНОГО  
РЕГУЛЮВАННЯ  
УКРАЇНИ



**SSTC  
NRS**

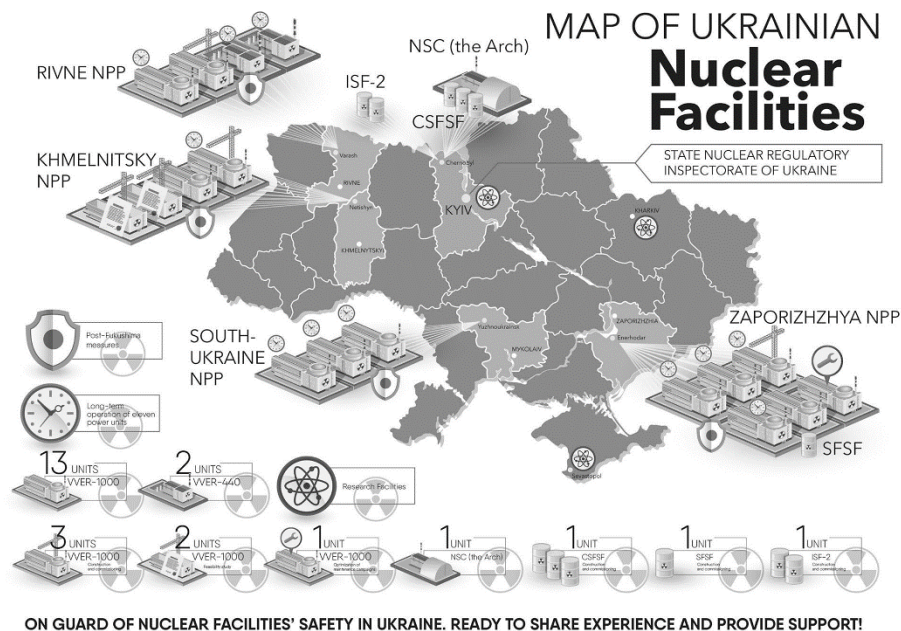
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО  
ДЕРЖАВНИЙ НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ  
ЦЕНТР З ЯДЕРНОЇ ТА РАДІАЦІЙНОЇ  
БЕЗПЕКИ



# Підтримка впровадження новітніх технологій

Основні досягнення ДНТЦ ЯРБ у цій сфері:

1. Ліцензування нових видів палива - унікальний досвід (Westinghouse);
2. Створення передумов для запровадження новітніх ядерних технологій – розробка нормативних документів для малих модульних реакторів;
3. Обґрунтування безпеки та експертиза з ЯРБ матеріалів проекту Нового безпечного конфайнменту на ЧАЕС;
4. Здійснення експертизи з ЯРБ для ЦСВЯП та СВЯП-2 та контейнерів для зберігання ВЯП;
5. Проведення експертизи з ЯРБ матеріалів підкритичної збірки «Джерело нейтронів».



Мапа ядерних установок України



# Інститут ядерних досліджень НАН України

- \* Ядерна фізика, фізика елементарних частинок і високих енергій.
- \* Радіаційна фізика та реакторне матеріалознавство.
- \* Фізика плазми та керований термоядерний синтез.
- \* Ядерна, радіаційна та техногенно-екологічна безпека.
- \* Ізохронний циклотрони У-240, У-120.
- \* Електростатичний прискорювач ЕПГ-10К.
- \* Циклотрон У-120.
- \* Дослідницький ядерний реактор ВВР-М.



# Інститут газу НАН України

- \* Створення нанорідин для екстреного охолодження ядерного реактору.
- \* Створення ущільнюючих елементів для вузлів ущільнення парогенераторів АЕС.
- \* Розробка технології очищення природного графіту.
- \* Одержання чистого дрібнодисперсного карбїду кремнію.
- \* Нанесення захисного піровуглецевого покриття мікротвелу.
- \* Кріогенна технологія одержання гелїю.

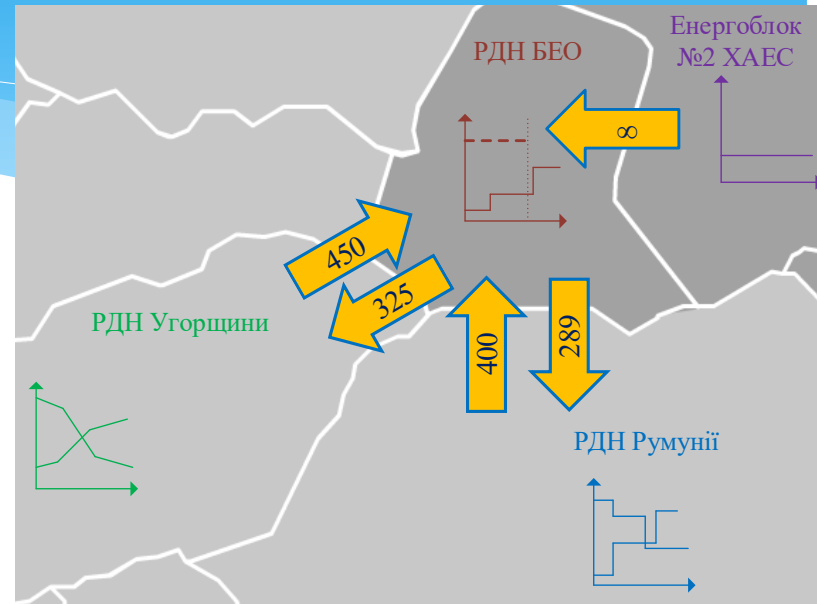




# Інститут електродинаміки НАН України

Моделі та методи прогнозування відпуску електроенергії відновлювальними джерелами енергії для зменшення негативного впливу на режими роботи енергосистеми України та АЕС.

Моделювання та аналіз доцільності об'єднання ринку електроенергії України з країнами ЄС для дослідження експортного потенціалу АЕС («Енергомiст Україна-ЄС») з урахуванням ринкових та технологічних обмежень.



Моделювання нового ринку електроенергії з урахуванням пропозиції АЕС та кінцевих цін для споживачів.

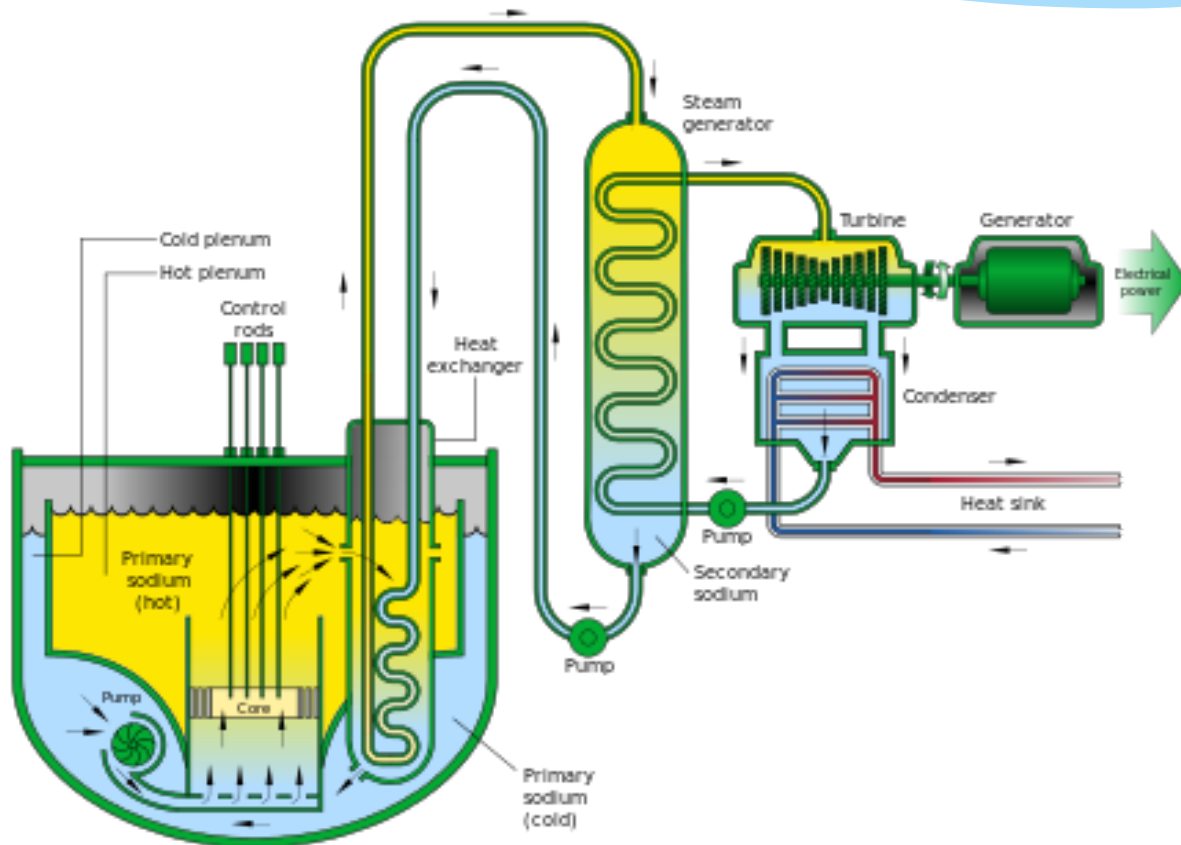
Розробка методів оцінки надання послуг з регулювання частоти в енергосистемі України та послуг пуску з нуля після системної аварії..

# Інноваційні ядерні системи IV покоління

- \* З IV поколінням ядерної технології термін «реактор» замінюється більш коректним терміном «система», що включає в себе як безпосередньо сам реактор, так і переробку (рециклювання) ядерного палива.
- \* Для систем IV покоління залишається основоположним принцип глибокоешелюваної захисту зі значними запасами безпеки (стандарти МАГАТЕ).

# Інноваційні ядерні системи IV покоління

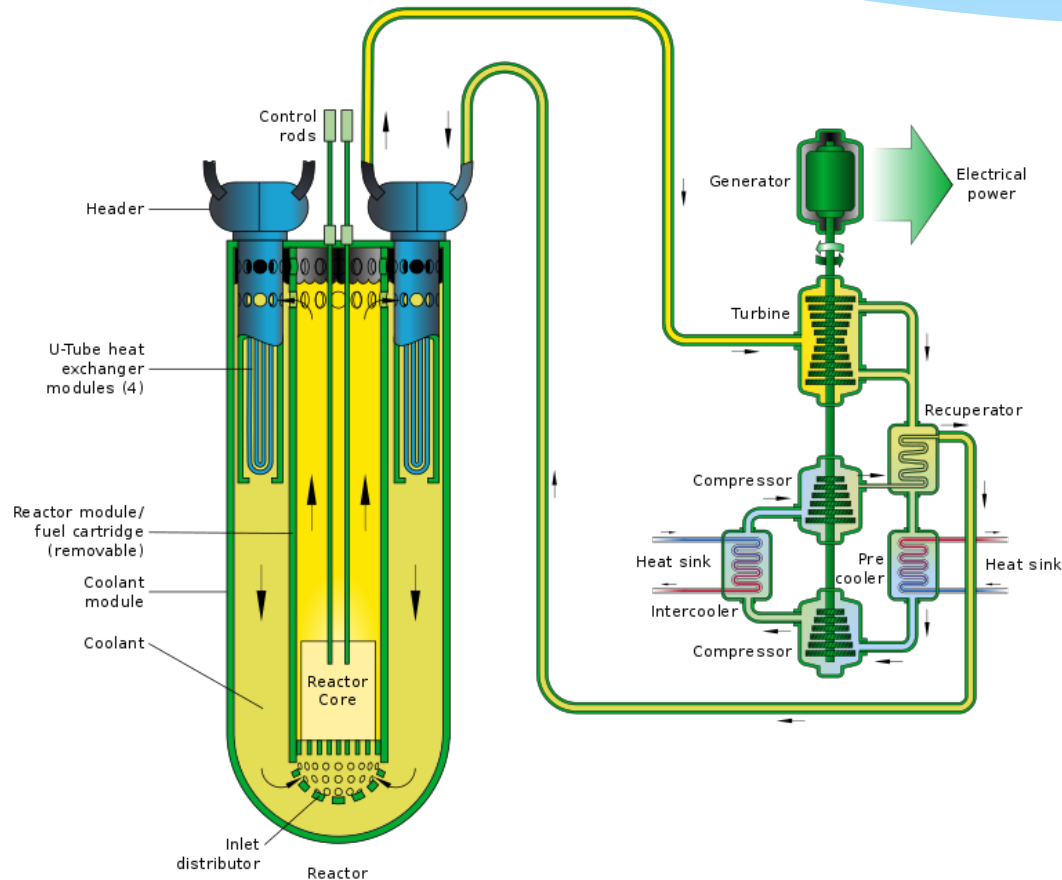
**SFR (Sodium-cooled fast reactor)** - реактор на швидких нейтронах з натрієвим теплоносієм і замкнутим паливним циклом, що забезпечує ефективне поводження з актиноїдами і відтворення матеріалу, що ділиться (Японія, США, Франція, Євратом, Південна Корея, Китай і Росія).





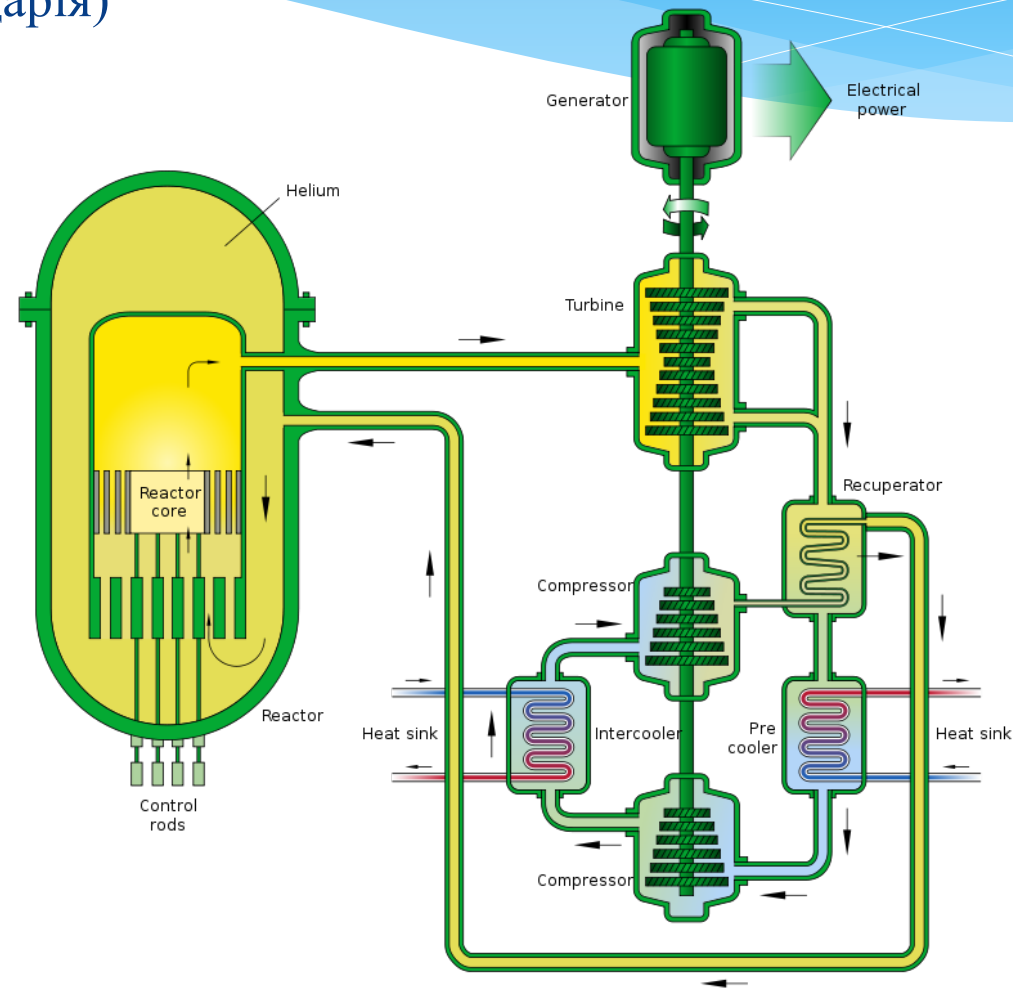
# Інноваційні ядерні системи IV покоління

- **LFR Lead-cooled fast reactor** - реактор на швидких нейтронах з свинцевим або свинцево-вісмутовий рідкометалічним теплоносієм і замкнутим ядерним циклом (Евратом, Південна Корея; США, Японія і Росія - в якості спостерігачів).



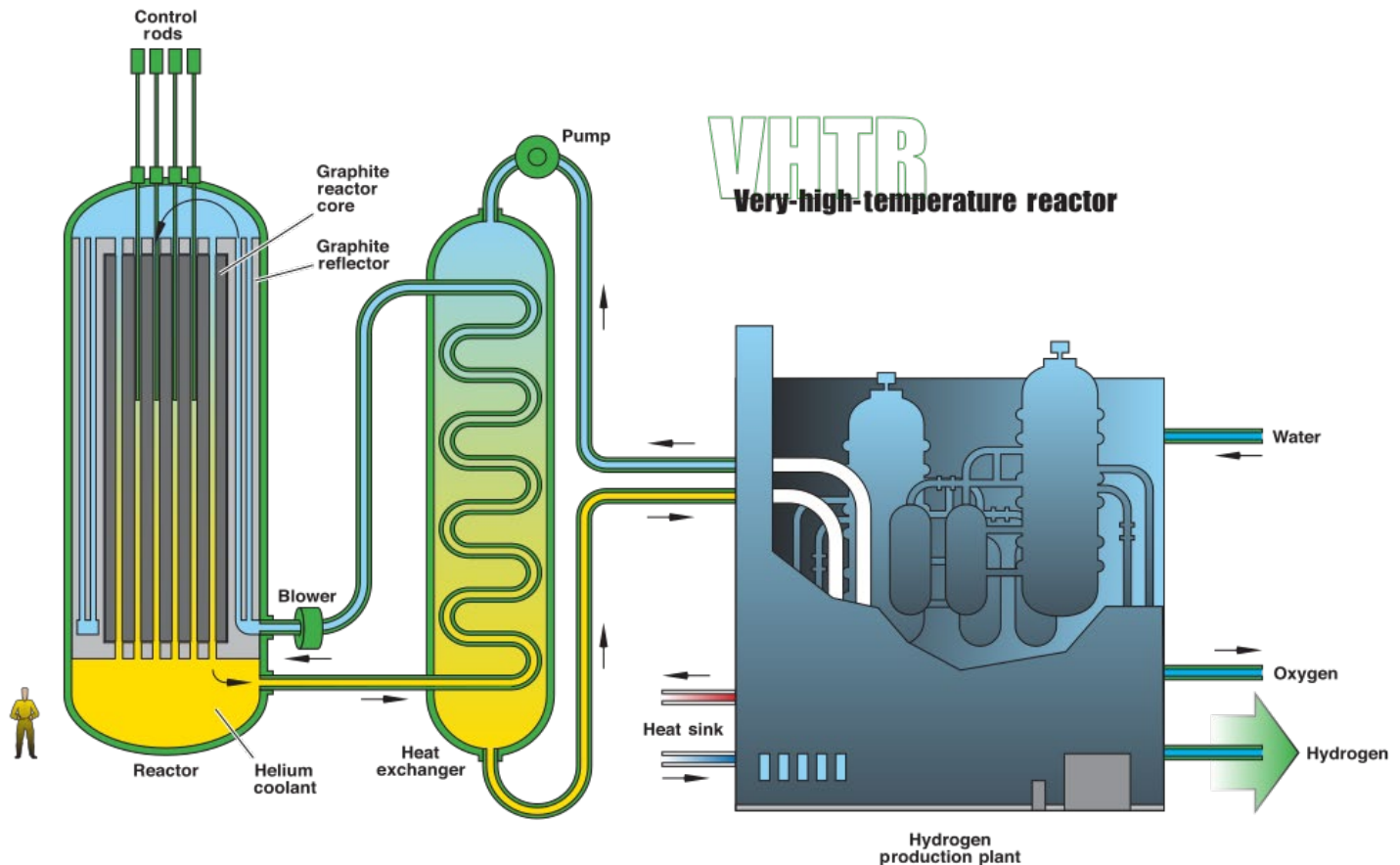
# Інноваційні ядерні системи IV покоління

**GFR gas-cooled fast reactor** – реактор на швидких нейтронах з гелієвим теплоносієм і замкнутим ядерним циклом (Франція, Євратом, Японія, Швейцарія)



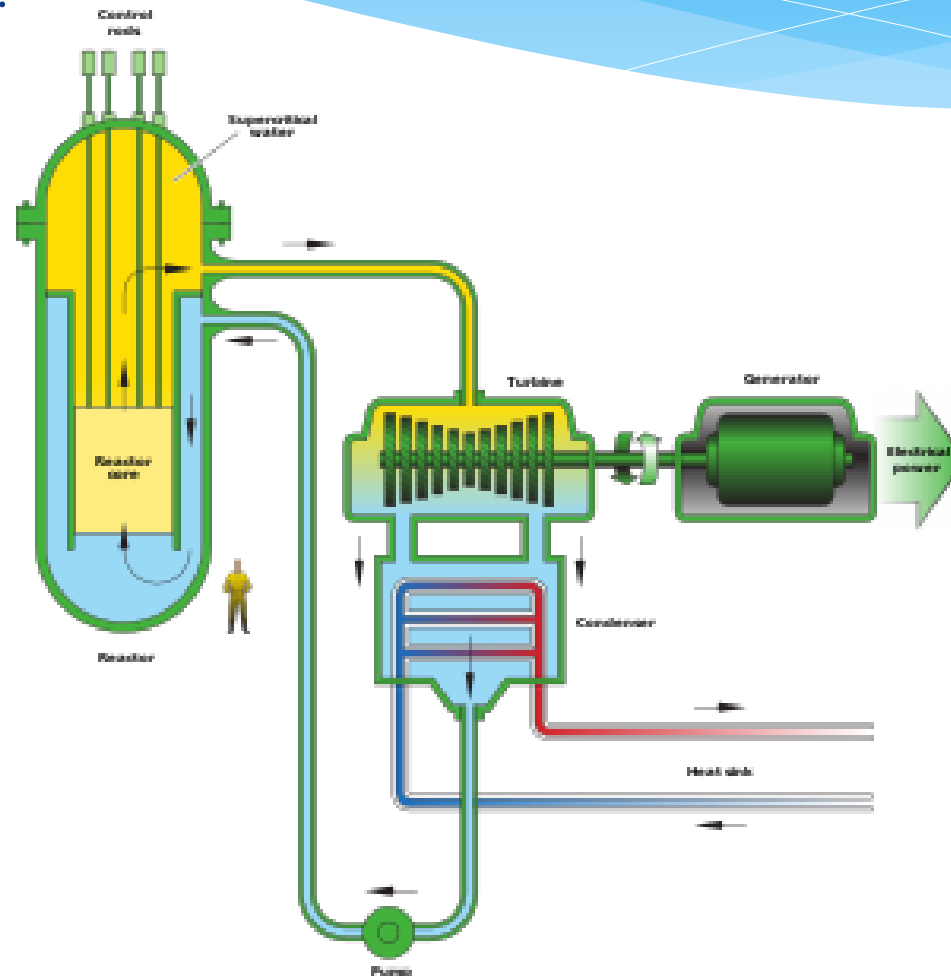
# Інноваційні ядерні системи IV покоління

- \* VHTR **very-high-temperature reactor**, or **high-temperature gas-cooled reactor (HTGR)** - високотемпературний реактор з графітовим сповільнювачем, гелієвим теплоносієм і відкритим урановим паливним циклом (США, Японія, Франція, Канада, Південна Корея, Швейцарія, Євратом, Китай, ПАР).



# Інноваційні ядерні системи IV покоління

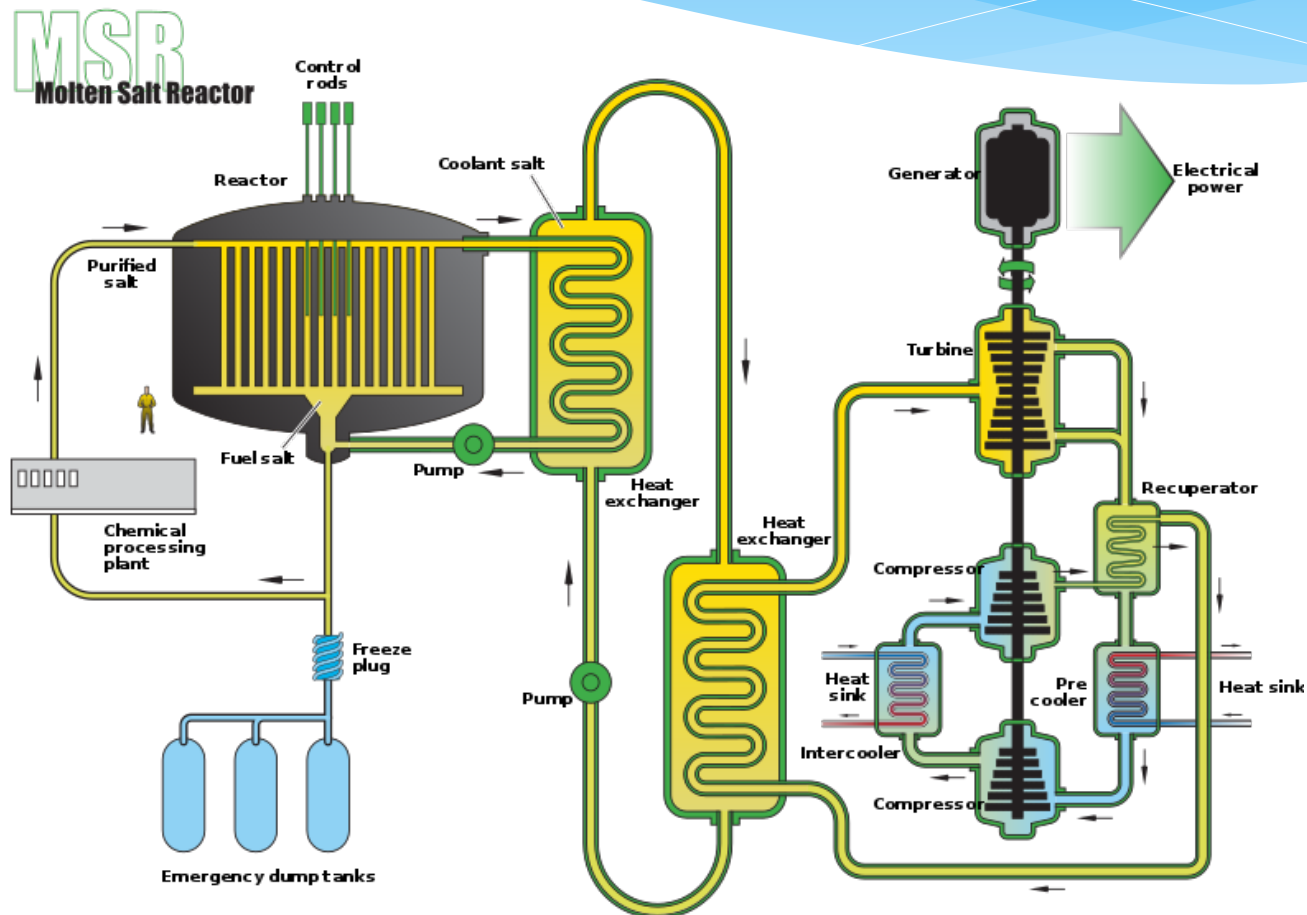
- \* **SCWR supercritical water reactor** - високотемпературний реактор з водним теплоносієм під високим тиском, що працює вище термодинамічної критичної точки води (Євратом, Канада, Японія, Південна Корея).





# Інноваційні ядерні системи IV покоління

- \* MSR **molten salt reactor** - генерує енергію з циркуляцією теплоносія і палива у вигляді суміші розплавлених солей і повним випалюванням актиноїдів (Евратом, Франція, США, Росія).



# Висновки

- \* 1.) Атомна енергетика є високотехнологічною галуззю основу якої складає фундаментальна та прикладна наука.
- \* 2.) На даний момент в Україні атомна енергетика є найдешевшим способом генерації електроенергії. Викиди шкідливих речовин у повітря відсутні, а також є цілий ряд переваг які роблять атомну енергетикою толерантною для довкілля. Опалення міст-супутників атомних електростанцій відбувається за рахунок теплоти АЕС, зазвичай цей факт рідко згадують.
- \* 3.) Насправді впровадження інновацій в атомну енергетику є складною процедурою. Інновація має пройти широку апробацію та мати розгляд з усіх сторін. Це пов'язано з високою відповідальністю як експлуатуючої компанії так і самих вчених. Контроль за безпекою у атомній енергетиці України здійснюють Державна інспекція ядерного регулювання України, а також міжнародні організації з якими співпрацює Україна на партнерських умовах.
- \* 4.) Незважаючи на фінансові складнощі, українські вчені активно працюють та мають значні результати у напрямках як наукового супроводу діючих атомних електростанцій так і створенні нових перспективних технологій для майбутнього розвитку атомної енергетики.
- \* 5.) Енергетична стратегія України до 2035 року передбачає будівництво нових атомних енергоблоків на заміщення більш старих АЕС. Перспективним напрямком є ядерні системи 4го покоління у поєднанні з технологіями малих модульних реакторів.

Дякую за увагу!

Майбутнє за ядерною енергетикою!