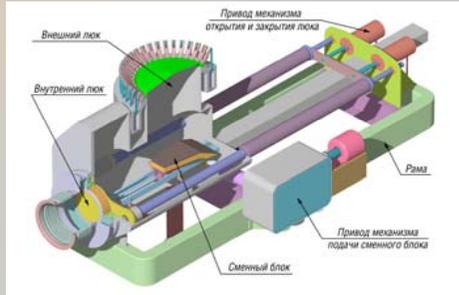
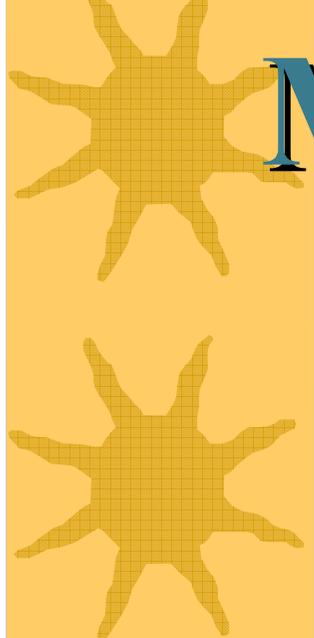


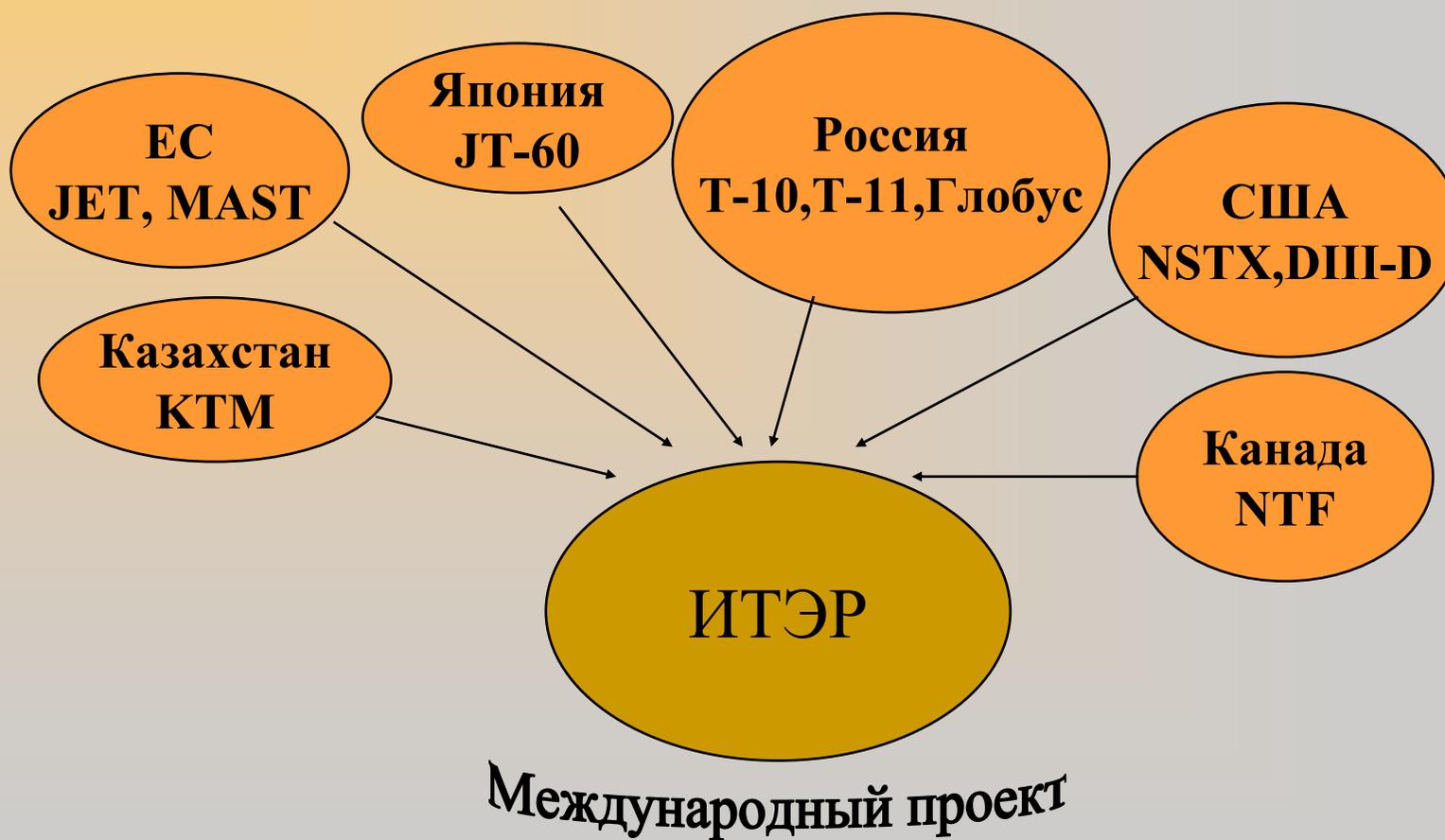
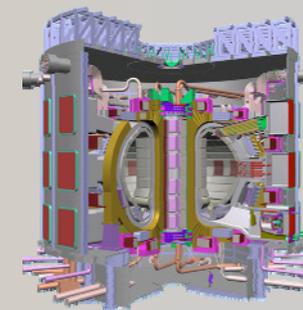
# Казахстанский Материаловедческий Токамак





# Состояние вопроса

## Национальные программы





# Проект ИТЭР

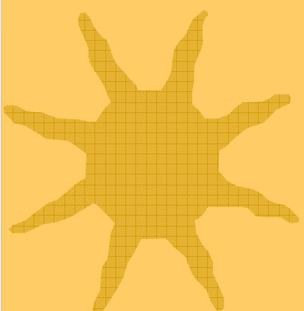
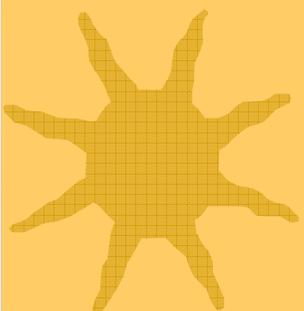
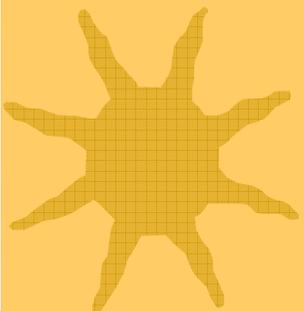


## Цель ИТЭР:

продемонстрировать научную и техническую возможность получения термоядерной энергии для мирных целей. ИТЭР будет первой термоядерной установкой, производящей тепловую энергию на уровне промышленной электростанции.

## Участники проекта:

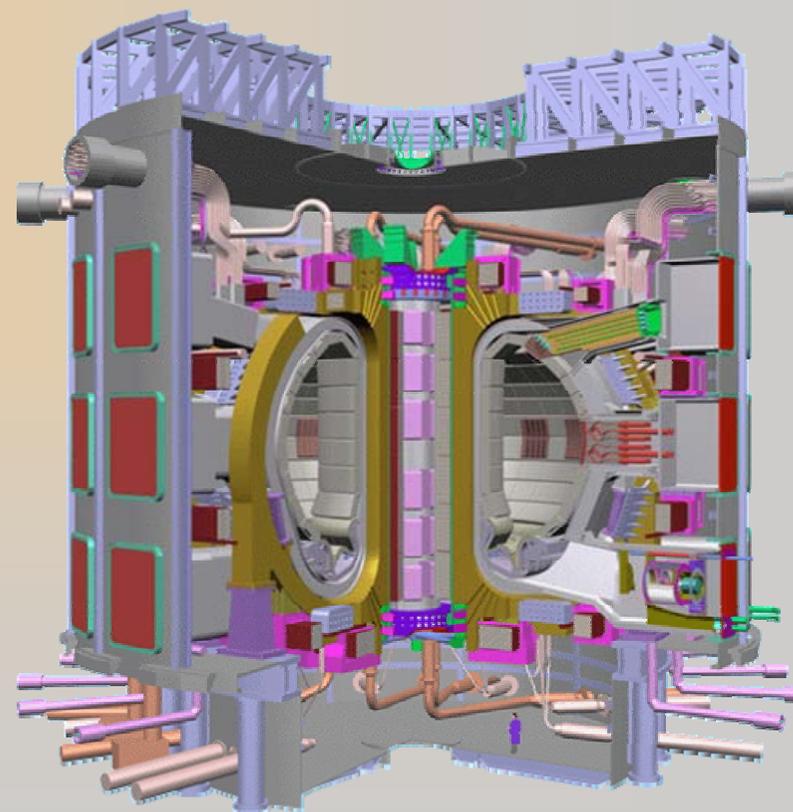
- Япония;
- Евратом;
- США;
- Россия;
- Казахстан;
- Канада;
- Китай;
- Корея (обсуждается)



# Проект ИТЭР



- Полная термоядерная мощность, МВт 500 (700)
- Отношение термоядерной мощности к мощности дополнительного нагрева, Q10
- Средняя нейтронная нагрузка на стенку, МВт/м<sup>2</sup> 0,57
- Время горения плазмы в индуктивном режиме работы, сек 400
- Большой радиус плазмы, м 6,2
- Малый радиус плазмы, м 2,0
- Ток плазмы, МА 15 (17)
- Вертикальная вытянутость плазмы - отношение вертикального размера к горизонтальному (верх/низ) 1,7 / 1,85
- Треугольность плазмы (верх/низ) 0,33 / 0,49
- Тороидальное магнитное поле на оси, Т 5,3
- Объем плазмы, м<sup>3</sup> 837
- Площадь поверхности плазмы, м 2 678
- Мощность дополнительного нагрева, МВт 73





# Статус проекта ИТЭР



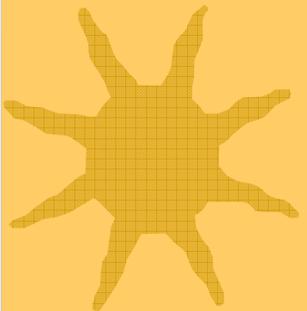
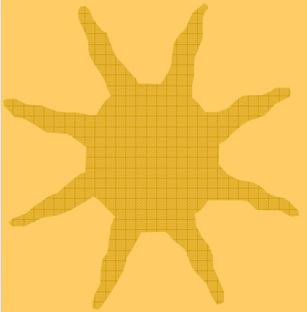
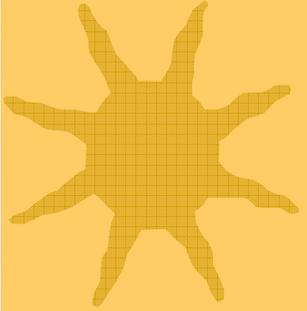
- ☀ Завершены стадии эскизного и технического проектирования.
- ☀ Ведутся переговоры о подписании нового соглашения по ИТЭР (фаза строительства и эксплуатации)
- ☀ Ведутся переговоры о выборе площадки строительства ИТЭР

## Стоимость проекта ИТЭР:

- Израсходовано 830 млн. евро на НИОКР.
- Расходы на строительство и эксплуатацию 4 500 млн. евро.

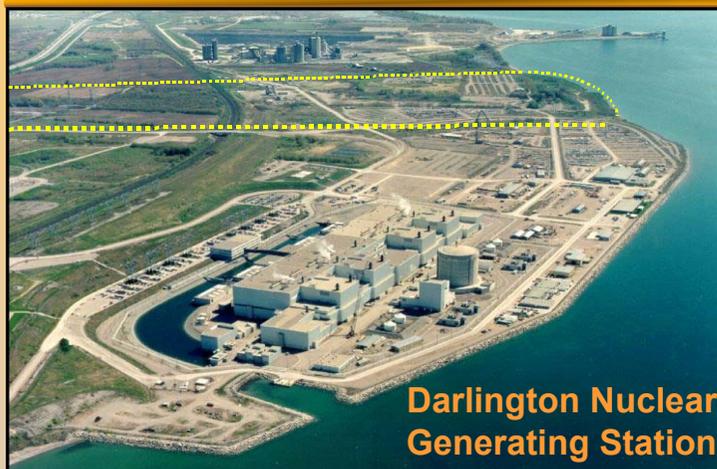


# *Кандидатные площадки*





# Кандидатные площадки

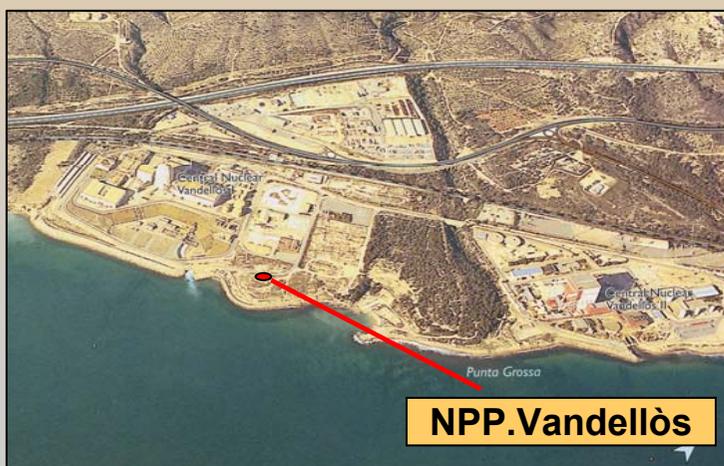


**Darlington Nuclear  
Generating Station**

Вид площадки в Канаде



Вид площадки в Японии

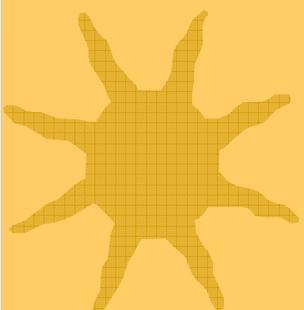
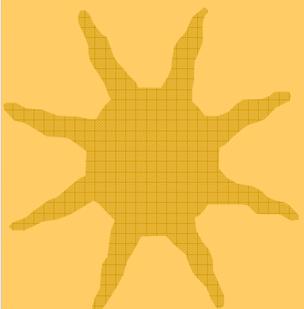
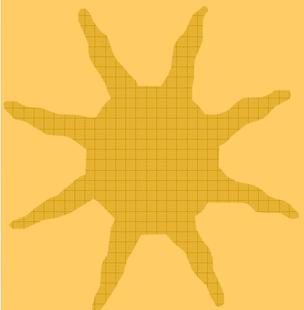


**NPP.Vandellòs**

Вид площадки в Испании



Вид площадки во Франции





# Участие Казахстана в проекте ИТЭР



## Организации - участники проекта:

- ★ ОАО «Ульбинский металлургический завод»;

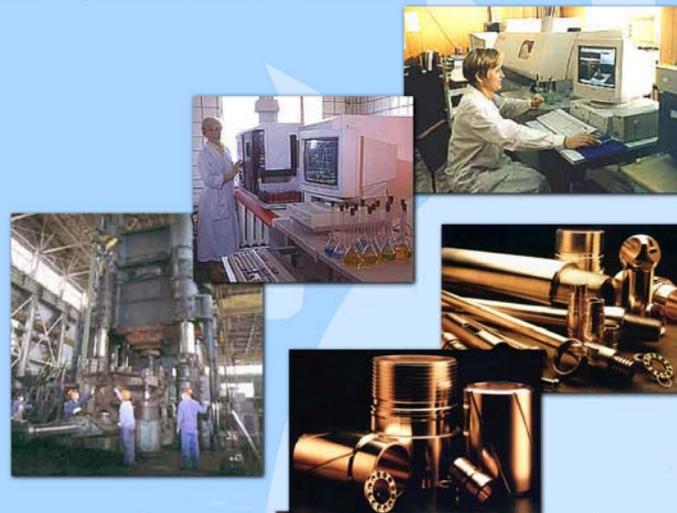
### Производство сверхпроводников



Возможность коммерческого производства сверхпроводящей проволоки

### Промышленное производство по программе ИТЭР

#### Бериллиевое производство





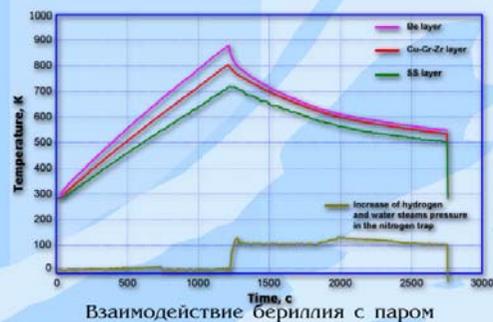
# Участие Казахстана в проекте ИТЭР



## Организации - участники проекта:

- Национальный ядерный центр РК и ИАЭ НЯЦ РК, ОАО УМЗ и НИИЭТФ КазНУ;

## Экспериментальные исследования безопасности реактора ИТЭР



Модели для изучения взаимодействия бериллиевого покрытия первой стенки с водяным паром для верификации компьютерных кодов моделирования аварийной ситуации потери теплоносителя в реакторе ИТЭР.



Модель после испытаний в среде водяного пара при 1000°C.



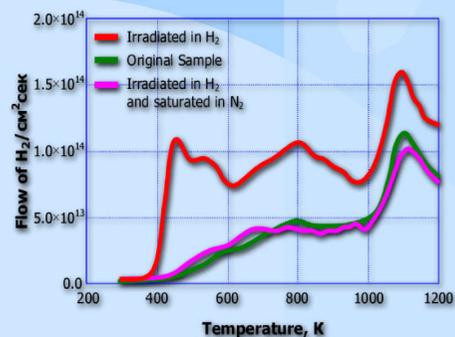
# Участие Казахстана в проекте ИТЭР



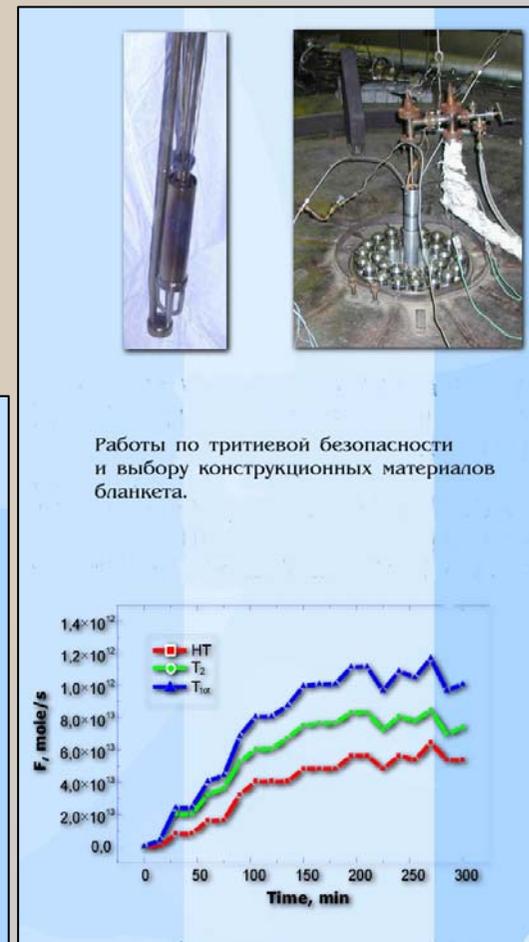
## Организации - участники проекта:

- Национальный ядерный центр РК и дочерние предприятия ИАЭ, ИЯФ и НИИЭТФ КазНУ;

## Перенос и накопление изотопов водорода в конструкционных материалах



Накопление водорода в различных промышленных сортах бериллия в процессе реакторного облучения



Работы по тритиевой безопасности и выбору конструкционных материалов blankets.



## Работы в поддержку проекта ИТЭР



### Строительство новой плазмо-физической установки для материаловедческих исследований



Казахстанский токамак материаловедческий – КТМ



## Что такое ТОКАМАК КТМ

-  *Токамак КТМ – это экспериментальная термоядерная установка для исследований и испытаний материалов в режимах энергетических нагрузок, близких к ИТЭР и будущих энергетических термоядерных реакторов.*
-  *Место строительства КТМ – г. Курчатова.*





# ОСНОВАНИЕ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ



★ Распоряжением  
Премьер- Министра  
Республики Казахстан  
от 22 июля 1998 г.  
№ 143-Р о создании  
экспериментальной  
термоядерной установки  
для исследования и  
испытания материалов  
(КТМ).

★ Межправительственное  
соглашение (РФ-РК) о  
научно-техническом  
сотрудничестве в  
рамках разработки  
технического проекта  
Международного  
термоядерного  
экспериментального  
реактора ИТЭР от 12  
октября 1998 г.





## Организации – участники проекта КТМ



- ★ **Научный руководитель проекта КТМ** - академик Е.П. Велихов, Российский Научный Центр «Курчатовский институт».
- ★ **Главный конструктор** – НИИ электрофизической аппаратуры им. Д.В. Ефремова.
- ★ **Генеральный заказчик** – Министерство энергетики и минеральных ресурсов РК (Национальный Ядерный Центр РК).

### От Российской Федерации

- ★ ТРИНИТИ, НТЦ «Сфератек», ФТИ им. Иоффе, ГП «Ленинградский Северный Завод», ВНИИНМ им.Бочвара, ГСПИ Минатома РФ, КТЗ (г.Калуга), ЗАО «Технология»

### От Республики Казахстан

- ★ **Генеральный проектировщик** – КазНИПИЭнергопром, Промэнергопроект.
- ★ Научная программа работ разрабатывается в Национальном Ядерном Центре и НИИ экспериментальной и теоретической физики КазНУ им.аль-Фараби.
- ★ В принимают участие ИАЭ, ИЯФ, ИРБЭ НЯЦ РК, Казэлектромаш, ОАО «Ульбинский металлургический завод».



## ЦЕЛЬ СОЗДАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА



### Общие цели

- ★ Развитие в Республике Казахстан современных направлений науки, техники и технологии и подготовка высококвалифицированных научных и инженерных кадров.
- ★ Поддержка участия Республики Казахстан в проекте создания международного экспериментального термоядерного реактора-токамака ИТЭР

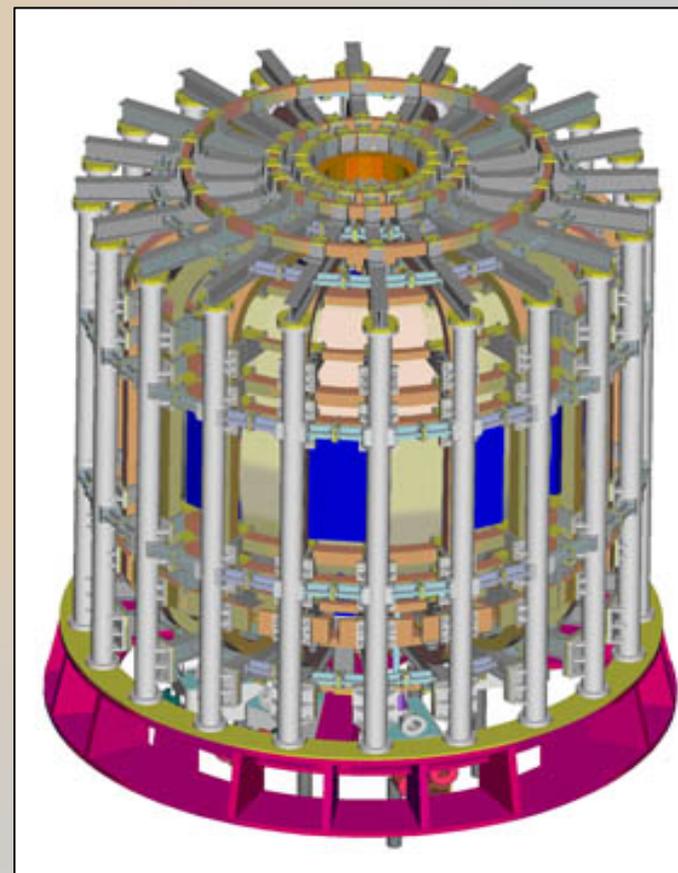


# Сферический токамак КТМ



## Базовые параметры токамака КТМ

★ <i>Большой радиус плазмы <math>R</math>, м</i>	0.86
★ <i>Малый радиус плазмы <math>a</math>, м</i>	0.43
★ <i>Аспектное отношение <math>A</math></i>	2
★ <i>Вытянутость сечения плазмы <math>k_{95}</math></i>	1.7
★ <i>Тороидальное магнитное поле на оси <math>B_{to}</math>, Тл</i>	1
★ <i>Ток плазмы <math>I_p</math>, МА</i>	0.75
★ <i>Длительность плато тока <math>\Delta t_{пл}</math>, с</i>	5 с
★ <i>Мощность дополнительного нагрева <math>P_{aux}</math>, МВт</i>	5
★ <i>Тепловая нагрузка на пластины дивертора, МВт/м<sup>2</sup></i>	2-20

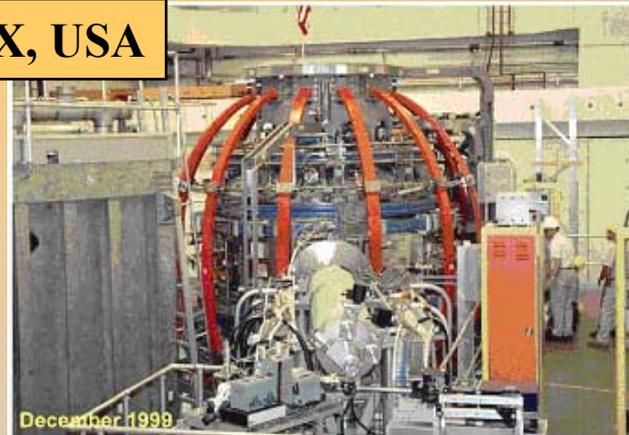




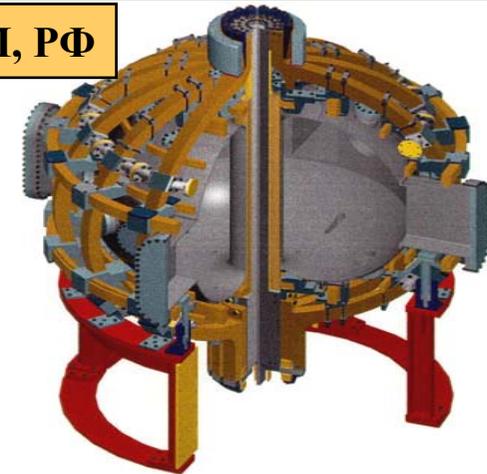
# Прототипы КТМ



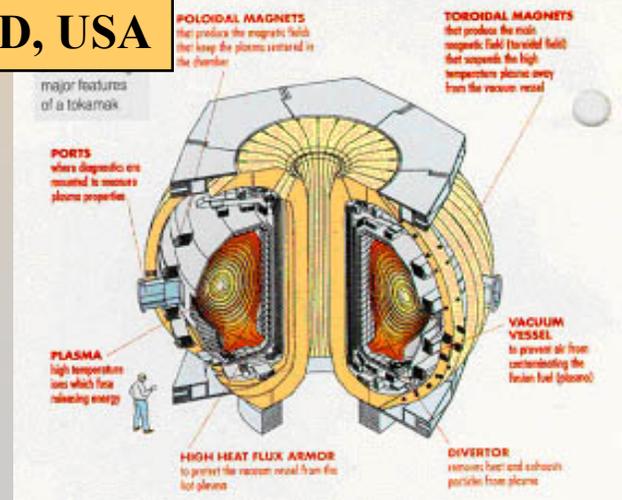
NSTX, USA



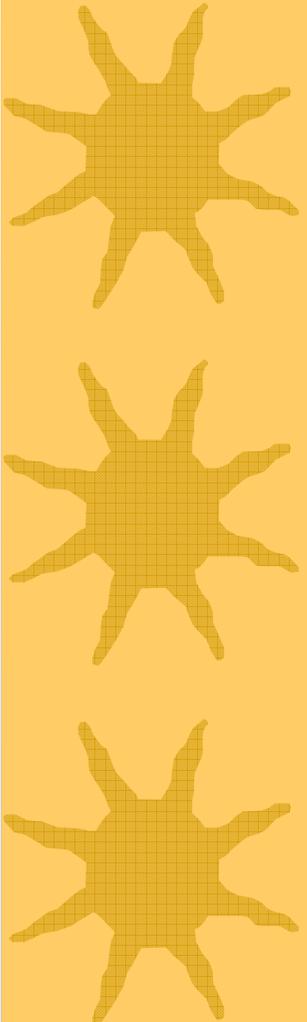
Глобус М, РФ



DIII-D, USA



MAST, UK





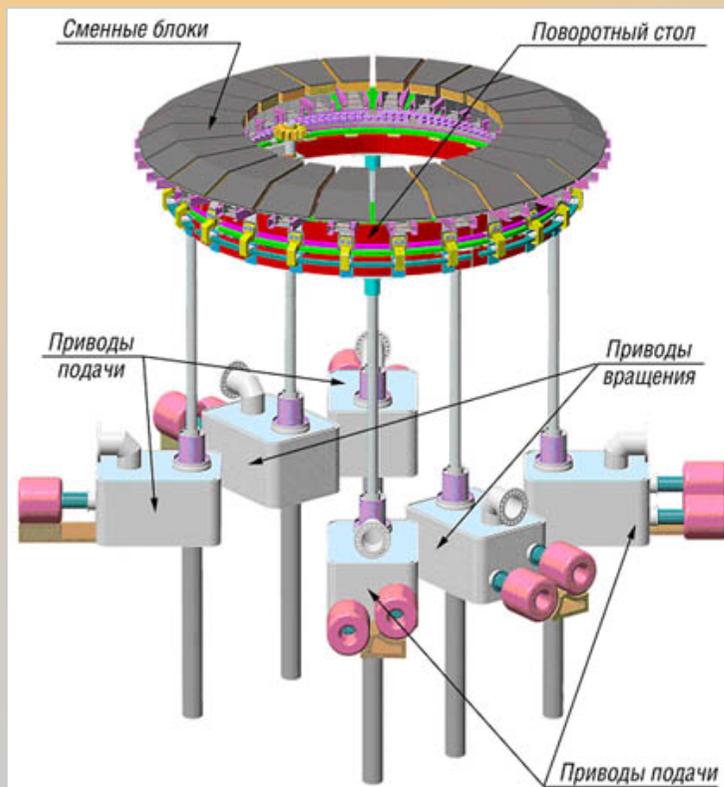
# Уникальность КТМ

- ★ Единственная в мире мегаамперная установка с аспектным отношением  $A=2$  для испытания материалов и технологий в штатных и аварийных (режим срыва плазмы) условиях работы ТЯР.
- ★ Энергетические нагрузки на пластины дивертора (до 20 МВт/м<sup>2</sup>) соответствуют параметрам ИТЭР и будущим промышленным ТЯР.
- ★ Исследование физики удержания плазмы в пограничной области между сферическими и классическими токамаками.

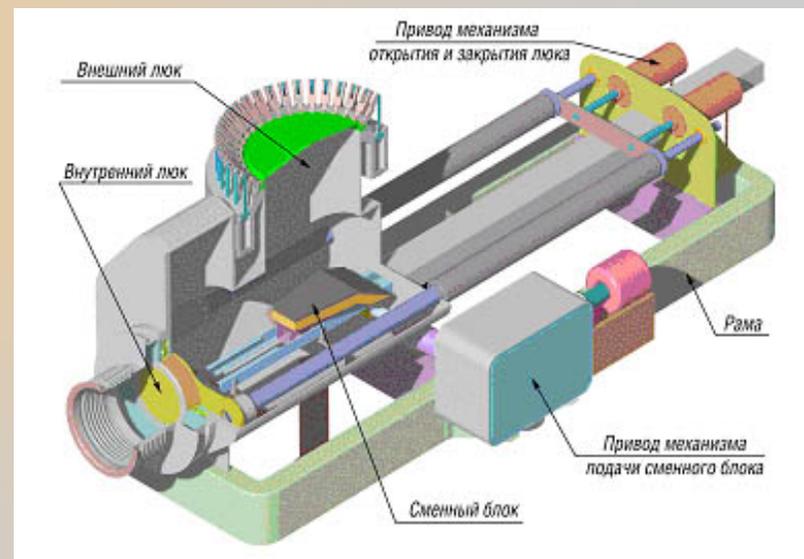


# Особенности КТМ

★ Приемно-диверторное устройство



★ Транспортно-шлюзовое устройство





# Место КТМ в международных программах по УТС



## Основные параметры современных токамаков



	<b>Globus-M</b>	<b>MAST</b>	<b>NSTX</b>	<b>КТМ</b>	<b>DIII-D</b>	<b>JET</b>	<b>JT-60U</b>	<b>ITER FEAT</b>
<b>R, м</b>	0.36	0.7	0.86	0.86	1.67	3.0	3.0	6.2
<b>a, м</b>	0.24	0.5	0.68	0.43	0.67	1.25	0.95	2.0
<b>A</b>	1.5	1.4	≥ 1.25	2	2.5	≥ 2.4	3.1	3.1
<b>k</b>	1.5-2	~ 2	2 – 3	1.7	~ 2	~ 1.7	1.5-2	1.7
<b>P<sub>div</sub>, МВт/м<sup>2</sup></b>	-	-	-	7-12 (20)**	7	7	6,5	10(20)
<b>I<sub>p</sub>, МА</b>	0.3	≤ 2	1	0.75	3	5 – 7	2.7	15
<b>P<sub>aux</sub>, МВт</b>	2-RF	5-NBI 2-ECR	5-NBI 8-RF	5-ICR	20-NBI 2-ECR	40-NBI 15-RF	30-NBI 10RF	40
<b>Z, М\$</b>	2-3	40*	30*	14.2	300	350*	470*	4500

\* – на начало эксплуатации, цены “привязаны” к времени изготовления строительства. \*\* - при изменении угла наклона диверторных пластин. R-большой радиус плазмы, a – малый радиус плазмы, A-аспектное отношение, K 0.95 – вытянутость сечения плазмы, P<sub>div</sub>-тепловая нагрузка на дивертор, I –ток плазмы, P<sub>aux</sub>- мощность доп.нагрева Z –цена.

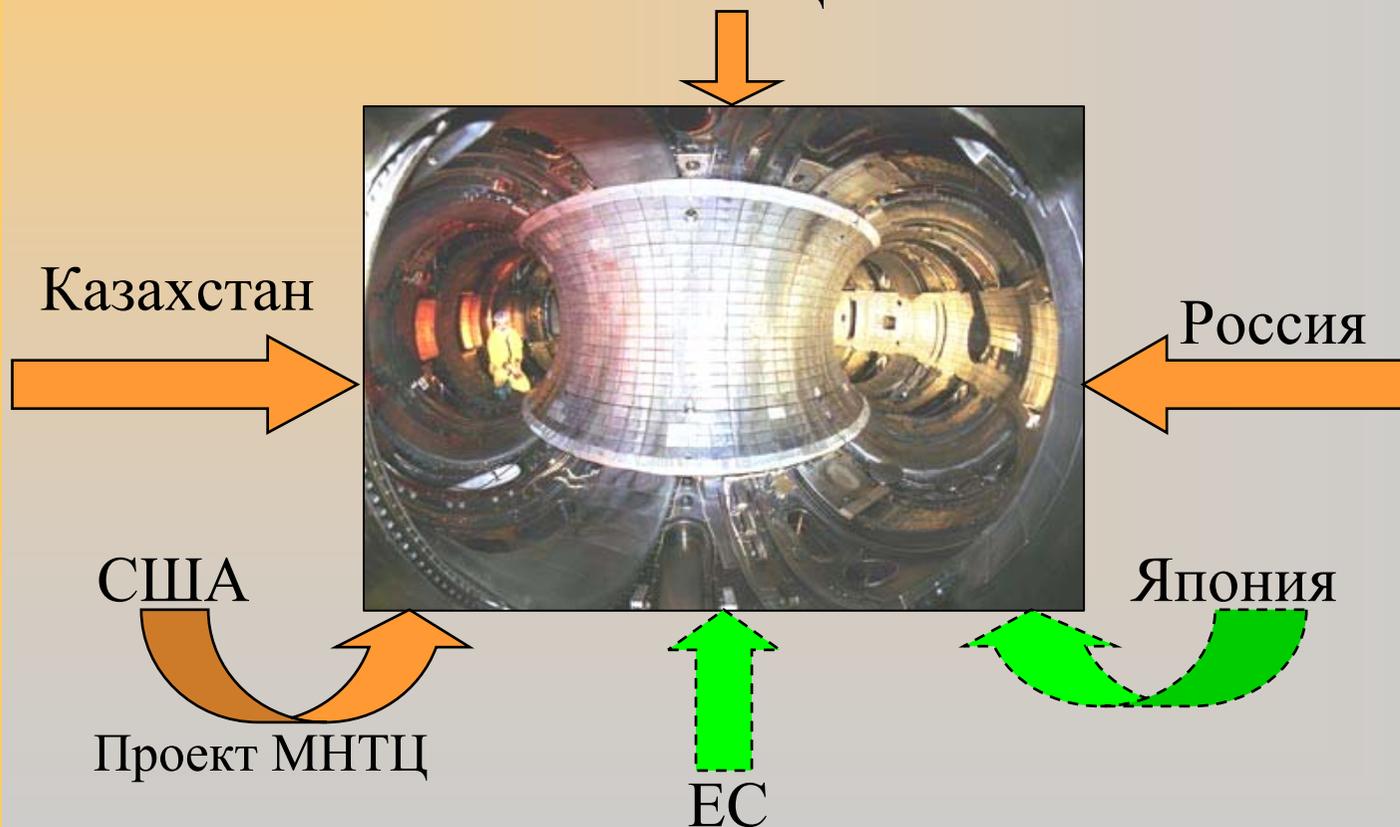


# Международное сотрудничество



Международная лаборатория по УТС на базе комплекса КИТМ в г.Курчатове

МНТЦ



Соглашение между РК и ЕС о сотрудничестве в области УТС от 29.11.2002.



## Статус работ по проекту КТМ

- ★ Выпущено технико-экономическое обоснование по проекту КТМ; ( в 2-х томах)
- ★ Представлен эскизный проект токамака КТМ; ( в 7-ми томах);
- ★ Представлен проект научной программы работ на установке КТМ, проект программы одобрен ведущими специалистами по данному направлению РФ, США и РК;
- ★ Проведен сравнительный анализ мест возможного размещения установки КТМ;
- ★ Разработан ОВОС, получено положительное заключение Министерства экологии и природных ресурсов РК на строительство установки КТМ в г.Курчатове.
- ★ Выполнен технический проект токамака КТМ ( в 5-ти томах) и получено положительное экспертное заключение НИКИЭТ Минатома РФ и ИЯФ СО РАН.
- ★ Начаты работы по разработке технологических процессов изготовления и макетирования ответственных узлов и деталей установки КТМ
- ★ Главным конструктором проекта КТМ начаты работы по выпуску рабочей документации в соответствии с доработанным техническим проектом.



## Этапы научной программы

- ★ Изучение взаимодействия плазмы с первой стенкой, включая штатные и аварийные ситуации (срывы плазмы на приемно-диверторное устройство)
- ★ Исследование процессов в диверторной области, включая испытания макетов диверторных устройств
- ★ Развитие теоретических моделей и расчетных кодов
- ★ Разработка систем диагностики для исследования процессов взаимодействия плазма-стенка
- ★ Исследование техпроцессов подготовки вакуумной камеры, восстановления свойств защитных пластин, диверторных приемников и других устройств.



# План работ на 2003 год

1. **Завершение работ по разработке проектно-сметной документации: - рабочее проектирование реактора КТМ,**
  - технологических систем, инженерных систем и сетей комплекса КТМ;
  - завершение проектирования систем внешнего электроснабжения комплекса КТМ;
  - разработка архитектурно-строительных решений по комплексу КТМ.
  - проведение экспертизы проекта.
  - натурное моделирование процесса изготовления узлов реактора.
2. **Начало реконструкции зданий комплекса;**
3. **Начало строительства котельной, систем теплоснабжения, водопровода, канализации;**
4. **Начало реконструкции подстанций 220кВ, линий электропередачи 220кВ.**



# Подготовка кадров



## Договора на подготовку кадров:

- ★ МИФИ
- ★ ТПУ
- ★ КазНУ им. аль-Фараби



## Соглашения о стажировке:

- ❑ РИЦ «Курчатовский институт»
- ❑ General Atomic (USA)
- ❑ PPPL (Princeton Plasma Physics Lab, USA)



## *Значение проекта КТМ для Республики Казахстан*



- **Продолжение конверсии СИП (развитие новых мирных ядерных технологий в «неядерной державе»).**
- **Повышение международного престижа страны.**
- **Развитие новых направлений в области ядерных технологий и прикладных наук.**
- **Использование результатов, знаний, технологий в других отраслях науки и промышленности (spin-off technology).**
- **Привлечение инвестиций путем создания международной лаборатории.**
- **Дополнительные производственные заказы на изготовление деталей и узлов и систем.**
- **Подготовка научных высококвалифицированных кадров.**
- **Решение социальных проблем г.Курчатова (проблемы малых городов).**



## *Значение проекта КТМ для Республики Казахстан*



**Проекты ИТЭР и КТМ - пример успешного евразийского  
сотрудничества в области мирного использования атомной энергии**

