



РОСАТОМ

ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ «РОСАТОМ»



# «Различные аспекты применения автономных атомных источников энергообеспечения»

**(безопасность, энергоэффективность, труднодоступные территории)»**

**Заместитель Генерального Директора  
АО «НИКИЭТ» по инновационным проектам**

**Пименов А.О.**

**Первый заместитель генерального директора  
– исполнительный директор АО «АРМЗ»**

**Святецкий В.С.**

**Генеральный директор АО «ПГРК»**

**Лукин А.П.**

**Первый заместитель Генерального директора -  
главный инженер ФГУП «Атомфлот»**

**Кашка М.М.**

**Ноябрь 2017, г.Москва**



# Целесообразность создания Конкурентные требования к АСММ



- **Надежность генерации** и повышение **автономности** энергообеспечения объектов, в том числе сохранение работоспособности при нарушениях в логистической инфраструктуре региона с его полной изоляцией.
- **Экономическое преимущество перед другими видами генерации** в условиях децентрализованного энергоснабжения за счет значительного снижения эксплуатационных затрат, формируемых логистической составляющей углеводородного топлива.  
**Современная себестоимость кВт\*ч с использованием дизель-генераторов на привозном сырье в районах децентрализованного энергообеспечения от 30 до 50 руб./кВт\*ч.**  
АСММ способны обеспечивать локальные потребности в электроэнергии с показателями себестоимости до 20 руб./кВт\*ч.
- **Логистика.** Массо-габаритные характеристики блоков АСММ должны позволять транспортировку на базе существующих транспортных средств, в том числе в удаленных и труднодоступных регионах.
- **Безопасность использования:**
  - Исключение аварийных ситуаций, требующих эвакуации населения и сверхнормативного воздействия на окружающую среду
  - Соответствие принятых проектных решений современным требованиям МАГАТЭ по противодействию распространению ядерных материалов и оружия.

# Технические предложения реакторных установок малой мощности АО «НИКИЭТ»



РОСАТОМ

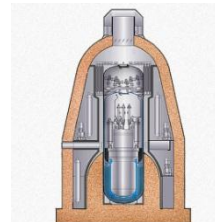
## ВИТЯЗЬ



## АТГОР



## УНИТЕРМ



## НИКА-330



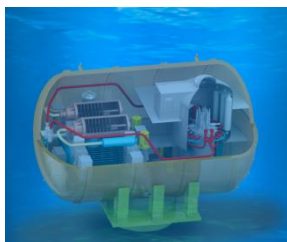
1 МВт

1-10 МВт

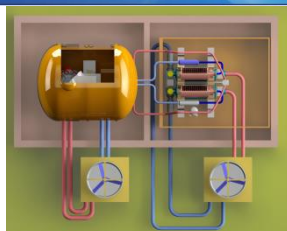
10-50 МВт

> 100 МВт

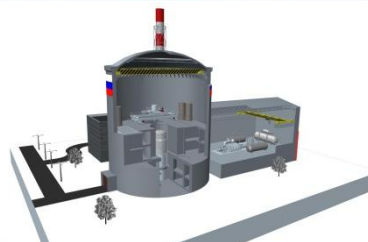
## ШЕЛЬФ-10



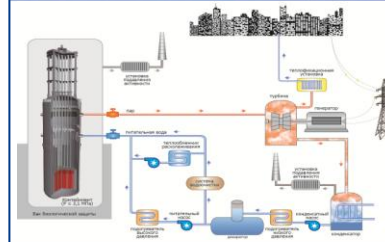
## ШЕЛЬФ



## КАРАТ-45

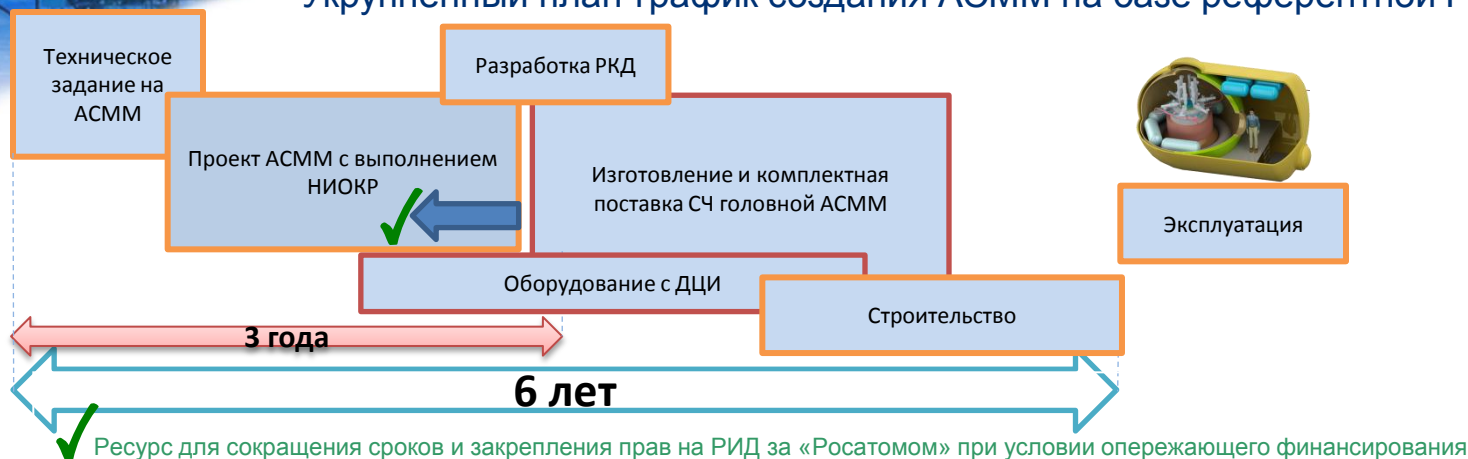


## КАРАТ-100

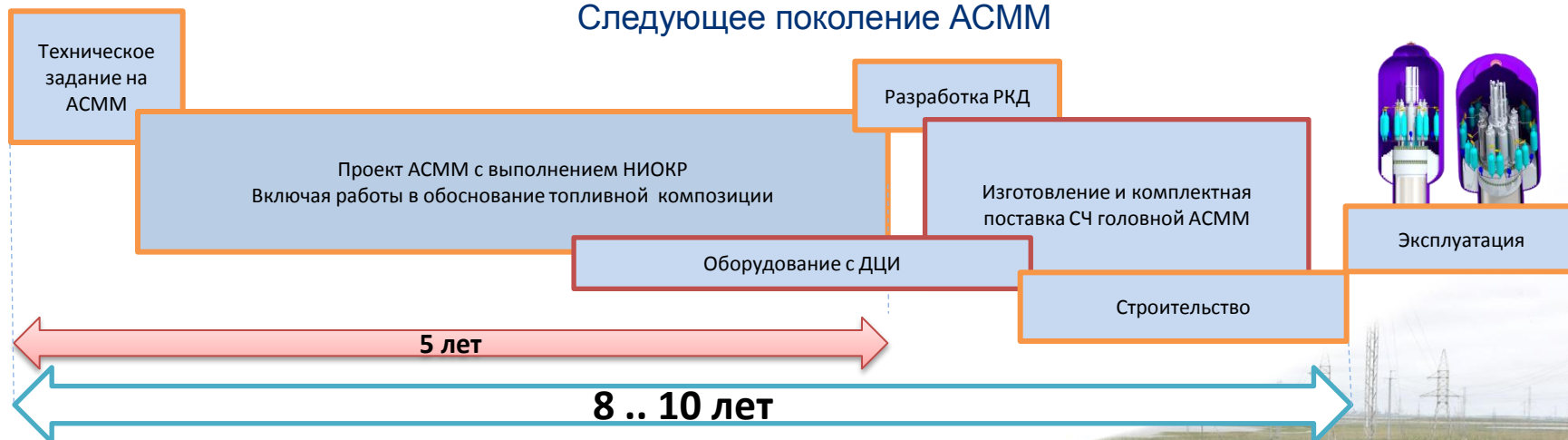


# График создания головного образца АСММ

## Укрупненный план-график создания АСММ на базе референтной РУ



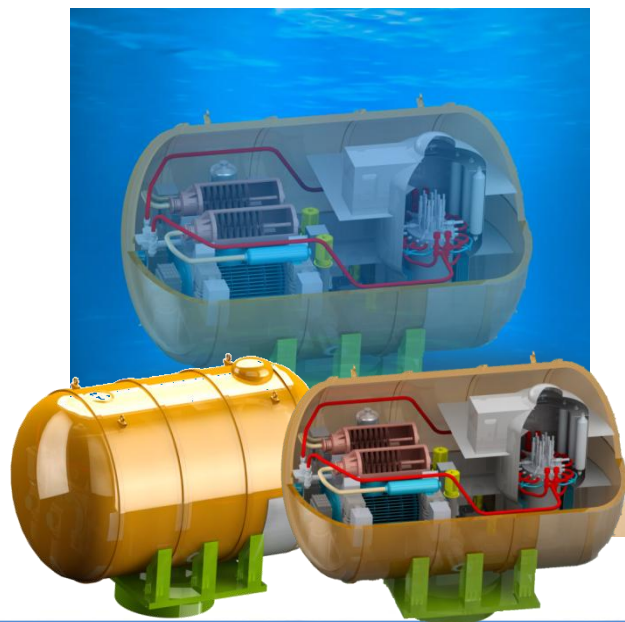
## Укрупненный план-график создания АСММ на базе инновационного проекта Следующее поколение АСММ



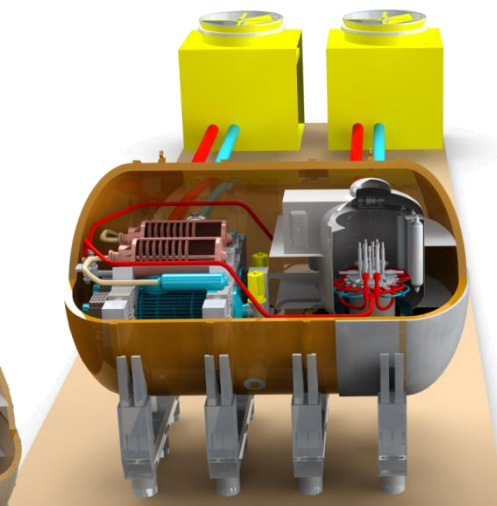
Имеющие референтность и работающие прототипы, возможность реализации в пределах 6 лет. Позволяют провести последующую отработку логистики создания и обслуживания, отработку применяемых технологий для последующих поколений установок.	Шельф Шельф-10 Витязь
Имеющие задел в проектной и производственной части, возможность реализации в пределах 6-10 лет. Требующие или не требующие дополнительных НИОКР, в том числе по топливу	УниTERM РУТА НИКА
Имеющие потенциальные преимущества, требующие дальнейших проработок и НИОКР в развитие предложений.	АТГОР
Концептуальные	ЭЛЕГИЯ-100

- АСММ на базе РУ Шельф предназначена для энергообеспечения объектов военного и гражданского назначения в удаленных и труднодоступных районах с децентрализованным энергоснабжением.
- Возможна поставка в виде функциональной и готовой к эксплуатации энергокапсулы в составе «РУ + ТГУ» наземного или подводного исполнения.
- Референтность принятых технических решений АСММ на базе РУ «Шельф» обеспечивается находящимися в эксплуатации реакторными установками транспортных объектов.
- Сложившаяся кооперация предприятий промышленности.

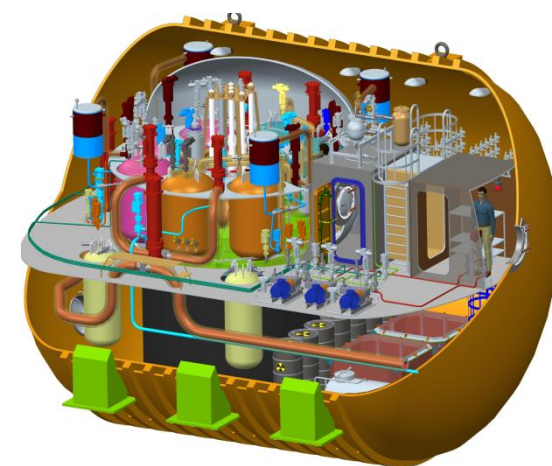
Подводное исполнение  
«РУ + ТГУ»



Наземное исполнение  
«РУ + ТГУ»



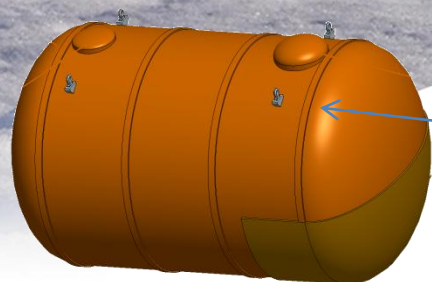
Наземное исполнение  
«РУ»



# Энергоблок АСММ на базе реакторной установки «Шельф»

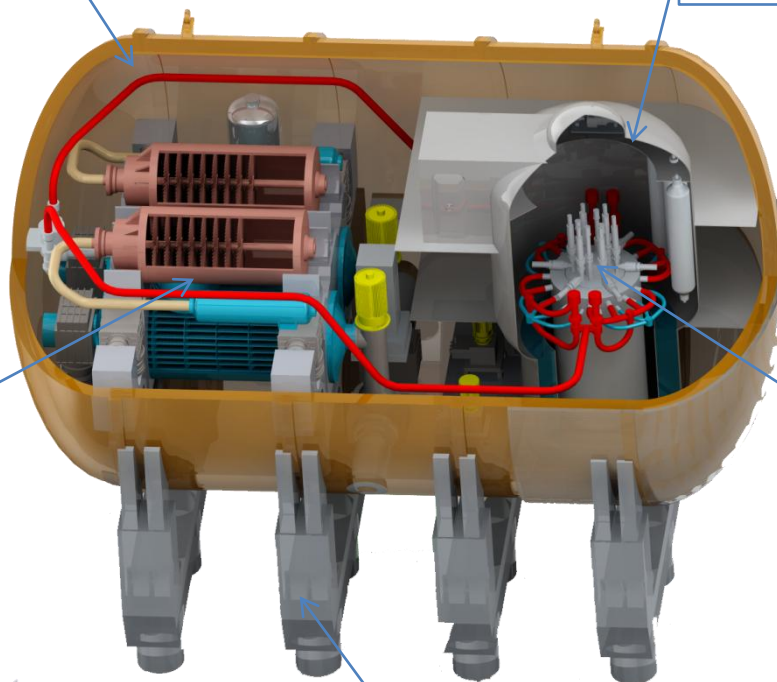


РОСАТОМ



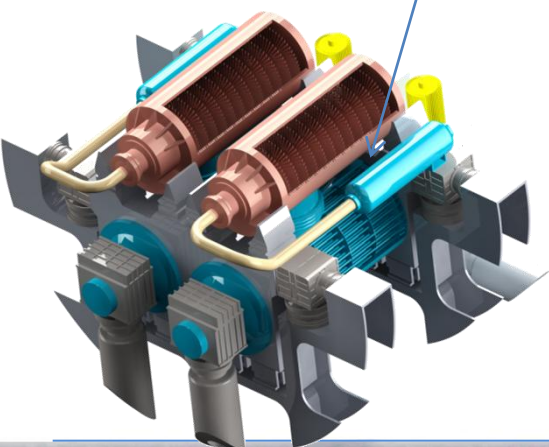
**Защитная оболочка**  
Локализация и защита от внешних факторов

**Страховочный корпус**  
Локализация теплоносителя I контура при авариях типа LOCA

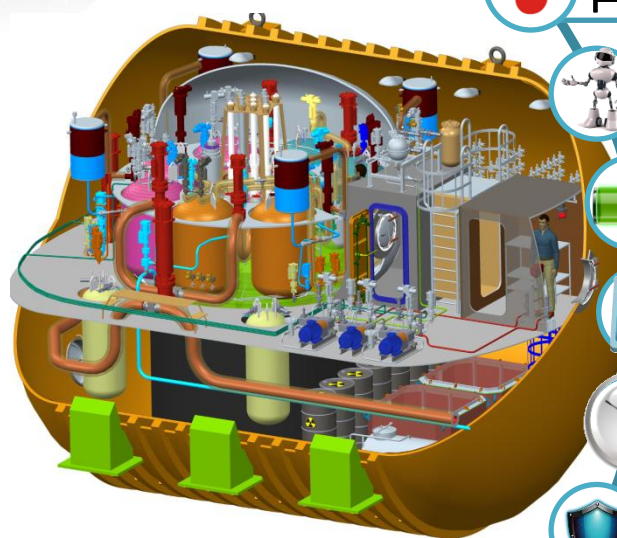









**ТГУ**  
Пожаробезопасная  
Водоохлаждаемая

**Реактор**  
Интегральный водо-водяной



**Фундамент**  
Опорная конструкция



-  Действующий прототип
-  Заводское изготовление модуля
-  Автономная работа в течение года
-  Вес транспортабельного модуля – 375т.
-  Кампания активной зоны 40 000 часов
-  Перегрузка в заводских условиях
-  Безопасность



# Предварительные показатели экономической эффективности АСММ «ШЕЛЬФ» для головного образца.



РОСАТОМ

	ТЭИ 2017, доп. расчеты 2017	
	Головной*	Серийный*
КВЛ одного ЭБ (без НДС), млрд р.	6,7**	5,2**
Эксплуатационные затраты на ЭБ, млн р./год	538***	474***
Себестоимость электроэнергии, р./кВтч	14,3***	13,2***
<b>Простые показатели эффективности</b>		
Простой срок окупаемости, лет	13	11
в т.ч. с момента ввода в эксплуатацию	10	8
Чистый доход за срок проекта, млн. руб.	38 020	40 050
<b>Дисконтированные показатели эффективности</b>		
Ставка дисконтирования (реальная), %	5	5
Дисконтированный срок окупаемости, лет	18	14
в т.ч. с момента ввода в эксплуатацию	15	11
Чистый дисконтированный доход, млн. руб.	4 510	5 850
Внутренняя норма доходности, %	9,3	12
<b>Удельная приведенная стоимость электроэнергии</b>		
LCOE (TOTAL), р./кВт*ч	22,1	19,2

\* В ценах 2016 года, без НДС.

\*\* Без затрат на НИОКР, транспортировку, вспомогательные здания и сооружения.

\*\*\* С учетом налога на имущество, до уплаты налога на прибыль.

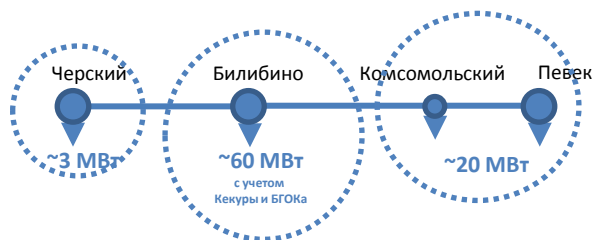


# Варианты реализации проекта АСММ на базе унифицированной РУ

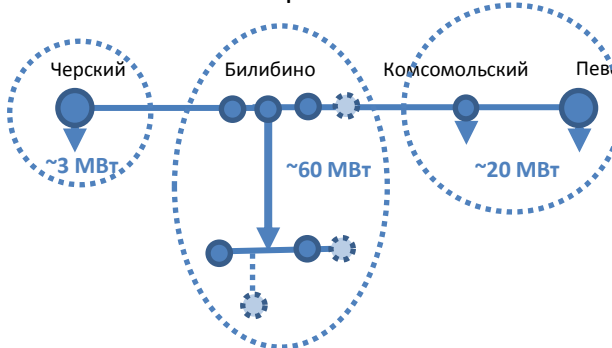


Развитие ЧБЭУ на базе ядерных энергетических установок с учетом замещения выбывающих мощностей.

Перспективная структурная схема ЧБЭУ

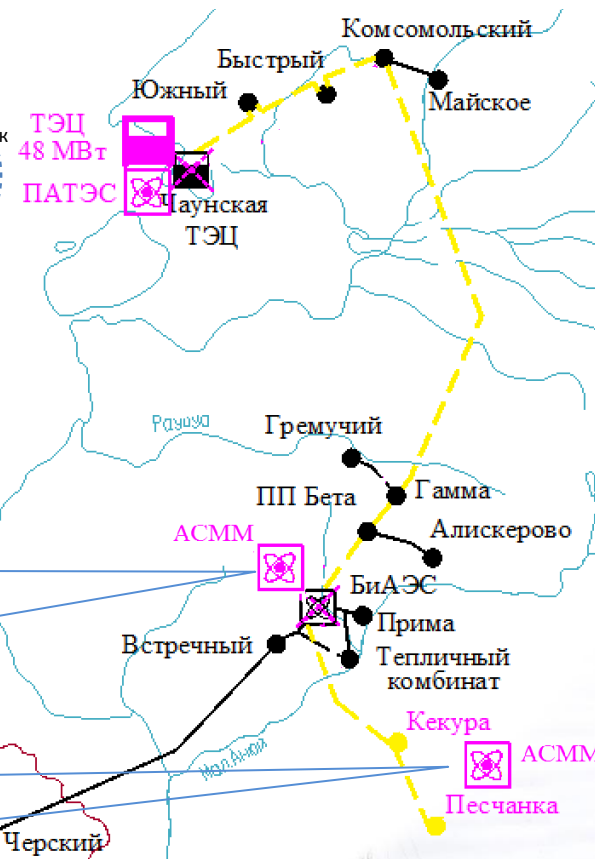


Перспективная структурная схема ЧБЭУ на базе атомного энергетического источника



- + Ввод ПАТЭС (Певек) – 2019 г.
- + Ввод **ДЭС-24** (Билибино) – 2019 г.
- Вывод БиАЭС – 2021 г.
- Вывод ЧаТЭЦ – 2026 г.
- + Ввод **ТЭЦ** (Певек) – 2026 г.

ЭБ АСММ с РУ «Шельф»



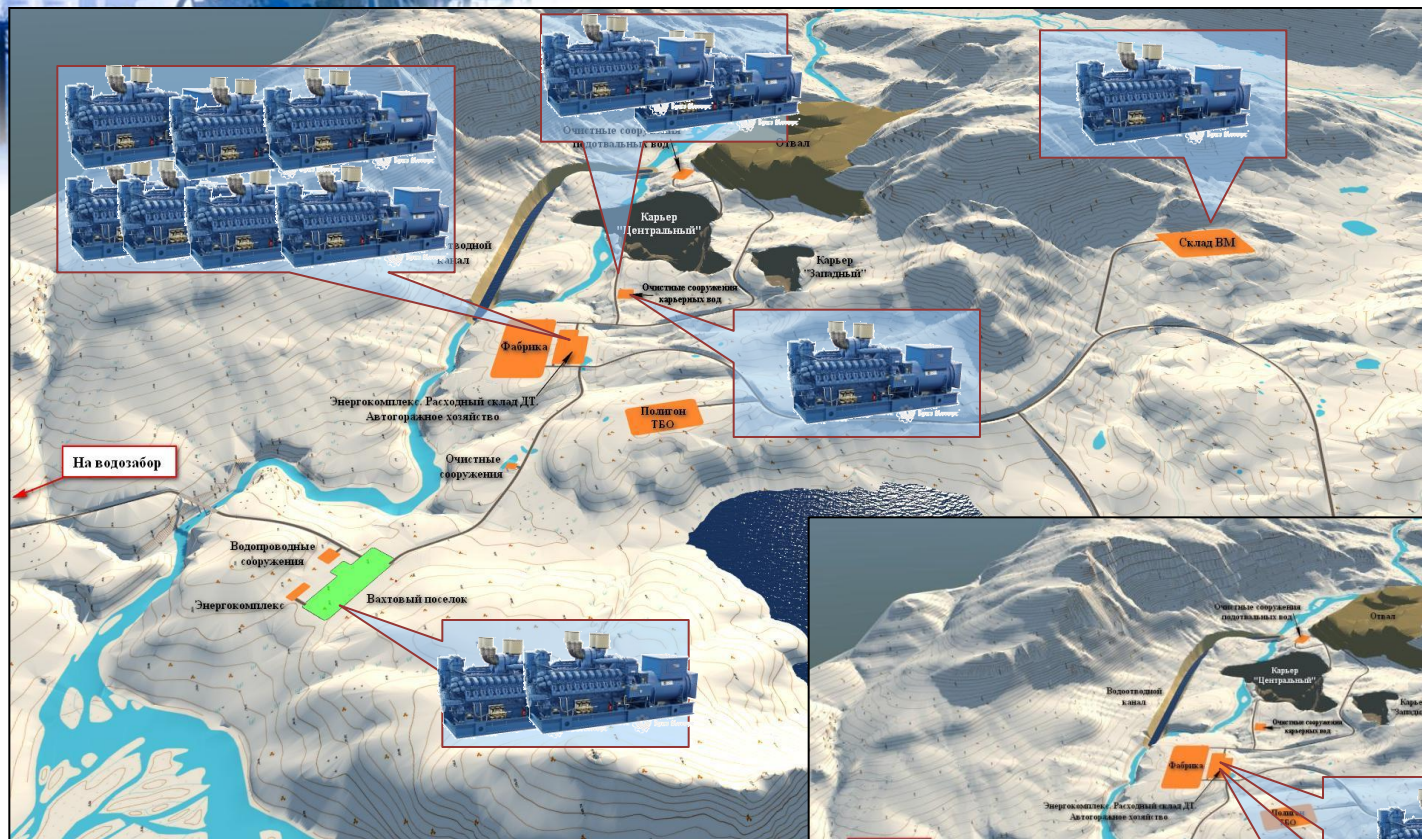
	АСММ «Шельф» (4 э/б)	ДЭС + котельная (95 руб./кг)	ДЭС + котельная (200 руб./кг)
CAPEX, млрд руб.	20,0	13,5	13,5
OPEX, млрд руб./год	1,7	7,1	12,8
Себестоимость, руб./кВтч	12,0	39,0	69,0
CAPEX+OPEX (за 6 лет), млрд руб.	30,3	56,4	90,4

# Реализация проекта АСММ на базе РУ «Шельф»

## Павловское



РОСАТОМ



**ДЭС:**  
29 МВт эл.  
ДТ 37560 тонн/год



### АСММ/ДЭС – резервное энергоснабжение

Замещение мощностей АСММ при ППР

(15 суток в год на энергоблок)

ДТ 75 тонн в год

Себестоимость генерации **13,2 рубля / кВтч**



# Варианты реализации проекта АСММ на базе унифицированной РУ



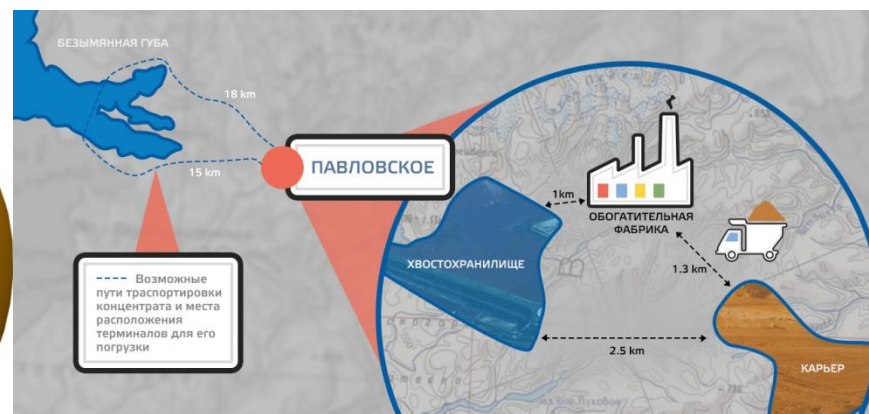
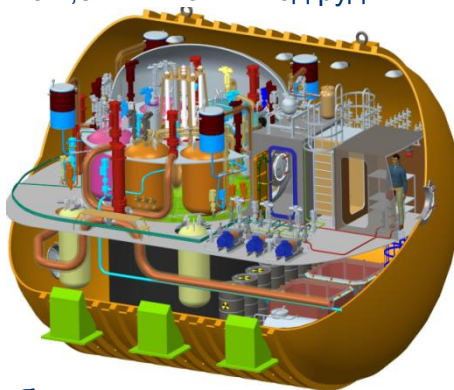
## • Организация энергоснабжения на разрабатываемых месторождениях

### 1. Горно-обогатительный комбинат по добыче свинцово-цинковых руд, их обогащению и производству концентрата на базе месторождения «Павловское»

- ✓ Карьер производственной мощностью 2,5 млн. тонн в год руды
- ✓ Вахтовый поселок ~ 500 человек
- ✓ Инфраструктура предприятия

Завершение строительства – 2022 г.  
Энергоснабжение:

ДЭС: **более 45 руб./кВт\*ч**  
АСММ: **до 20 руб./кВт\*ч**



### 2. Коренное золото-серебряное месторождение в пределах Билибинского района «Кекура»



- ✓ Карьер производственной мощностью 200 тыс. тонн руды в год
- ✓ Вахтовый поселок ~ 350 человек
- ✓ Инфраструктура предприятия

Завершение строительства – 2022 г.  
Энергоснабжение:

ЛЭП Певек-Билибино-Кекура  
АСММ: **до 20 руб./кВт\*ч**

# Комбинированная транспортабельная АСММ с газоохлаждаемой РУ «АТГОР»

## АСММ с газоохлаждаемой РУ «АТГОР»:

- предназначена для локального энергообеспечения потребителя в районах с децентрализованным энерго- и теплоснабжением;
- имеет возможность пуска в условиях низких отрицательных температур (до  $-50^{\circ}\text{C}$ ) (использование системы воздушного охлаждения для отвода тепла);
- может иметь до 5-ти параллельных ГТУ на базе ГТД 9И56М (ОАО «Калужское опытное бюро моторостроения» (г.Калуга)) с двумя независимыми источниками тепла (основной - ядерный реактор и пусковой (резервный) камера сгорания). Теплоснабжение осуществляется с использованием серийно выпускаемого котла.



Заводское изготовления энергоблока



Вес транспортабельного модуля – не более 60т



Кампания и срок эксплуатации – 10 лет



Эксплуатация во всех климатических зонах

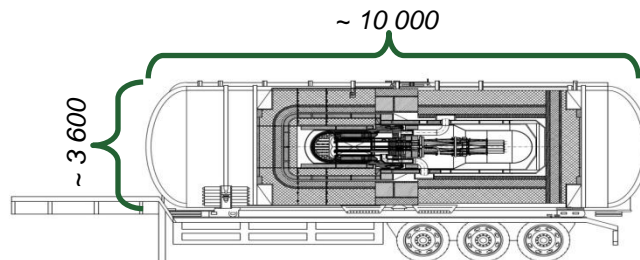


Статус проекта: Концепт-проект. 2016 г.

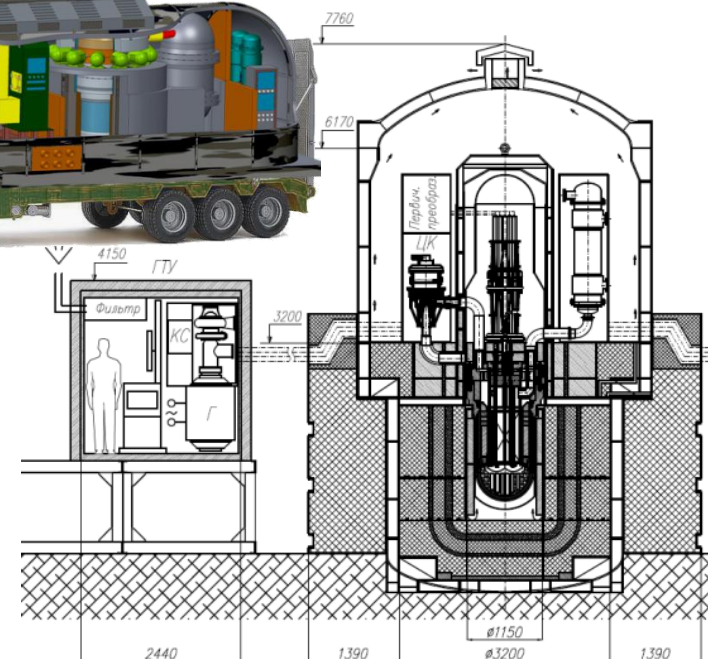
Исполнение ТАСММ

АСММ

Наземное исполнение



Полуприцеп УМА3П-9990 с РУ «АТГОР»



Мощность тепловая /  
электрическая, МВт 3,5 (т) / 1,0 (э)

Энерговыработка  
электрическая/  
тепловая, МВт·сут 3 650/ 6 636

Периодичность  
перегрузки, лет 10

Срок службы, лет 60



**Основным элементом АСММ «УниTERM» является автономная длительного действия реакторная установка с мощностью одного энергоблока 6,6 МВт электрических.**

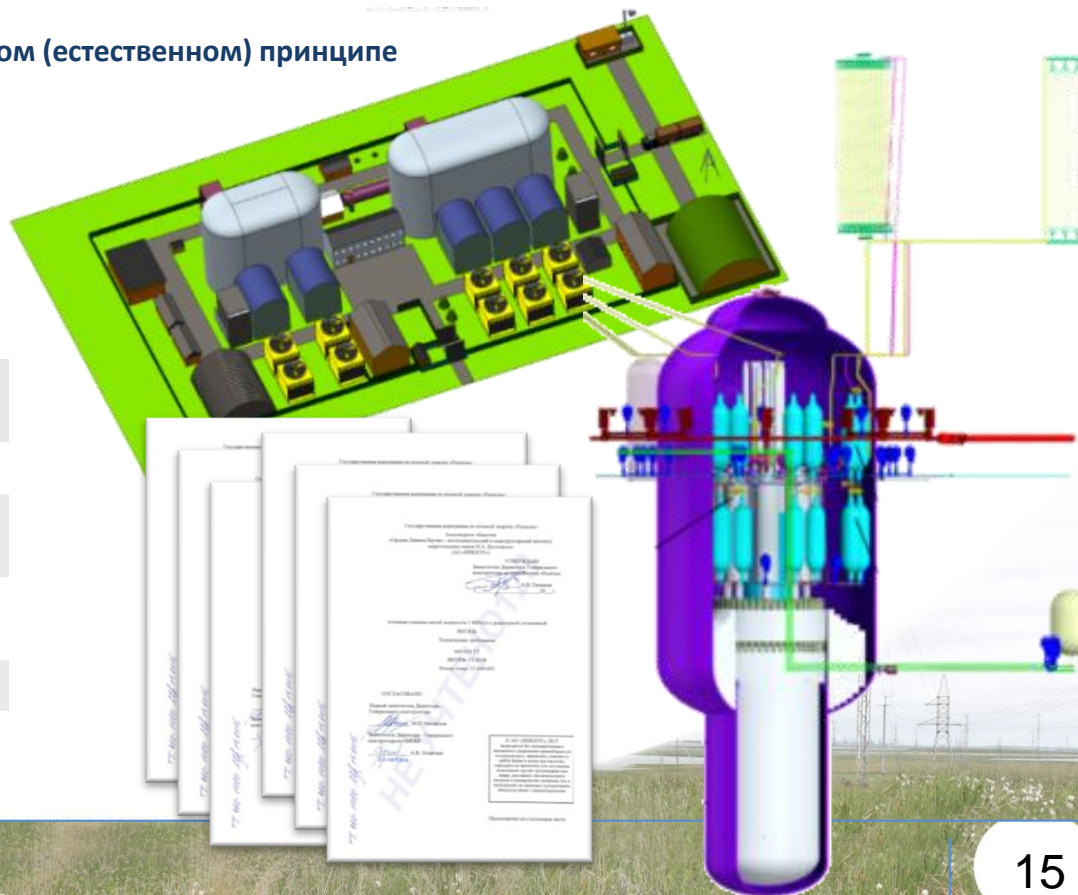
- предназначена для локального энергообеспечения потребителя в районах с децентрализованным энерго- и теплоснабжением;
- Модульно-блочная поставка оборудования реакторной установки на место эксплуатации
- Уникальные решения по организации отвода тепла от активной зоны: пять независимых контуров теплоносителя, трехконтурная схема передачи тепла потребителю на естественной циркуляции.

 Система управления и безопасности на пассивном (естественном) принципе

 Кампания активной зоны – 15 лет

 Трехконтурная схема передачи тепла

 Статус проекта:  
Техническое предложение – 2012 год,  
Облицовый проект АСММ 30 МВт - 2015 год.

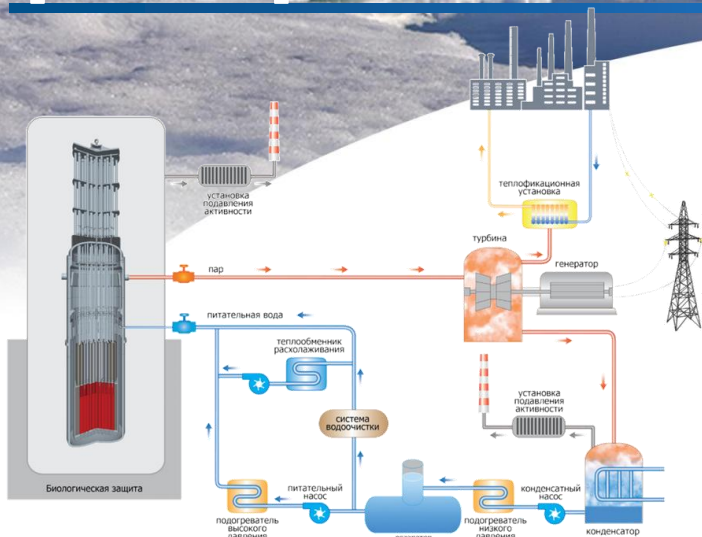


Тип РУ	Реактор водо-водяной под давлением
Компоновка	Интегральная, трехконтурная
Мощность тепловая / электрическая	6,6 МВт(э)
Мощность теплофикационного режима	3,48 МВт(э) и 9 Гкал/час
Периодичность перегрузки	15 лет
Требования к ремонту и тех. поддержке	КИУМ – 0,8. Срок службы – 60 лет

# Мощная линейка кипящих реакторов малой мощности



РОСАТОМ



**KARAT – 40 / KARAT – 100, BK – 300.**

**!** Действующий гражданский прототип  
Потенциал развития: замена действующих мощностей (BK – 50)

**!** Естественная циркуляция во всех режимах

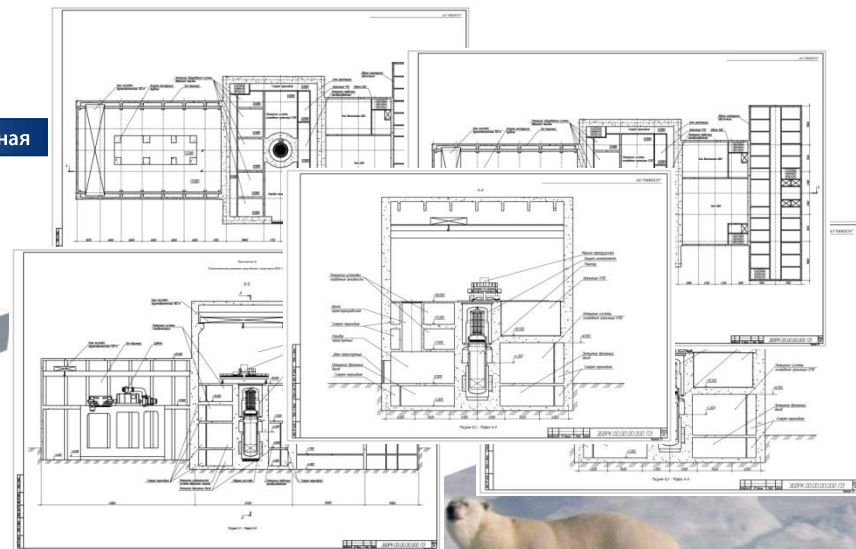
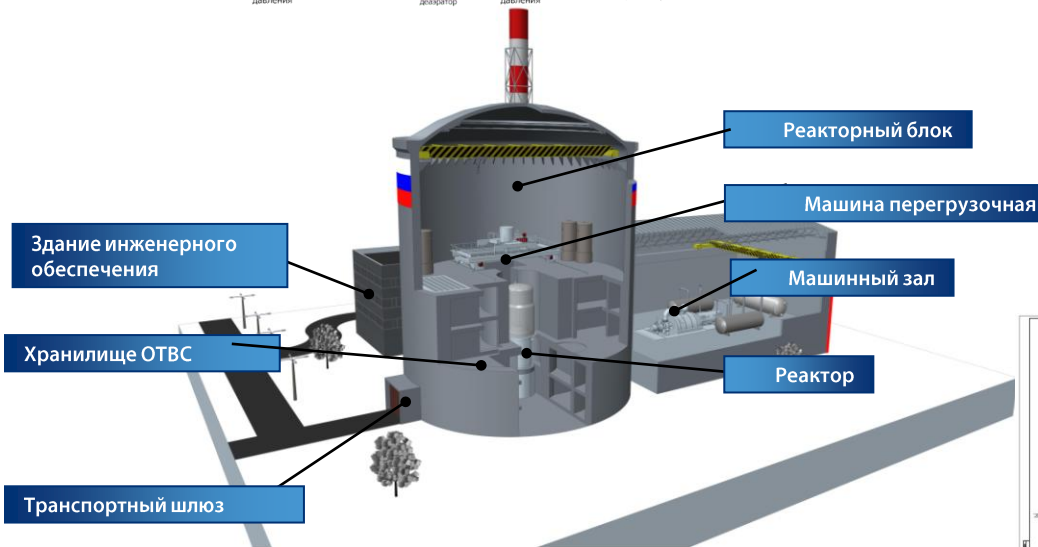
**1** Одноконтурная схема

**!** Статус проекта:

**BK – 300:** Технический проект - 2001 г.

**KARAT – 100:** Техническо-коммерческое предложение – 2014г.

**KARAT – 45:** Техническо-коммерческое предложение – 2015г.





- АО «НИКИЭТ» накоплен практический опыт в области разработки и создания Ядерных Энергетических Установок, применяемых на гражданских объектах и изделиях Военно-Морского Флота.
- Имеющиеся у института проработки вариантов использования ЯЭУ малой мощности на Чукотке, в условиях Крайнего Севера, Арктического побережья, а также накопленный опыт конструирования являются веским основанием для организации полномасштабных работ по созданию АСММ для автономного электрического и теплового снабжения объектов, дислоцируемых в удаленных и труднодоступных районах Крайнего Севера и архипелагов Арктического побережья.