РОСАТОМ

НИКИЭТ им.Н.А.Доллежаля

ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ «РОСАТОМ»

ВОПРОСЫ РЕГИОНАЛЬНОГО (ЛОКАЛЬНОГО) АТОМНОГО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ

Мурманск
Сентябрь 2018 г.

Структура генерации в Российской Федерации[1]

1) НОЦ «ВИЭ» СППУ по материалам Российского энергетического агентства, 2015 г.

Структура генерации в Российской Федерации

РОСАТОМ

Установленная мощность автономных электростанций, МВт [1]						
	Республика Саха (Якутия)	Чукотский АО	Магаданская область	Камчатский край	Сахалинская область	Всего по 5 регионам
Доля автономных источников в структуре энергосети	**14,5%**	**36,2%**	**4,7%**	**23%**	**6,1%**	
Возобновляемые	1,3	-	-	15,7	5,7	22,7
ДЭС, всего	**388,7**	**115,6**	**67,9**	**135,6**	**73,6**	**781,4**
- коммунальные	186,9	60,2	10,4	83,7	29,5	370,7
- производственные	201,8	55,4	57,5	51,9	44,1	410,7

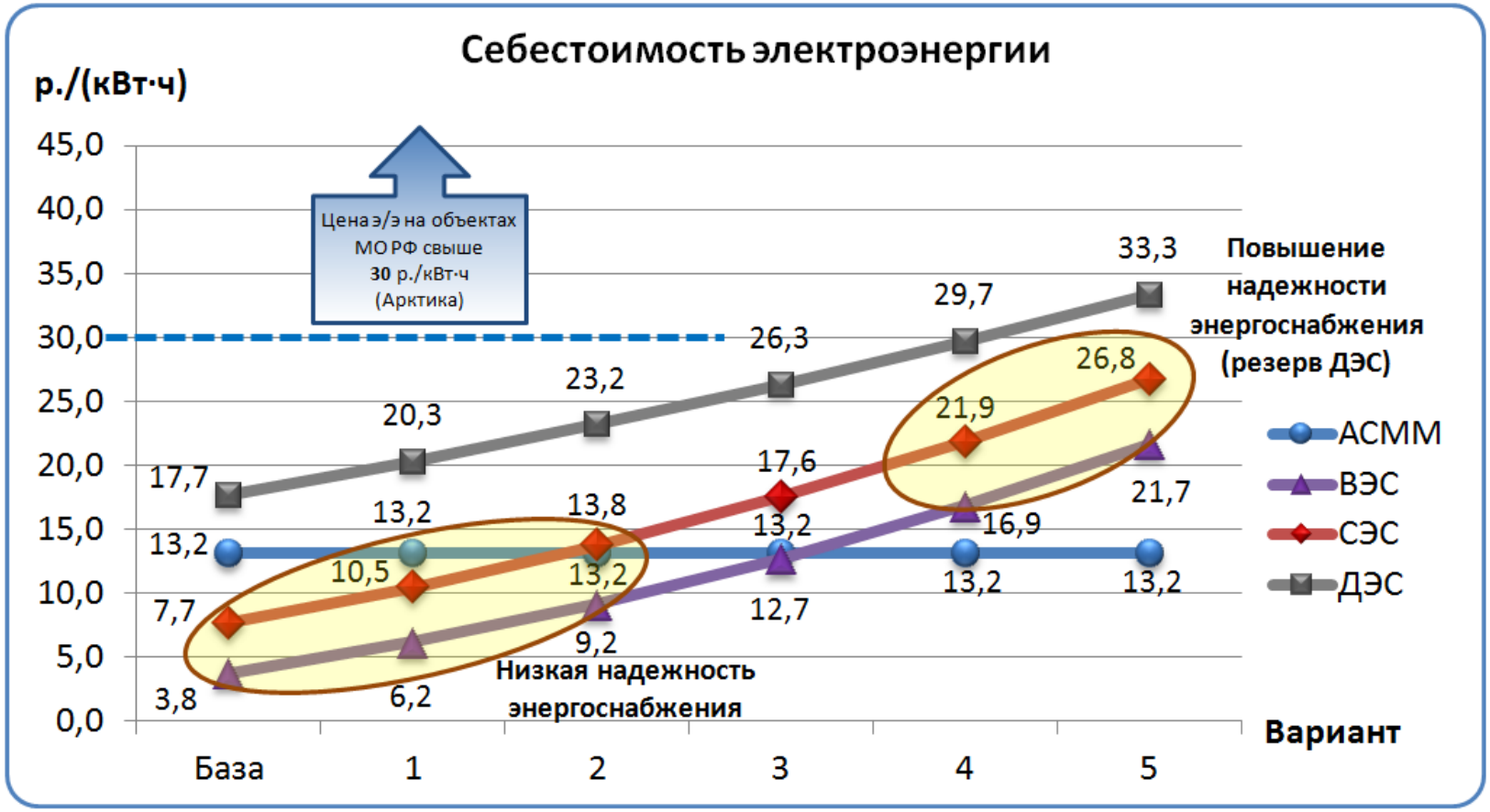
Коэффициенты использования установленной мощности электростанций ЕЭС России и ОЭС в 2016 и 2017 годах

%

	2017 год					2016 год				
	ТЭС	ГЭС	АЭС	ВЭС	СЭС	ТЭС	ГЭС	АЭС	ВЭС	СЭС
ЕЭС России	**46,29**	**42,32**	**83,08**	**14,82**	**14,67**	**46,66**	**42,39**	**81,38**	**5,25**	**13,13**
ОЭС Центра	**38,78**	**27,89**	**84,24**	-	-	40,42	21,87	79,36	-	-
ОЭС Средней Волги	**34,32**	**42,48**	**91,31**	**9,72**	**2,21**	35,58	35,29	95,66	-	-
ОЭС Урала	**55,41**	**40,07**	**78,42**	**5,29**	**13,87**	56,43	35,53	64,58	4,89	12,91
ОЭС Северо-Запада	**43,04**	**54,83**	**73,14**	**1,68**	-	42,62	51,39	75,36	2,82	-
ОЭС Юга	**52,80**	**41,89**	**88,20**	**15,85**	**15,04**	51,94	41,57	91,08	9,28	-
ОЭС Сибири	**46,45**	**42,41**	-	-	**14,32**	45,57	44,97	-	-	13,75
ОЭС Востока	**48,02**	**40,10**	-	-	-	45,46	45,88	-	-	-

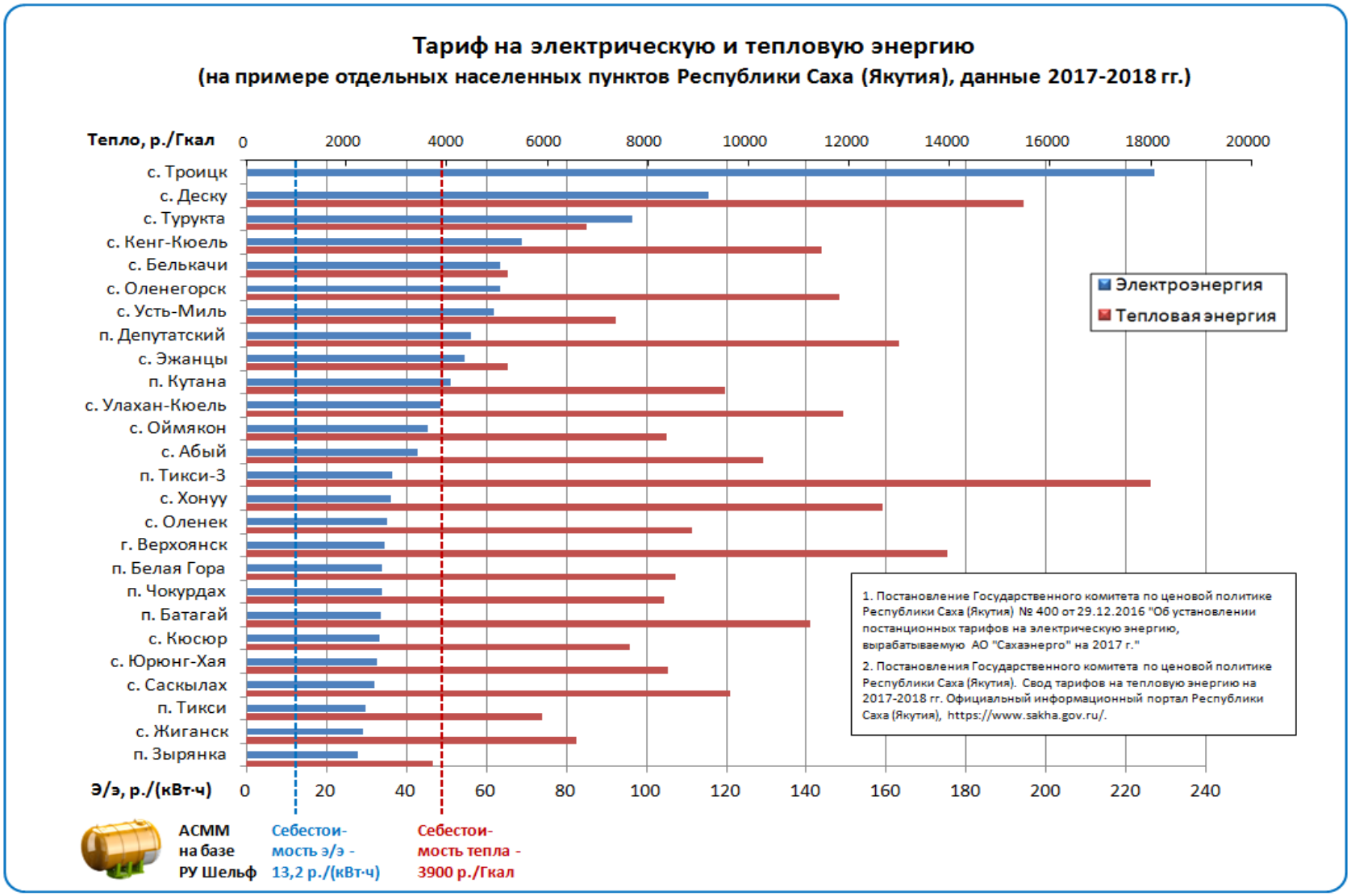
1) Отчет о функционировании ЕЭС России в 2017 году АО «СО ЕЭС»

Изменение себестоимости э/э (АСММ, ВИЭ, ДЭС) в зависимости от взаимного влияния параметров в условиях Арктики



Варьируемые параметры: КИУМ, расход диз. топлива, цена диз. топлива, кап. затраты, эксплуатационные затраты, доля резервирования ВИЭ, расход э/э на с.н., потери в сетях.

Тариф на электрическую и тепловую энергию на примере Республики Саха (Якутия) (2017-2018 гг.)



Опорные зоны развития Арктики

Базовые стратегические документы:

- **«Основы государственной политики в Арктике» (2008);**
- **«Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года» (2013);**
- **«Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации на период до 2020 года» (2014).**

Атомные станции малой мощности

- **Единичная электрическая мощность блока АСММ – 300 МВт (750 МВт тепл.)**

I группа	II группа	III группа
1-20 МВт	20-100 МВт	> 100 МВт
Локальное энергоснабжение населения и малых производств	Местный энергоузел	Региональный энергоузел

- **свыше 100 МВт (э) и менее 300 МВт,** реакторные установки и атомные станции региональной (когенерационной) энергетики. Основное назначение: компенсация областного (краевого) дефицита энергогенерирующих мощностей в пределах крупных производственных центров и городов;

- **от 20 до 100 МВт** – РУ и АЭС на их основе, используемые в качестве местных энергетических узлов районного и городского значения или индивидуального источника энергоснабжения крупных промышленных центров;

- **до 20 МВт** электрических это реакторные установки и АСММ для локального энергоснабжения населения и малых производств. РУ генерируемой эквивалентной электрической мощностью до 10 МВт в силу специфики использования можно дополнительно классифицировать как сверхмалые, основное назначение которых: энергоснабжение единичного потребителя;

- к четвертой группе относятся установки мегаваттного и субмегаваттного класса.

Сферы применения автономных малых атомных энергоисточников

Обеспечение жизнедеятельности постоянно действующих в автономном режиме оборонных и гражданских объектов, расположенных в труднодоступных районах:

- Добывающие, перерабатывающие и производственные энергоемкие объекты, не имеющие собственной генерации;
- Оборонные объекты, включая перспективные виды вооружений;
- Центры и объекты контроля и управления, ГО и ЧС, ситуационные центры;
- Линейные и узловые подстанции электроснабжения железнодорожного сообщения вне зоны сетевой генерации;
- Поселки, города (до 50 тыс. жителей), базы, предприятия, гражданские и оборонные объекты по Северному Морскому пути, включая объекты, расположенные или планируемые к созданию на архипелагах маршрута;

Использование АСММ целесообразно в тех случаях, когда тепло и/или энергогенерация на основе углеводородных видов топлива невозможна по техническим или неэффективна по экономическим причинам.

Преимущества атомных энергетических источников

- **Экономическое превосходство** достигается в условиях децентрализованного энергоснабжения за счет значительного снижения эксплуатационных затрат, формируемых логистической составляющей углеводородного топлива;

- **Экологическая безопасность** достигается за счет существенного сокращения воздействия ЯЭИ на окружающую среду, отсутствие выбросов и «безотходность» процесса генерации, существенного снижения эмиссии парниковых газов;

- **Надежность генерации** обусловлена многолетней практикой эксплуатации ядерных установок-прототипов в интересах Минобороны;

- **Устойчивость при широком спектре внешних воздействующих факторов** (как природно-климатического, так и антропогенного характера) обеспечивается за счет ряда конструкторских решений и возможности подземного (подводного) размещения ЯЭИ;

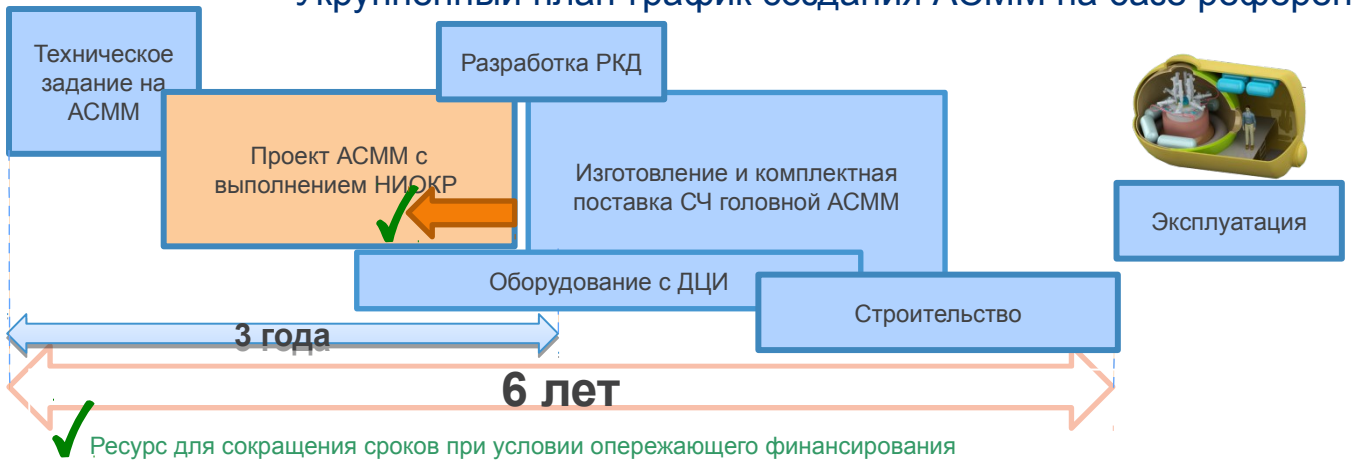
- **Автономность эксплуатации** вследствие длительной кампании активной зоны ЯЭИ и отсутствия зависимости от графиков поставок топлива, в том числе сохранение работоспособности при нарушениях в логистической инфраструктуре региона с его полной изоляцией;

Преимущества атомных энергетических источников

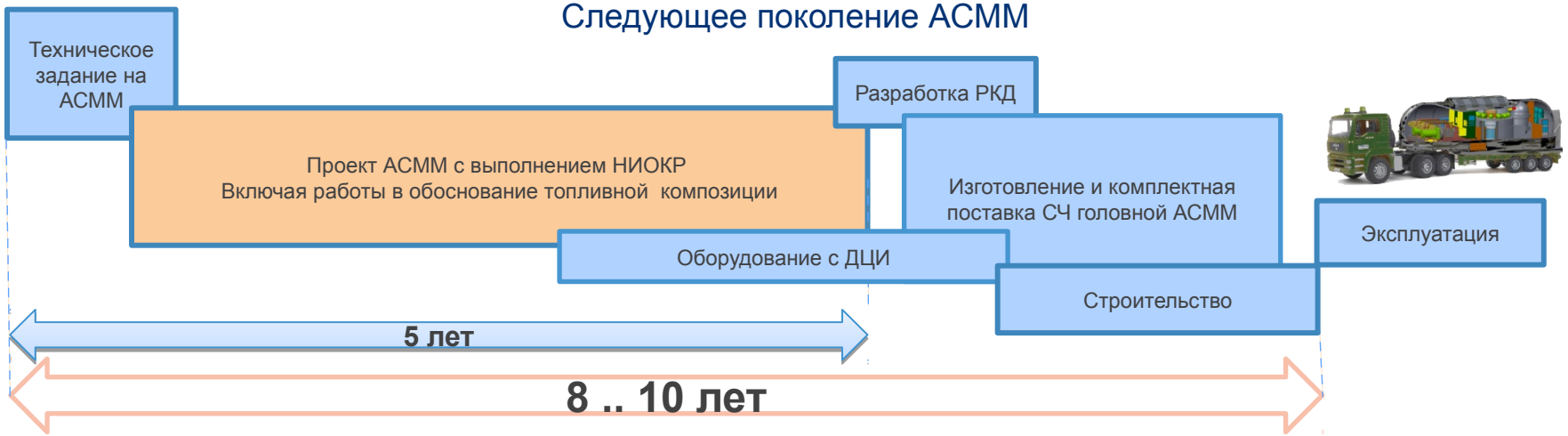
- **Снижение времени возведения АС** за счет модульности энергоустановки и ограничения работ по капитальному строительству на площадке размещения;
- Возможность **оперативного наращивания генерируемых мощностей** за счет размещения дополнительных модулей;
- Возможность **реализации серийного производства** с полным циклом заводской отработки и испытаний;
- **Уменьшение размеров зоны реагирования** и зоны планирования защитных мероприятий при аварийных ситуациях;
- **Снижение специальных требований к площадке размещения** (климатических, социальных и т.д.);
- **Возможность транспортирования сверхмалых АСММ** в подготовленном к работе состоянии

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



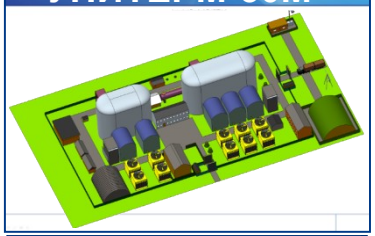
Реакторные установки для АСММ АО «НИКИЭТ» различной стадии проработки

РОСАТОМ

ВИТЯЗЬ

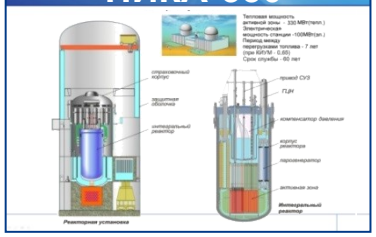
АТГОР

УНИТЕРМ-30М



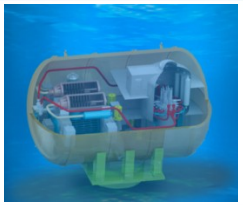
ВК - 300

НИКА-330

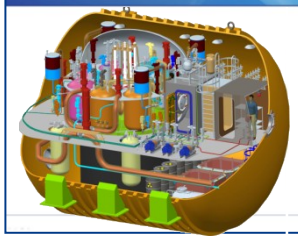


1 МВт | 1-10 МВт | 10-50 МВт | > 100 МВт

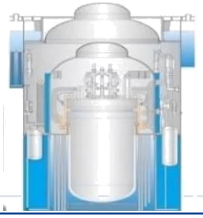
ШЕЛЬФ-10



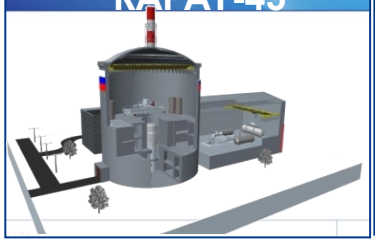
ШЕЛЬФ



НИКА - 70



КАРАТ-45



КАРАТ-100

Блочная транспортабельная АСММ на базе РУ «Витязь»

Блочная транспортабельная энергоустановка электрической мощностью 1 МВт представляет собой интегральную реакторную установку с водой под давлением.

- АСММ на базе РУ Витязь предназначена для локального энергообеспечения потребителя в районах с децентрализованным энергоснабжением.
- Возможна поставка в виде функциональной и готовой к эксплуатации АСММ в составе 4 транспортабельных модулей на базе полуприцепа. «РУ + ТГУ + АСУ ТП + ТОО»
- Референтность принятых технических решений РУ «Витязь» обеспечивается находящимися в эксплуатации объектами Военно-Морского флота России.

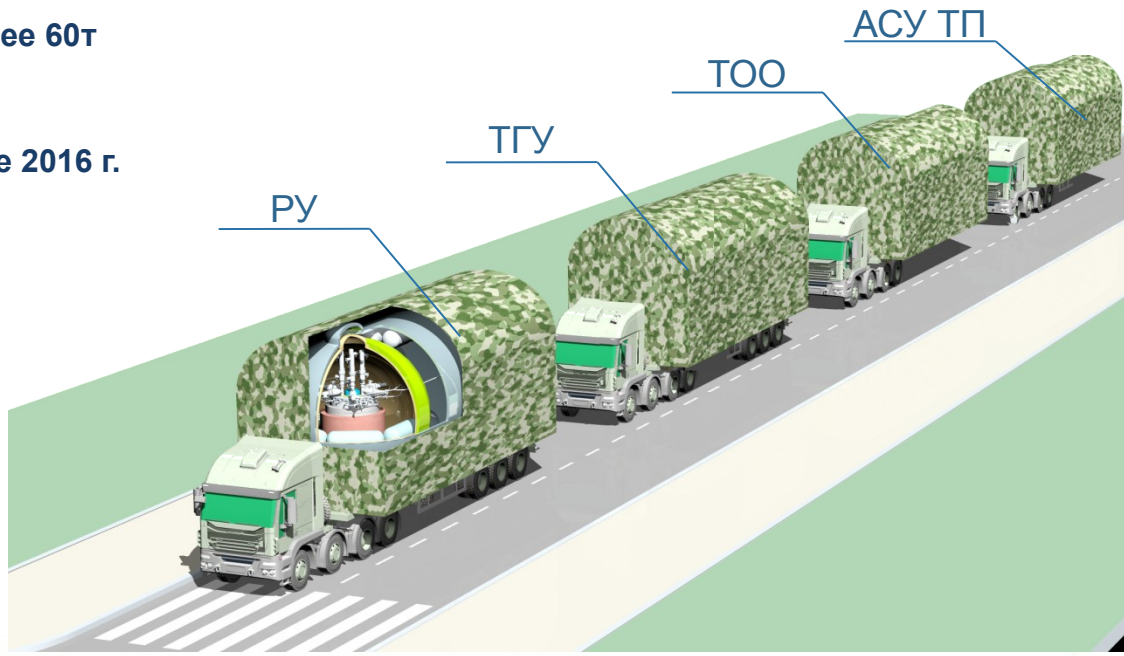
Заводское изготовления энергоблока

Вес транспортабельного модуля – не более 60т

Кампания и срок эксплуатации – 6 лет

Статус проекта: Техническое предложение 2016 г.

Тип РУ	**Интегральная водо-водяная**
Компоновка	**Блочная транспортабельная**
Мощность тепловая / электрическая	**6 МВт(т) / 1 МВт(э)**
Периодичность перегрузки	**6 лет**
Система сброса неиспользованного тепла	**Охлаждение – воздушное с механической прокачкой воздуха. Местных источников воды не требуется.**



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°С) (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

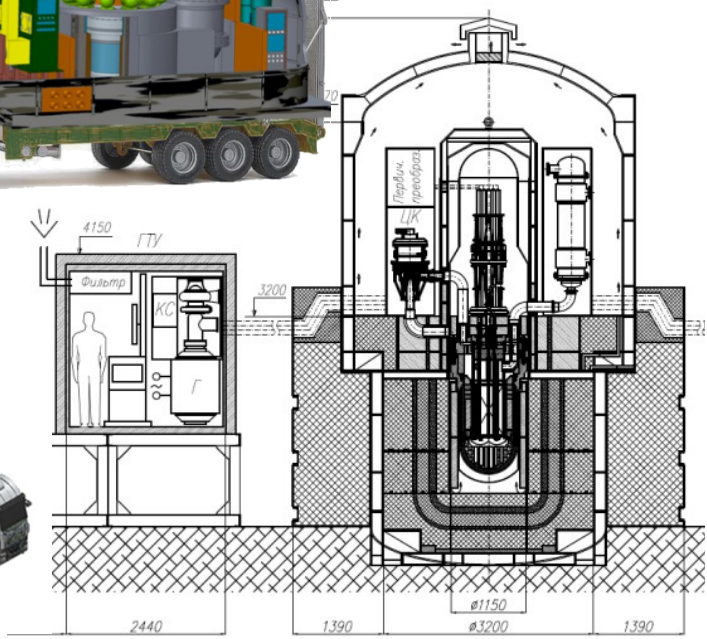
Кампания и срок эксплуатации – 10 лет

Эксплуатация во всех климатических зонах

Статус проекта: Концепт-проект. 2016 г.

Исполнение ТАСММ

АСММ
Наземное исполнение



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

АСММ на базе РУ «Унитерм»

РОСАТОМ

Основным элементом АСММ «Унитерм» является автономная длительного действия реакторная установка с мощностью оного 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.

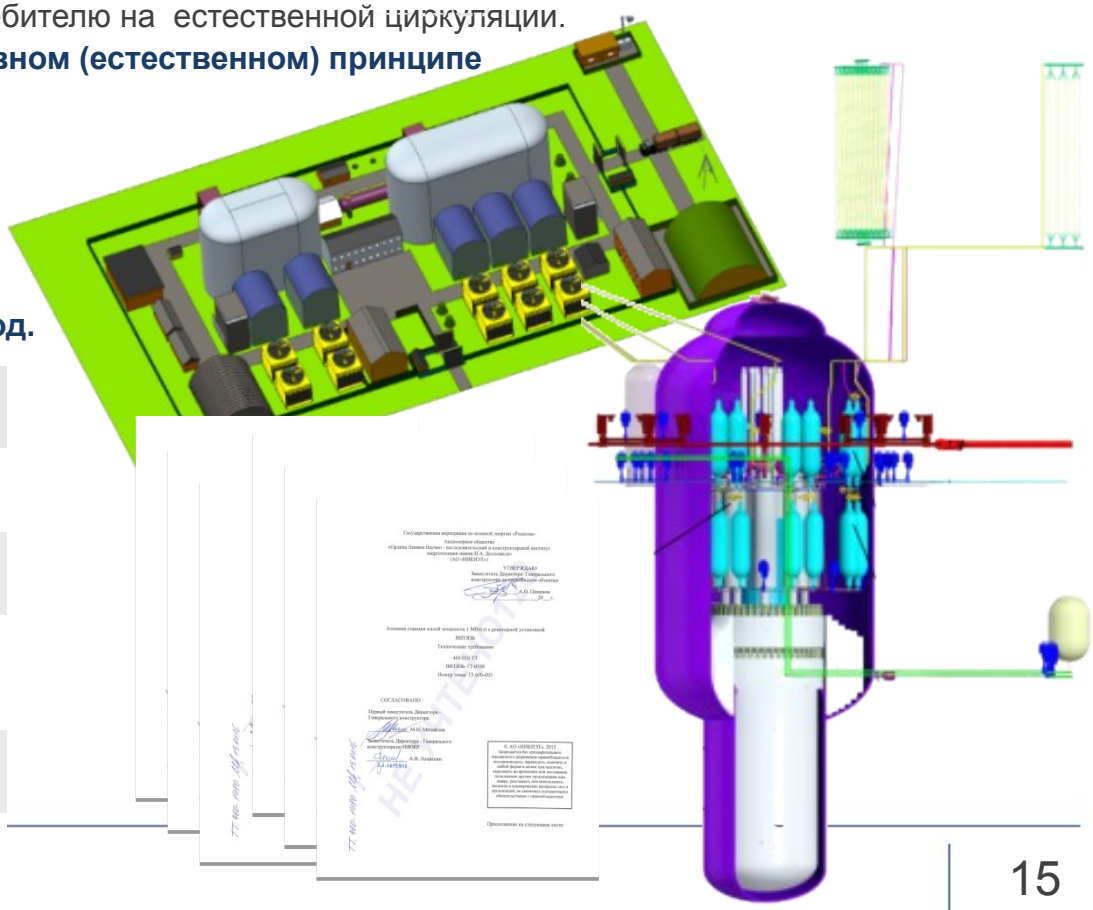
Система управления и безопасности на пассивном (естественном) принципе

Кампания активной зоны – 15 лет

Трехконтурная схема передачи тепла

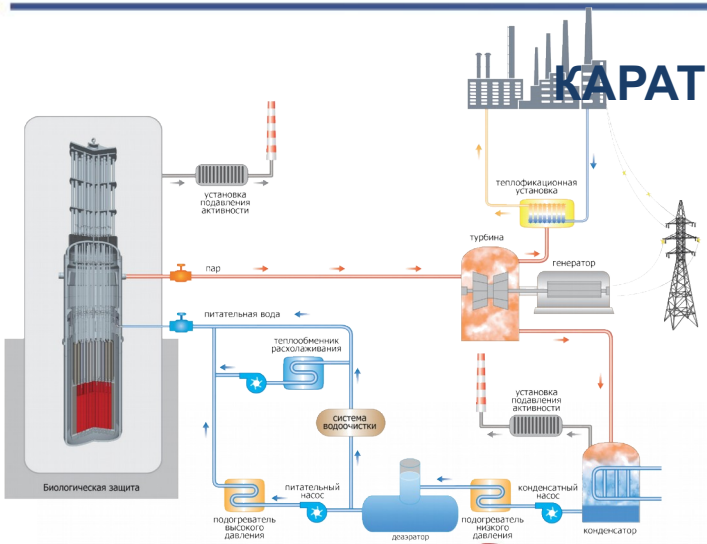
Статус проекта:
Техническое предложение – 2012 год,
Обликовый проект АСММ 30 МВт - 2015 год.

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**



Мощностная линейка кипящих реакторов малой мощности

КАРАТ – 40 / КАРАТ – 100, ВК – 300.

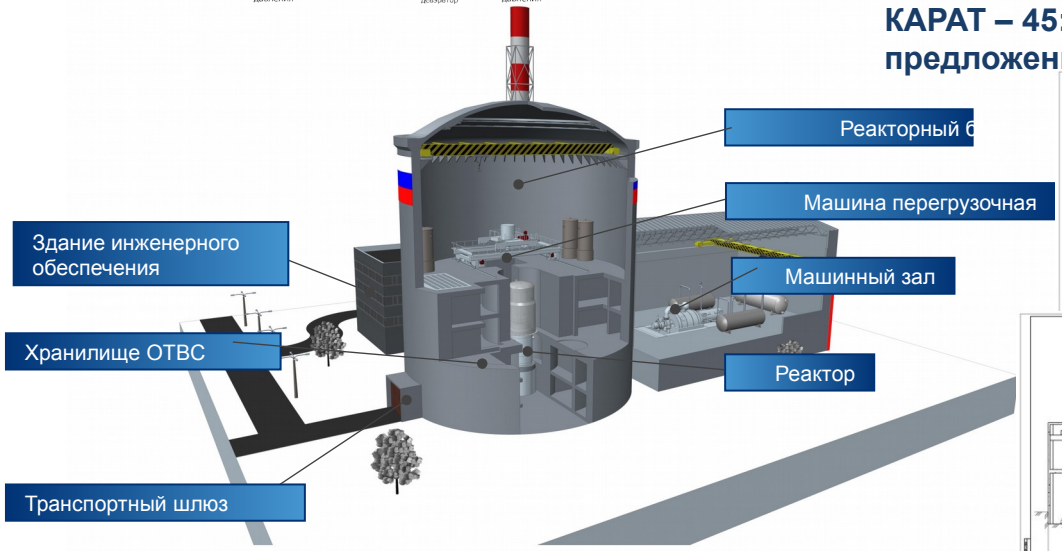


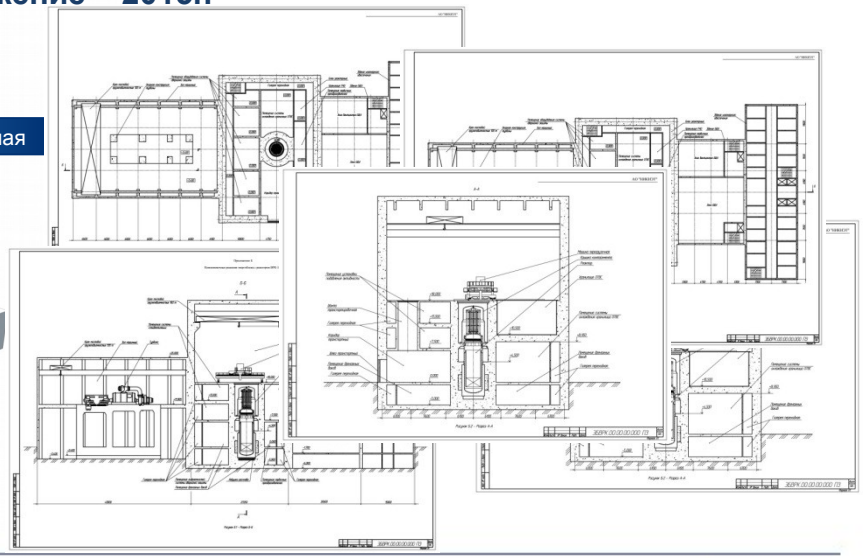
Действующий гражданский прототип
Потенциал развития: замена действующих мощностей (ВК – 50)

Естественная циркуляция во всех режимах

Одноконтурная схема

Статус проекта:
ВК – 300: Технический проект - 2001 г.
КАРАТ – 100: Техническо-коммерческое предложение – 2014г.
КАРАТ – 45: Техническо-коммерческое предложение – 2015г.

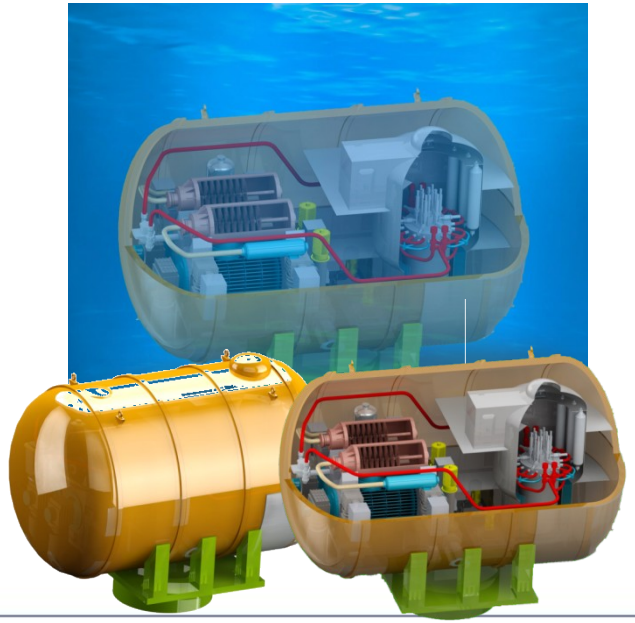




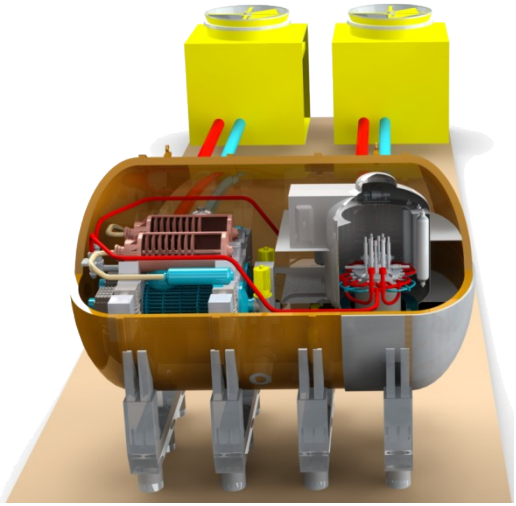
АСММ на базе реакторной установки «Шельф»

- 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 объектами.

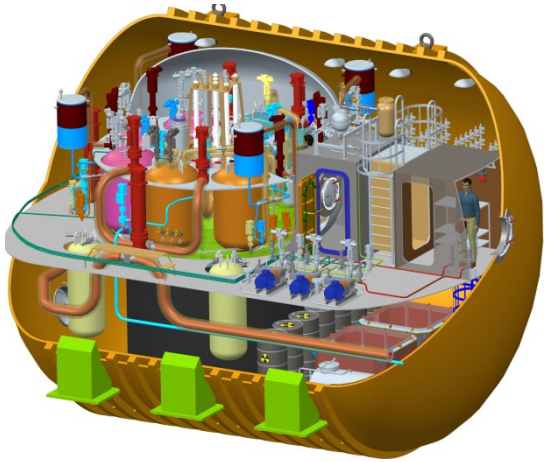
Подводное исполнение «РУ + ТГУ»



Наземное исполнение «РУ + ТГУ»

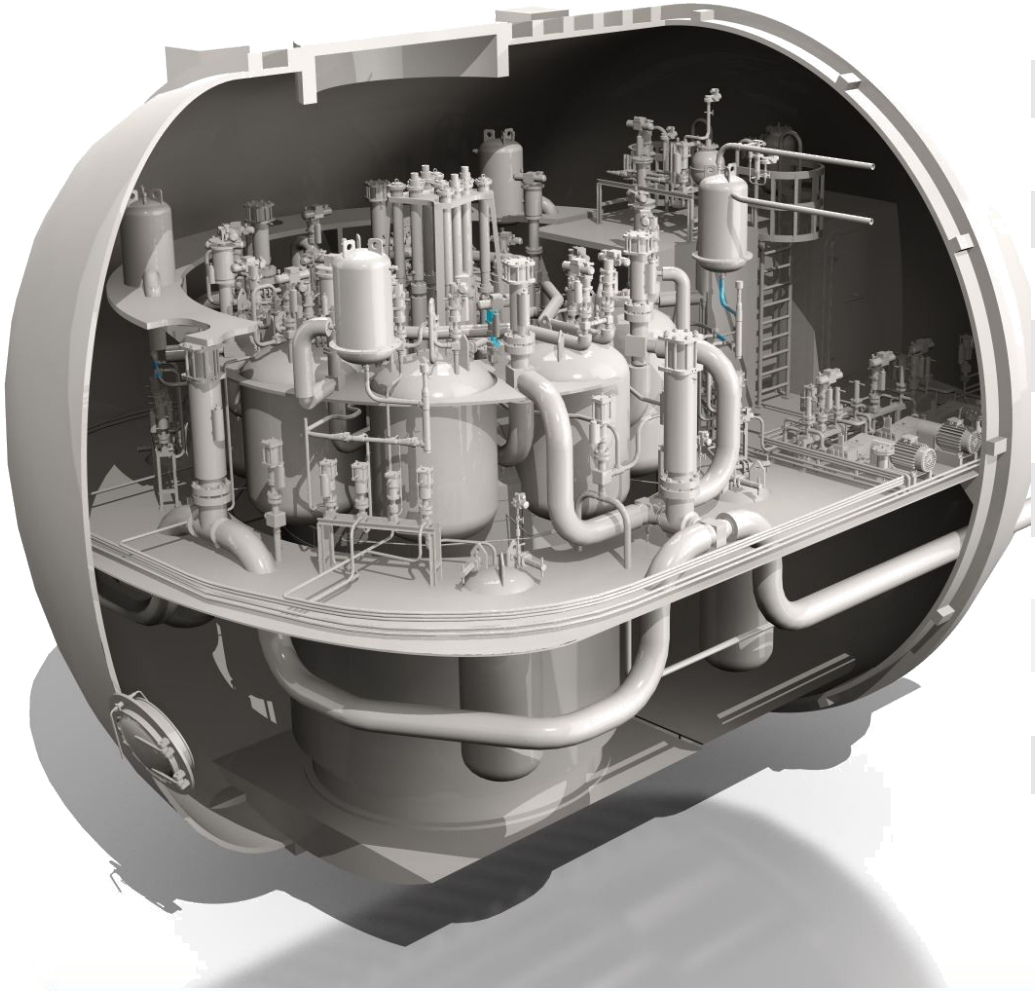


Наземное исполнение «РУ»



Энергокапсула с реакторной установкой

Энергоблок на базе РУ Шельф предназначен для энергообеспечения объектов различного назначения в удаленных и труднодоступных районах с децентрализованным энергоснабжением.



Техническая характеристика

Тип реактора	Реактор водо-водяной под давлением
Компоновка	Интегральная, двухконтурная
Тепловая мощность реактора	28.4 МВт
Мощность электрическая	6,6 МВт
Кампания а.з.	до 44 000 эффективных часов.
Периодичность перегрузки	до 6 лет
Требования к ремонту и тех. поддержке	КИУМ – до 0,8 Срок службы до заводского ремонта – 12 лет
Срок службы РУ	60 лет
Маневренность	20% - 100% Nном Скорость изменения паропроизводительности - до 1 %/с.
Габарит	Диаметр – 8м, длина – 10 (исп. «РУ»)
Масса энергокапсулы	до 400 т.

Предварительные показатели экономической эффективности ЭБ на базе РУ «Шельф»

Параметр	Значение	
	Головной*	Серийный*
Площадка размещения	Арктика	Арктика
КВЛ одного ЭБ (без НДС)**, млрд р.	6,7	5,2
Эксплуатационные затраты на ЭБ***, млн р./год	540	494
Себестоимость электроэнергии, р./кВтч	14,3	13,2
Простые показатели эффективности		
Простой срок окупаемости, лет	13	11
в т.ч. с момента ввода в эксплуатацию	10	8
Чистый доход за срок проекта, млн р.	38020	40050
Дисконтированные показатели эффективности		
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 р.	4510	5850
Индекс доходности дисконтированных инвестиций, ед.	1,7	2,5
Внутренняя норма доходности, %	9,3	12,0

* В ценах 2016 г.
** Без затрат на НИОКР, транспортировку, вспомогательные здания и сооружения.
*** С учетом налога на имущество, до уплаты налога на прибыль.

Сроки и стоимость реализации проекта энергоблока АСММ на базе РУ «Шельф» (в ценах 2016 г.)

Параметр	Стоимость головного энергоблока АСММ на базе РУ «Шельф», млн р. (без НДС, в ценах 2016 г.)						
	1 год	2 год	3 год	4 год	5 год	6 год	Итого
НИОКР всего (КД ТП)	600,0	550,0	100,0				1250,0
• установка реакторная	250,0	200,0	50,0				500,0
• система преобразования	100,0	100,0	20,0				220,0
• основные системы и оборудование	200,0	200,0	20,0				420,0
• вспомогательные системы и оборудование	50,0	50,0	10,0				110,0
Капитальные вложения			1600,0	1700,0	2130,0	1300,0	6730,0
Проектно-сметная документация	200,0	220,0	20,0	20,0	20,0	20,0	500,0
Прочие	120,0	150,0	150,0	80,0	80,0	80,0	660,0
Первая топливная загрузка						700	700
Итого	920,0	920,0	1870,0	1800,0	2230,0	2100,0	9840,0

Реализация проекта АСММ на базе РУ «Шельф»
Укрупненный план-график

РОСАТОМ

Укрупненный план-график создания АСММ

Проект АСММ с выполнением НИОКР

Разработка РКД

Изготовление и комплектная поставка СЧ головной АСММ

Оборудование с ДЦИ

Строительство

1* Эксплуатация

Строительство 2

Строительство 3

Строительство 4

Строительство 5

ЭТАП 1
Разработка и проектирование

ЭТАП 2
Строительство

ЭТАП 3
Эксплуатация головного блока

ЭТАП 4
Серийная реализация

2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027

Головной образец:

Нормы и правила Минобороны России (Управление Государственного надзора за ядерной и радиационной безопасностью)

Серийный образец

Выбор базы для формирования нового комплекта ФНП АСММ

Корректировка и применение общестанционных ФНП

Корректировка и расширение ФНП исследовательских аппаратов

Формирование отдельного комплекта документации АСММ

ФНП АЭС

ФНП ИР

ФНП АСММ

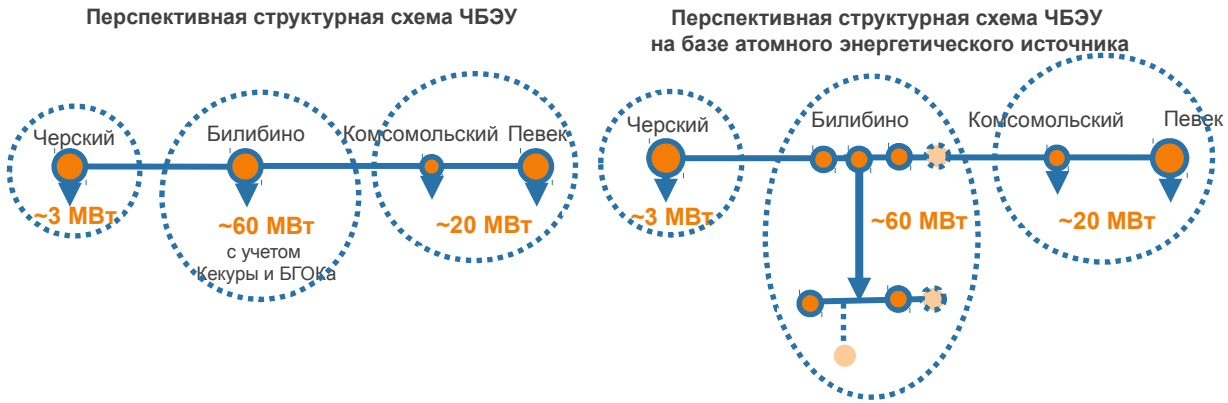
Нормы, правила и рекомендации МАГАТЭ

НИКИЭТ им.Н.А.Доллежаля

*Подтверждение характеристик. Принятие решения о реализации серии.

Варианты реализации проекта АСММ на базе унифицированной РУ

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



+ 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.	30,2	56,1	90,3

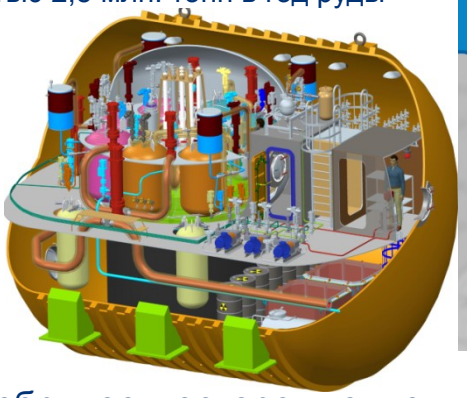
Варианты реализации проекта АСММ на базе унифицированной РУ

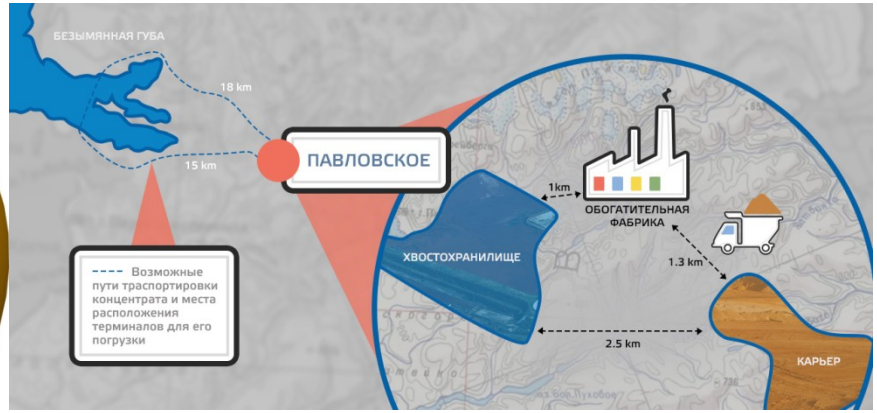
- **Организация энергоснабжения на разрабатываемых месторождениях**

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**

Варианты реализации проекта АСММ на базе унифицированной РУ

- **Межотраслевая кооперация с целью реализации головного образца гражданского исполнения**

Преимущества создания головного образца АСММ на базе и территории ЦС «Звездочка»

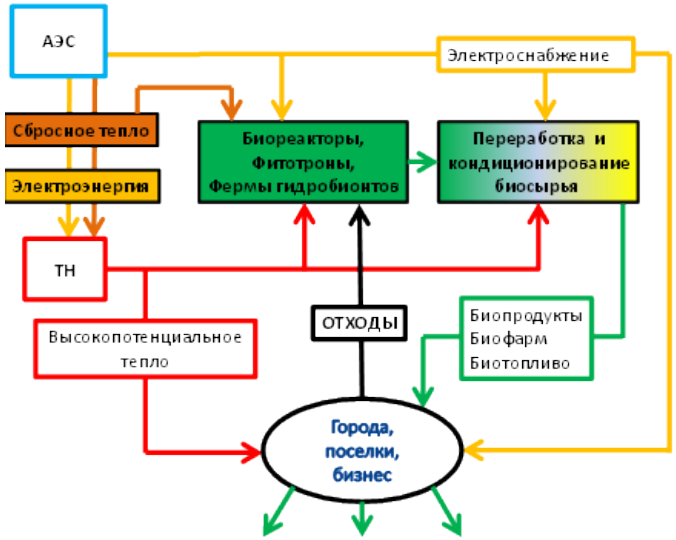
- Повышение энерговооруженности действующего производства, нехватка мощности действующих сетей;
- Наличие квалифицированного эксплуатационного и ремонтного персонала с опытом обращения с установками-прототипами;
- Сокращение капитальных затрат на создание АСММ за счет использования существующей и действующей инфраструктуры физической защиты, обращения с РАО.
- Отсутствие необходимости многократного резервирования источника энергоснабжения за счет использования существующей структуры обеспечения
- Создание гражданского референтного энергоблока наземного исполнения в виде демонстрационного объекта для выхода на международный рынок с действующим объектом

Вариант оптимизации тепловой схемы АСММ с использованием модульных аграрных платформ

РОСАТОМ

- **Создание многофункциональных пристанционных агробиокомплексов (АБК)**

- Повышение доступности качественной сельскохозяйственной продукции в удаленных и северных регионах без привязки к климатическим условиям
- Создание замкнутого (пристанционного) биологического цикла переработки отходов.
- Повышение эффективности системы генерации АЭС за счет полезного использования сбросного тепа.
- Модульная компоновка АБК, позволяющая организовать выращивание и поставку различной продукции, включая микроводоросли (спирулину)



Выводы

Применение АСММ позволяет автономно, эффективно и надежно обеспечить электроэнергетическое и тепловое снабжение гражданских и оборонных объектов, дислоцируемых в удаленных и труднодоступных районах Заполярья, крайнего Севера, материковой зоны и архипелагов Арктики.

В организациях ЯОК накоплен практический опыт в области создания Ядерных Энергетических Установок, применяемых на объектах и изделиях Военно-Морского Флота и конструируемых для аэрокосмического комплекса Российской Федерации, а также Ядерных Энергетических Установок специального назначения.

АО «НИКИЭТ»:

- имеет ЦОД производительностью 128 Тфлоп/с для численного моделирования;
- обладает необходимыми производственными площадями, технологиями, специалистами и кооперационными связями по всему циклу работ создания АСММ от ТЗ до поставки;
- ведёт проекты и работы с использованием системы качества по стандарту ИСО 9000 и системе стандартизации ВВТ;
- работы для МО ведутся под контролем представительства Заказчика.