

Отечественные солнечные модули для электроснабжения арктических территорий.

Теруков Е.И.

Зам.генерального директора по науке

ООО «НТЦ тонкопленочных технологий в энергетике», Санкт-Петербург,
Россия

ООО «Хевел», Новочебоксарск, Россия

ООО «Юнигрин Энерджи», Россия



ГК Хевел и Юнигрин: структура компании

ПРОИЗВОДСТВО – завод ХЕВЕЛ (Новочебоксарск)



- >500 МВт/год
- НТТ ФЭП и ФЭМ с 2016
- Две фазы расширения производства ФЭП
- Три фазы омоложений производства ФЭМ

ГК Хевел и Юнигрин (Москва)



- Управление ГК
- Проектирование СЭС и управление строительством СЭС
- Операционное управление СЭС

ПРОИЗВОДСТВО – завод ЭНКОР (Калининград)



- 1,3 ГВт пластин моно кремния
- 1 ГВт ФЭП НТТ

Научно-Технический Центр (Санкт-Петербург)



- Разработка и внедрение технологических процессов и материалов
- Разработка технологии ФЭП и конструкции ФЭМ
- НИОКР, перспективные технологии

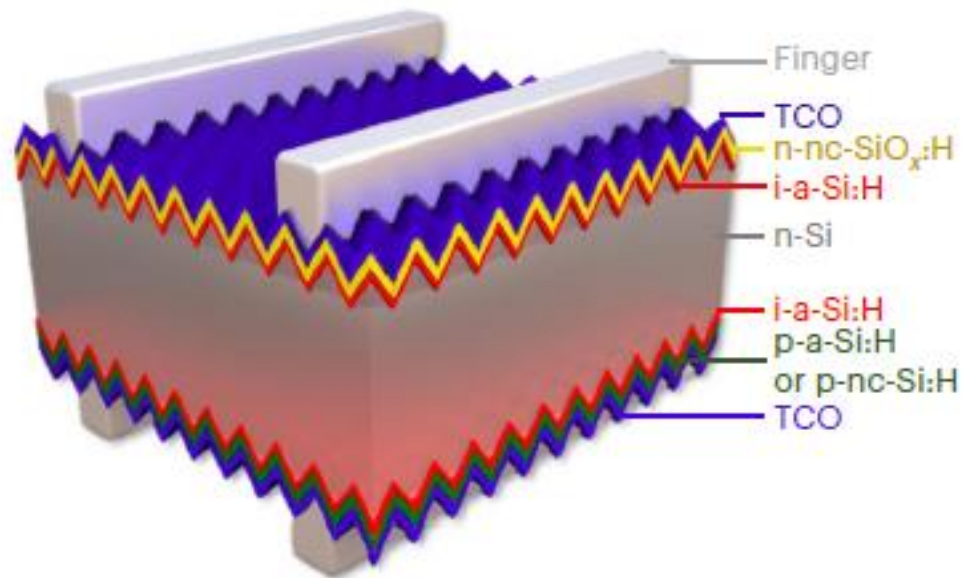
Собственная технология кремниевых гетероструктурных ФЭП и ФЭМ

Производство кремниевых слитков и пластин ООО «Энкор» (г.Черняховск, Калининградская область).

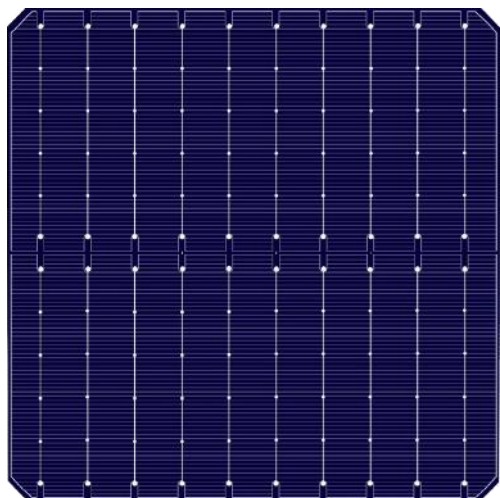


Гетероструктурная кремниевая технология (HJT)

Структура HJT



H. Lin, Nature Energy, 8, 789(2023)



Формат ФЭП

M6 – 166×166 мм²

M10 – 182×182 мм²

Процесс HJT



Особенности процесса

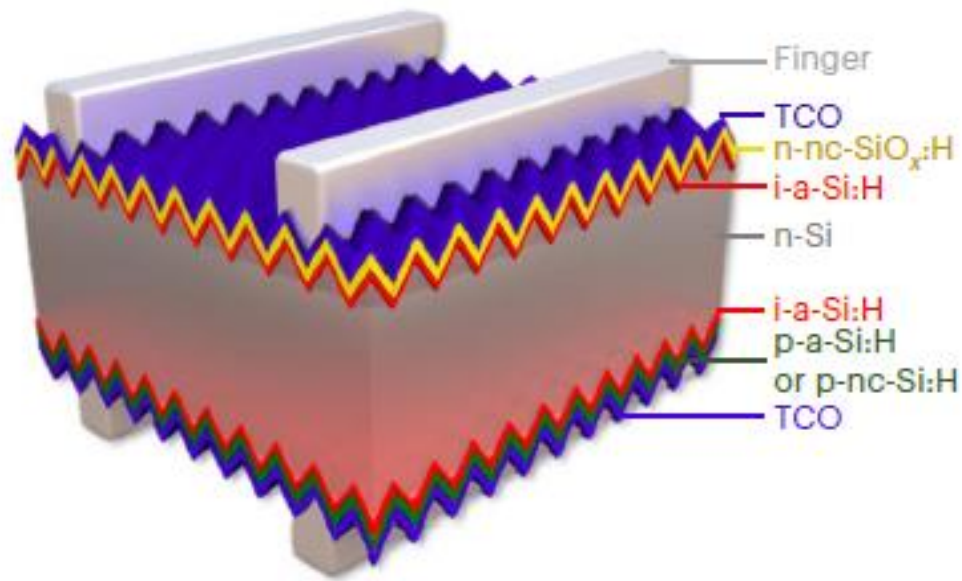
- Химическая очистка и текстурирование поверхности
- Двусторонняя пассивация c-Si слоями i-a-Si:H и создание гетероперехода a-Si:H(p)/c-Si методом PECVD
- Осаждение токопроводящих прозрачных слоев ITO методом PVD
- Двусторонняя трафаретная печать контактной сетки низкотемпературной серебряной пастой, сушка и отжиг
- Процесс светового (лазерного) отжига для улучшения пассивации поверхности

Преимущества

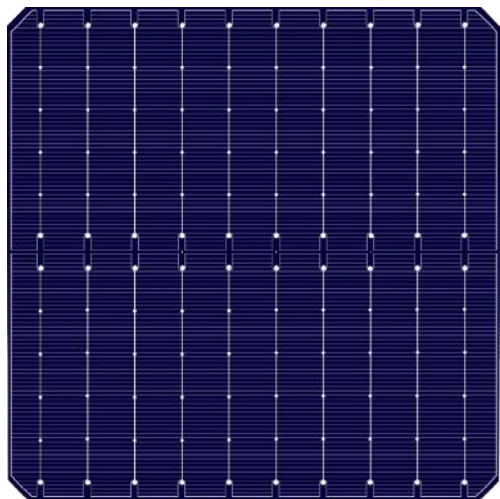
- Высококачественная пассивация поверхности ($V_{oc} \approx 750$ mV)
- Малое количество технологических операций
- Низкотемпературный процесс ($< 230^\circ\text{C}$)
- Использование ультратонких пластин

Гетероструктурная кремниевая технология (HJT)

Структура HJT



H. Lin, Nature Energy, 8, 789(2023)

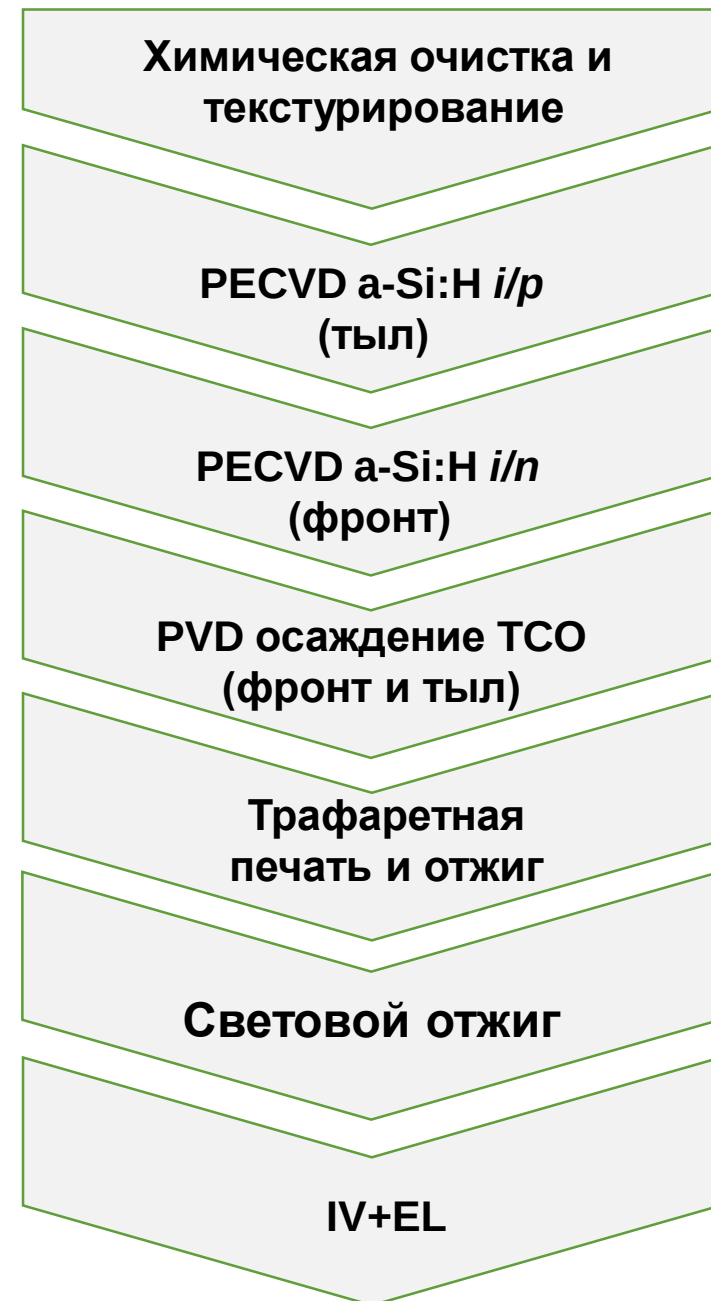


Формат ФЭП

M6 – 166×166 мм²

M10 – 182×182 мм²

Процесс HJT



Особенности процесса

- Химическая очистка и текстурирование поверхности
- Двусторонняя пассивация c-Si слоями i-a-Si:H и создание гетероперехода a-Si:H(p)/c-Si методом PECVD
- Осаждение токопроводящих прозрачных слоев ITO методом PVD
- Двусторонняя трафаретная печать контактной сетки низкотемпературной серебряной пастой, сушка и отжиг
- Процесс светового (лазерного) отжига для улучшения пассивации поверхности

Преимущества

- Высококачественная пассивация поверхности ($V_{oc} \approx 750$ mV)
- Малое количество технологических операций
- Низкотемпературный процесс ($< 230^\circ\text{C}$)
- Использование ультратонких пластин



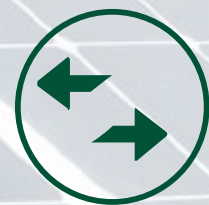
ПОВЫШЕННАЯ ВЫРАБОТКА

До +20% в условиях жаркого климата и слабого освещения



СНИЖЕННАЯ ДЕГРАДАЦИЯ

отсутствие деградации, вызванной освещением



МАКСИМАЛЬНАЯ ДВУСТОРОННЯЯ ВЫРАБОТКА

крайне высокая эффективность выработки тыльной стороны



МИНИМАЛЬНЫЙ ТЕМПЕРАТУРНЫЙ КОЭФФ.

меньшие потери мощности при высоких температурах



ЭСТЕТИЧНЫЙ ДИЗАЙН

идеально вписывается в ландшафт и архитектуру

ТЕКУЩАЯ ПРОДУКТОВАЯ ЛИНЕЙКА

Крышные СЭС, коммерческие и промышленные установки



МОЩНОСТЬ
345-355 Вт

КОНФИГУРАЦИЯ
66 G1 ячеек,
двусторонний

ГАРАНТИЯ*
15 лет / 30 лет



МОЩНОСТЬ
440-450 Вт

КОНФИГУРАЦИЯ
144 половинчатых M6
ячеек, двусторонний

ГАРАНТИЯ*
15 лет / 30 лет

ПЕРСПЕКТИВНАЯ ПРОДУКТОВАЯ ЛИНЕЙКА

Сетевые СЭС,
промышленные установки



МОЩНОСТЬ
540-560 Вт

КОНФИГУРАЦИЯ
144 половинчатых M10
ячеек, двусторонний

ГАРАНТИЯ*
15 лет / 30 лет

МОЩНОСТЬ
615-635 Вт

КОНФИГУРАЦИЯ
120 половинчатых G12
ячеек, двусторонний

ГАРАНТИЯ*
15 лет / 30 лет

ГК Хевел: Реализованные проекты солнечной энергетики

Крупные СЭС на основе гетероструктурной технологии ФЭМ в РФ

Limansky Solar Power Plant. Astrakhan Region



Yashkul Solar Power Plant, Republic of Kalmykia



Nura Solar Power Plant. Republic of Kazakhstan
One of the largest solar power plants in the CIS



- Алтай – 120 МВт
- Бурятия – 70 МВт
- Калмыкия – 120 МВт
- Астраханская – 165 МВт
- Оренбургская – 140 МВт
- Саратовская – 150 МВт

Разработки в области ВИЭ

Burzyansky Solar Power Plant. Republic of Bashkortostan
Russia's largest solar power plant with industrial energy storage

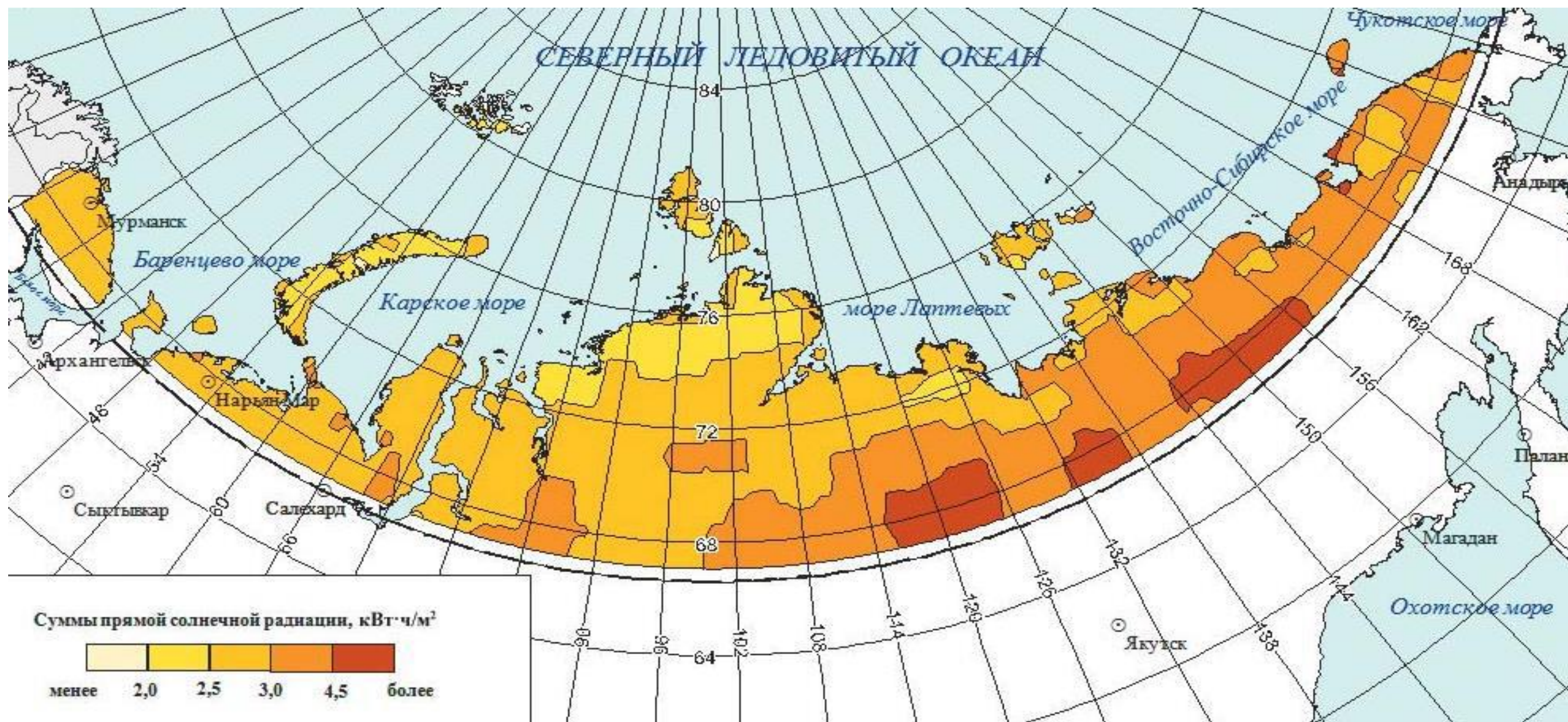


Republic of Tuva, villages of Mugur-Aksy and Kyzyl-Khaya (pop. 6,000)
Stand-alone diesel-solar power plant



ГК Хевел реализовано более 100 проектов с общей установленной мощностью >1.5 ГВт

Солнечная энергия в Арктике



Карта построена по данным NASA н.с. НИЛ ВИЭ
 Географического факультета МГУ Ю. Ю. Рафиковой

Современное состояние распределенной энергетики в АЗРФ

Суммарная установленная мощность Дизельных электростанций (ДЭС) в зоне АЗРФ составляет по разным оценкам порядка **1,8 ГВт**, из которых около 500 МВт приходится на ДЭС общего пользования.

Дизельные электростанции в Ненецком АО вырабатывают более 2/3 всей энергии (до 80%), в Республике Саха (Якутия) - около 1/5, в Чукотском АО - порядка 1/3 всей энергии, произведенной в этих регионах. ТЭС в Республике Саха (Якутия) вырабатывают порядка половины всей электроэнергии, потребляемой в Республике и в северных районах Красноярского края и порядка 1/3 в Чукотском АО. Часть спроса на энергию в НАО и ЯНАО покрывается за счет поставок энергии из других регионов

Анализ статистической информации о функционирующих в настоящее время и запланированных к реализации объектов генерации с использованием энергии возобновляемых источников, а также комбинированных энергоустановок (с использованием дизельного топлива) на территории АЗРФ показал, что в настоящее время в регионе действует около **75 установок и систем энергоснабжения с использованием возобновляемых источников энергии** суммарной установленной электрической мощностью порядка 104 МВт, в том числе:

МГЭС – 94 МВт, ВЭС – 7,2 МВт, СЭС – 1,2 МВт, ПЭС – 1,7 МВт

Потенциал гелиоэнергетических ресурсов в Арктике

Среднегодовое дневное поступление энергии прямого солнечного излучения в Арктике варьируется от 2 до 5 кВт·ч/м² в день. Этот энергетический потенциал солнечной энергии существенен и пригоден для практического использования.

В ясные летние дни во многих районах Арктики поступление солнечной энергии на неподвижные ориентированные на юг приемные поверхности с оптимальным углом наклона к горизонту могут достигать 6 - 8 кВт·ч/м² в день, что соизмеримо с поступлениями энергии солнечного излучения в южных районах страны

Автономная гибридная энергоустановка (АГЭУ): комплексное решение проблем изолированной генерации

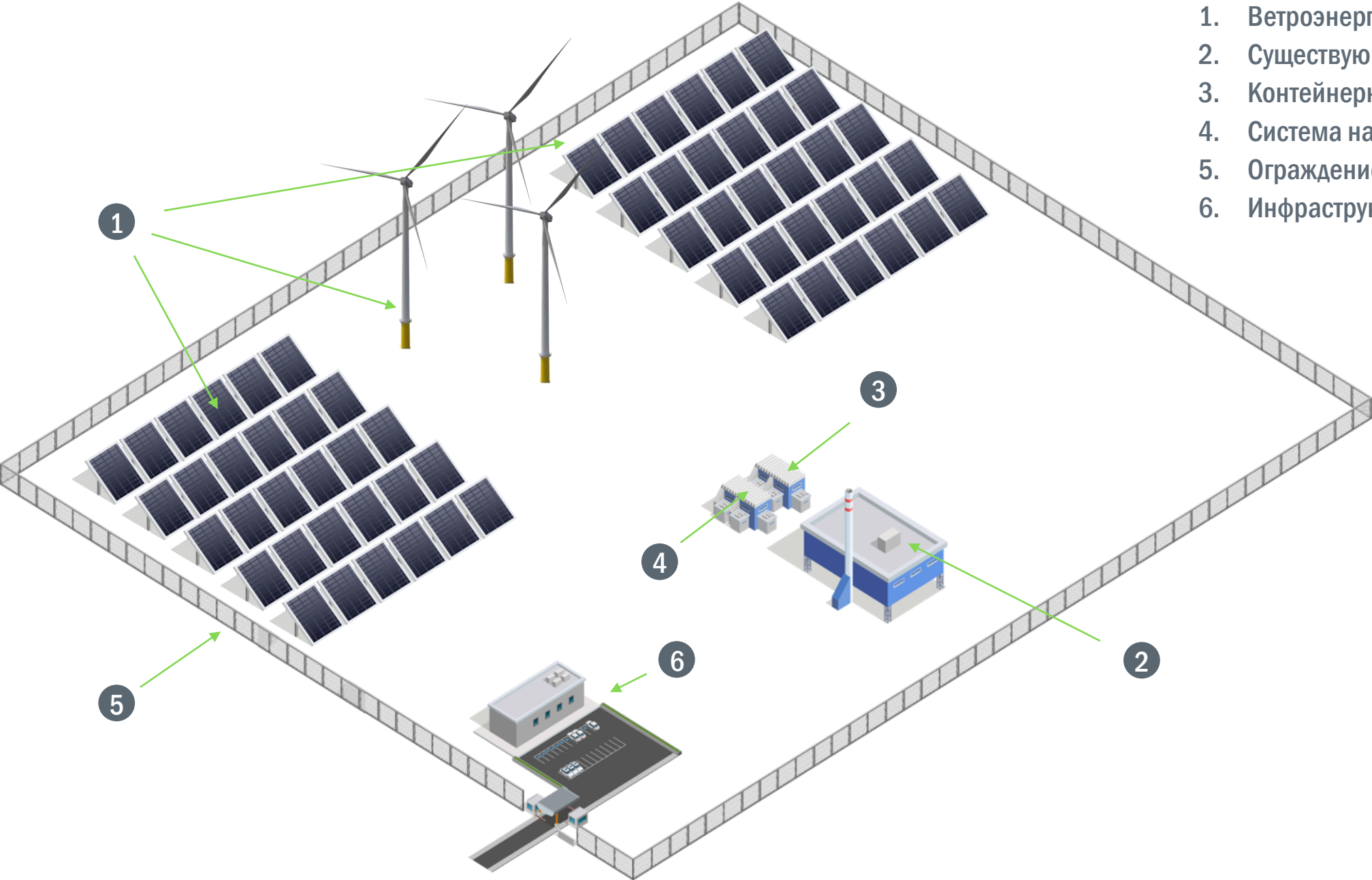


Автономные гибридные дизель-солнечные или ветро-дизельные энергоустановки предназначены для:

- 1. Обеспечения надежного и качественного энергоснабжения.
- 2. Экономии средств бюджетной системы и дизельного топлива.

АГЭУ включает в себя:

- 1. Ветроэнергетические установки (ВЭУ)/фотоэлектрическая станция (ФЭС).
- 2. Существующая в поселке дизельная электростанция.
- 3. Контейнерная инверторная станция.
- 4. Система накопления энергии (СНЭ).
- 5. Ограждение и система охраны периметра.
- 6. Инфраструктурные объекты.



АГЭУ применяется для:

-  изолированных населенных пунктов
-  объектов горной добычи
-  объектов нефтегазовой отрасли
-  других областей применения

Использование ФЭС/ВЭС мощностью от 0,1 до 10 МВт на основе высокоэффективных гетеро-структурных солнечных модулей позволит снизить потребление дизельного топлива и увеличить эффективность электроснабжения

Ежегодная экономия топлива 25-50% благодаря:



Дополнительной выработки электроэнергии от СЭС – до 15% (зависит от инсоляции);



Оптимизации режима работы ДЭС, автоматизации работы компонентов АГЭУ, включая автоматический учет топлива и электроэнергии) – до 35%.

+ Дополнительные преимущества +



Увеличение ресурса ДЭС;



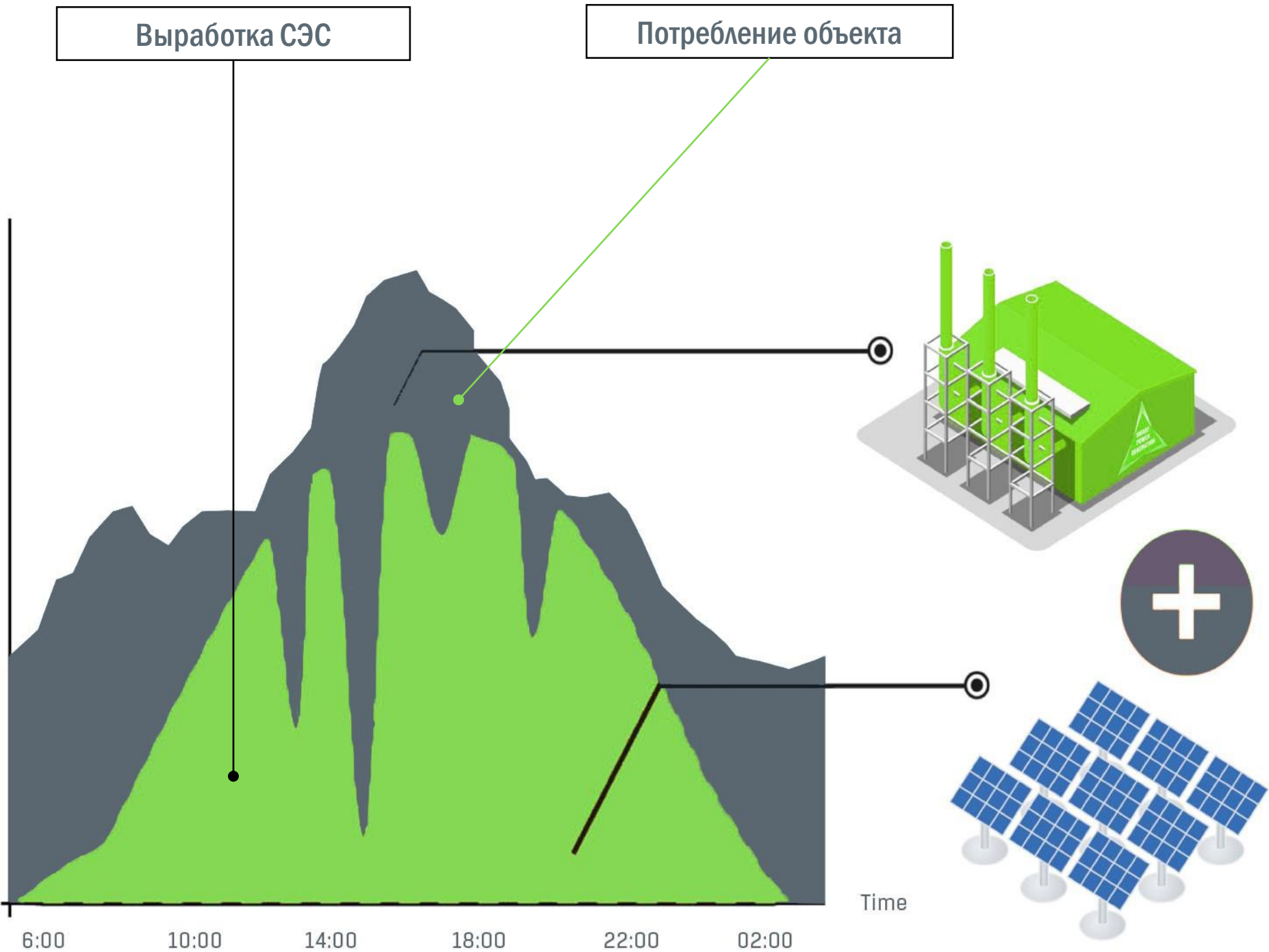
Максимальная автоматизация работы;



Увеличение надежности и качества электроснабжения;



Меньшая зависимость от поставок топлива.



ХАРАКТЕРИСТИКИ АГЭУ:

Мощность ДЭС: 620 кВт

Мощность ФЭС: 150 кВт

Мощность СНЭ на заряд/разряд: 100 кВт

Ёмкость СНЭ: 253 кВт*ч

Многофункциональная система накопления энергии (СНЭ) российского производства, в том числе, литий-железо-фосфатные (LiFePO₄) аккумуляторы в ее составе.

Планируемый объем экономии ДТ в течение 15 лет (срок Энергосервисного контракта) составляет **1657 тонн**

Выработка ФЭС с ноября 2021 года по конец мая 2026 года составила 616 219 кВт*ч





ХАРАКТЕРИСТИКИ АГЭУ:

Мощность ДЭС: **1856 кВт**

Мощность ФЭС: **400 кВт**

Мощность СНЭ на заряд/разряд: **200 кВт**

Ёмкость СНЭ: **218 кВт*ч**

Многофункциональная система накопления энергии (СНЭ) российского производства, в том числе, литий-железо-фосфатные (LiFePO₄) аккумуляторы в ее составе

Планируемый объем экономии ДТ в течение 15 лет (срок Энергосервисного контракта) составляет **2120,41 тонн**

Выработка ФЭС с ноября 2021 года по конец мая 2026 года составила **1 124 072 кВт*ч**

ХАРАКТЕРИСТИКИ АГЭУ:

Мощность ДЭС: 3415 кВт

Мощность ФЭС: 800 кВт

Мощность СНЭ на заряд/разряд: 400 кВт

Ёмкость СНЭ: 291 кВт*ч

Многофункциональная система накопления энергии (СНЭ) российского производства, в том числе, литий-железо-фосфатные (LiFePO₄) аккумуляторы в ее составе

Планируемый объем экономии ДТ в течение 15 лет (срок Энергосервисного контракта) составляет **2938,48 тонн**

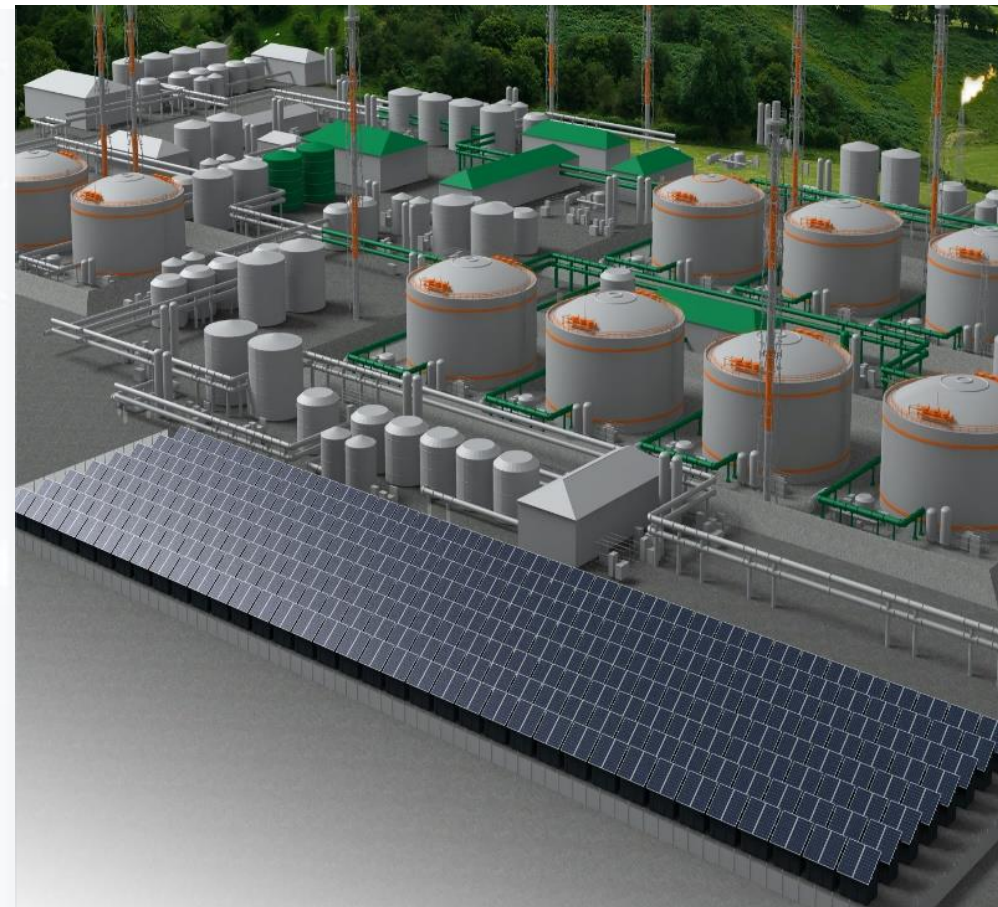
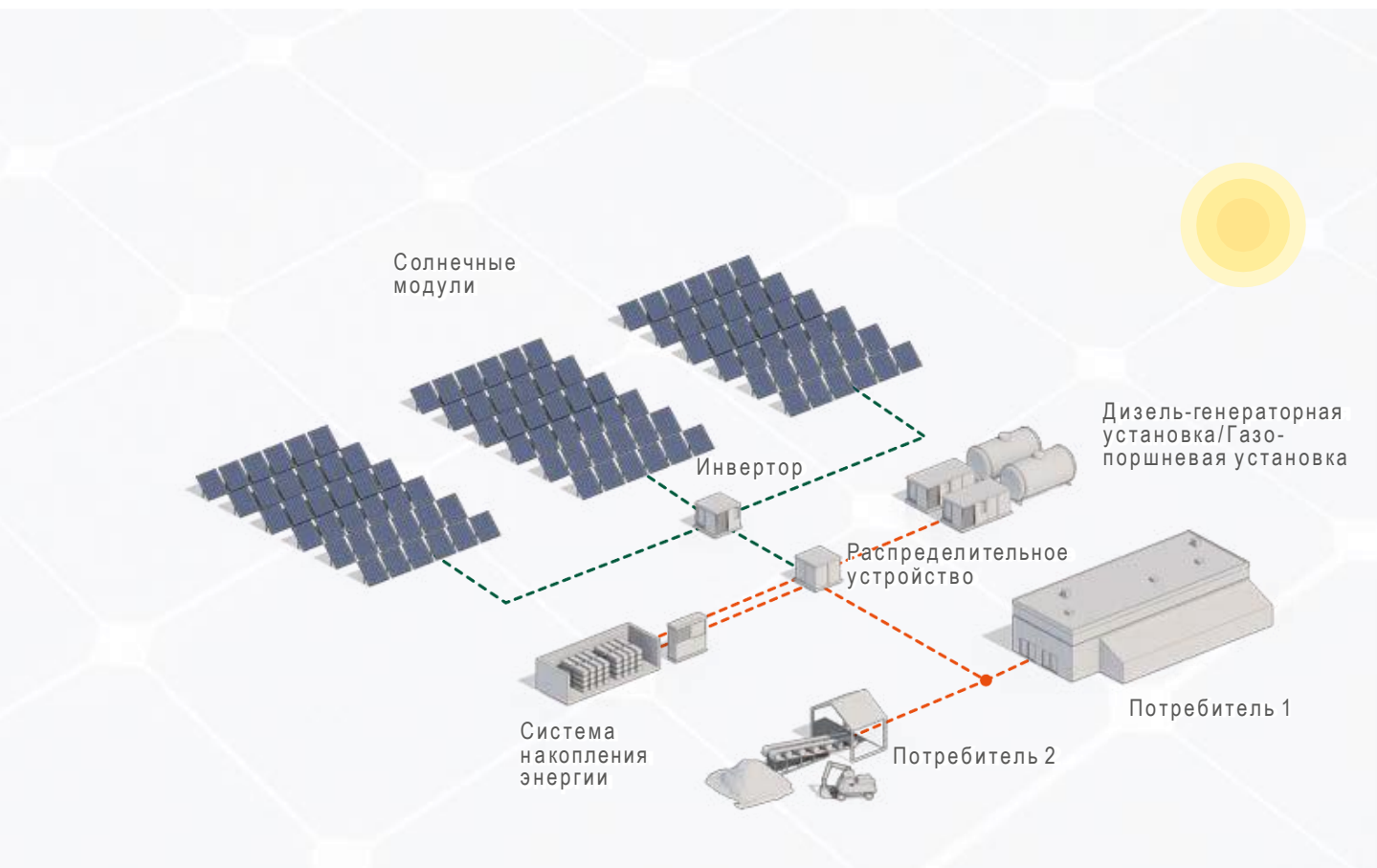
Выработка ФЭС с мая 2022 года по конец мая 2026 года составила 1 379 537 кВт*ч



Дальний восток



Производство электроэнергии для потребителей, не имеющих доступа к сети (организация островной генерации)



СЭС «под ключ» для коммерческих и промышленных заказчиков

до **50**

% В ГОД
СНИЖЕНИЕ РАСХОДА ТОПЛИВА

около 200 000 кг.
дизельного топлива в
год на СЭС мощностью
1 МВт

до **50**

%
УВЕЛИЧЕНИЕ МОТОРЕСУРСА ДГУ

увеличивается межсервисный
интервал до капитального ремонта
и срок полезного использования
ДГУ

от **3-5**

ЛЕТ
СРОК ОКУПАЕМОСТИ ПРОЕКТА

с учетом стоимости
текущего тарифа от ДГУ~
17,5 руб./кВт*ч

Экономика

Стоимость 1 кВт установленной мощности на таких территориях, к сожалению, по-прежнему очень высокая – **в районе 250 000 – 300 000 рублей за 1 кВт.**

По данным органа тарифного регулирования, на 2026 год для территории, обслуживаемой Чукотэнерго (ТЭЦ), установлены такие тарифы: 37,97 руб./кВт*ч с января по конец сентября 2026 года, 43,45 руб./кВт*ч с октября до конца 2026 года.

В тех поселках, где работает наш заказчик – Чукоткоммунхоз, дизельная генерация – экономически обоснованный одноставочный тариф составляет 55,62 руб./кВт*ч., в дневной зоне 66,74 руб./кВт*ч.

Средневзвешенная удельная приведенная стоимость солнечной энергии на одном из объектов на Чукотке из расчета на 15 лет **составляет 25 руб./кВт*ч.**

Таким образом, электроэнергия от СЭС + система накопления энергии как минимум в два раза выгоднее, чем дизельная.

Оптимальное расположение солнечных модулей в Арктике



An aerial photograph showing a vast solar farm with two main rectangular sections of solar panels. The panels are dark and arranged in neat rows. The surrounding landscape is a dry, light-colored valley floor. In the background, there are steep, rugged mountains with some snow patches under a clear blue sky.

Спасибо за внимание!