



г. Москва, 6 декабря 2019 года

Д о к л а д

«О стратегических планах мировой энергетики»

Московский физико-технический институт
Научно-информационный центр «Атмограф»,
г. Москва, Россия

Докладчик: Николаев Владимир Геннадьевич,
д. т. н., чл.-корр. РИА, директор НИЦ «Атмограф»,
Заведующий Лаборатории ВИЭ МФТИ

Тел./факс: 8-499-744-41-63, E-mail: atmograph@gmail.com



Основные направления деятельности НИЦ “АТМОГРАФ”

• авиация и космос:

моделирование параметров атмосферы – внешних условий полета; планирование авиационных маршрутов и эшелонов; безопасность взлета-посадки, регулярность и экономическая эффективность авиационных перевозок; международная (ИСО/ТК 20/ПК 6) и государственная стандартизация;

• малая и возобновляемая энергетика:

- определение ветровых и солнечных энергоресурсов на территории РФ и стран СНГ;
- расчет энергетической и экономической эффективности использования ветровых, солнечных и гибридных и традиционных энергоустановок и оборудования;
- выбор и реализация оптимальных вариантов энергоснабжения;

• строительство:

ветровые нагрузки на здания и сооружения, аэрация городов; пассивное энергоснабжение и энергосбережение;

• экология:

распространение загрязнений в атмосфере, трансграничные переносы;

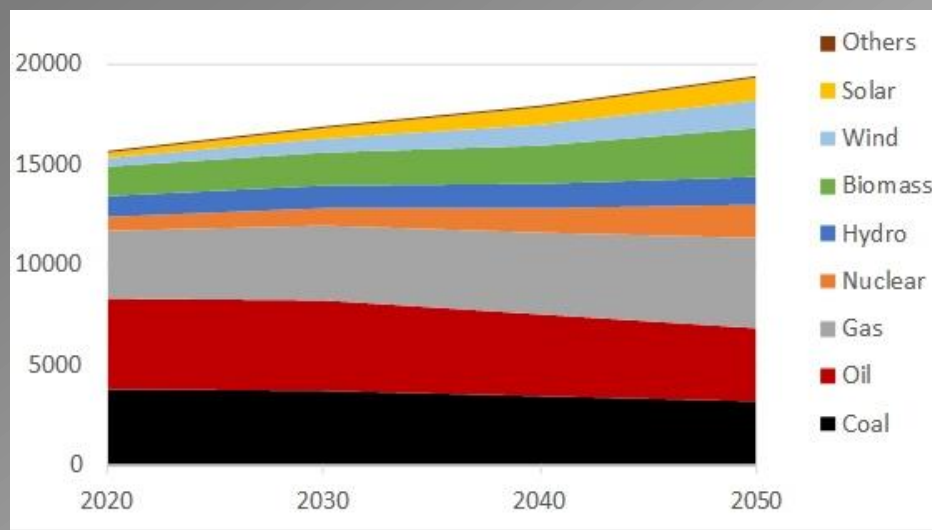
• образование, информационно-справочное обеспечение, пропаганда и распространение передовых технологий в указанных областях

Хотелось бы привлечь внимание аудитории к вопросам:

- ▶ планы создания мировой энергетической сети до 2050 года
- ▶ планы создания большого северо-азиатского энергокольца, объединяющего энергосистемы России, Китая, Японии, Кореи, Монголии
- ▶ о роли России и Кореи в его создании
- ▶ актуальные задачи и проблемы современной энергетики
 - традиционной
 - возобновляемой
 - водородной
 - автономной
 - умного использования энергией

Запросы человечества на энергию сегодня и завтра

Мировое потребление первичной энергии
(млн т нефтяного эквивалента)

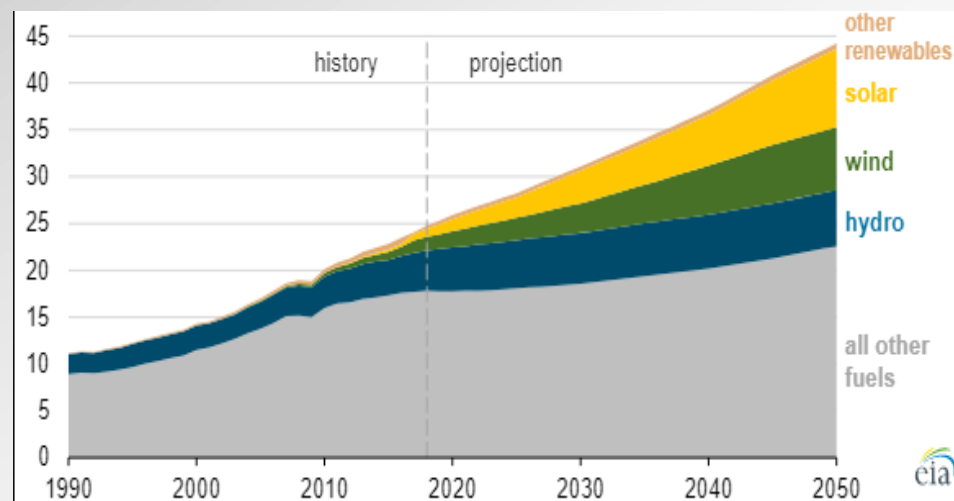


**Потребление первичной энергии на планете Земля по оценкам экспертов вырастет примерно на 30 %
(с 15 до $\approx 19-20$ млн т/год нефтяного эквивалента)**

!!! В 2018 г. в атмосферу Земли выброшено $\approx 7,5$ млн т CO_2 !!!

**К 2050 г. выработка электроэнергии на Земле вырастет почти вдвое
(с 24 до ≈ 44 млрд кВт·ч)
 $\approx 80\%$ прироста обеспечат ВИЭ**

Мировое производство электроэнергии
(млрд кВт·ч)



Планы создания мировой энергетической сети до 2050 года

30.03.2016, в Пекине учреждена Мировая Организация **GEIDCO**

(Global Energy Interconnection Development and Cooperation Organization)

В GEIDCO вошли крупные мировые энергетические компании, университеты и исследовательские институты многих стран Азии, Америки, Европы

Председатель GEIDCO – Лю Чженья (Председатель State Grid Corporation of China), замы – Масаеши Сон – основатель SoftBank Group Corp. и RenEnergy Inst. of Japan и Стивен Чу – Министр энергетики США в 2009–2013 гг., лауреат Нобелевской премии

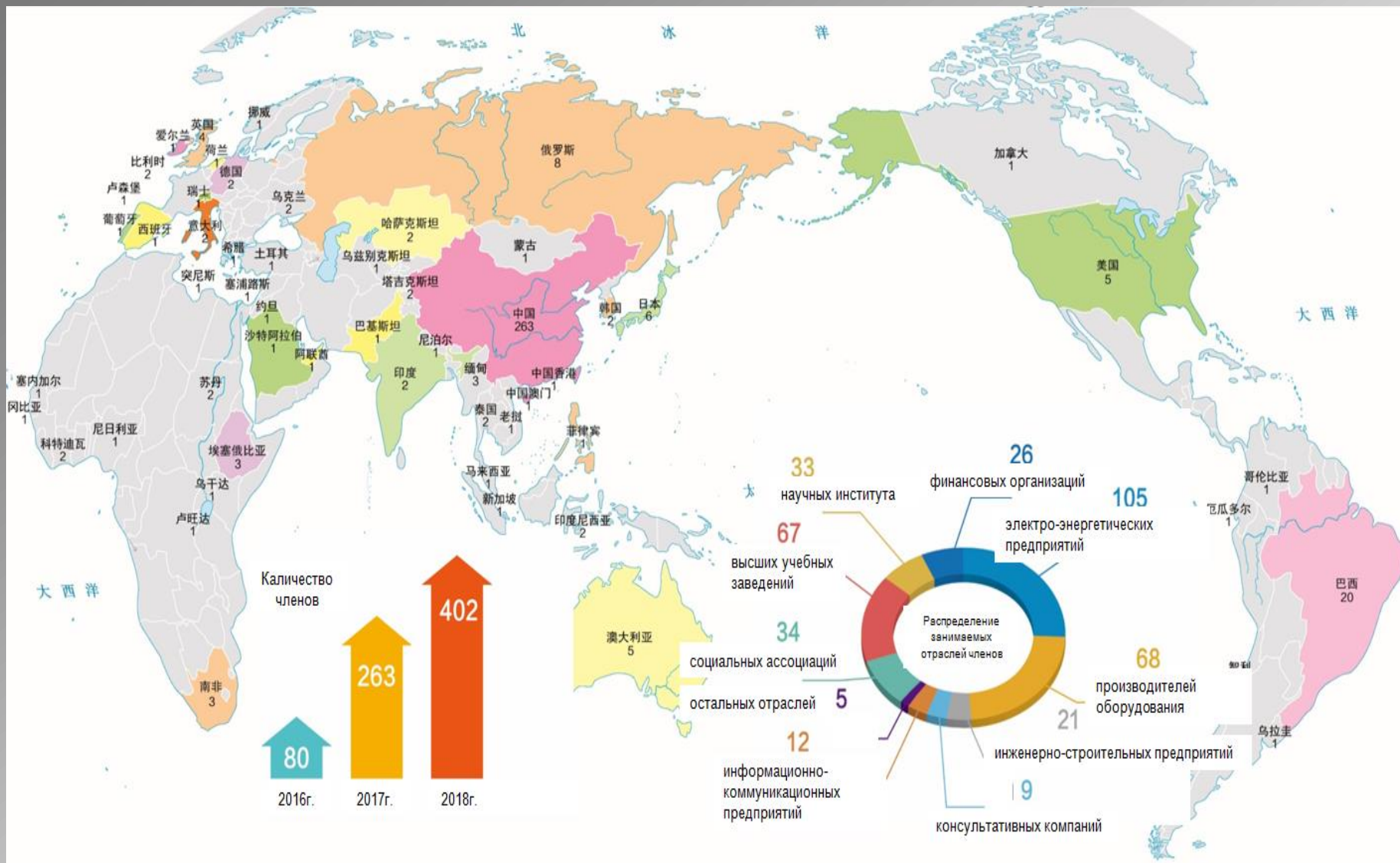
Базовые планы **GEIDCO** призваны обеспечить выполнение решений Парижского Соглашения об ограничении выбросов и предотвращении глобального потепления к концу 21 столетия более чем на 1,5°C.

Составляющие **GEIDCO**

- “Умная” (Smart) система и сети распределения и передачи энергии
- Глобальная сеть ЛЭП ультравысокого напряжения (УВН)
- “Чистая” энергия (Clean Energy) в основном на базе ВИЭ



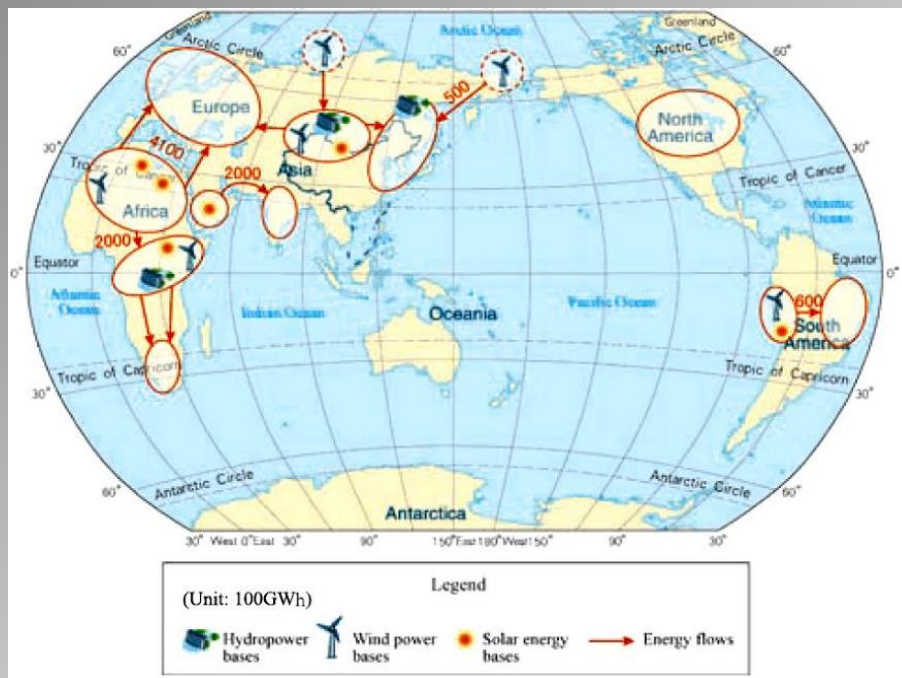
Представительство разных стран в GEIDCO



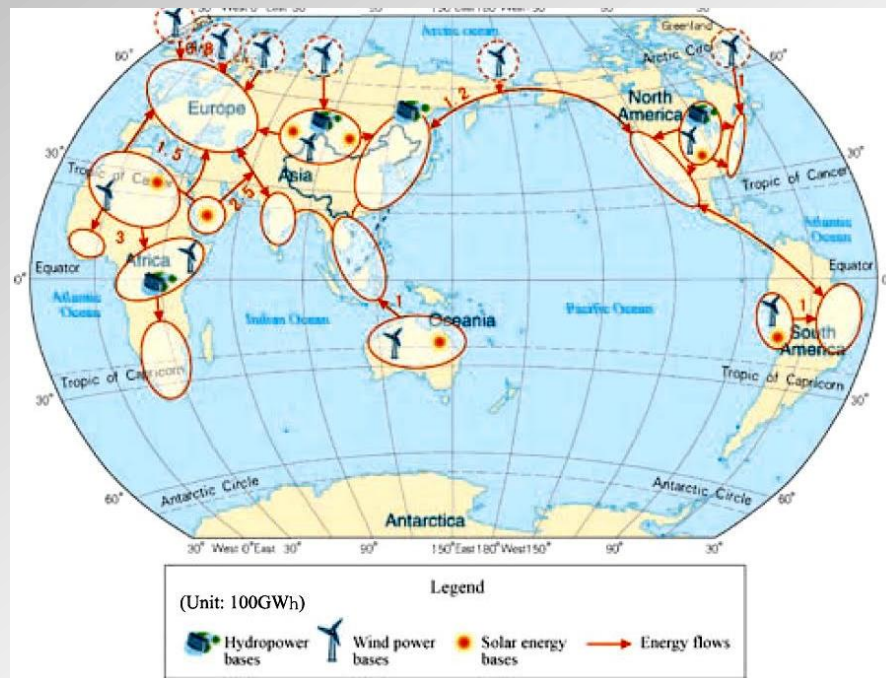
Основные положения планов GEIDCO и пути их реализации

- Производство и использование первичных энергоресурсов всех видов и их потребление должно трансформироваться в электрическую энергию, обеспечивающей переход к чистой мировой энергетике.
- Для этого планируется создать глобальную сеть линий электропередач (ЛЭП) ультравысокого напряжения, объединяющую все континенты и обеспечивающую за счет эффективной системы управления (Smart Grid) рациональное и экономичное потребление энергетических ресурсов планеты

2030 г.



2050 г.



Континентальные и глобальные электроэнергетические сети

Континентальная электросетевая структура Европы в 2050 г.

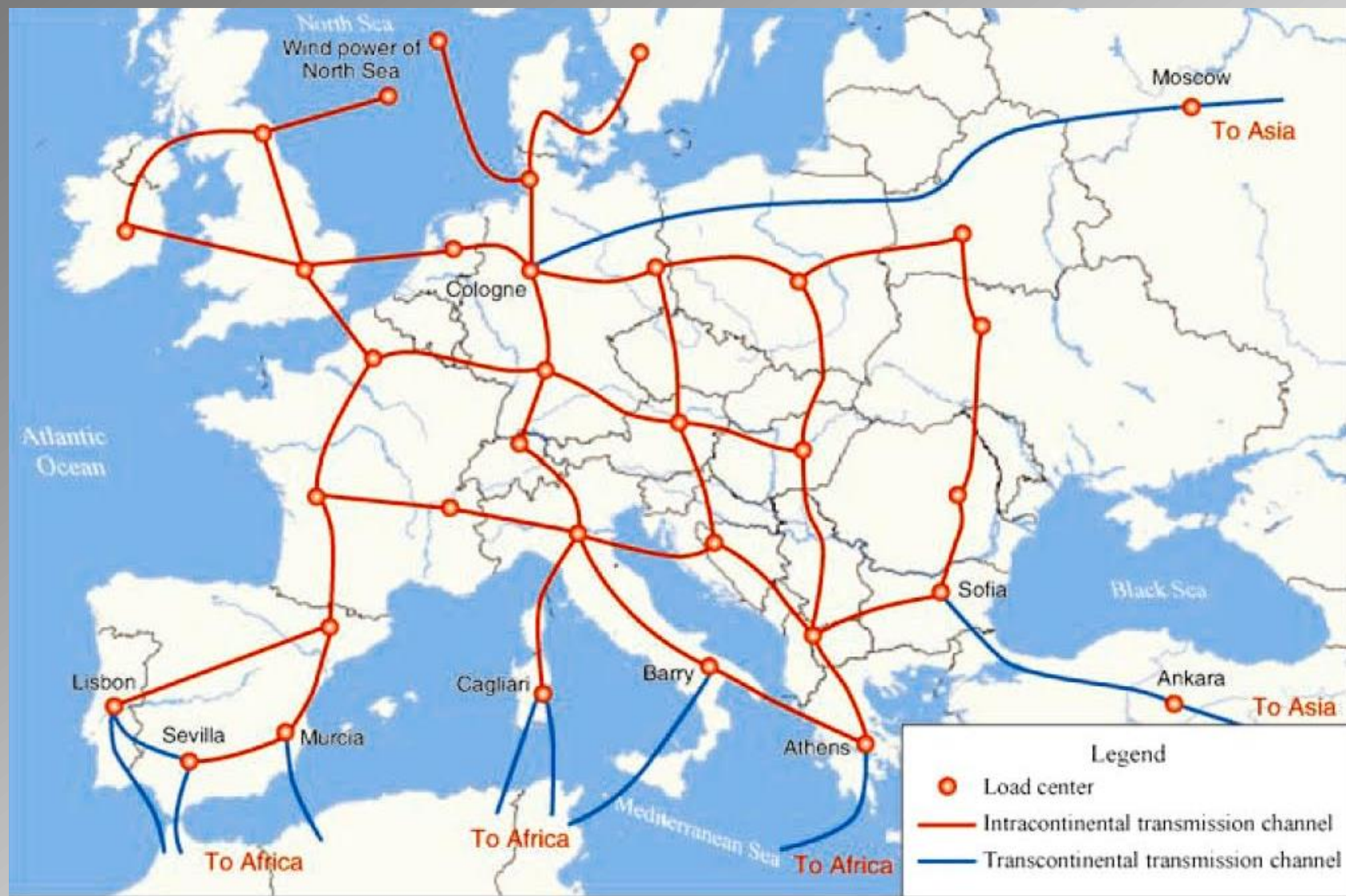


Illustration of Europe's transnational grid interconnections

Континентальные электросетевые структуры в 2050 г.

Африка

и

Америка

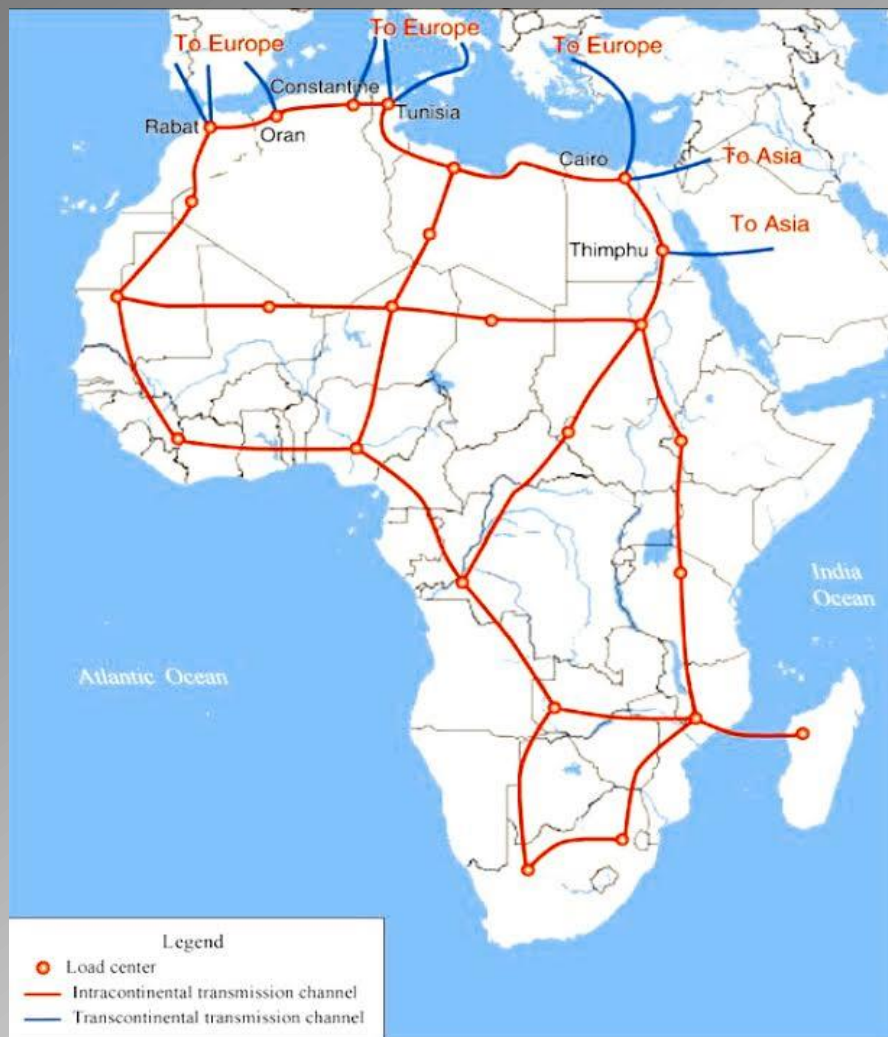


Illustration of Africa's transnational grid interconnections



Illustration of America's transnational grid interconnections

Континентальная электросетевая структура Азии в 2050 г.

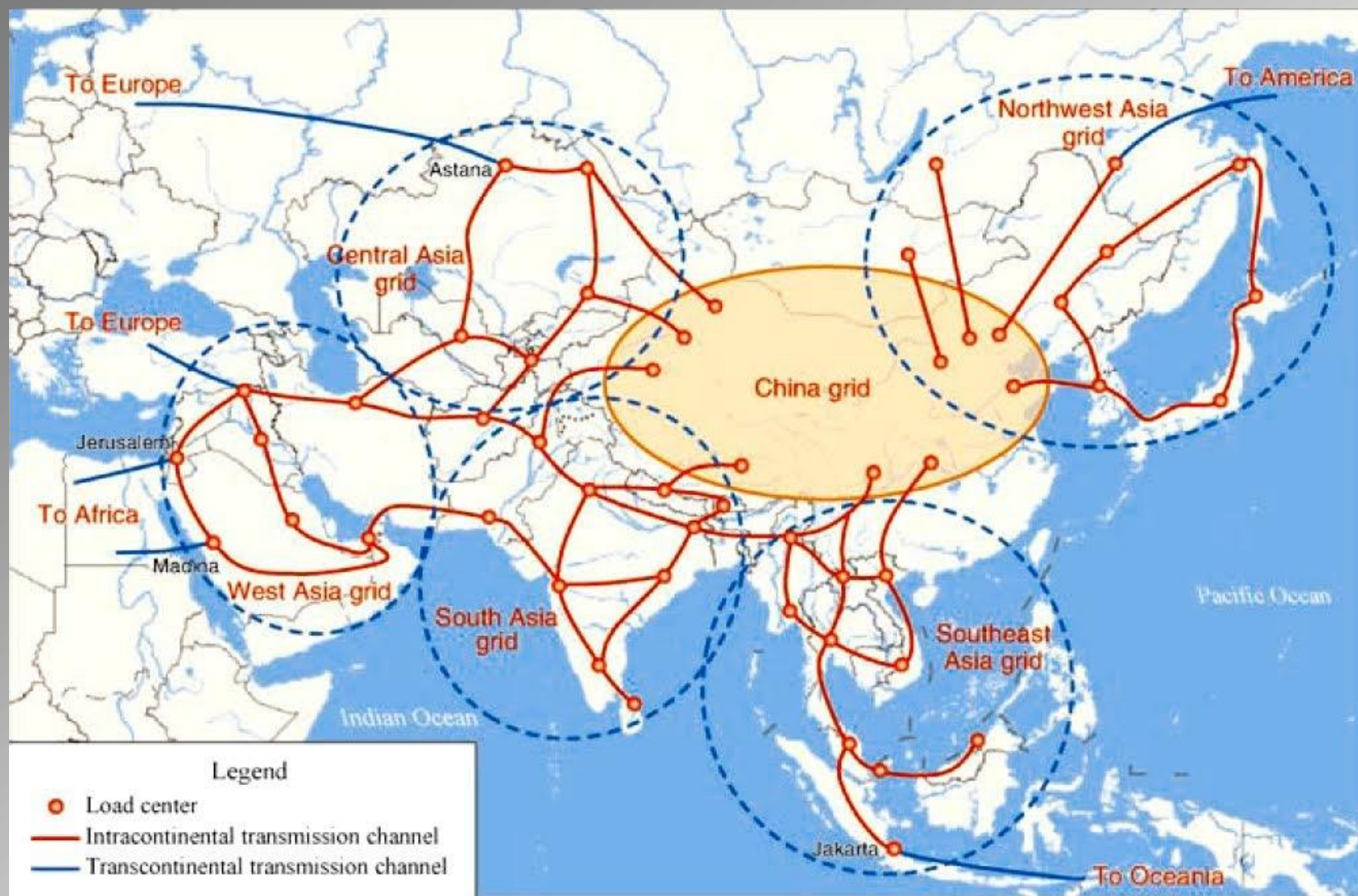


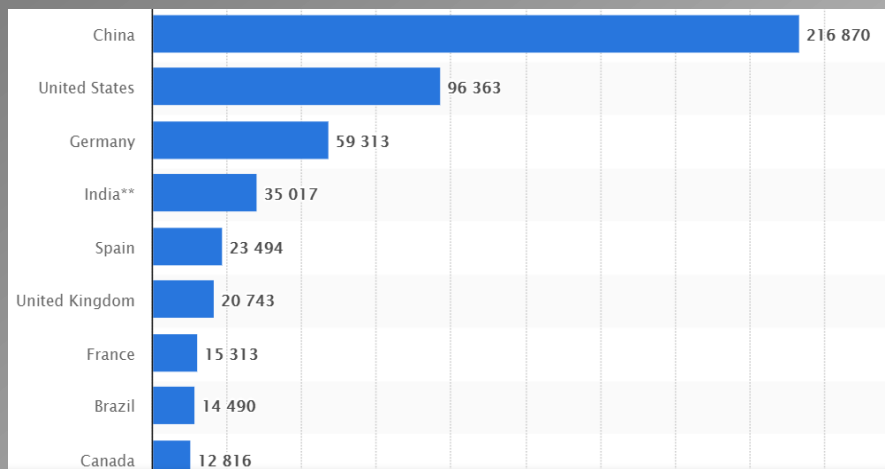
Illustration of Asia's transnational grid interconnections

Парадигма GEIDSCO : ВИЭ – основа “чистой энергии”

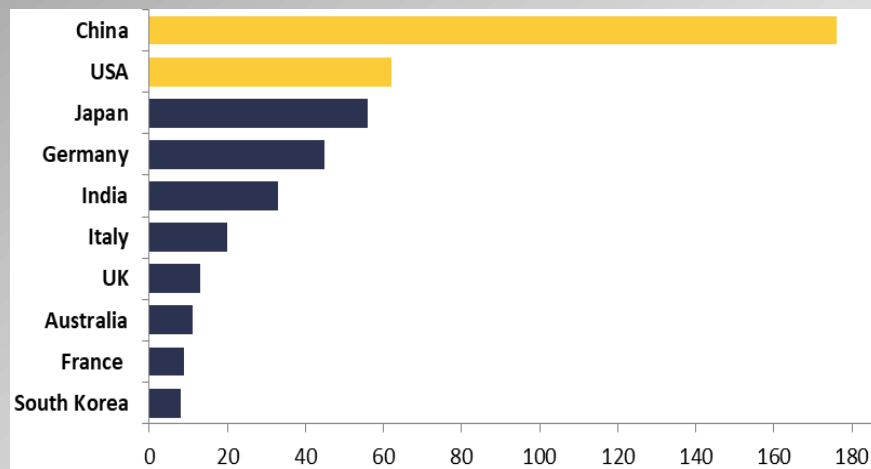
Планы GEIDSCO : **доведение доли ВИЭ в глобальной генерации энергии до 90%**

Установленная в мире мощность в 2018 г. суммарная и по странам

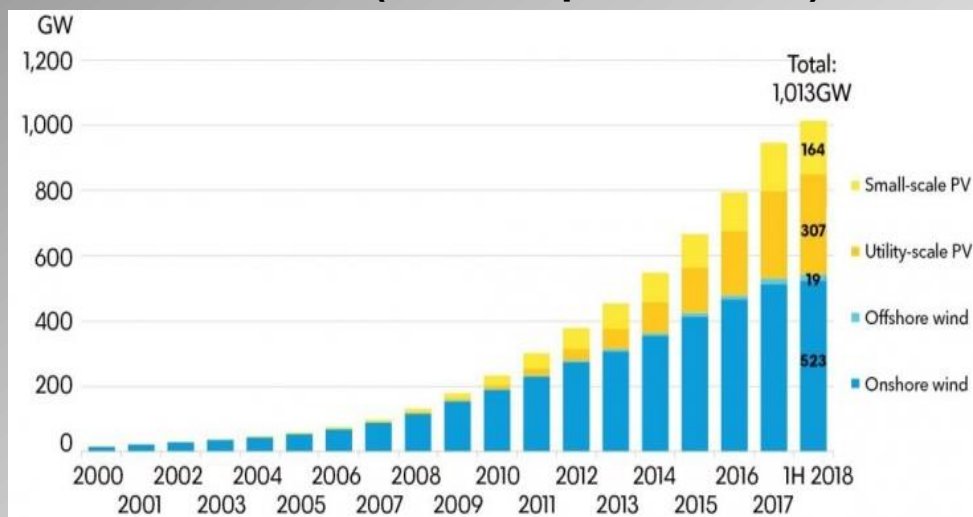
ВЭУ (весь мир ≈ 600 GW)



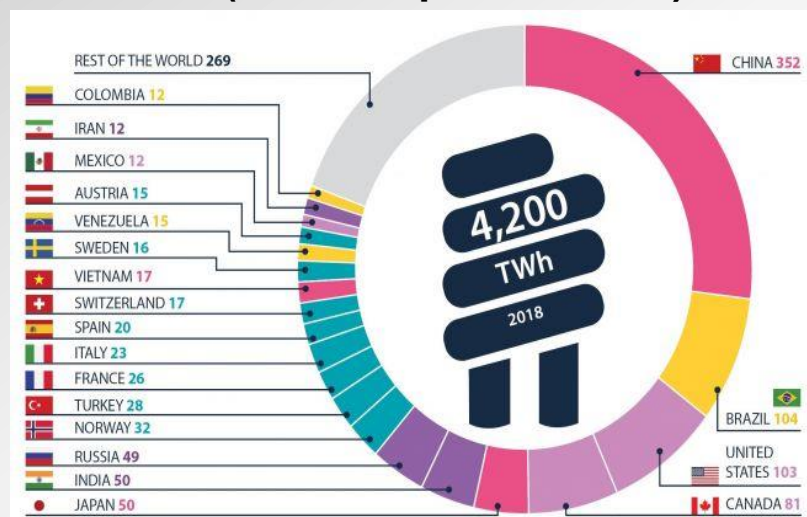
ФЭУ (весь мир ≈ 600 GW)



ВЭУ + ФЭУ (весь мир ≈ 1200 GW)

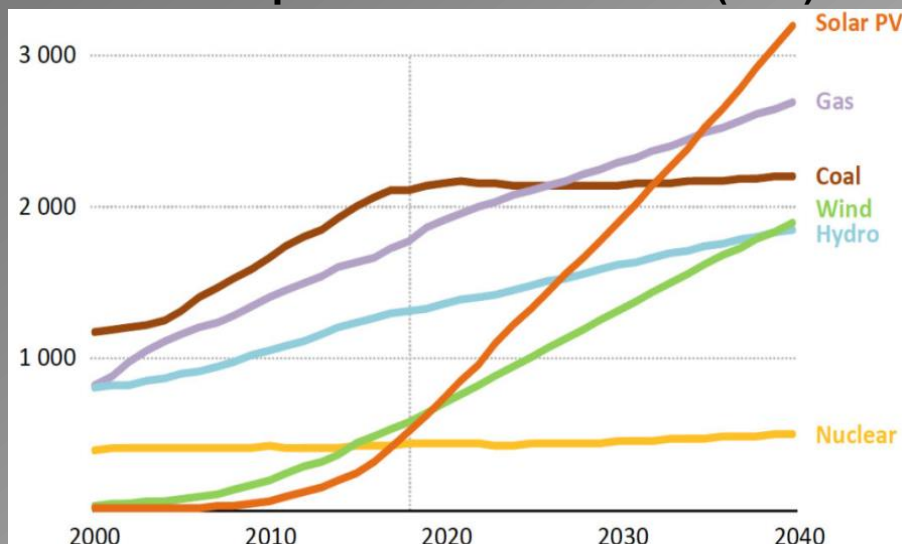


ГЭС (весь мир ≈ 1290 GW)

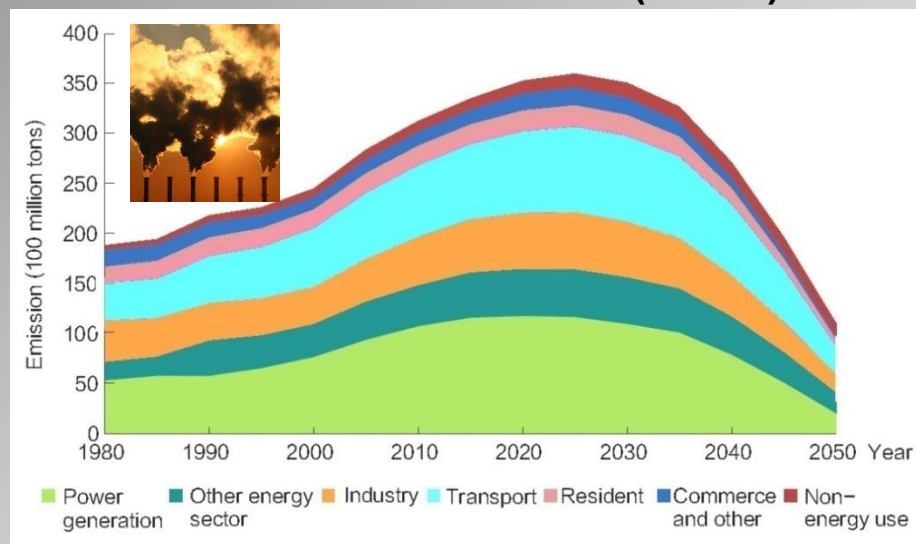


ВИЭ – основа “чистой энергии”

Рост установленной мощности
ВИЭ в мире по плану GEIDCO (ГВт)



Динамика эмиссии CO₂ в атмосферу
по плану GEIDCO (Млн т)



Основные положения и масштабы планов GEIDCO по создаваемой Глобальной Энергосистеме и вехи их реализации

годы :	2020	2030	2050
Межгосударственный и межконтинентальный обмен электроэнергией (%) :	5	10	30
Доля замещения первичной энергии на ВИЭ в мировом потреблении, %	25	33	80
Доля замещения мировой установленной мощности, %	35	50	90
Замещение потребления электроэнергии за счет ВИЭ доля замещения в конечном потреблении, %	20	25	

Разработаны план действий и механизм глобального контроля за ходом реализации GEIDCO

Состав и весовой вклад индексов прогресса стран в реализации глобального энергетического объединения

Уровень 1	Уровень 2
Развитие интеллектуальных сетей (0.2)	Активность популяризации интеллектуальных энергосистем (0.25)
	Политика и стимулирование рынка потребления (0.2)
	Количество владельцев электротранспорта на душу населения (0.2)
	Объемы инвестиций в интеллектуальные сети (0.15)
	Стратегия и планирование развития интеллектуальных сетей (0.2)
Развитие магистральных и региональных сетей (0.5)	Уровень напряжения магистральных энергосистем (0.15)
	Территориальное покрытие интеллектуальными сетями (0.25)
	Суммарная пропускная мощность интеллектуальных сетей (0.15)
	Суммарная протяженность линий электропередачи (0.15)
	Кросс-региональный потенциал резервирующей мощности (0.3)
Развитие чистой энергетики (0.3)	Доля проникновения электроэнергии чистой энергии (0.2)
	Установленные мощности источников чистой электроэнергии (0.15)
	Стоимость оборудования для выработки чистой <u>эЭлЭн</u> (0.2)
	Выбросы углерода на единицу выработки электроэнергии (0.15)
	Стратегия и планирование развития чистой энергетики (0.3)

Проект создания парка ветроэлектрических станций суммарной установленной мощности до 50 ГВт (ГигаВЭС) в Заполярье и на Дальнем Востоке России



Разработан по договору
ФГБУ «РЭА» Минэнерго России и
ГЭК Китая (2014-2015 гг.).

Исполнители: со стороны России – ФГБУ «РЭА»
Минэнерго России,
со стороны Китая – 4 института ГЭК Китая

Цель исследования

Оценка перспектив строительства ветроэлектрических станций суммарной мощности 50 ГВт (ГигаВЭС) в прибрежных северных и дальневосточных районах России для передачи электроэнергии в Китай



Ожидаемый результат

Определение
перспективных районов
и площадок для
размещения ГигаВЭС

Анализ
типов и характеристик ВЭУ,
резервирующих ТЭС, высоковольтных
ЛЭП и электроподстанций

Оценка
технических, энергетических
и экономических показателей
Проекта ГигаВЭС

Критерии оптимального выбора районов и полигонов размещения ГигаВЭС

1.Наличие ветроэнергетического потенциала в Заполярье и на Дальнем Востоке России

2.Преобладание удобных для строительства равнинных территорий площадью до 18 тысяч км² для ГигаВЭС 50 ГВт

3.Малая (до 100 – 150 км) удаленность от портов и берегов для обеспечения транспортной доступности и использования высокого прибрежного ветропотенциала

4.Минимальная протяженность и стоимость ЛЭП

5. Наличие угольных или газовых месторождений для создания резервирующих и выравнивающих мощностей для ГигаВЭС

6. Наличие техники и оборудования для строительства и эксплуатации ГигаВЭС в экстремальных условиях (низкие температуры, вечная мерзлота, высокая сейсмичность, сильные ветра)

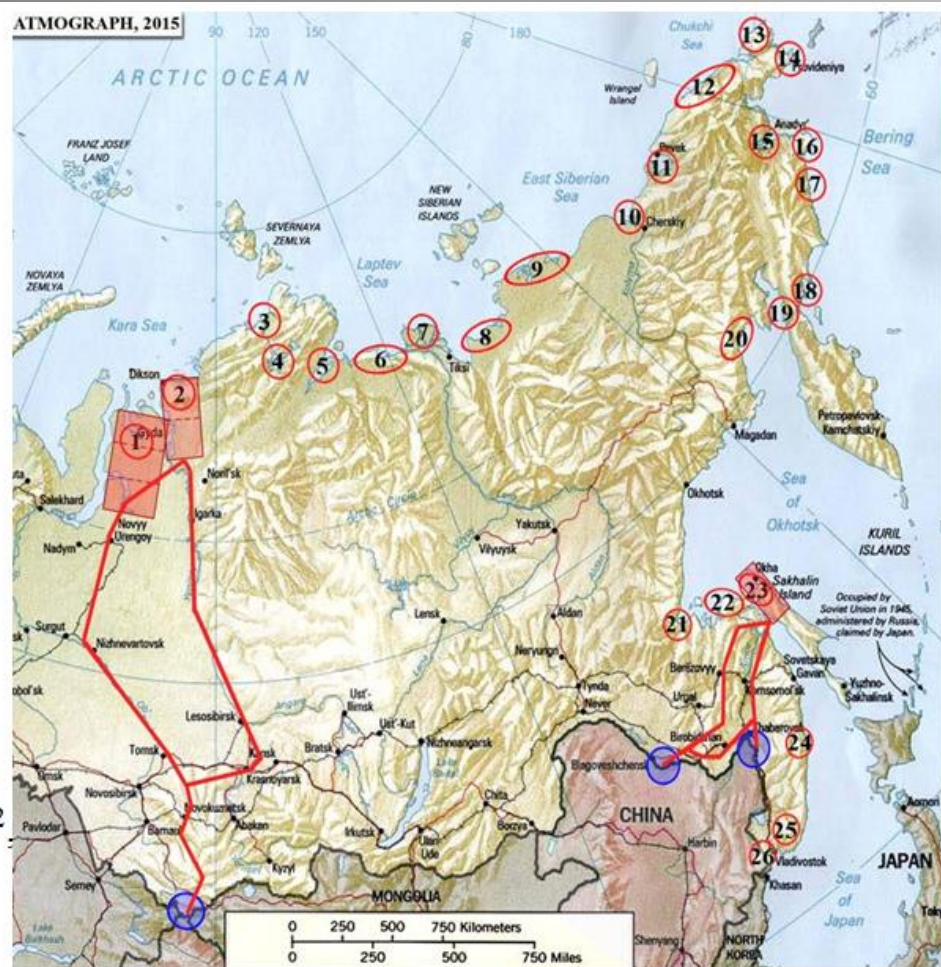
Интегральный критерий

минимум себестоимости ЭлЭн ГигаВЭС на границе России и КНР, заданного китайской стороной – не более 66 USD/МВт·ч)

Выбор районов перспективного размещения ГигаВЭС

По совокупности критериев, используя наиболее достоверные российские (АТМОГРАФ) и зарубежные (WASP) методики, **исследовано 27 вариантов** размещения ГигаВЭС в заполярных и дальневосточных районах России

Из 27 вариантов **выбрано 3 наилучших** района, и в каждом – 2-3 полигона по 15-20 тыс. км² достаточных для размещения ГигаВЭС мощностью 50 ГВт



○ - regions of preliminary research ● - areas of crossing the border with China by power line

Region No	Region
1	Gyda-Yamo, Gydansky penins.
2	Dikson, Taymyr peninsula
3	Taymyry, Taymyr peninsula
4	Solnechnaya bay
5	Ust-Olenek
6	Stolb island
7	Buyor-Khaya
8	Cape Svyatoy Nos
9	Alazeya
10	Bay Ambarchik
11	Anyon island - Valkary
12	Cape Shmidta - Vankarem
13	Uelen - Lavrenty
14	Providence bay
15	Anadyr
16	Coal bay
17	Khatyrka - Cape Navarin
18	Korf - Tilichiki
19	Chemirnaut
20	Gijiga - Pestraya Dresva
21	Chumikan
22	Litke - Baydukov
23	Okha - Rybnovsk
24	Pogibi - Chayvo
25	Terney - Belkin
26	Cape Povorotny - Askold
27	Posyet - Slavyanka

Наиболее перспективные районы и полигоны размещения ГигаВЭС (вариант 1)

Район на севере острова Сахалин

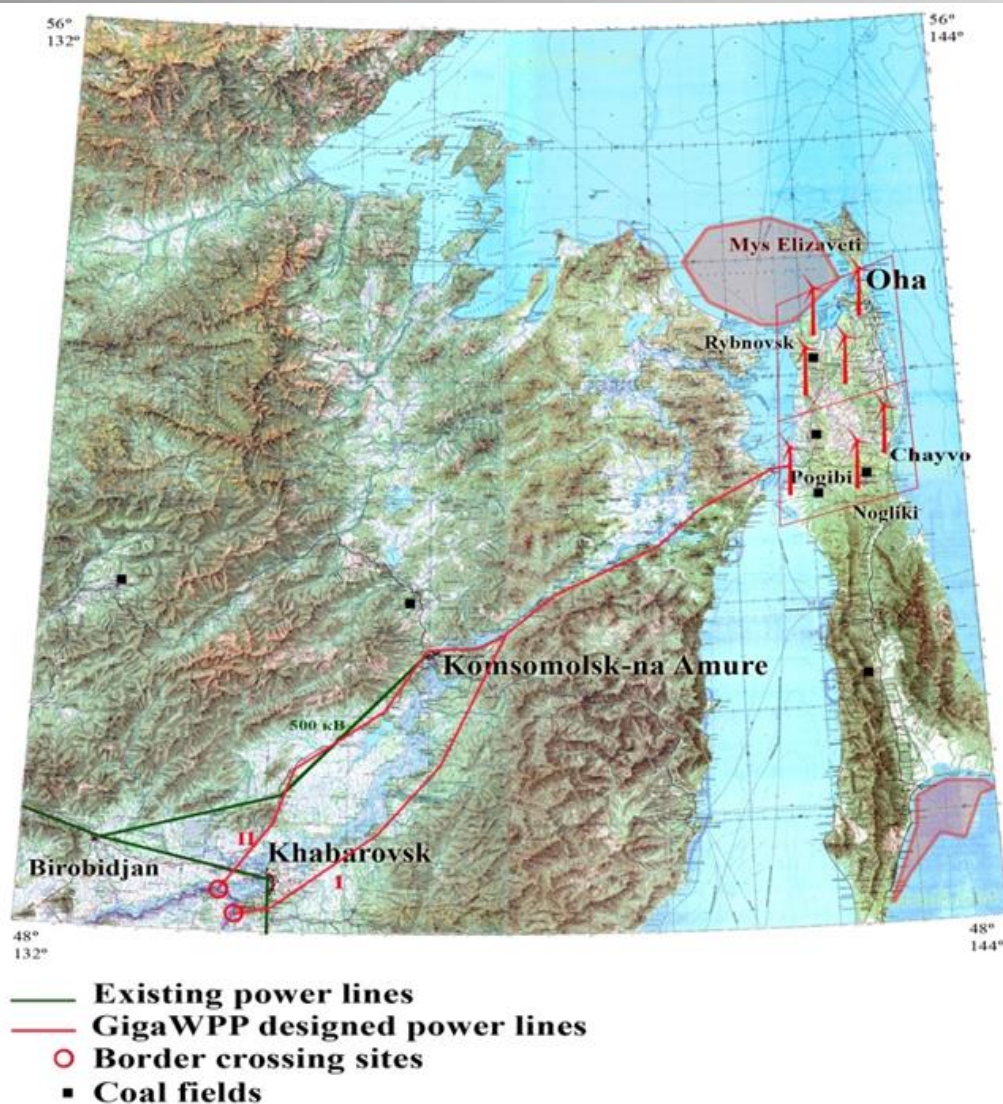
Полигон 1 – Оха – Рыбновск

$K_{\text{иум ГигаВЭС}} \approx 31\%$,
выработка ЭлЭн ≈ 137 млрд кВт·ч/год
протяженность ЛЭП $\approx 1000 - 1100$ км

Полигон 2 – Погиби – Чайво

$K_{\text{иум ГигаВЭС}} \approx 29\%$,
выработка ЭлЭн ≈ 128 млрд кВт·ч/год
протяженность ЛЭП $\approx 850 - 1100$ км

Возможно строительство
резервирующих электростанций
на угольных разрезах Сахалина
на угольных разрезах Амурской
области и Хабаровского Края



Наиболее перспективные районы и полигоны размещения ГигаВЭС (варианты 2 и 3)

Район на полуострове Гыданский

Полигон 1 – Гыда-Ямо ($K_{\text{иум}} \approx 38 \%$,
выработка ≈ 169 млрд кВт·ч/год)

Полигон 2 – Антипаюта ($K_{\text{иум}} \approx 36,5 \%$,
выработка ≈ 159 млрд кВт·ч/год)

Полигон 3 – Тазовский ($K_{\text{иум}} \approx 35,5 \%$,
выработка ≈ 156 млрд кВт·ч/год)

Протяженность ЛЭП ≈ 2900 км

Район на полуострове Таймыр

Полигон 1 – Диксон ($K_{\text{иум}} \approx 43 \%$,
выработка ≈ 192 млрд кВт·ч/год)

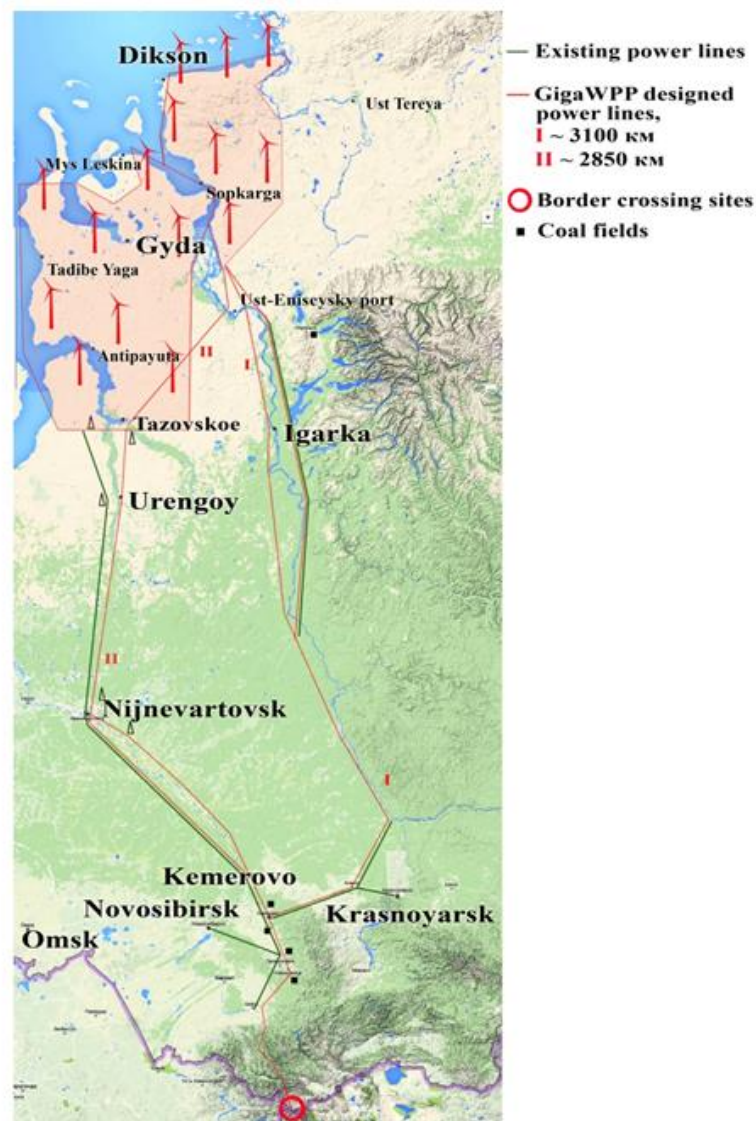
Полигон 2 – Сопкарга ($K_{\text{иум}} \approx 40 \%$,
выработка ≈ 175 млрд кВт·ч/год)

Полигон 3 – Караул ($K_{\text{иум}} \approx 35,5 \%$,
выработка ≈ 156 млрд кВт·ч/год)

Протяженность ЛЭП ≈ 3200 км

Возможные резервирующие ТЭС

- на угольных разрезах Кузбасса
- на Тазовском газоконденсатном месторождении



Выбор оборудования

Прототипы базовых ветроэнергетических установок для ГигаВЭС (ВЭУ)

- выбраны несколько ВЭУ ведущих мировых производителей, наиболее подходящих по технологическим и ветроклиматическим показателям на роль прототипов для ГигаВЭС (с доработкой под местные геофизические и климатические условия)



ВЭУ Mervento 118 / 3, 6 МВт

Скорость старта ВЭУ

3,5 м/с

Скорость регулирования

12,5 – 13, 5 м/с

Скорость остановки ВЭУ

25 м/с



Siemens SWT-3.0 MW



ВЭУ Sinovel 105 / 3,0 МВт



General Electric GE 3.6s

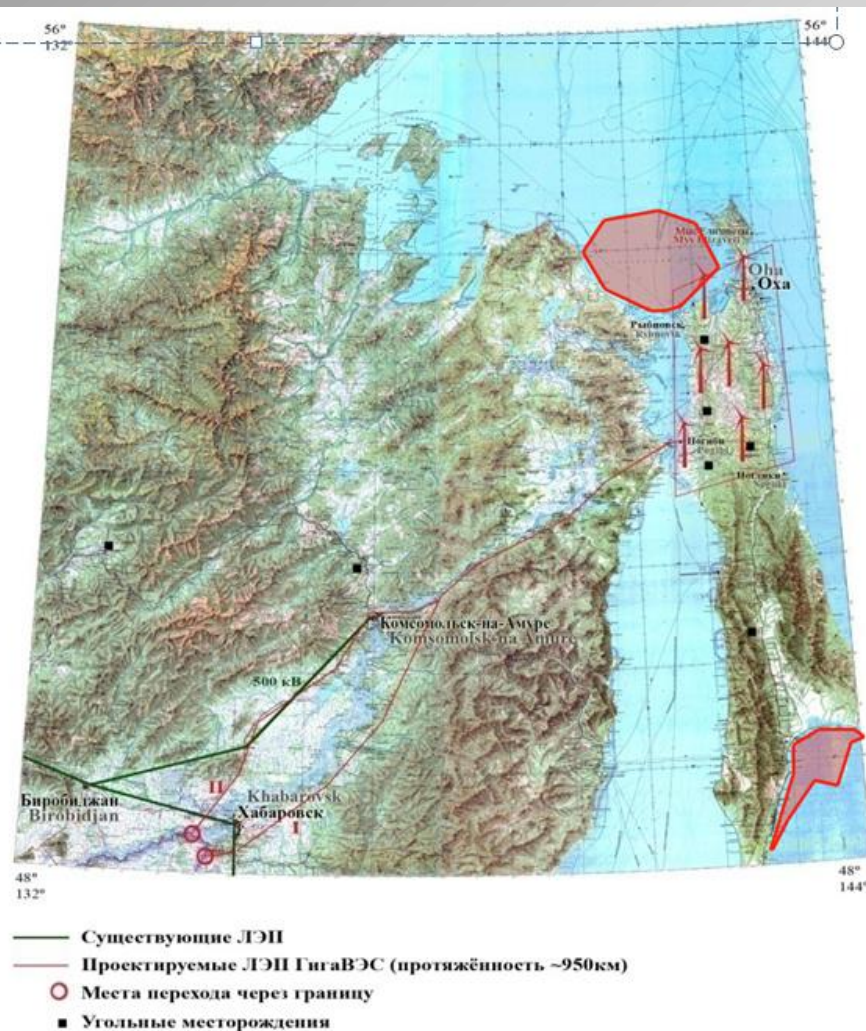
Предложения по проработке дополнительных вариантов размещения ГигаВЭС (восточный вариант)

Развитие идеи Проекта ГигаВЭС:

В РЭА проведены предварительные оценки возведения оффшорных ГигаВЭС на шельфах о-ва Сахалин общей площадью до 10 тыс. км² для строительства ГигаВЭС суммарной установленной мощностью до 30 - 50 ГВт и расширения направлений экспорта электроэнергии в Японию, в Северную Корею и Южную Корею

Строительство ГигаВЭС на шельфе Сахалина чрезвычайно перспективно !

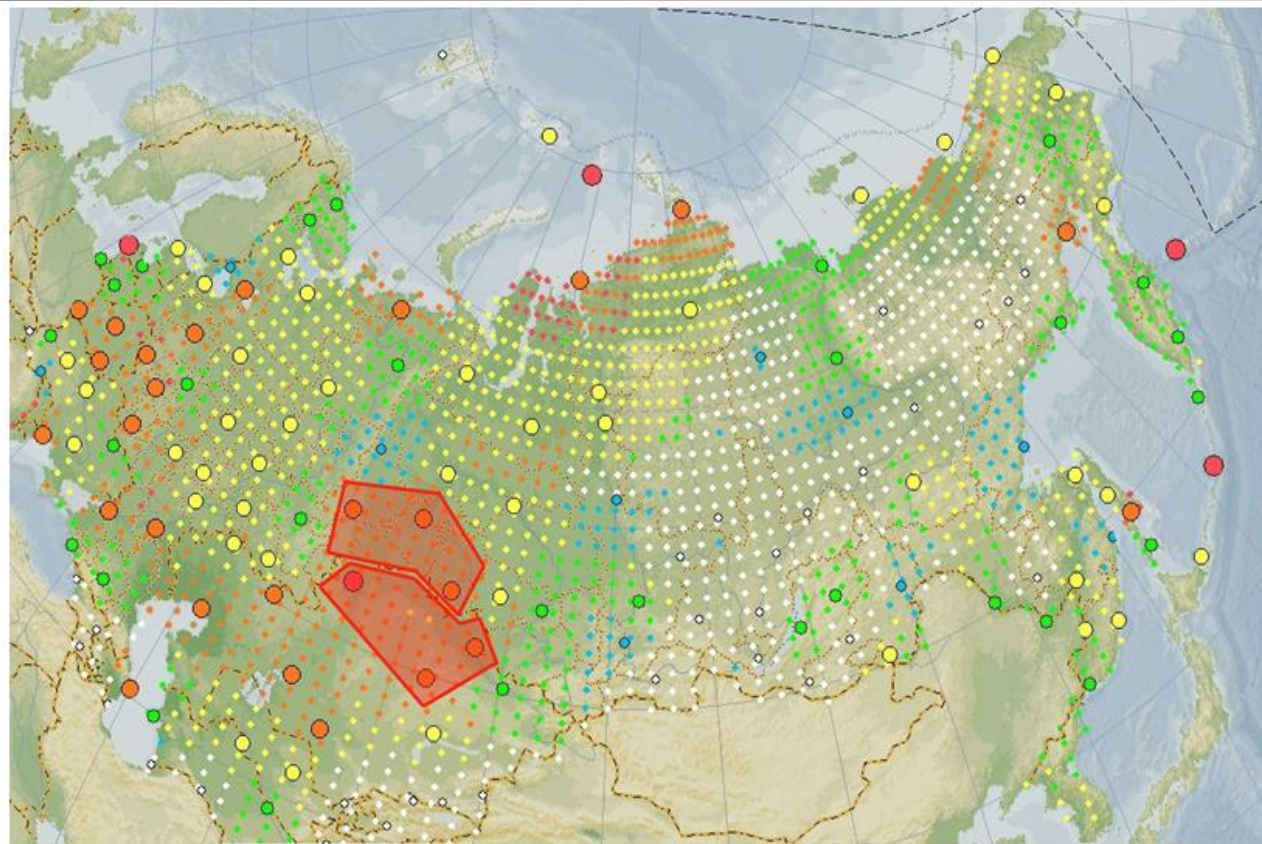
Предложенные варианты развития ГигаВЭС на шельфе Сахалина могут оказаться более экономически эффективными по сравнению с вариантами ГигаВЭС на о-ве Сахалин



Предложения по проработке дополнительных вариантов размещения ГигаВЭС (западный вариант)

В РЭА проведены предварительные оценки и выявлен повышенный уровень ветрового потенциала на юге Западной Сибири России и в Северном Казахстане.

$K_{\text{иум}}$ ГигаВЭС в этих регионах сравним с $K_{\text{иум}}$ ГигаВЭС на полуостровах Таймыр и Гыланский



Коэффициент использования номинальной мощности (%)
VESTAS V-90 3МВт с высотой башни 100м на территории
России, стран СНГ и Балтии. Среднегодовой.



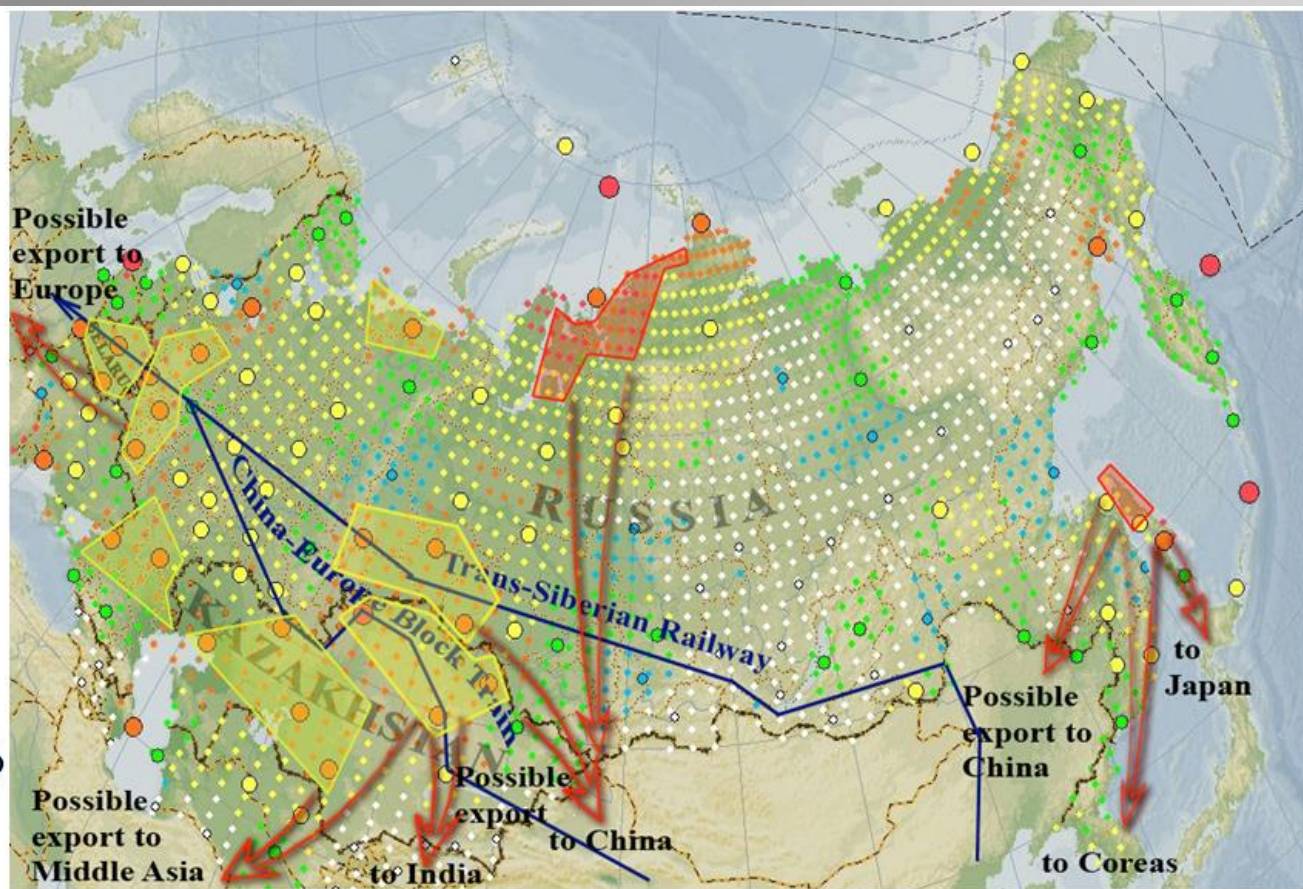
Перспективы международного сотрудничества для развития Проектов ГигаВЭС

Предлагается :

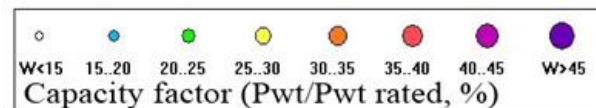
сотрудничество Китая, России и Казахстана в совместном освоении ветровых и солнечных ресурсов с возможным экспортом эл.энергии в

- Китай
- Индию
- страны Средней Азии
- страны Европы, используя сеть ЛЭП РФ Азия-Центр-Европа

а также для снабжения электроэнергией Нового Шелкового Пути,



Capacity factor (P/P_{rated} , %) of WT VESTAS V-90 with the tower of 100m on the territories of Russia, CIS and Baltic countries. Average annual.



Проект Северо-Азиатского Энергокольца (САЭ) на территории стран Азиатско-Тихоокеанского региона

Идея создания большого азиатского энергокольца (САЭК) предложена более 20 лет назад Россией. Япония вернулась к этой идее в 2011 году после аварии на АЭС «Фукусима». Китай и Южная Корея проект тоже поддержали.

30.03. 2016 г. крупнейшие компании 4-х стран (ГЭК Китая, КЕПКО Корея, Софт Банк Японии и Россети РФ) подписали Соглашение об учреждении консорциума по строительству электрической сети САЭК, объединяющего энергосистемы Китая, России, Кореи, Японии и Монголии.

САЭ – важнейший энергетический компонент общей Азиатской континентальной энергосистемы в парадигме GEIDCO

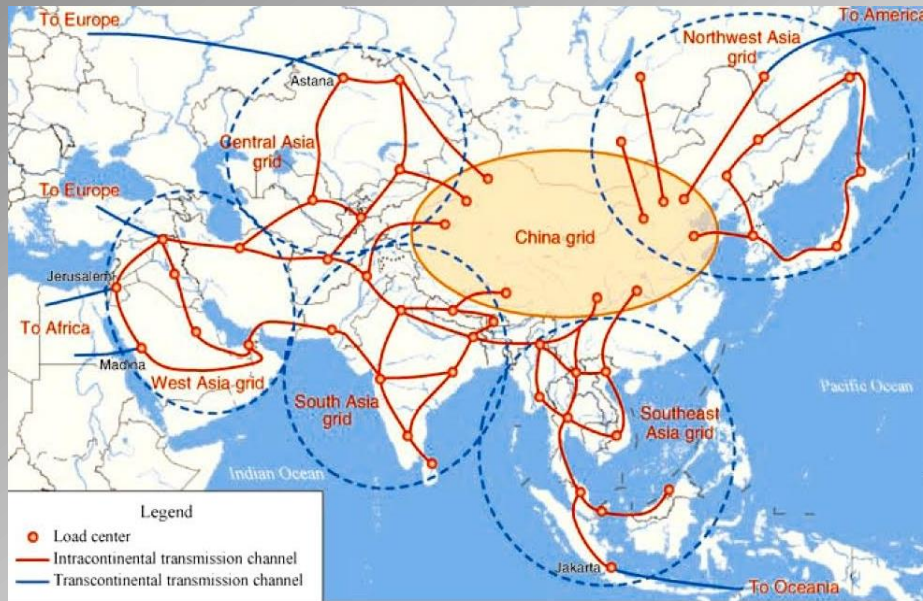


Схема континентальной азиатской энергосистемы



Вариант схемы проекта САЭК

Этапы реализации проекта САЭК

Энергомост Россия - Япония

— энергомост между Россией и Японией пропускной мощности до 10 ГВт стоимостью 20—30 USD и по оценкам Минэнерго РФ ежегодной выручкой энергокомпаний $\approx 3—4$ млрд USD и экономией японских потребителей ≈ 7 млрд USD. Окупаемость Проекта 10—15 лет в зависимости от уровня тарифов

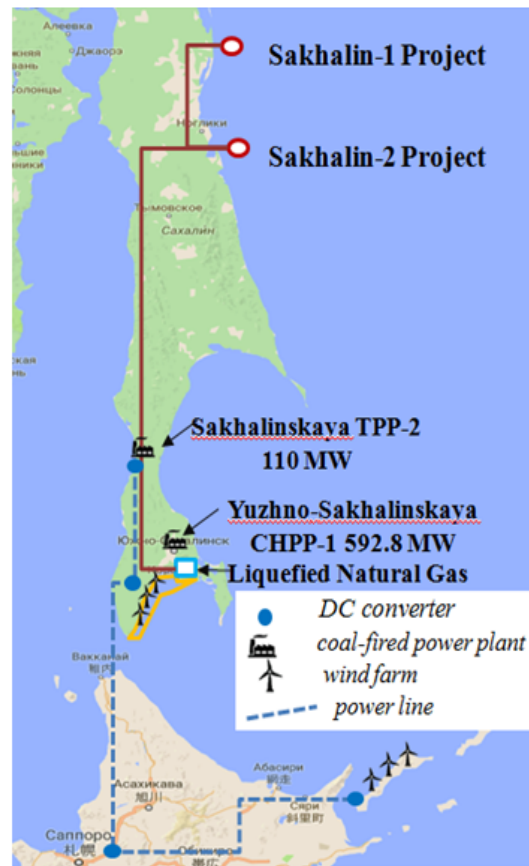
Предпосылки Проекта

Высокий ВЭП региона
Высокая стоимость тарифов на ЭлЭн в Японии (до 0,2 \$/кВт·ч)
Близость границ с Японией
Диалог по совместной хозяйственной деятельности на Южных Курилах
Поручение Президента РФ (Пр-1827 п.1а от 21.09.2016) о разработке проекта по организации поставок ЭлЭн в страны АТР

Выгоды Проекта

Эффективное использование энергоресурсов Сахалина и Курил
Участие РФ и Японии в энергоснабжении САЭК
Создание высокотехнологичных рабочих мест

Вариант схемы энергомоста



Вариант комплектации энергомоста РФ - Япония

1 этап - реализация к 2025 г. (3 ГВт ВЭС и 1 ГВт ГТУ)

- Оффшорные и береговые на островах Сахалин и Кунашир;
- Установленная мощность ≈ 3 ГВт;
- $K_{иум} \approx 33—36\%$;
- Годовая выработка $\approx 8—10$ ТВт·ч

Газовые или/и угольные электростанции Сахалина

- Суммарная мощность 1,0 ГВт;
- $K_{иум} ТЭС \rightarrow \approx 80\%$;
- Годовая выработка ≈ 7 ТВт·ч

Электрические подстанции (ЭП)

- Повышающая (до 800—1100 кВ) передающая постоянного тока, мощность 3—4 ГВт на островах Сахалин или/и Кунашир
- Понижающая распределительная (до 1100 кВ) ЭП, мощность до 4 ГВт на острове Хоккайдо;
- Преобразователь постоянного тока.

Воздушные и кабельные ЛЭП

- Постоянного тока;
- Напряжение 800—1100 кВ;
- Пропускная мощность 3—4 ГВт

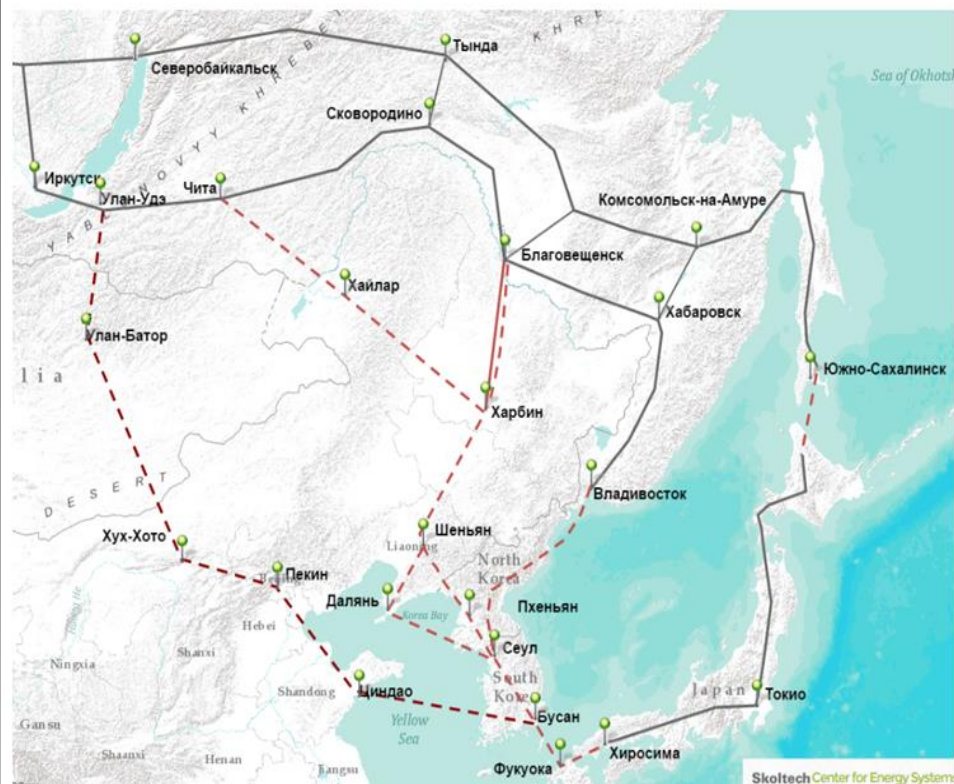
2 этап - реализация после 2025 года

Расширение мощности ВЭС до 10 ГВт

Этапы реализации проекта САЭК

Энергомост Россия – Корея мощностью до 10 ГВт

.....Схема перспективных поставок ЭлЭн.¶
.....между странами Северо-Восточной Азии.¶



Создание энергетического кольца между Россией, Китаем, КНДР, Южной Кореей и Японией по оценкам южнокорейской государственной энергокомпании КЕРСО потребует от Кореи $\approx 6,2-7,6$ млрд USD. ¶

Согласно Проекту, предполагается протянуть 3 ветки. ¶

– Первая длиной ≈ 1 тыс. км – от Владивостока через КНДР до северной окраины провинции Кёнгидо (густонаселенная провинция в Южной Корее). ¶

– Вторая – по дну Желтого моря от китайского порта Вэйхай в южнокорейский порт Инчхон. ¶

Третья ветка соединит Южную Корею с Японией. С помощью подводных кабелей предлагается соединить город Косон в провинции Кёнсан-Намдо с Китакою или Мацуэ на северном побережье Японии. ¶

Большое энергетическое кольцо Северо-Восточной Азии обеспечит стабильные поставки ЭлЭн при осуществлении политики отказа от использования угля и атомной энергии. Компания КЕРСО предлагает импортировать ЭлЭн из Китая и России для снижения внутренних цен на ЭлЭн в Южной Корее и сокращения эмиссии «парниковых газов», а остатки надеется продавать в Японию. ¶

Актуальные задачи и проблемы современной энергетики и поле деятельности для Вас - Молодых

- **традиционная энергетика – повышение эффективности**
- **возобновляемая энергетика – революция на наших глазах**
- **автономная энергетика – актуальнейшая задача сегодня**
- **умное использование энергии – актуальнейшая задача сегодня**
- **водородная энергетика – ближняя перспектива**
- **термоядерная энергетика – дальняя перспектива**

Спасибо за внимание.

УДАЧИ ВАМ, МОЛОДЫЕ !



Тел. : 8-916-068-85-46

E-mail : atmograph@gmail.com

Site : <https://sites.google.com/site/atmograph/>

- XXX