



г. Москва, 6 декабря 2019 года

## Доклад

# «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](mailto: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

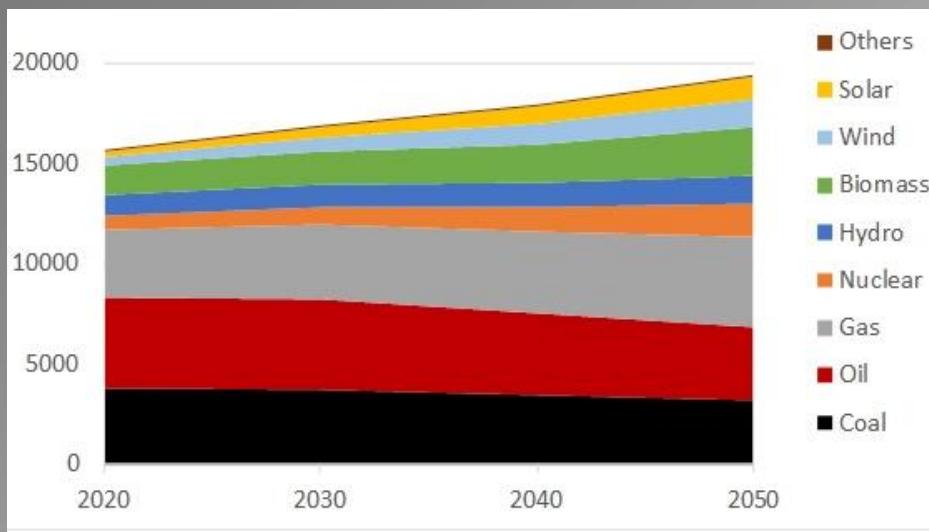
в указанных областях

## **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)

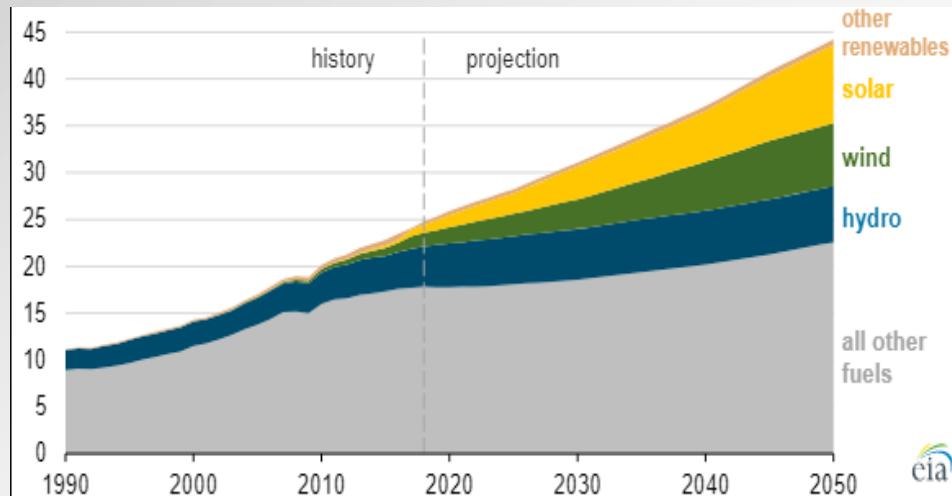


Потребление первичной  
энергии на планете Земля  
по оценкам экспертов вырастет  
примерно на 30 %  
(с 15 до ≈19–20 млн т/год  
нефтяного эквивалента)

!!! В 2018 г. в атмосферу Земли  
выброшено ≈ 7,5 млн т CO<sub>2</sub> !!!

К 2050 г. выработка электроэнергии  
на Земле вырастет почти вдвое  
(с 24 до ≈ 44 млрд кВт·ч)  
≈ 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 – Масаэши 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



умная сеть

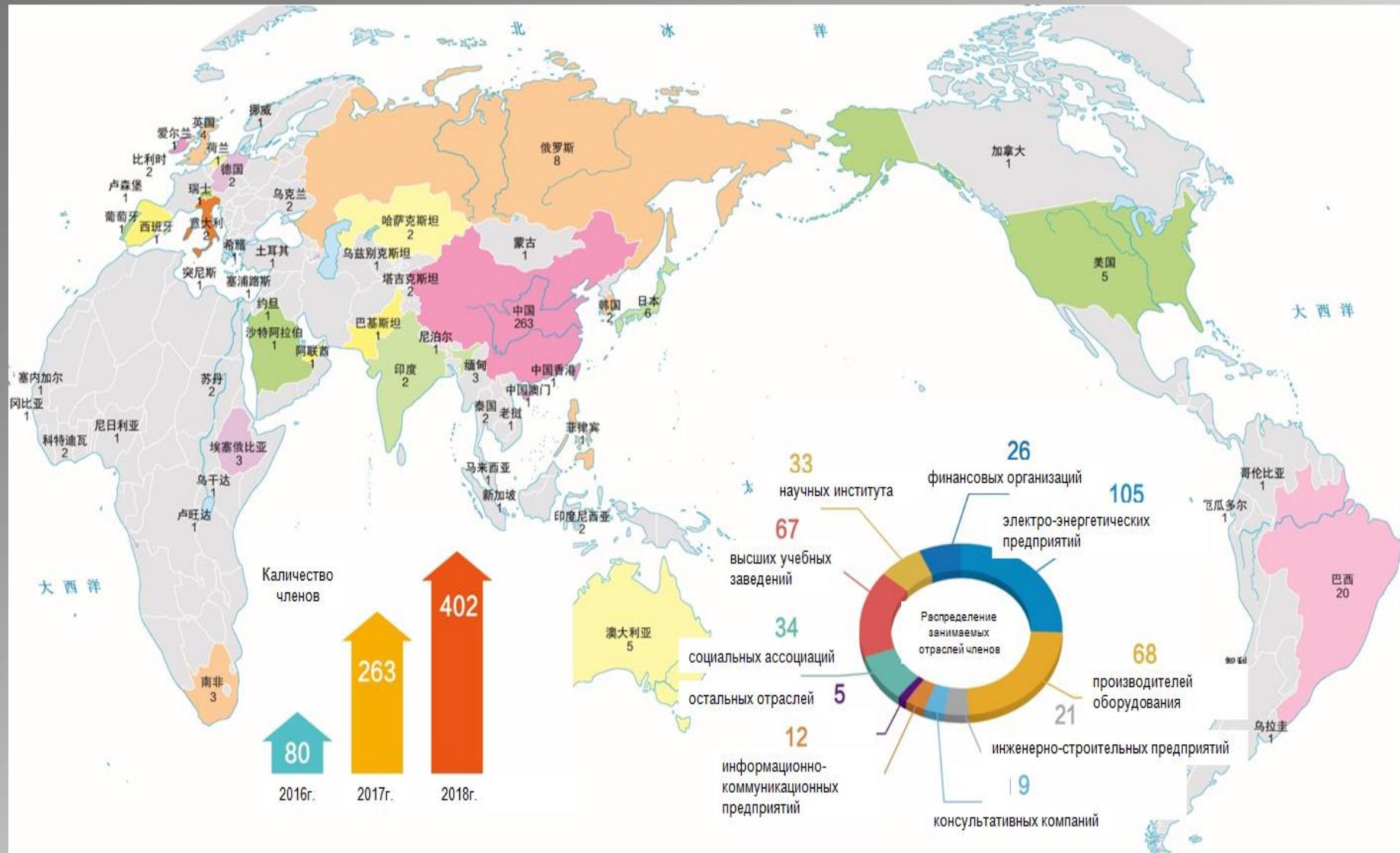


УВН



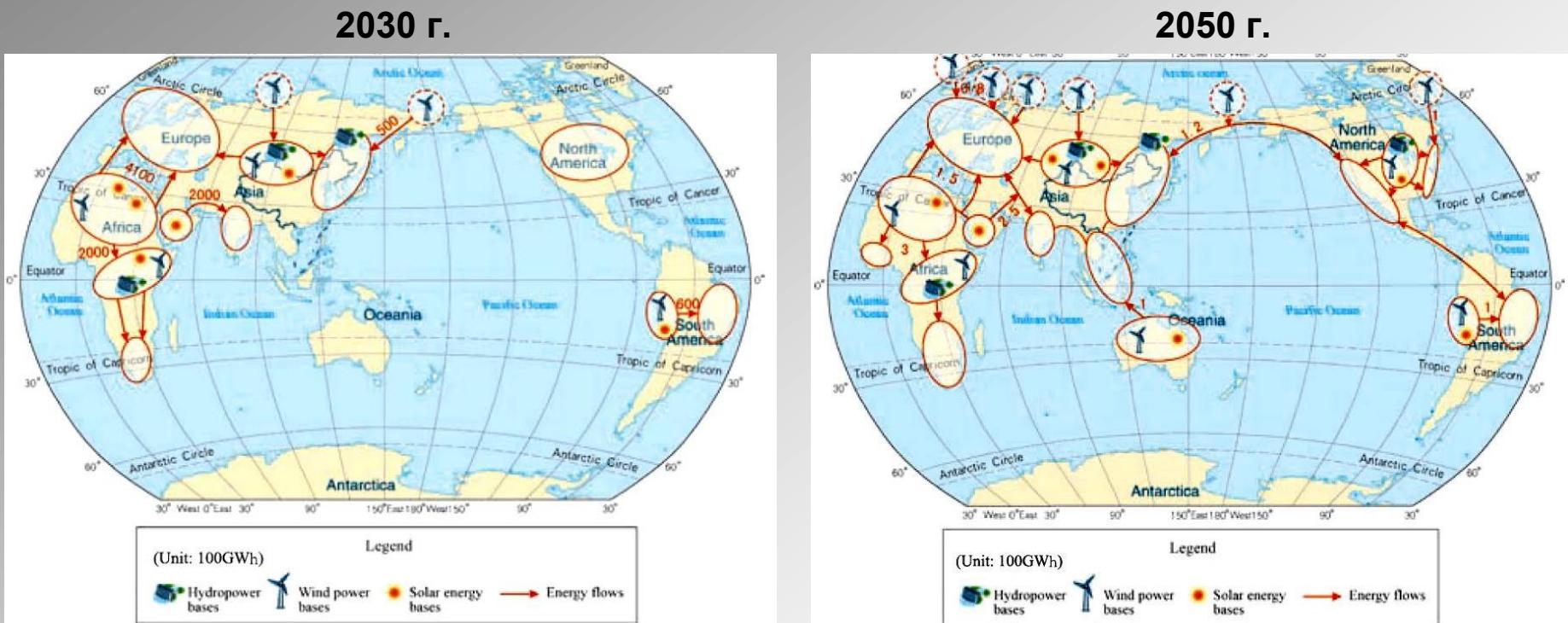
чистая энергетика

# 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



Континентальные и глобальные электроэнергетические сети

# Континентальная электросетевая структура Европы в 2050 г.

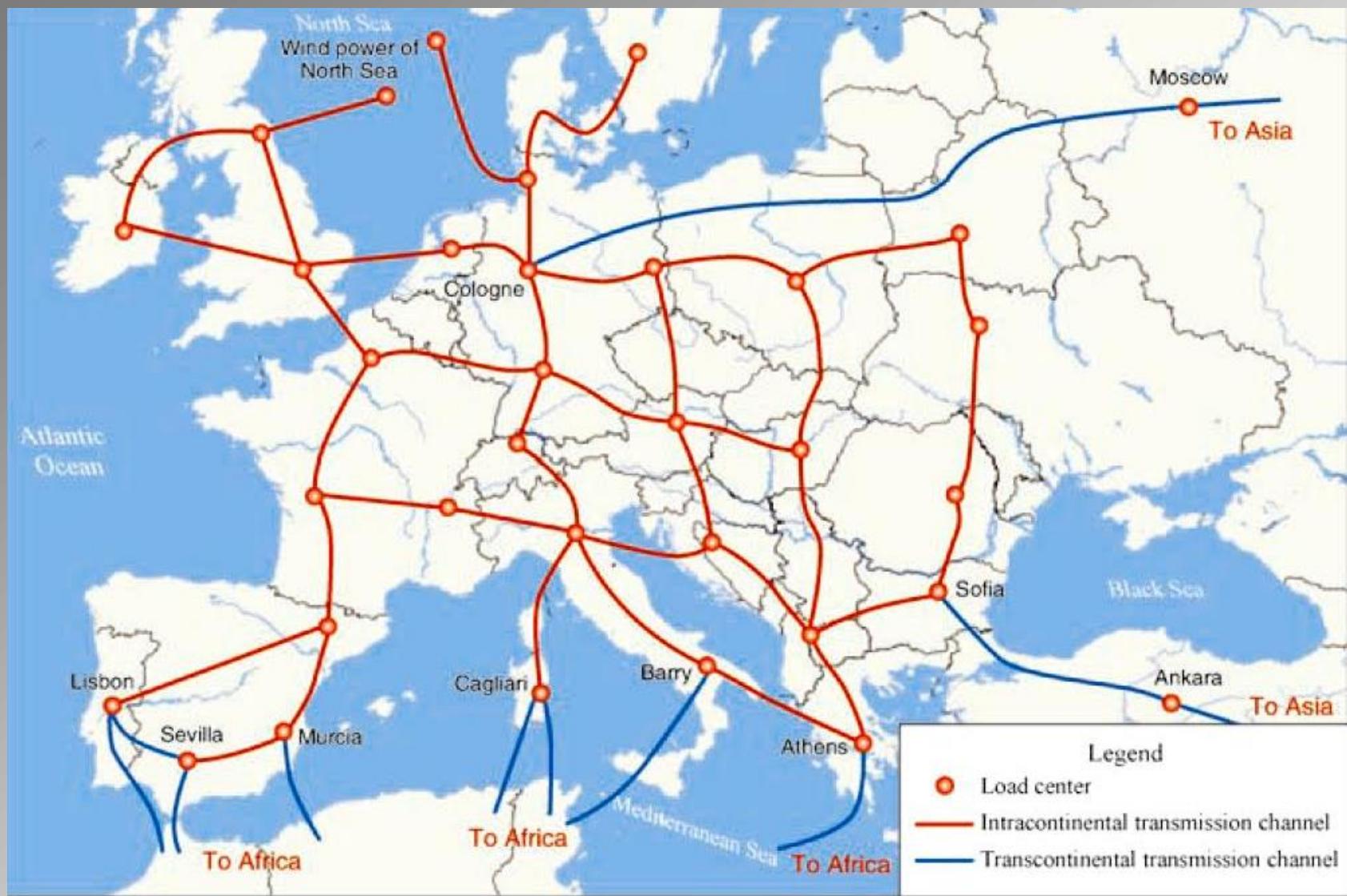


Illustration of Europe's transnational grid interconnections

# Континентальные электросетевые структуры в 2050 г.

## Африка

и

## Америка

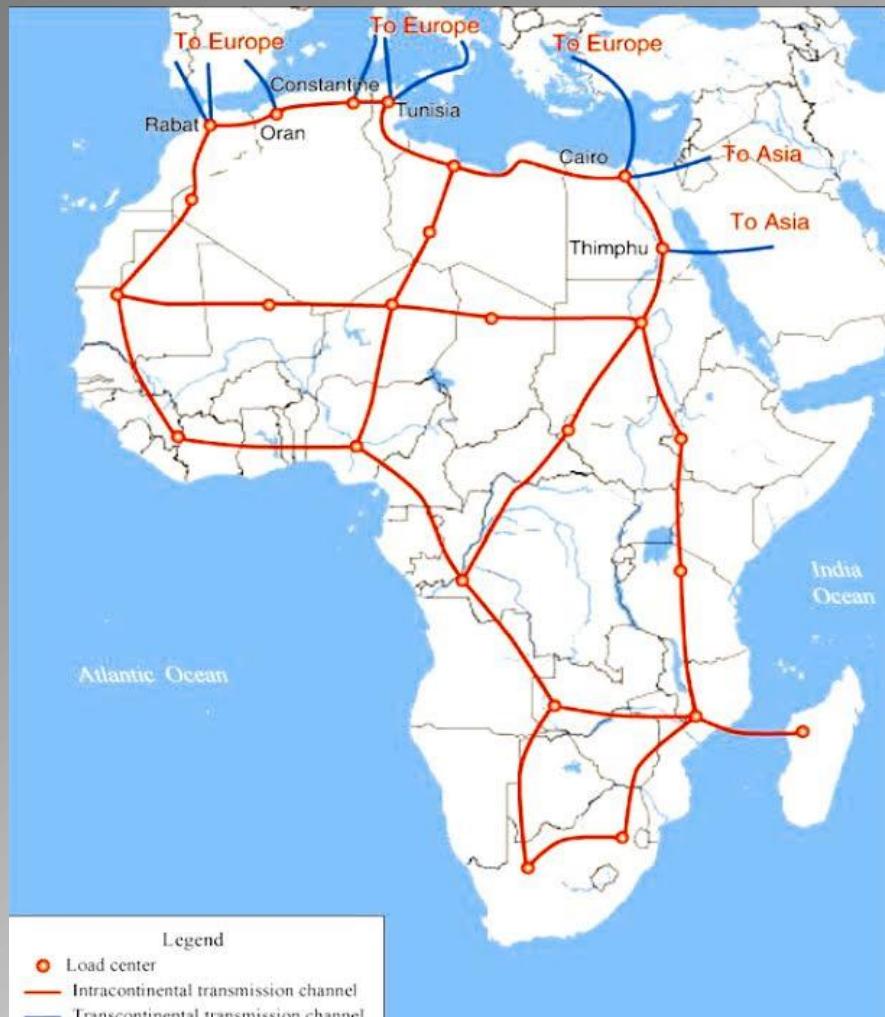


Illustration of Africa's transnational grid interconnections



Illustration of America's transnational grid interconnections

# Континентальная электросетевая структура Азии в 2050 г.

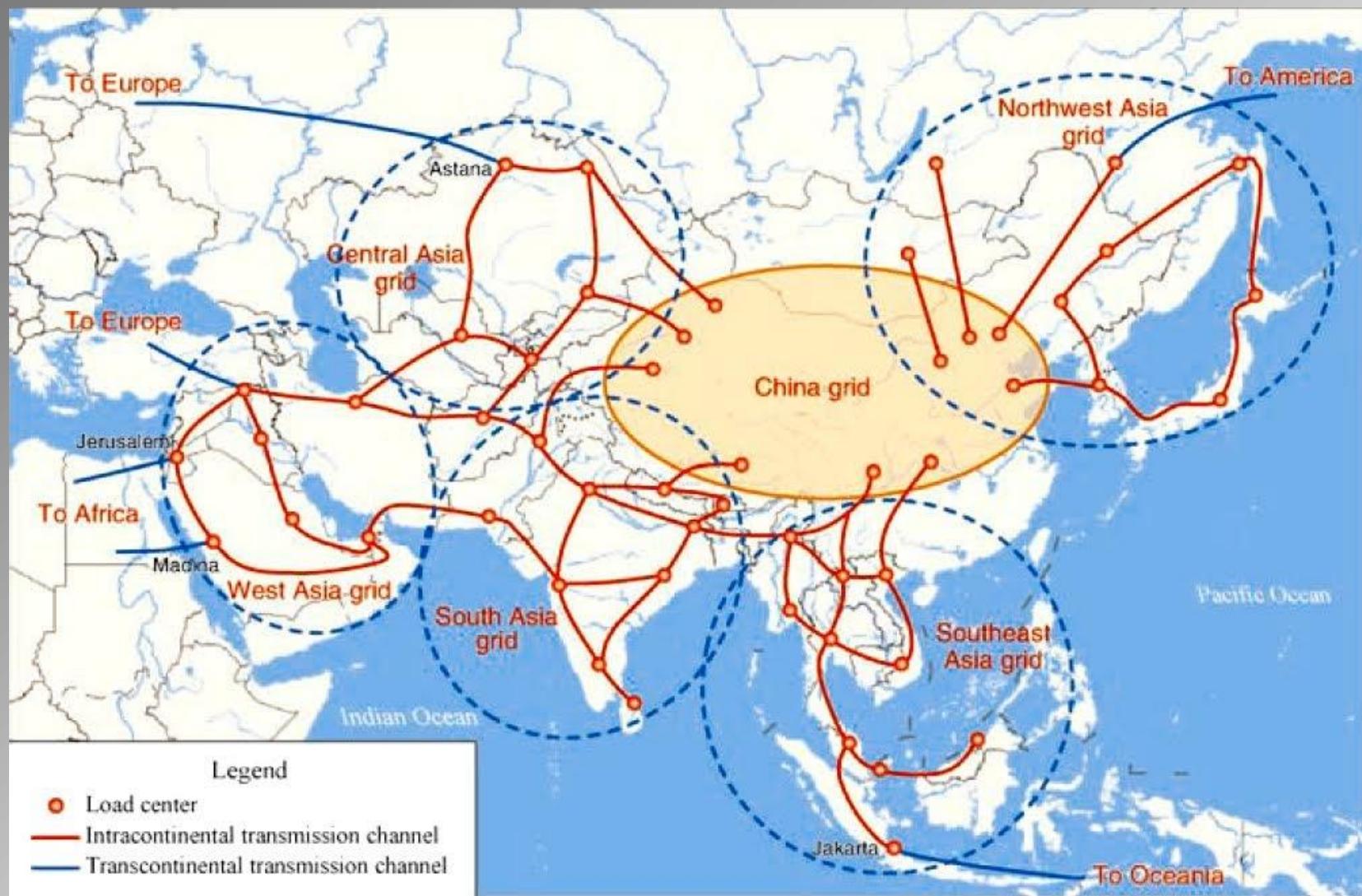


Illustration of Asia's transnational grid interconnections

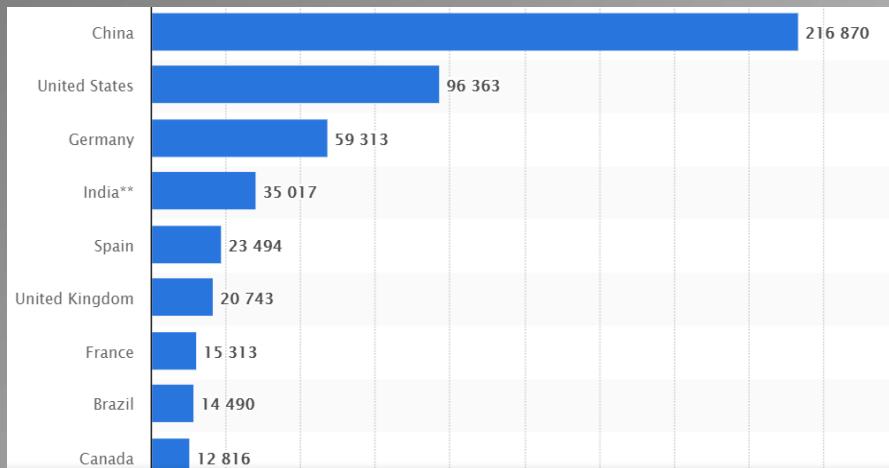
# Парадигма GEIDCO: ВИЭ – основа “чистой энергии”

## Планы GEIDCO: доведение доли ВИЭ

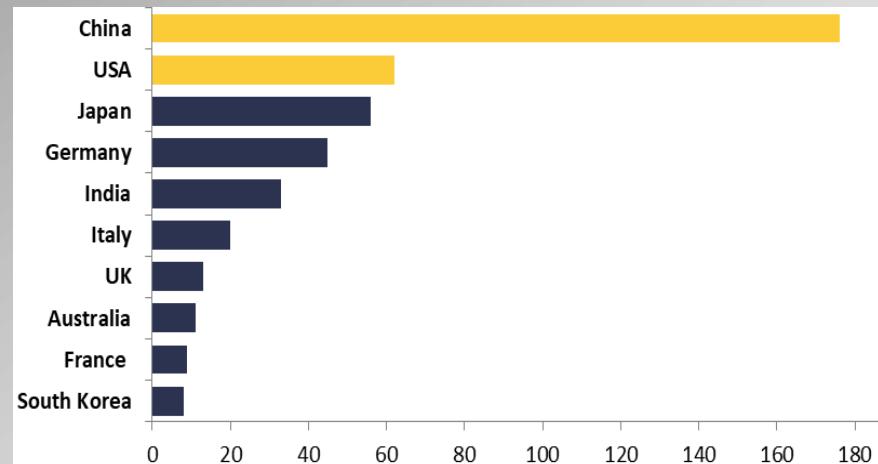
в глобальной генерации энергии до 90%

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

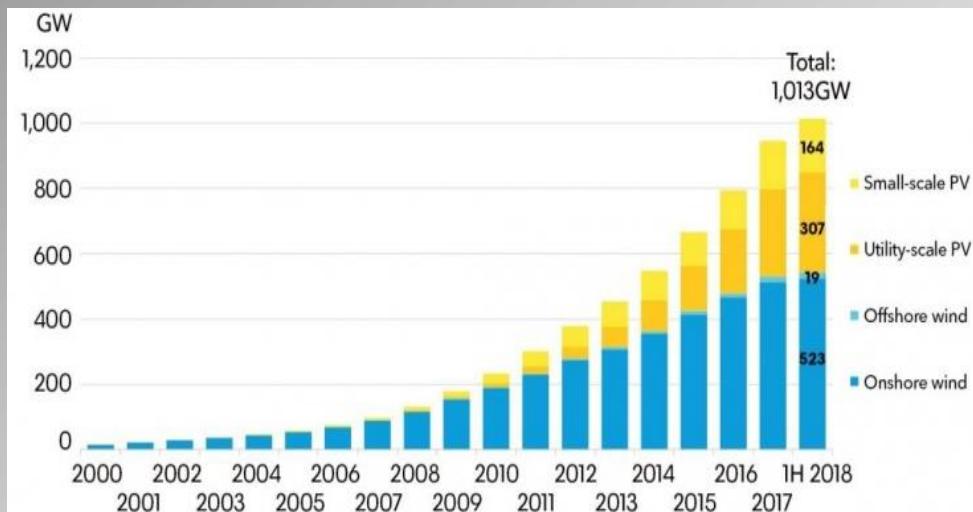
ВЭУ (весь мир ≈ 600 GW)



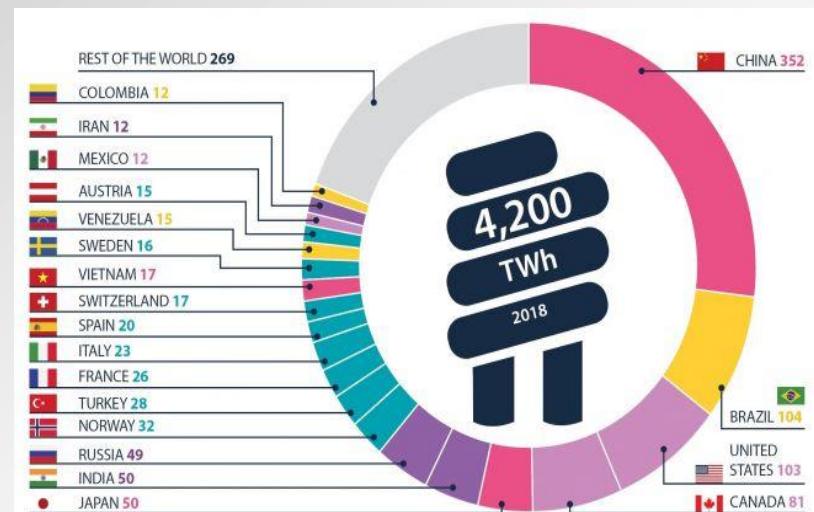
ФЭУ (весь мир ≈ 600 GW)



ВЭУ + ФЭУ (весь мир ≈ 1200 GW)

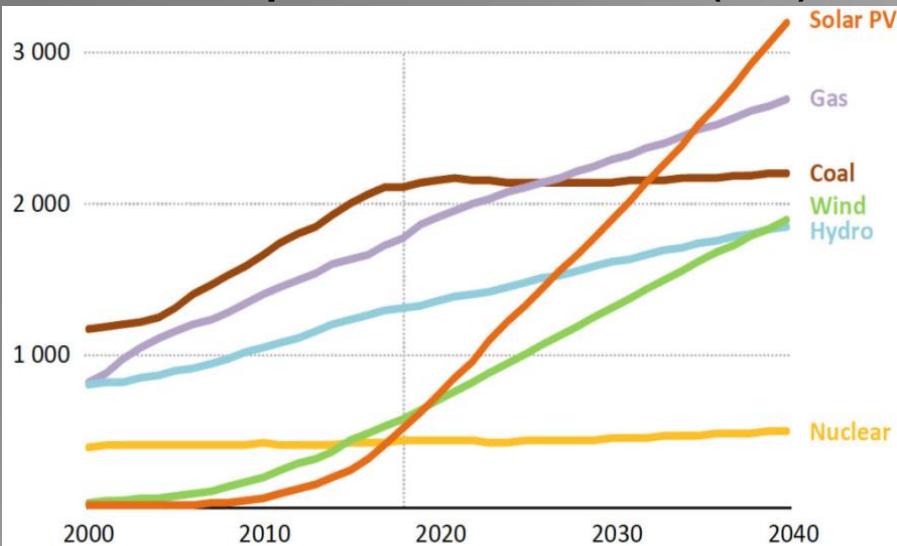


ГЭС (весь мир ≈ 1290 GW)

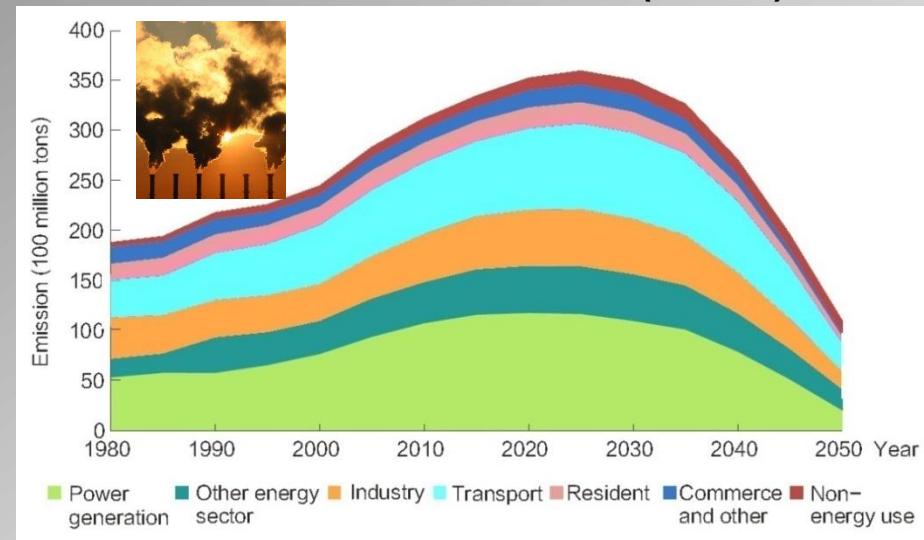


# ВИЭ – основа “чистой энергии”

## Рост установленной мощности ВИЭ в мире планам GEIDCO (ГВт)



## Динамика эмиссии CO<sub>2</sub> в атмосферу по планам 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
<b>Развитие интеллектуальных сетей</b> <b>(0.2)</b>	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)
<b>Развитие магистральных и региональных сетей</b> <b>(0.5)</b>	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)
<b>Развитие чистой энергетики</b> <b>(0.3)</b>	Доля проникновения электроэнергии чистой энергии (0.2)
	Установленные мощности источников чистой электроэнергии (0.15)
	Стоимость оборудования для выработки чистой ЭлЭн (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 км<sup>2</sup> 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)**

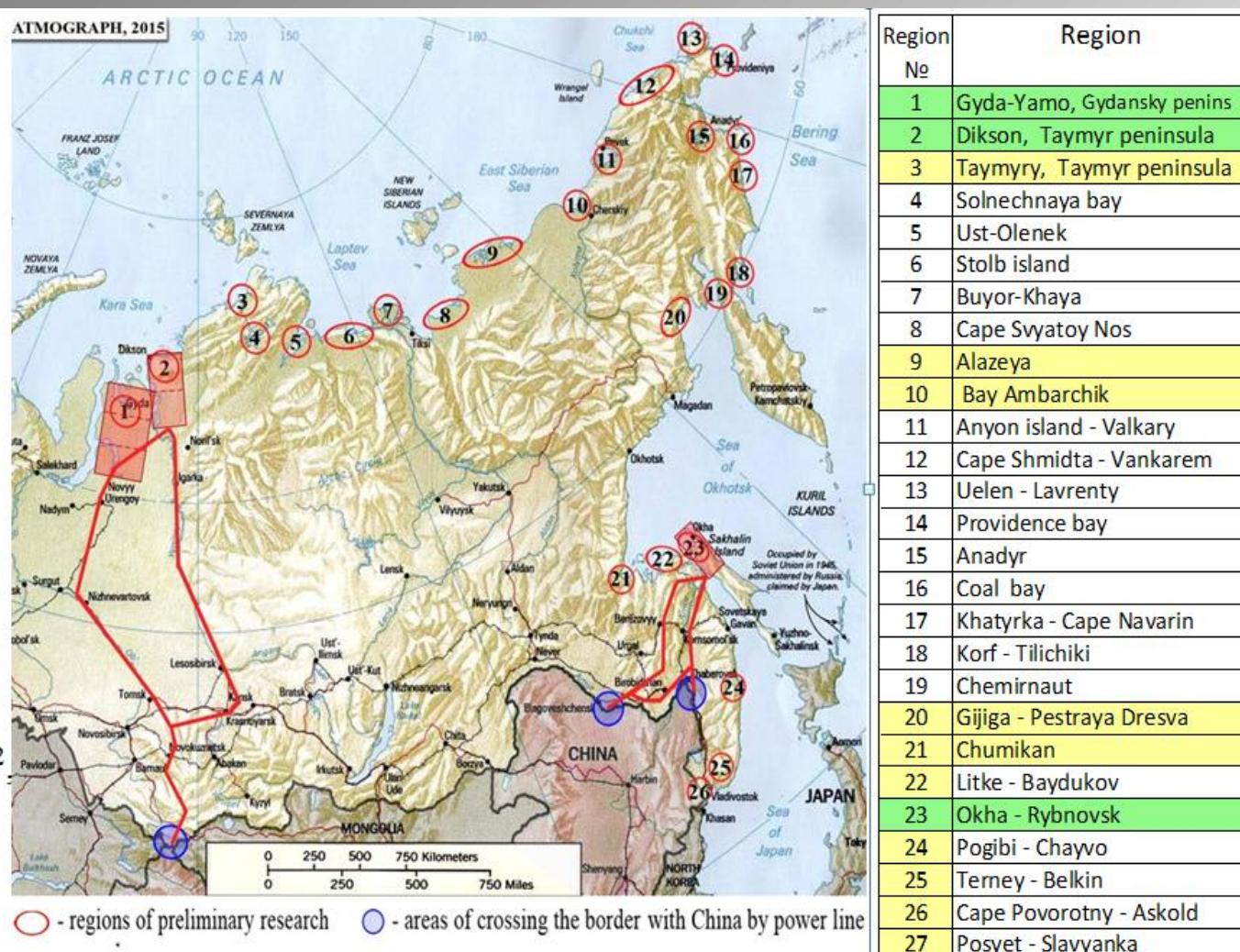
## Выбор районов перспективного размещения ГигаВЭС

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 лучших  
района, и в каждом – 2-3  
полигона по 15-20тыс.км<sup>2</sup>,  
достаточных для  
размещения ГигаВЭС  
мощностью 50 ГВт**



# Наиболее перспективные районы и полигоны размещения ГигаВЭС (вариант 1)

Район на севере острова Сахалин

Полигон 1 – Оха – Рыбновск

Киум ГигаВЭС ≈ 31 %,

выработка ЭлЭн ≈ 137 млрд кВт·ч/год

протяженность ЛЭП ≈ 1000 – 1100 км

Полигон 2 – Погиби – Чайво

Киум ГигаВЭС ≈ 29 %,

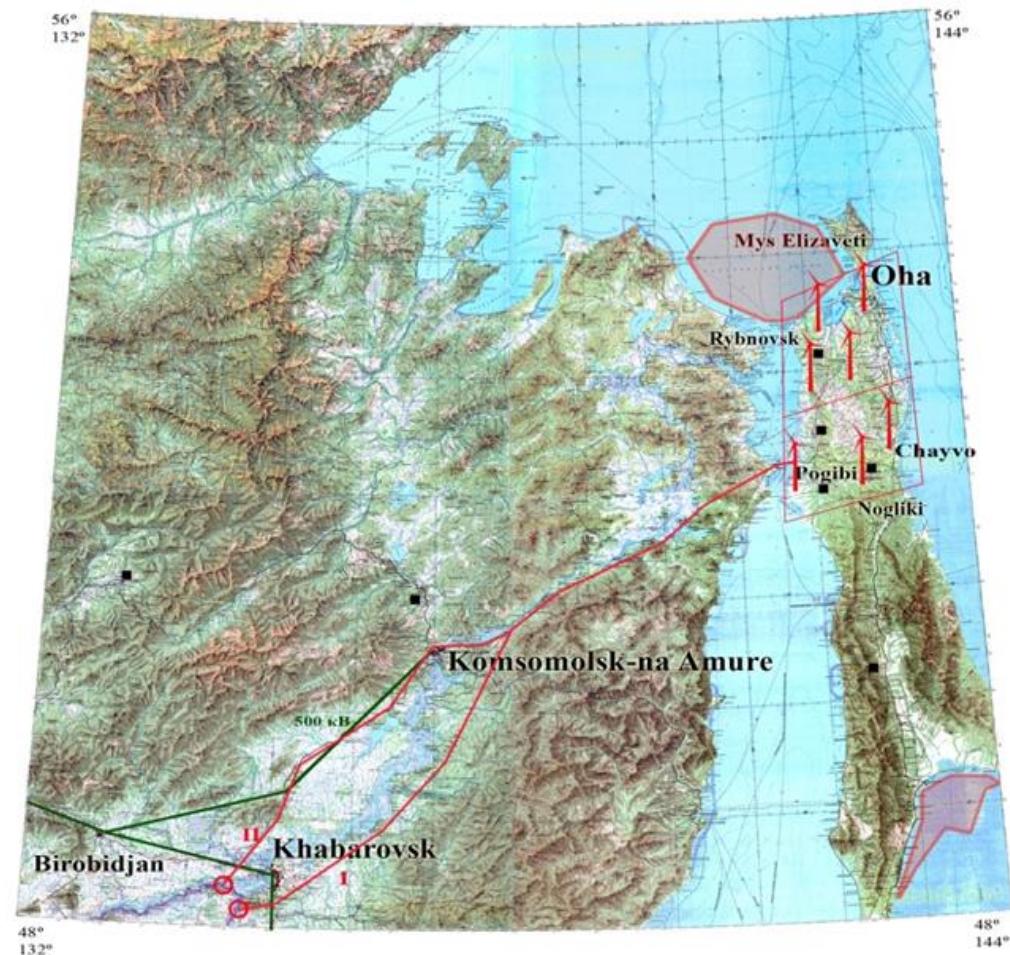
выработка ЭлЭн ≈ 128 млрд кВт·ч/год

протяженность ЛЭП ≈ 850 – 1100 км

Возможно строительство  
резервирующих электростанций

на угольных разрезах Сахалина

на угольных разрезах Амурской  
области и Хабаровского Края



- Existing power lines
- GigaWPP designed power lines
- Border crossing sites
- Coal fields

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

## Район на полуострове Гыданский

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

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

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

**Протяженность ЛЭП**  $\approx 2900$  км

## Район на полуострове Таймыр

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

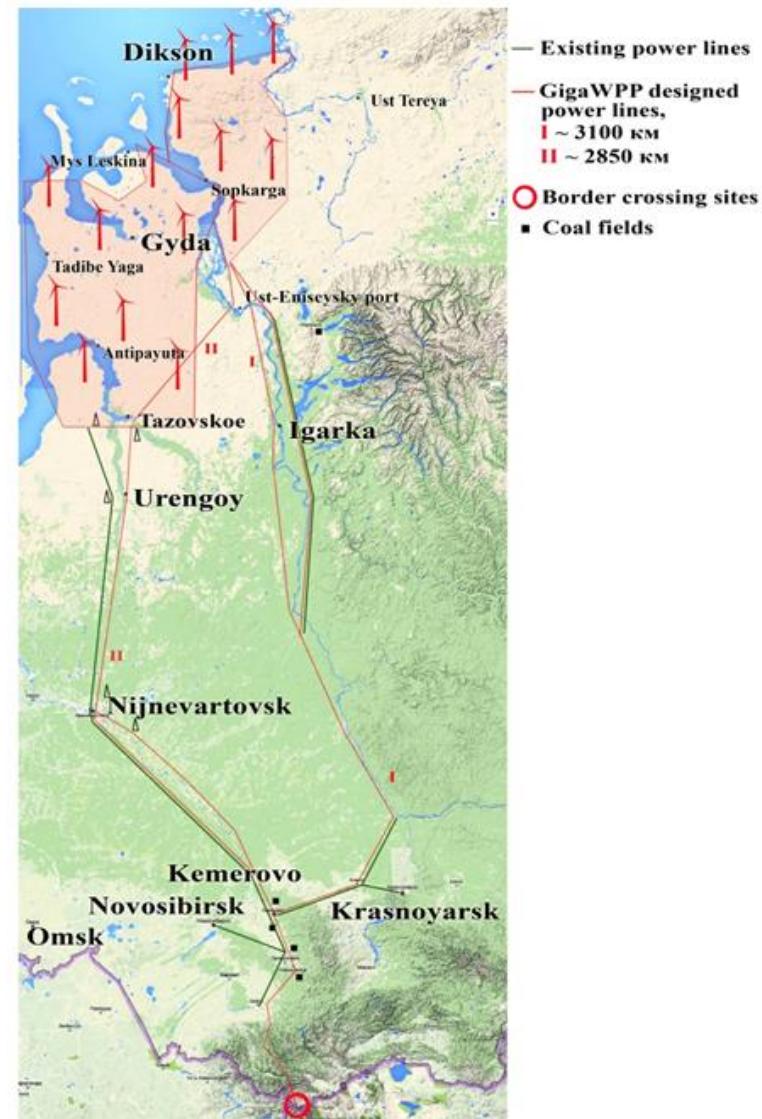
**Полигон 2 – Сопкарга** ( $K_{иУМ} \approx 40\%$ ,  
выработка  $\approx 175$  млрд кВт·ч/год)

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

**Протяженность ЛЭП**  $\approx 3200$  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 срагивания 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. км<sup>2</sup> 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 !

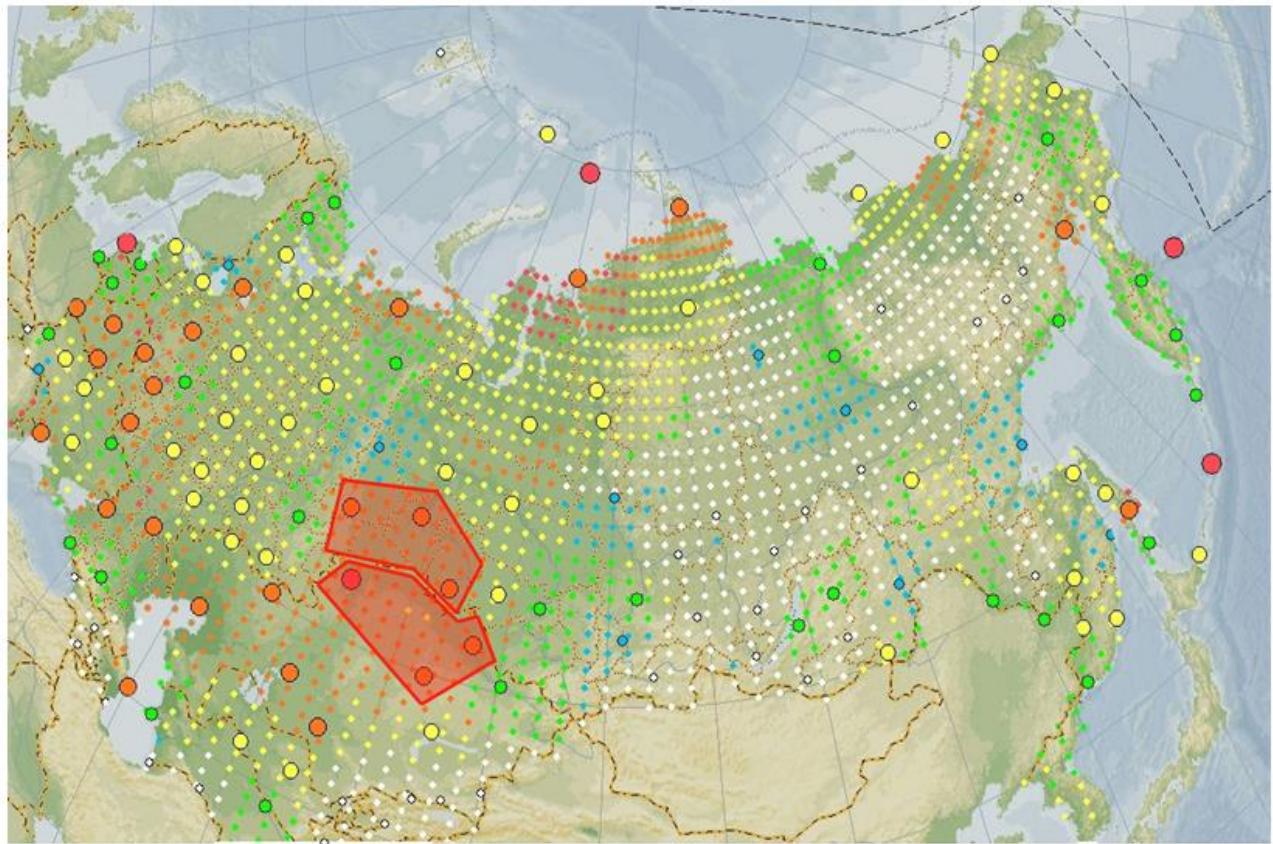
Предложенные варианты развития ГигаВЭС на шельфе Сахалина могут оказаться более экономически эффективными по сравнению с вариантами ГигаВЭС на о-ве Сахалин



# 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.

К иум ГигаВЭС в этих регионах сравним с К иум ГигаВЭС на полуостровах Таймыр и Гыданский

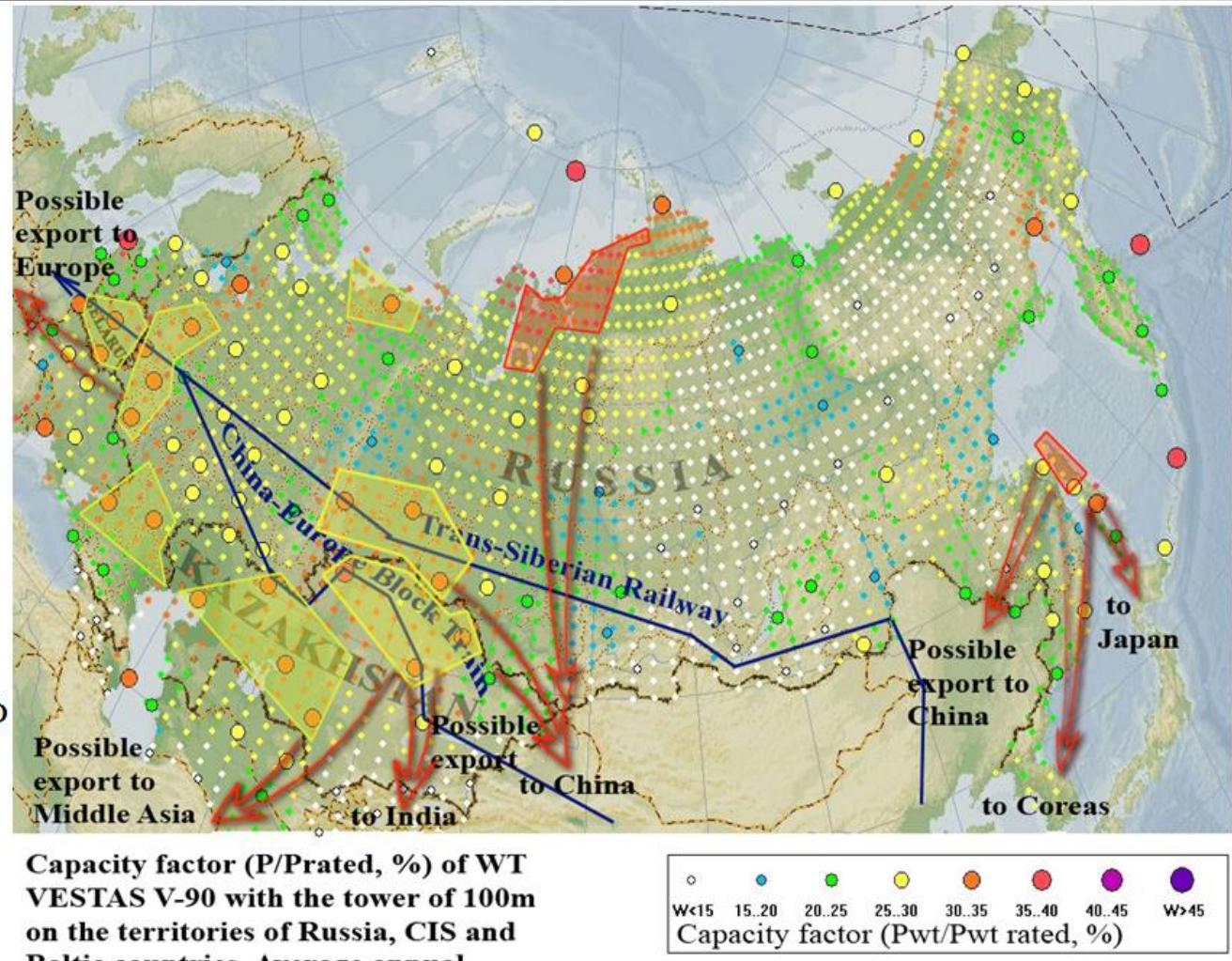


Коэффициент использования номинальной мощности ( % )  
VESTAS V-90 3МВт с высотой башни 100м на территории  
России, стран СНГ и Балтии. Среднегодовой.

# 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,



# 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 идеи 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**

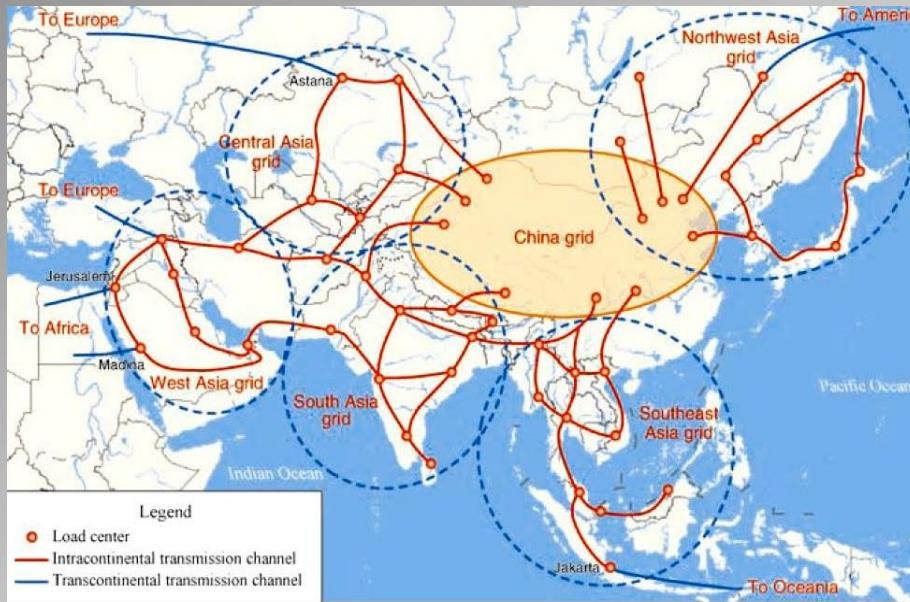


Схема континентальной азиатской энергосистемы



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 ≈ 3–4 млрд USD и экономией японских потребителей ≈ 7 млрд USD. Окупаемость Проекта 10–15 лет в зависимости от уровня тарифов.

Предпосылки Проекта	Вариант схемы энергомоста	Вариант комплектации энергомоста РФ–Япония
<p>Высокий ВЭП региона</p> <p>Высокая стоимость тарифов на ЭлЭн в Японии (до 0,2 \$/кВт·ч)</p> <p>Близость границы Японии</p> <p>Диалог по совместной хозяйственной деятельности на Южных Курилах</p> <p>Поручение Президента РФ (Пр-1827-п.1а от 21.09.2016) о разработке проекта по организации поставок ЭлЭн в страны АТР</p> <p><b>Выгоды Проекта</b></p> <p>Эффективное использование энергоресурсов Сахалина и Курил</p> <p>Участие РФ и Японии в энергоснабжении САЭК</p> <p>Создание высокотехнологичных рабочих мест</p>	<p>The map illustrates the proposed route of the energy bridge. It shows the Sakhalin-1 Project and Sakhalin-2 Project on the island of Sakhalin. A red line indicates the transmission path across the Sea of Okhotsk, ending at the Yuzhno-Sakhalinskaya CHPP-1 (592.8 MW) and Sakhalinskaya TPP-2 (110 MW). The route then continues south through the Japan Sea to the Japanese island of Kyushu. Key locations marked include Vakkanai, Asahikawa, Abashiri, Sapporo, and the city of Choshi. Labels also indicate the DC converter, coal-fired power plant, wind farm, and power line.</p>	<p><b>1 этап – реализация к 2025 г. (-3 ГВт ВЭС и 1 ГВт ГТУ)</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>Оффшорные и береговые на островах Сахалин и Кунашир;</li><li>Установленная мощность ≈ 3 ГВт;</li><li>Киум ≈ 33–36%;</li><li>Годовая выработка ≈ 8–10 ТВт·ч.</li></ul> <p><b>Газовые или угольные электростанции Сахалина</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>Суммарная мощность 1,0 ГВт;</li><li>Киум ТЭС ≈ 80%;</li><li>Годовая выработка 7 ТВт·ч.</li></ul> <p><b>Электрические подстанции (ЭП)</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>Повышающая (до 800–1100 кВ) передающая постоянного тока, мощность 3–4 ГВт на островах Сахалин или/и Кунашир;</li><li>Понижающая распределительная (до 1100 кВ) ЭП, мощность до 4 ГВт на острове Хоккайдо;</li><li>Преобразователь постоянного тока.</li></ul> <p><b>Воздушные и кабельные ЛЭП</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>Постоянного тока;</li><li>Напряжение 800–1100 кВ;</li><li>Пропускная мощность 3–4 ГВт.</li></ul> <p><b>2 этап – реализация после 2025 года</b></p> <p>Расширение мощности ВЭС до 10 ГВт.</p>

# Этапы реализации проекта САЭК

## Энергомост Россия – Корея мощностью до 10 ГВт



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

- Согласно Проекту, предполагается проложить 3 ветки:
- Первая длиной  $\approx 1$  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 Китакюсю 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 KERCO 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](mailto:atmograph@gmail.com)**

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

- XXX