



НТС ОАО «ИНТЕР РАО ЕЭС»

**Экспертная встреча на тему:
«Дорожные карты развития и внедрения технологий
использования ВИЭ: состояние дел в России и мире»**

Доклад

**«Подходы к разработке генеральной схемы
размещения ветроэлектростанций на территории
Российской Федерации»**

Николаев Владимир Геннадьевич

**Научно-информационный Центр «АТМОГРАФ»,
Москва, Россия**

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



Цель: Предложить принципы и критерии формирования проекта Генсхемы размещения ВЭС в России

В качестве принципов и критериев предлагается:

- 1) ВЭС строить в местах потребления энергии и ее дефицита
(большинство административных субъектов Российской Федерации)**
- 2) ВЭС строить в технологически допустимых количествах
(20% от мощности выработки субъекта РФ и соседних с ним)**
- 3) планировать темп роста мощностей ВЭС с учетом мирового опыта**
- 4) ВЭС строить там, где они экономически выгоднее прочих ЭС**
- 5) ВЭС строить в местах развитой дорожной и сетевой инфраструктурой
(ориентация на посевные площади в степных зонах в лесополосах)**
- 5) ВЭС строить в местах, обеспеченных достаточными ВЭР
(Коэффициент использования номинальной мощности ВЭУ $K_{иум} \geq 30\%$)**



Слайд 2.

В качестве принципа и критерия экономичности предлагается:

ВЭС строить в районах, где они экономически выгоднее прочих ЭС

Критерий экономической выгоды: себестоимость $C_{\text{элэн}}$ электроэнергии (ЭлЭн) ВЭС меньше себестоимости ЭлЭн газовых ЭС (ГазЭС)

ГазЭС в качестве критерия экономичности, потому что они:

- ▶ согласно Минэнерго и Газпрома считаются самыми экономичными
- ▶ являются основой электроэнергетики до 2030 г. (50% выработки всей ЭлЭн России) и определяют таким образом тарифы на ЭлЭн
- ▶ развитие ВЭ в России возможно лишь в союзе с Газпромом

Себестоимость ЭлЭн как критерий экономичности, потому что она:

- ▶ является базовым показателем эффективности производства
- ▶ наиболее достоверно определяется:

$$C_{\text{элэн}} = [K_з + \sum_{n=1}^N \text{Эз} (n)] / [K_{\text{иум}} \cdot P_{\text{ном}} \cdot 8760 \cdot \sum_{n=1}^N K_{\text{тр}} (n)]$$



**Методика определения и сравнения себестоимости
электроэнергии $C_{ЭлЭН}$ ВЭС и ЭС на природном газе (ГазЭС)
с равной выработкой электроэнергии**

$$C_{ЭлЭН} = [Kз + \sum_{n=1}^N Эз (n)] / [K_{иум} \cdot P_{ном} \cdot 8760 \cdot \sum_{n=1}^N K_{тг} (n)]$$

	ВЭС	ГазЭС
Капзатраты (Кз)	1660 €/кВт (Garrad Hassan)	1000 €/кВт (ПП РФ от 12.04.10)
Эксплуатация (Эз)	15 €/МВт·ч (статистика ЕС)	5 €/МВт·ч (ПП РФ от 12.04.10)
$K_{иум}$	30% (реально для РФ)	55% (среднее по России)
$K_{тг}$	0,99 → 0,85 (моделирование)	0,99 → 0,85 (моделирование)
Уст. мощность ($P_{ном}$)	183 МВт	100 МВт
Выработка	550 – 470 млн. кВт·ч	550 – 470 млн кВт·ч

Слайд 4. Сравнения экономических показателей ВЭС и ГазЭС



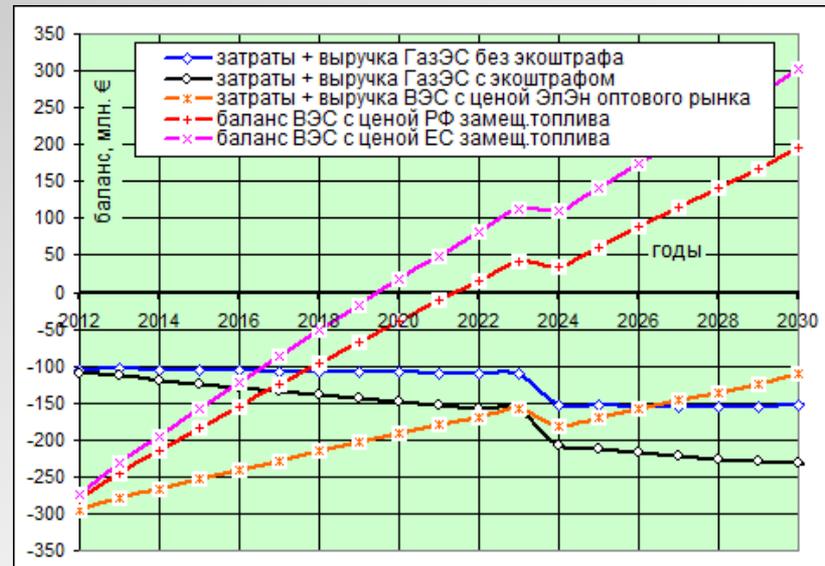
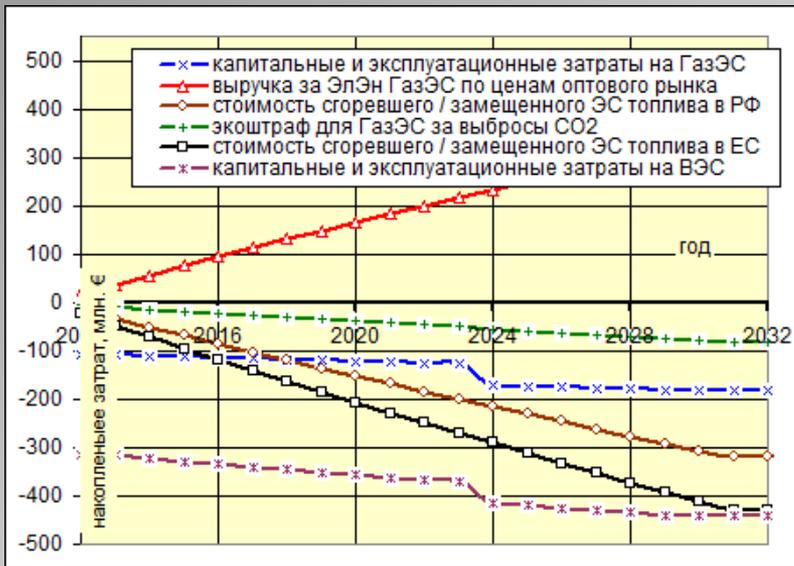
Сценарий :	70% от цен ЕС	
Показатель	ГазЭС	ВЭС
Номинальная мощность ЭС, МВт	100	183.33
$K_{инм}$, %	55	30
Присоединение к сети, млн. €	-10.05	-18.33
Капитальные затраты, млн. €	-126.7	-304.4
Затраты на эксплуатацию, млн. €	-136.1	-140.6
Затраты на газ, млн. €	-319.6	0
Экспортная цена газа, млн. €		343.9
Экоштраф за выброс CO ₂ , млн. €	-81.4	0
Выручка за ЭлЭн, млн. €	347.7	347.7
Баланс расходов и выручки, млн. €	-244.8	-115.7
Себестоимость ЭлЭн ЭС, €/кВт·ч	0.067	0.052
Топливная составляющая, %	52.1	0
купаемость по цене замещ.газа, лет	нет	10.2

Отличия ВЭС от ГазЭС

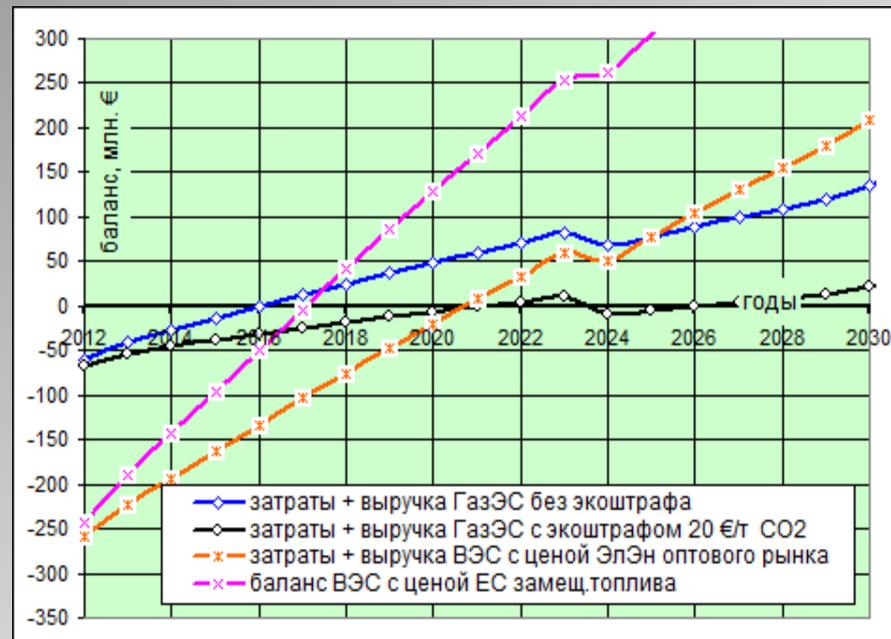
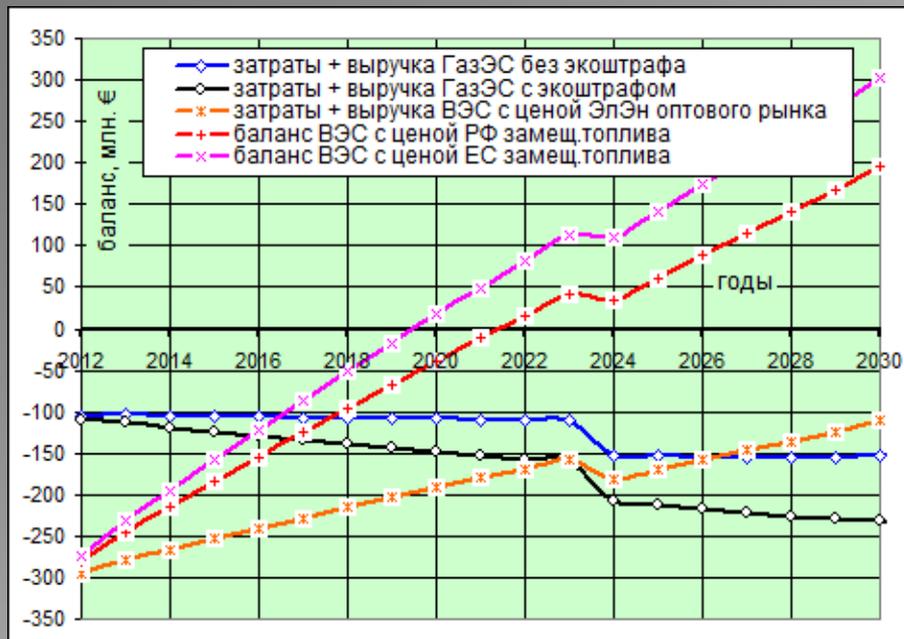
- меньший $K_{иум}$ (30% против 55%)
- большие капзатраты (в 2,5 раза)
- безтопливность (стоимость газа для ГазЭС при равнодоходных ценах газа $\approx 170 \text{ €/т}$ к 2013 г. = 35 €/МВт·ч при расх. 200 Г/кВт·ч > капзатрат на ВЭС)
- отсутствие экоштрафа ($\approx 25\%$ от цены газа)

По расчетам: себестоимость ЭлЭн ВЭС ниже чем у ГазЭС (52 €/МВт·ч против 67 €/МВт·ч).

При закупке ЭлЭн ВЭС и ГазЭС по ценам оптового рынка России ($\approx 35 \text{ €/МВт·ч}$) ВЭС и ГазЭС не окупаемы. Новые ГазЭС окупятся при цене ЭлЭн $\approx 70 \text{ €/МВт·ч}$



Слайд 5. Сравнения экономических показателей ВЭС и ГазЭС в России и странах ЕС

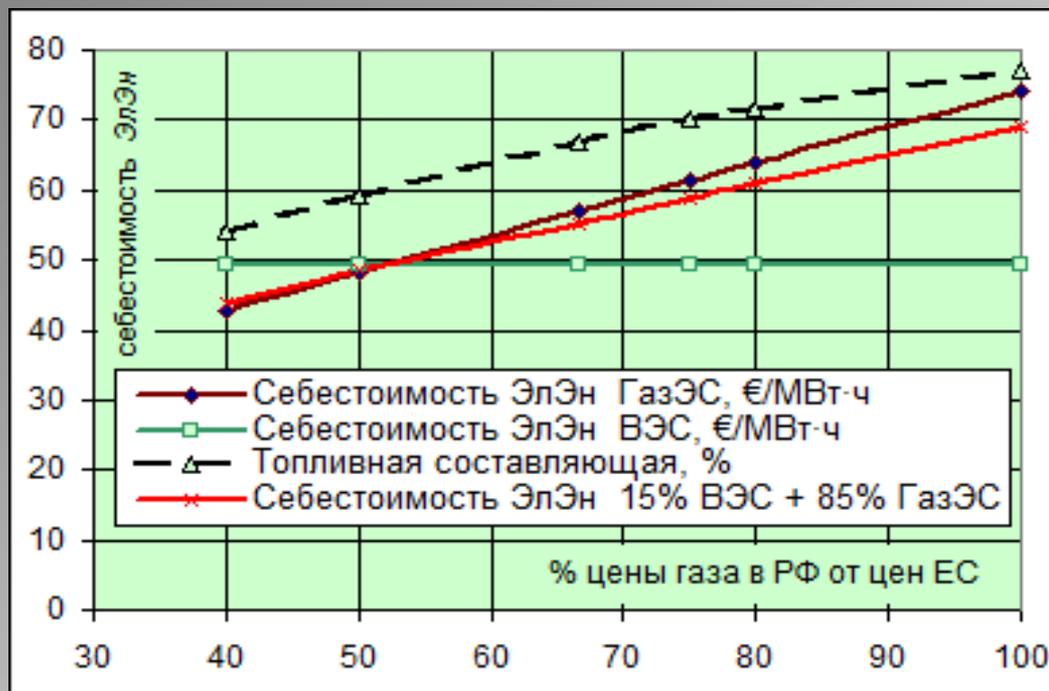


► В отсутствии в настоящее время массового строительства новых тепловых ЭС цены на ЭлЭн на оптовом рынке в России ($\approx 30 - 35 \text{ €/МВт}\cdot\text{ч}$) определяют старые ЭС (давно амортизированные), составляющие основную часть энергопарка России => отсутствие строительства новых ЭС.

► Окупаемость тепловых станций в странах ЕС достигается за счет меньших капзатрат ($600 - 700 \text{ €/кВтч}$), больших цен оптового рынка ($60 - 70 \text{ €/МВтч}$) и скрытых субсидий тепловой генерации

Слайд 6.

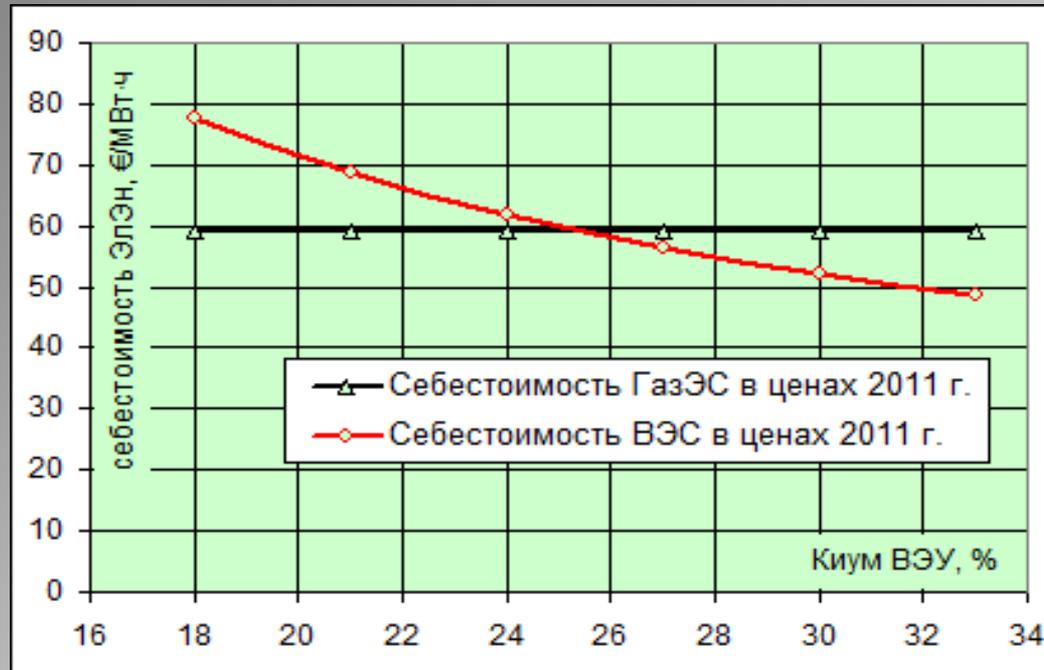
Сравнения себестоимости электроэнергии $C_{\text{ЭлЭн}}$ ВЭС и ГазЭС



- С ростом цен на газ с сегодняшних до равнодоходных себестоимость электроэнергии ГазЭС будет расти с 40 до 57 – 65 €/МВт·ч, а у ВЭС она сохраняется ≤ 50 €/МВт·ч при $K_{\text{иум}} = 30\%$
- Таким образом, замена части ГазЭС на ВЭС – способ снижения себестоимости выработки электроэнергии в стране и => тарифов
- Эффект снижения себестоимости электроэнергии в стране растет с увеличением доли ВЭС



ВЭС экономически выгоднее ГазЭС при $K_{иум} > 30\%$ (с запасом $\approx 20\%$!)



По Генеральной схеме ВЭС строим в местах, обеспеченных ВЭР ($K_{иум} > 30\%$)

$$K_{иум} = P_{расп} / P_{ном}, \quad \text{где } P_{расп} = K_{неид} \cdot K_{тг}(n) \cdot \int_{V_0}^{V_{бур}} p(V) \cdot f(V) dV, \quad \text{где}$$

$P_{расп}$ и $P_{ном}$ – располагаемая и номинальная мощность ВЭУ; $K_{неид}$ и $K_{тг}(n)$ – коэффициенты неидеальности и технической готовности ВЭУ и n – номер года эксплуатации ВЭУ; $p(V)$ и $f(V)$ – рабочая характеристика и функция плотности вероятности распределения скорости ветра; $V_{бур}$ и V_0 – скорости бурового отключения и страгивания ВЭУ.

Есть ли ветер в России? Взгляд из Дании и России

Среднегодовая скорость ветра на высоте 50 м над землей

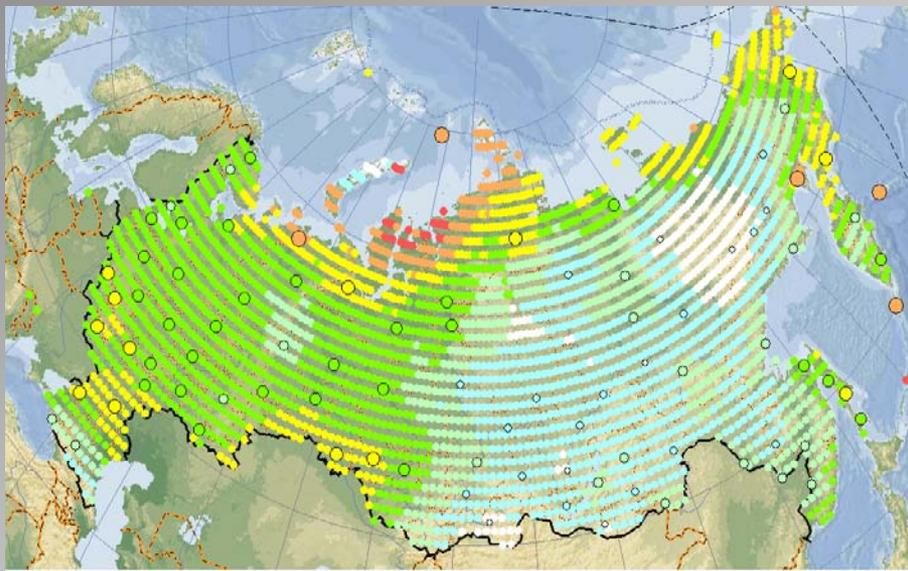
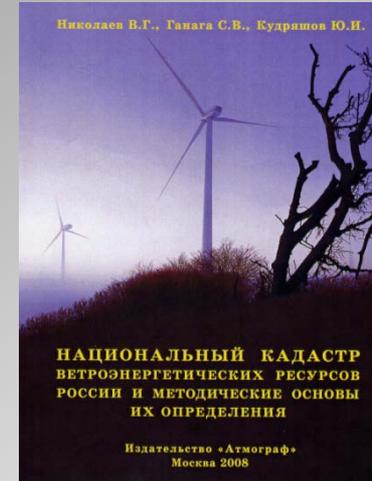


Рис.1 Карта распределения скорости ветра на высоте $h=35$ м в узлах координатной сетки. Среднее значение за год.

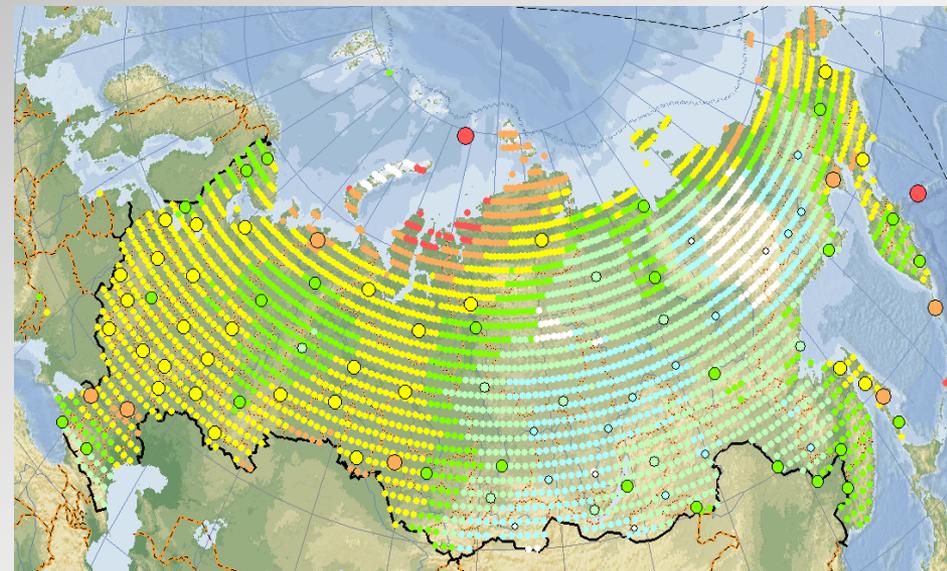
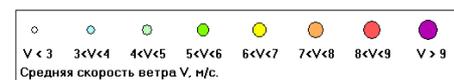


Рис.1 Карта распределения скорости ветра на высоте $h=50$ м в узлах координатной сетки. Среднее значение за год.



Сравнение точности методик WASP и ФЛЮГЕР XXI :

WASP – одноуровневая модель с модельной Z_0

ФЛЮГЕР XXI на базе трехслойной модели “Сэндвич”

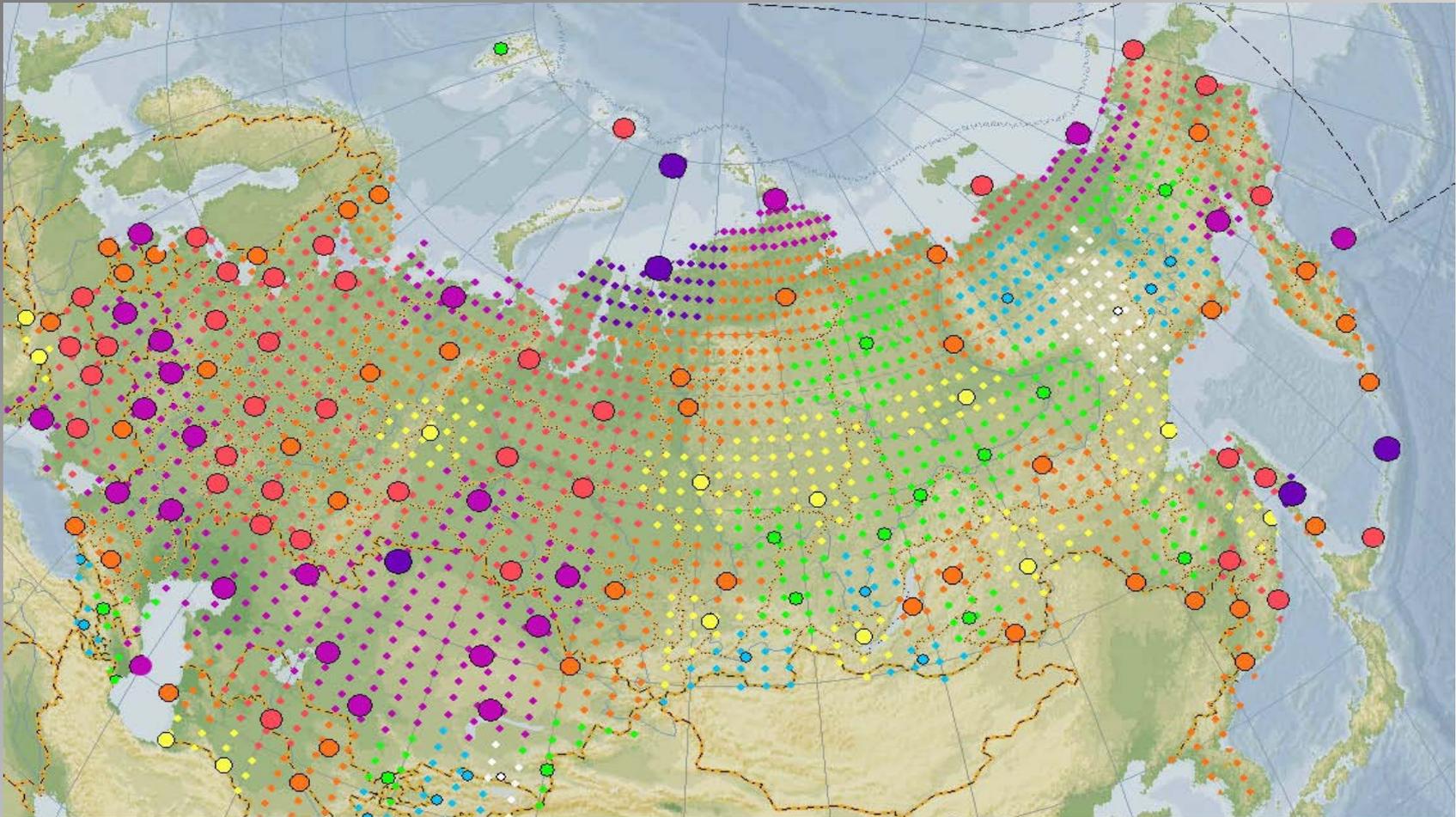
Высота:	50 м		100 м		200 м	
Методика	ФЛЮГЕР XXI	WASP	ФЛЮГЕР XXI	WASP	ФЛЮГЕР XXI	WASP
Скорость м/с	5,54	4,32	6,73	5,60	7,16	6,86
Погрешность, %	?	?	0	26,46	0	21,59
Удельная мощность, Вт/м ²	213,3	117,0	561,0	293,1	818,3	510,5
Погрешность, %	?	?	0	69,70	0	63,84

	Высота :	100 м		200 м	
Методика	Метеостанция	ФЛЮГЕР XXI	WASP	ФЛЮГЕР XXI	WASP
Скорость м/с	Балчуг	6,76	2,80	7,98	3,50
Скорость м/с	Ново-Иерусалим	6,93	4,10	8,06	5,00
Скорость м/с	Егорьевск	7,07	5,70	8,13	7,00
Удельная мощность, Вт/м ²	Балчуг	395,7	25,0	507,6	49,0
Удельная мощность, Вт/м ²	Ново-Иерусалим	443,7	85,0	530,4	167,0
Удельная мощность, Вт/м ²	Егорьевск	467,8	197,00	577,2	384,00

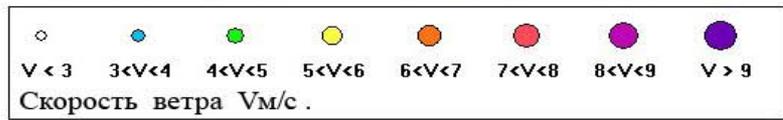
Методическими исследованиями установлено, что разработанная в НИЦ “АТМОГРАФ” методология на основе методик статистического моделирования ВЭП и мощности и соответственно $K_{иум}$ ВЭУ, является не только наиболее точной из известных, но и единственной аналитической методикой, по точности удовлетворяющей требования практики.



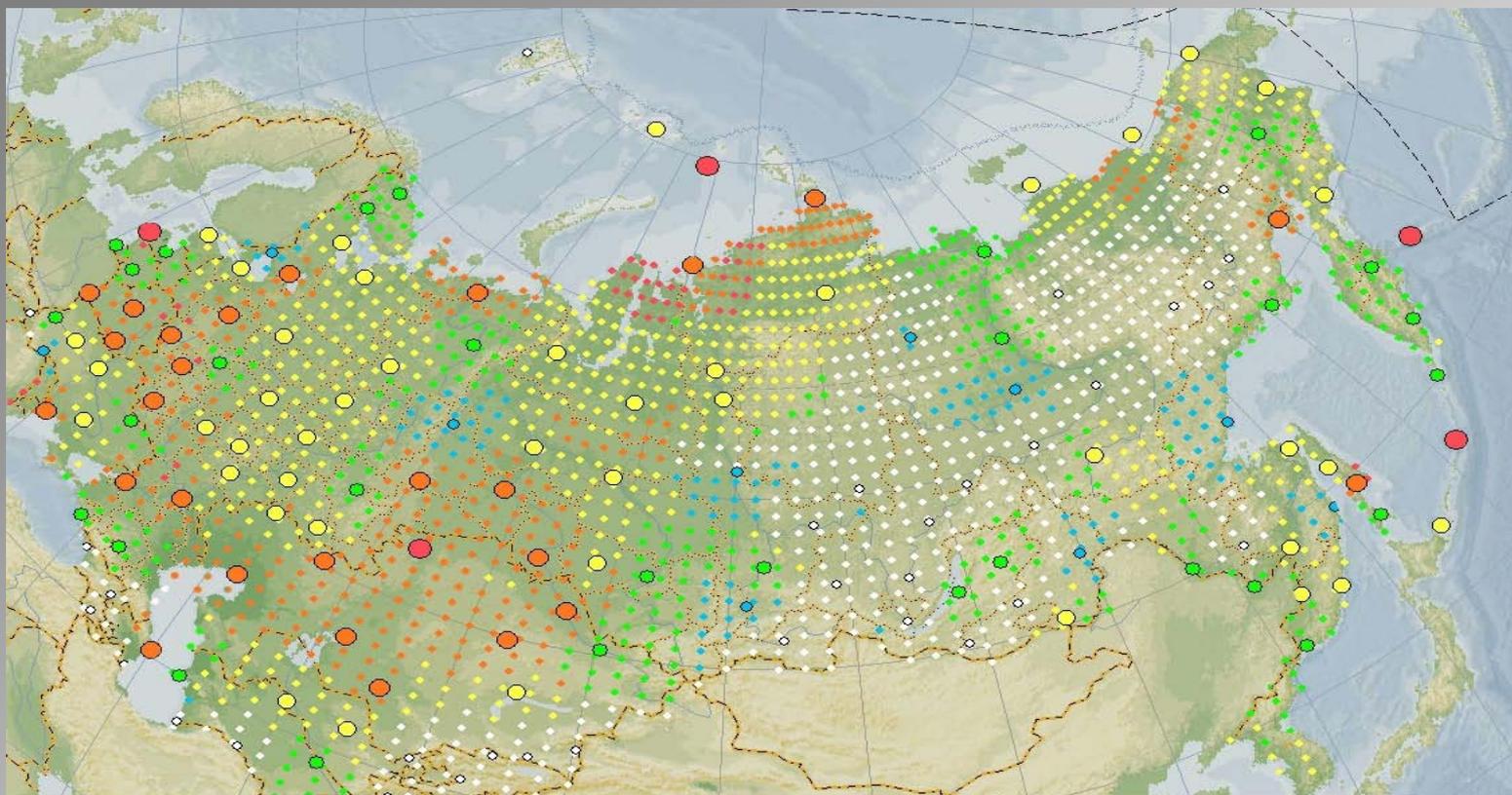
Ветровые ресурсы России, стран СНГ и Балтии



Скорость ветра на высоте 100м на территории
России, стран СНГ и Балтии. Среднегодовая.



Распределение по территории России коэффициентов использования номинальной мощности ВЭУ V90 с диаметром ВК 90 м и высотой башни 100 м



Коэффициент использования номинальной мощности (%)

VESTAS V-90 3МВт с высотой башни 100м на территории

России, стран СНГ и Балтии. Среднегодовой.



Места, отмеченные на карте оранжевым и красным, обладают достаточным ВЭП по любым международным критериям, обеспечивающим коэффициенты использования номинальной мощности ВЭУ $K_{иум} \geq 30\%$ (≥ 2700 тысяч часов работы ВЭС с номинальной мощностью).

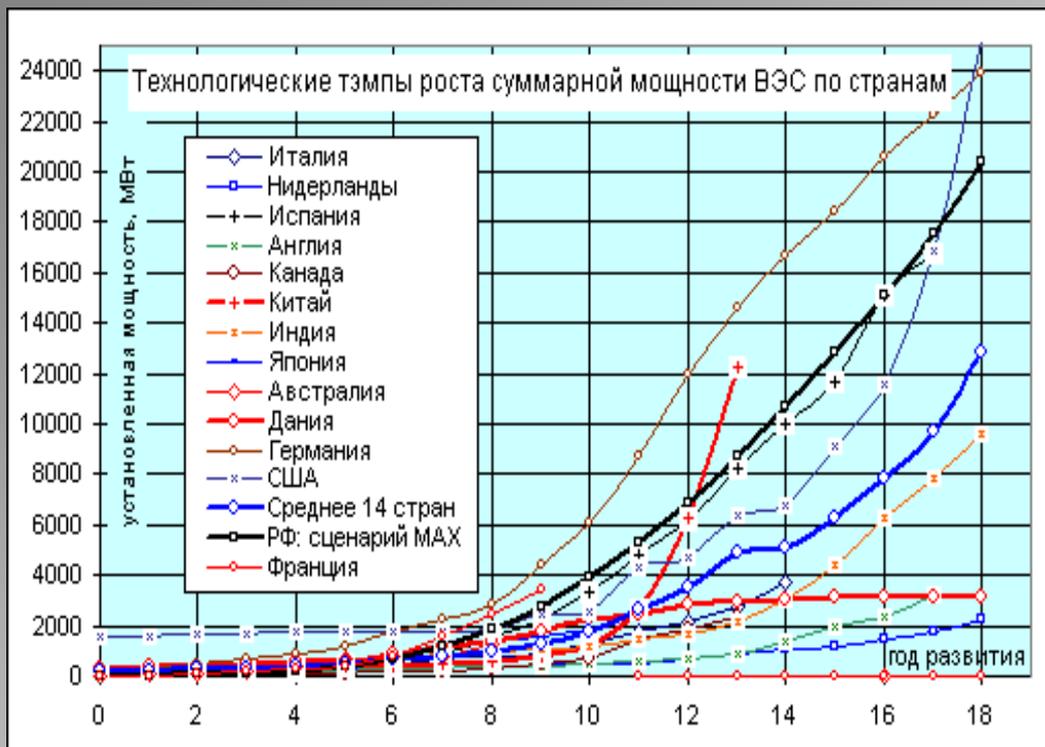


Выводы анализа ветроэнергетического потенциала России

- Оцененный в наших работах с учетом энергетических показателей современных ВЭУ технический ВЭП России уникален и \approx в 13 раз превышает годовую выработку всех электростанций страны (≈ 1000 млрд. кВт·ч /год).
- Оцененный в наших работах с учетом энергетических показателей современных ВЭУ суммарная установленная мощность ВЭС с $K_{иум} > 30\%$ (более эффективных, чем ГазЭС) может достигать более 1000 млрд. кВт·ч /год.
- Допустимая по мировым технико-энергетическим нормативам суммарная выработка электроэнергии установленных в РФ ВЭС (20% рубеж) может составлять при имеющихся мощностях (≈ 220 ГВт)
 $\approx 75 - 85$ млрд.кВт·ч /год.
С учетом роста мощностей к 2030 г. – $\approx 100 - 120$ млрд.кВт·ч /год.
- Для размещения ВЭС, обеспечивающих указанную выработку требуются суммарные площади $\approx 0,7\%$ территории России (при установке ВЭУ в районах со среднегодовыми значениями ($K_{иум} \geq 30\%$))
- Ветровые ресурсы имеют весьма благоприятное распределение по территории России для их промышленного освоения и широкомасштабного использования

Оценка производственных возможностей и темпов развития отрасли ВЭС

Технологические ограничения темпов ввода ВЭС



Мировой опыт:

при поддержке Государств доли ВЭС в суммарной электрогенерации стран

≈ 3 – 5% и 10 – 13%

реально достигаются

за 6 – 7 и 10 – 12 лет

и эти сроки в силу развития мировых производственных мощностей существенно сокращаются (пример: Китай, Франция)

В 2009 г. Китай установил ВЭС суммарной мощностью **13,8 ГВт**

Темпы и масштабы развития ВЭС в РФ выбраны в Проекте

с учетом технологических, экономических и кадровых ограничений и мирового опыта и соответствуют умеренным темпам развития ВЭ в Индии и Испании

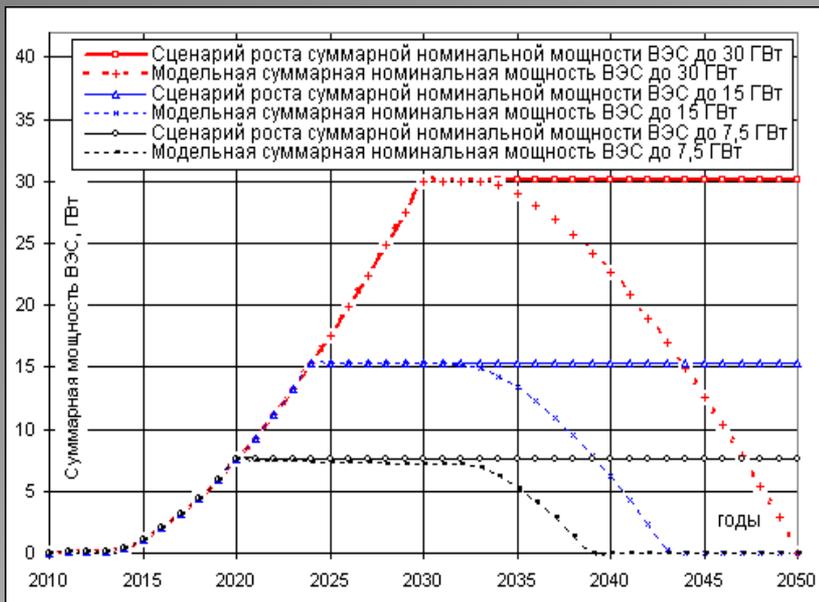


Проект широкомасштабного развития ветроэнергетики в России

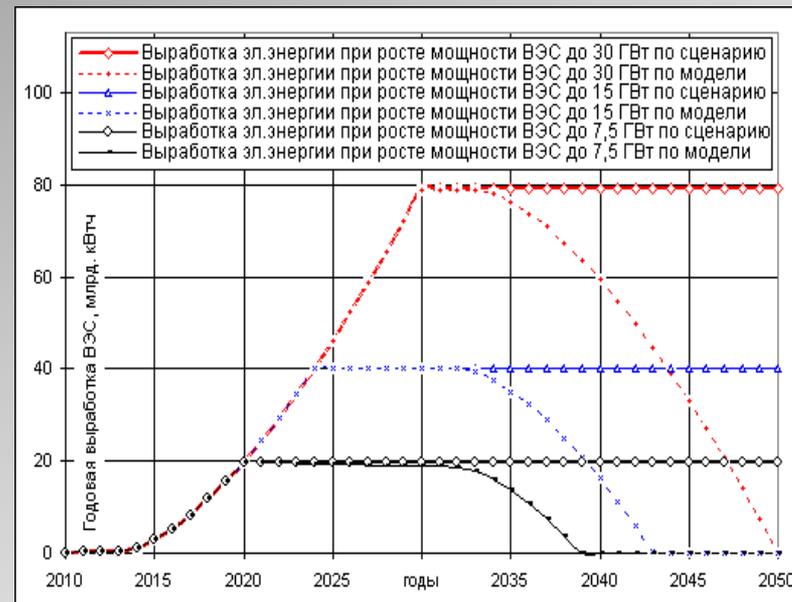
Слайд 14

Рост установленной мощности и выработки электроэнергии ВЭС в РФ

Мощность, ГВт



Выработка, млрд. кВтч



Не меньше, так как теряем возможности

- ▶ выполнения Распоряжения р-1 98.01.09
- ▶ быстрого роста выработки дешевой энергии
- ▶ сдерживания тарифов на энергию
- ▶ снижения выбросов CO₂
- ▶ экономии органического топлива
- ▶ увеличения прибыли от экспорта топлива
- ▶ в инновационном развитии

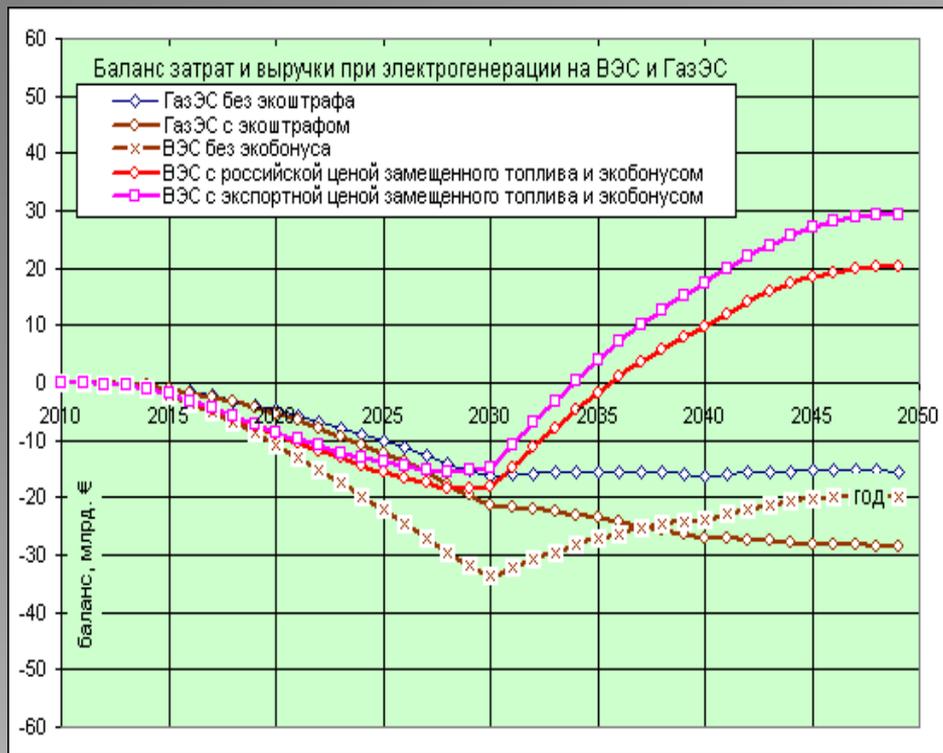
То есть: **ЧЕМ БОЛЬШЕ, ТЕМ ВЫГОДНЕЕ**

Не больше, так как не хватает

- ▶ политической воли Государства
- ▶ времени
- ▶ финансирования
- ▶ специалистов
- ▶ мощностей производства ВЭУ
- ▶ ветровых ресурсов и земли
- ▶ надежности электрических сетей



Слайд 15. Накопление за 40 лет доходов, расходов и балансов при реализации проектов ВЭС 30 ГВт ($K_{иум} = 30\%$) и ГазЭС 18 ГВт ($K_{иум} = 50\%$) к 2030г. при “равнодоходном” сценарии



Баланс ВЭС с экспортной выручкой за замещенный газ

- До 2025 г. отрицательный баланс ВЭС будет нарастать до минимума ≈ 12 млрд.€, затем будет нарастать, к 2032 г. = 0 (! длинные деньги !) и к 2050 г. составит ≈ 40 млрд.€)

Баланс ВЭС с российской выручкой за замещенный газ

- До 2030 г. отрицательный баланс ВЭС будет нарастать до минимума ≈ 16 млрд.€, затем нарастая к 2036 г. = 0 (! еще более длинные деньги !) но к 2050 г. составит ≈ 17 млрд.€)

- В случае ВЭС – источник погашения отрицательного баланса – распределение прибыли от экспорта газа
- О надбавках !!! “Справедливая” надбавка за эл.энергию ВЭС = российской цене замещенного газа, действующая весь срок службы ВЭС (≈ 20 лет): позволяет окупить ВЭС за 11 – 13 лет и заставляет “хозяина” ВЭС максимально использовать ее технические возможности и ресурс.

Энергетический, экологический, экономический, социальный эффекты проекта 30 ГВт

	2020 г.	2030 г.
• Суммарная мощность ВЭС	7 ГВт	30 ГВт
$K_{иум}$ ВЭУ	28%	30%
Годовая выработка электроэнергии	17,5 ТВт·ч	79 ТВт·ч
Доля в балансе электроэнергии	1,3 – 1,5%	4,6 – 5,5%
Замещение газа	6 млрд.м ³	27 млрд.м ³
Стоимость замещенного газа в РФ сегодня	440 млн.€	2,0 млрд.€
Стоимость замещенного газа в России	800 млн.€	3,6 млрд.€
Экспортная стоимость замещенного газа	1,5 млрд.€	6,8 млрд.€
Сокращение выбросов CO ₂	9,6 млн.т	43,5 млн.т
Стоимость выбросов CO ₂ (по 20 €/т)	192 млн.€	870 млн.€

В силу экономической заинтересованности в долгосрочной перспективе основную организационную и финансовую роль в создании отрасли ВИЭ должны сыграть Государство и крупные компаниями ТЭК, добывающие и экспортирующие топливо, и прежде всего такие, как ГАЗПРОМ, ЛУКОЙЛ и др.



Слайд 17. Перспективные районы и возможные объемы использования ВЭС в РФ до 2020 г.

№	Субъекты Российской Федерации	Место возведения ВЭС	Установленная мощность ВЭС, МВт
Центральный АО			
1	Белгородская область	Степные районы	100
2	Брянская область	Вдоль ж.д Брянск – Гомель	100
3	Воронежская область	Вдоль ж.д Воронеж – Ростов	50
4	Калужская область	Вдоль трассы Калуга – Сухиничи	200
5	Курская область	Окресности г. Курск	100
6	Московская область	Дмитровский район	100
7	Смоленская область	Район Смоленска	200
8	Тверская область	Район г. Бологое	150
ИТОГО			1000
Северо-Западный АО			
1	Архангельская область	Побережья Баренцева и Белого морей	150
2	Калининградская область	Висленская коса, побережье Балтики	200
3	Республика Коми	Побережье Баренцева моря	100
4	Ленинградская область	Побережье Балтийского моря	300
5	Мурманская область	Побережья Баренцева и Белого морей	600
6	Ненецкий АО	Побережье Баренцева моря	50
7	Республика Карелия	Побережье и о-ва Белого моря, Валаам	100
ИТОГО			1500
Южный АО			
1	Астраханская область	Прикаспийские районы	200
2	Волгоградская область	Р-н Волжской ГЭС, Камышин, побережье Цимлянского моря	600
3	Республика Кабардино-Балкария	Север республики	50
4	Республика Калмыкия	Побережье Каспийского моря, Элиста	200
5	Республика Карачаево-Черкесия	Север республики	50
6	Краснодарский край	Побережье Азовского и Черного морей	600
7	Ростовская область	Побережье Азовского моря	200
8	Ставропольский край	Армавирский коридор	150
ИТОГО			2050



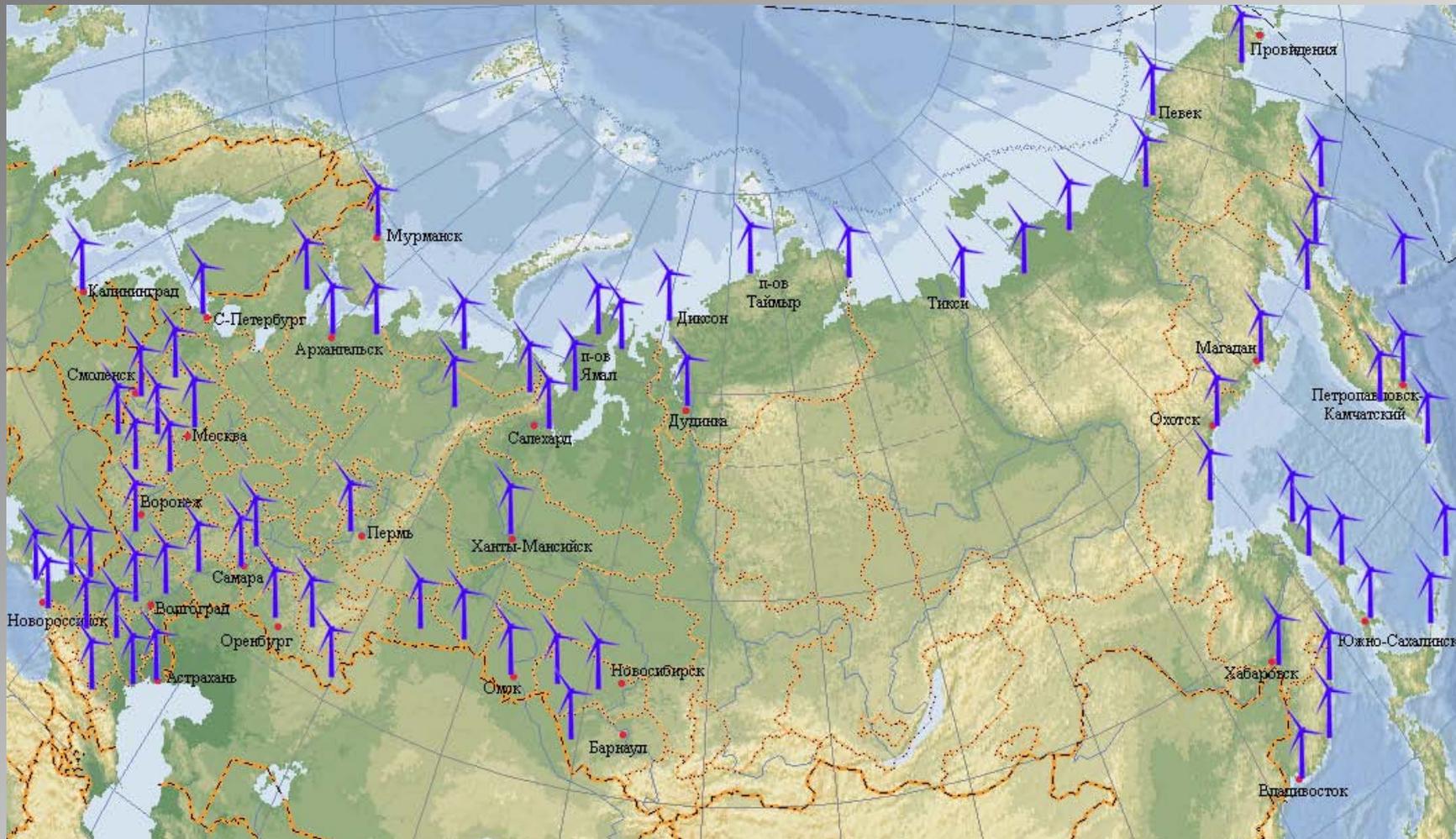
Слайд 18. Перспективные районы размещения ВЭС (предложение к Генсхеме размещения ВЭС РФ).

Приволжский АО		
Республика Башкортостан	Южные степные районы	50
Оренбургская область	Южные степные районы	100
Пермский край	Безлесные районы	150
Самарская область	Побережье Куйбышевского вдхр.	100
Саратовская область	Побережье Саратовского вдхр.	150
Ульяновская область	Побережье Куйбышевского вдхр.	100
ИТОГО		650
Уральский АО		
Курганская область	Вдоль Западно-Сибирской ж.д.	200
Ямало-Ненецкий АО	В местах добычи газа	400
ИТОГО		600
Сибирский АО		
Алтайский край	Кулундинская степь	100
Новосибирская (Барабинская степь)	Вдоль Западно-Сибирской ж.д.	300
Омская область	Вдоль Западно-Сибирской ж.д.	400
ИТОГО		800
Дальневосточный АО		
Камчатская область	Побережье Охотского и Берингова морей	200
Магаданская область	Побережье Охотского моря	100
Приморский край	Побережье Японского моря	150
Сахалинская область	Побережье, Курильские о-ва	300
ИТОГО		750
ИТОГО по РФ		7 350



Слайд 19.

Перспективные районы размещения ВЭС (предложение к Генсхеме размещения крупных ВЭС в России).





Автор убежден в том, что **реализация предлагаемой Генсхемы размещения крупных ВЭС в России и создание на ее основе крупномасштабной отечественной ветроэнергетической отрасли технологически и организационно возможны и экономически эффективны для Государства, бизнеса, всего сегодняшнего населения страны и последующих поколений россиян.**

НИЦ “АТМОГРАФ”

обладает информацией, методиками и технологиями для разработки, технико-экономического обоснования и практической реализации государственных, региональных и отраслевых программ и отдельных проектов внедрения ВИЭ и **готов активно участвовать в создании крупномасштабной отечественной отрасли ветроэнергетики.**

Спасибо за внимание.

Будем рады сотрудничеству.

Тел./факс: 8-499-744-41-63,

E-mail: atmograph@gmail.com