

Экономика возобновляемых  
источников энергии в стране, где  
много традиционных энергоресурсов:  
Россия в фокусе

Никита Суслов, д.э.н., профессор

Институт экономики и организации  
промышленного производства СО РАН,  
Новосибирск

***Доклад основан на:***

□ **Suslov N.** Renewable energy sources in energy abundant economy: Russian experience // Green growth and low carbon development in East Asia / ed. by F. Yoshida, A. Mori. - London ; New York : Routledge (Taylor & Francis Group), 2015. - P. 173-193. - (Routledge studies in ecological economics).

□ Привлечены дополнительные статистические данные, актуализированы состояние и ожидания

## Место российского ТЭК в мировой экономике, 2013 г.

	Объем	Место в Мире	Доля в Мире	Чистый экспорт
Нефть, млн. т	525	2	12,8	239
Газ, млрд. куб. м.	671	2	19,3	203
Уголь, млн. т	347	6	4,4	114
Электроэнергия ГЭС, млрд. кВт-ч	167	5	4,5	
Электроэнергия АЭС, млрд. кВт-ч	178	3	7,2	
Нефтепродукты, млн. т	264	3	6,5	105
Электроэнергия всего, млрд. кВт-ч	1069	4	4,7	16
ТЭР всего, млн. тн.э.	1340	3	9,9	595
Потребление ТЭР, млн. тн.э.	729	4	5,4	
Возобновляемая (ВЭ), млн. тн.э.	17,7		1,00	
ВЭ без ГЭС, млн. тн.э.	2,9		0,19	
ВВП, \$ млрд. ППС	3468	5-6	3,32	
Население, мил. чел.	143,5	9	2,01	

Источники: Росстат. МЭА, Всемирный Банк

# Россия и некоторые другие страны, 2013 г., США=100%

	На душу			На единицу ВВП	
	ВВП по ППС	Энерго-потребл.	Электро-потребл.	Энерго-потребл.	Электро-потребл.
Канада	84	112	125	133	149
Чехия	57	58	48	101	85
Финляндия	78	89	116	114	149
Германия	85	57	54	67	64
Греция	50	31	39	61	77
Израиль	63	42	51	66	80
Япония	69	52	61	74	87
Нидерланды	91	67	52	73	57
<b>Россия</b>	<b>46</b>	<b>74</b>	<b>53</b>	<b>160</b>	<b>115</b>
Швеция	86	75	108	87	126

**Источники:** рассчитано по данным Всемирного Банка и МЭА

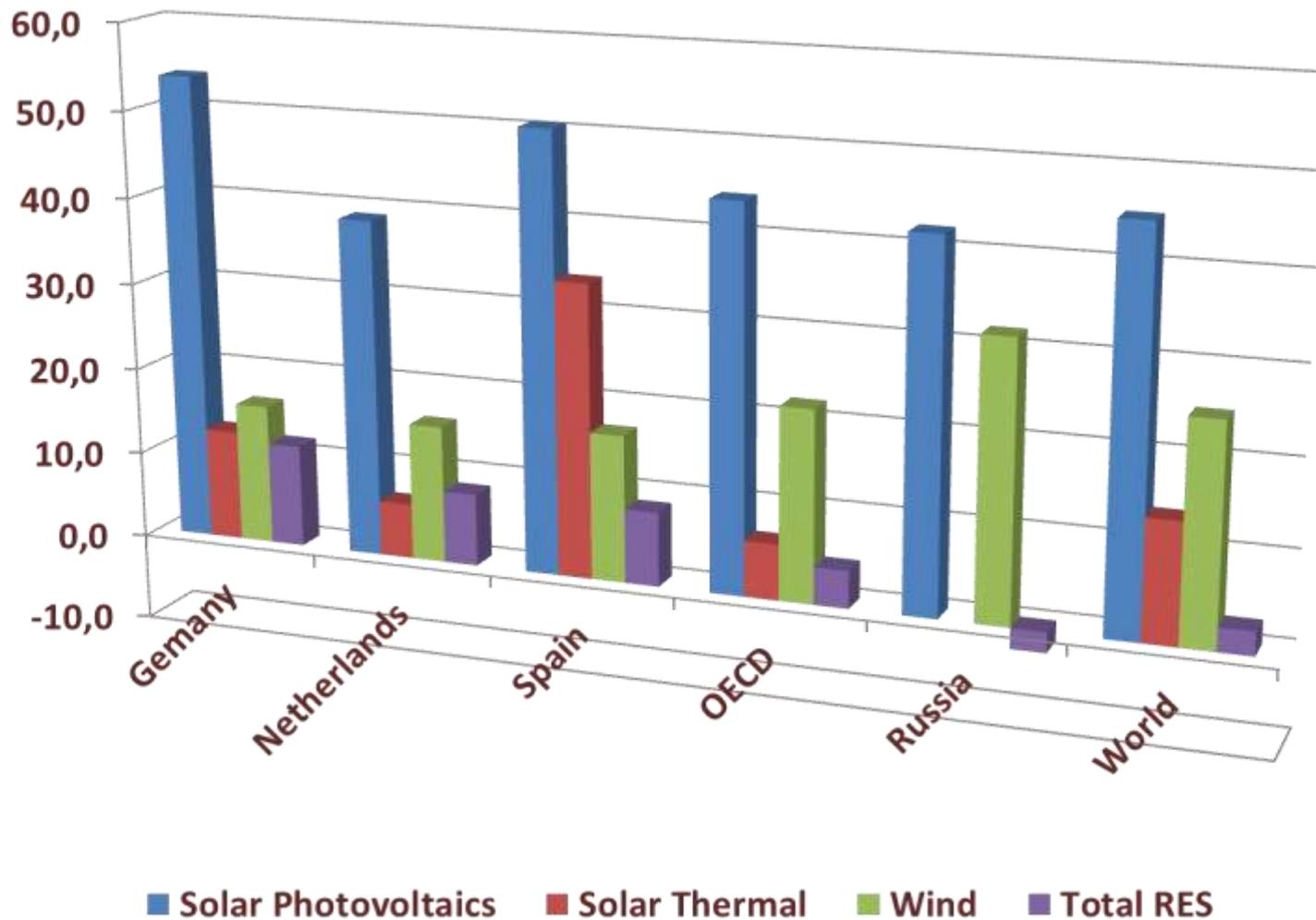
## Возобновляемая энергия (ВЭ) в Мире и отдельных странах, тн.э., 2013 г.

	Выпуск ТЭР на душу	Потребл. ТЭР на душу	Выпуск ВЭ на душу	Доля ВЭ в выпуске ТЭР, %	Доля ВЭ в потребл. ТЭР, %
Канада	12,71	7,73	1,42	11,20	18,48
Дания	2,97	3,13	0,55	18,48	24,67
Финляндия	3,34	6,12	1,83	54,57	29,79
Германия	1,49	3,94	0,42	27,96	10,51
Исландия	16,32	18,22	16,32	100,00	89,60
Япония	0,22	3,57	0,16	72,06	4,38
Нидерланды	4,12	4,60	0,26	6,31	4,45
Норвегия	38,13	6,41	2,46	6,45	38,66
Испания	0,74	2,51	0,38	50,56	15,15
США	5,94	6,90	0,47	7,85	6,79
Мир в целом	3,16	4,21	0,38	12,01	9,16
ОЭСР в целом	1,91	1,90	0,26	13,56	13,63
<b>Россия</b>	<b>9,34</b>	<b>5,08</b>	<b>0,13</b>	<b>1,40</b>	<b>2,57</b>

# Структура производства возобновляемой энергии (ВЭ) по источникам, %, 2014 г., ВЭ всего=100%

	Россия	Япония	Германия	ОЭСР	Мир
Гидро	83,8	32,9	4,7	23,6	17,7
Геотермальная	0,6	11,2	0,5	7,0	3,8
Солнечные фотоэлектрические	0,1	9,9	8,6	3,0	0,9
Солнечные термальные	0,0	1,7	1,7	2,0	1,7
Приливные, волновые, океан	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ветер	0,0	2,0	13,7	9,7	3,3
Возобновляемые муниципальные, отходы	0,0	2,3	8,4	2,9	0,8
Твердая биомасса	15,4	40,1	31,7	37,1	66,1
Биогаз	0,0	0,0	20,6	4,3	1,6
Биобензин	0,0	0,0	1,2	7,3	2,4
Биодизель	0,0	0,0	8,4	3,0	1,4
Другие жидкие биотоплива	0,0	0,0	0,3	0,1	0,5

## 2001-2015 Average Annual Growth Rates of RES Production in Some World Economies, in %



# Потенциал производства электроэнергии из ВИЭ в России

	Потенциал, млрд. кВт-час		
	Технический	Экономический	Промышленный
Малые ГЭС (<25 МВ)	372	205	6-10
Ветровые ЭС	6517	326	70-90
Геотермальные ЭС	34905	335	40-60
ЭС на биомассе	412	203	90-130
Приливные ЭС	253	61.6	16-45
Солнечные ЭС	2714	435	5-10
Всего	45173	1566	227-342

\*Источник: ОАО “РусГидро” в 2010 г.

# Потенциал производства электроэнергии из ВИЭ в России: *новые оценки*

*«Оценка технического и экономического потенциала развития ВИЭ на территории РФ, разработка сценариев и подготовка предложений по содержанию “дорожной карты” развития ВИЭ на перспективу до 2035 года»*

Источник: <http://www.c-o-k.ru/articles/vie-v-rossii-itogi-2015-goda>

❑ **Общий технический потенциал:** 4600 млн. ту.т. = 37260 млрд. кВт-час

❑ **Общий экономический потенциал:** 274 млн. ту.т. = 2219 млрд. кВт-час

*«Атлас ресурсов возобновляемой энергетики Российской Федерации» - МГУ имени М. В. Ломоносова, Институт энергетики ВШЭ, Объединённый институт высоких температур РАН*

❑ **Технический потенциал солнца:** 87972 млрд. кВт-час

❑ **Валовой потенциал малой гидроэнергетики:** 1661-1948 млрд. кВт-час = 565-662 млн. ту.т.

# Специфическая причина использовать ВИЭ в России: очень большая территория

- ❑ Около 2/3 площади страны с населением около 20 млн. чел. Не имеет доступа к сетям ЕЭЭС. Цены на энергию здесь очень высоки (30-60 центов/кВт-ч и даже выше);
- ❑ Большинство административных районов России являются энергодефицитными и требуют завоза топлива из других регионов. Проблема энергобезопасности также важна для них, как и для энергодефицитных стран;
- ❑ Только около 50% городских и 35% сельских поселений имеют доступ к газопроводным сетям. Здесь для сжигания используются уголь и мазут, которые весьма вредны для экологии;
- ❑ В условиях постоянного роста цен на энергию и стоимости подключения к сетям децентрализованное производство растет быстрее. Потребители стремятся обезопасить себя за счет собственных источников тепла и электроэнергии.

# Что может быть оценено как успех?

- Россия вошла в число мировых лидеров по производству пеллет (2 млн. т в год). Однако, по большей части они экспортируются в Европу;
- Создана законодательная база и проведены конкурсные отборы на строительство объектов производства ВИЭ с использованием солнечной и ветровой энергии и малых ГЭС общей мощностью более двух Гвт;
- Введены в строй первые объекты ВИЭ общей мощностью около 250 Мвт;
- Созданы производства фотоэлектрических конвертеров, оборудования для приливных станций;
- Россия вступила в Международное агентство по возобновляемой энергии

## Производство электроэнергии с использованием ВИЭ в России, 2010 г.

Types of RES	Мощность генерации, МВт	Выработка электроэнергии, млн. кВт-час	Доля в пром. потенциале, %	Доля в эконом. потенциале, %
Ветровые ЭС	13.2	14.2	0.02-0.02	0.004
Малые ГЭС (<25 МВт)	700	2800	46.7-28.0	1.37
Геотермальные ЭС	81.2	474	1.2-0.8	0.14
Солнечные ЭС	0	0	0.0-0.0	0.00
Приливные ЭС	1.1	1.2	0.0-0.0	0.00
ЭС на биомассе	520	2600	2.9-2.0	1.28
Всего	1315.5	5889.4	2.6-1.7	0.38
Доля ВИЭ в производстве (мощности), %	0.57	0.58		

\*Источник: ОАО “РусГидро”

# Новые данные о мощностях и производстве ВИЭ

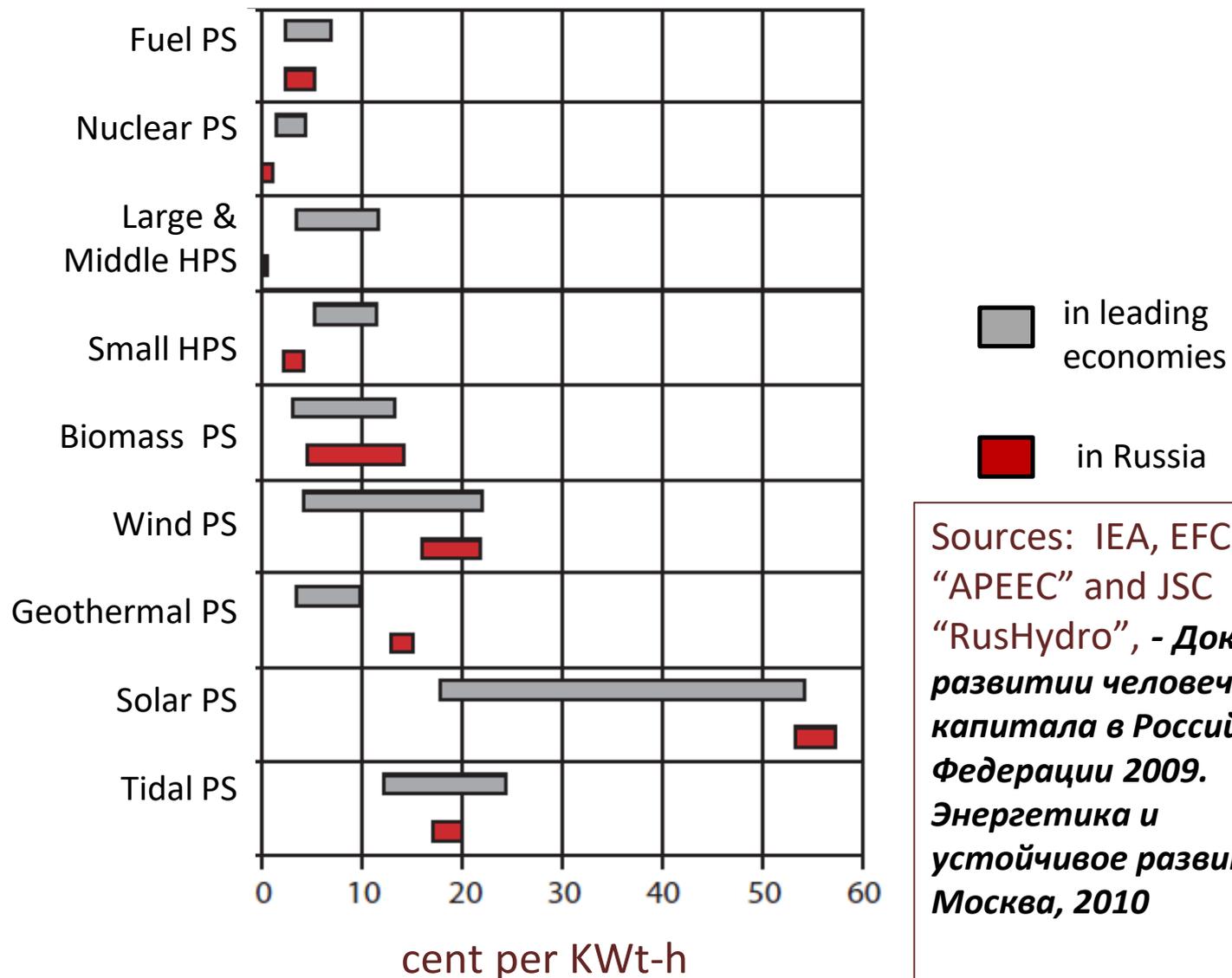
Виды ВИЭ: <b>2015 г.</b>	Мощность, МВт	Выработка, млн. кВт-час
энергия солнца	7	8,6
энергия ветра	18	42,4-57,0
энергия вод, в т.ч. сточных вод	735	2446,8-3200
энергия приливов	1,9	3,8
геотермальная энергия	87	507,8
биомасса	800	4000,0
биогаз	3,6	18,0
газ, выделяемый на свалках	4,8	24,0
Всего	1657	7051,4-8010
торф	2 млн. тонн	
ТБО	3 млн. тонн	
Объем производства энергии с использованием ВИЭ, торфа и ТБО оценивается в <b>3 млн. т.у.т. в год (около 1% от экономического потенциала)</b>		

**Источник: БАРЬЕРЫ РАЗВИТИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ.** - III Международный форум «Возобновляемая энергетика: пути повышения энергетической и экономической эффективности». 17-19 ноября 2015 года Республика Крым, г.Ялта

# Почему ВИЭ не развиваются в России:

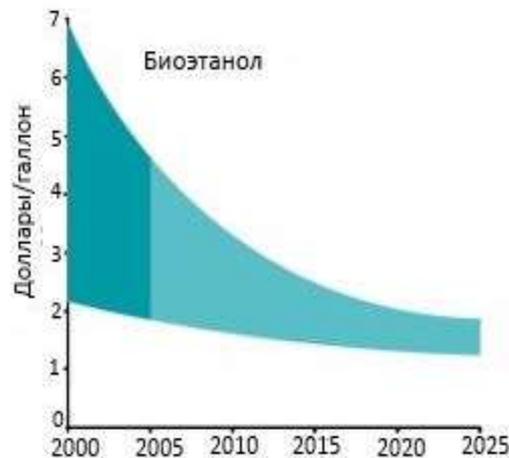
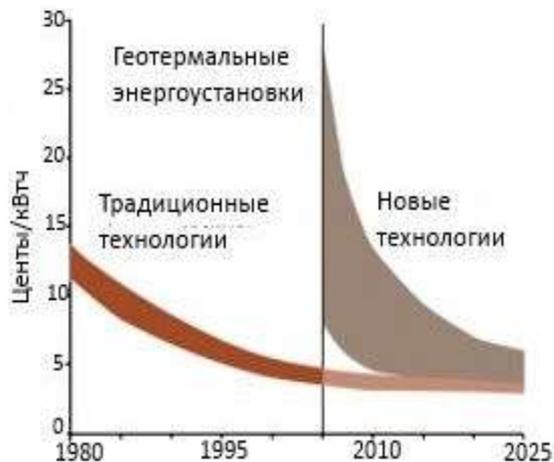
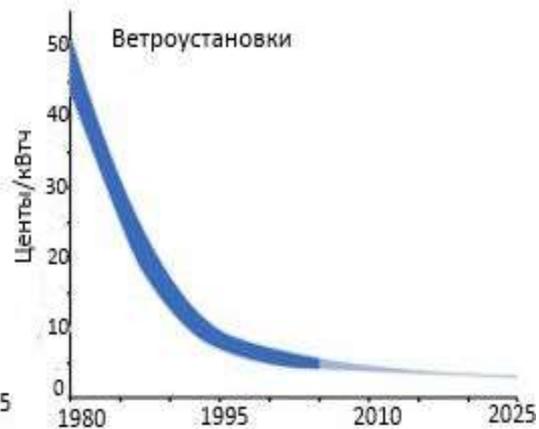
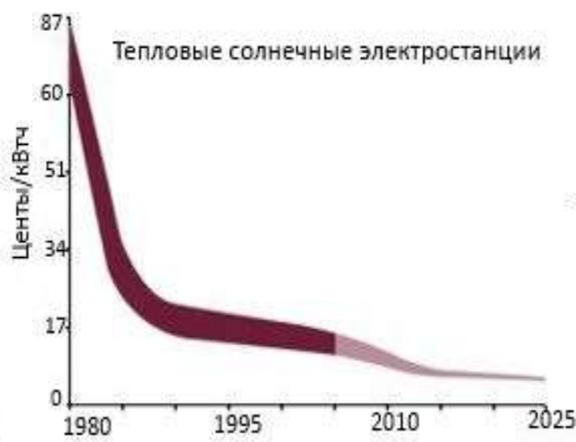
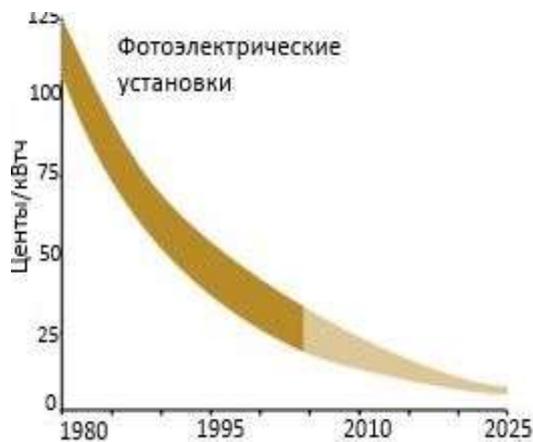
- **Экономическая неконкурентоспособность ВИЭ по сравнению с традиционными;**
- **Институциональные барьеры: неполнота законодательных актов, стимулирующих ВИЭ, а также региональных и федеральных программ их крупномасштабной поддержки;**
- **Отсутствие инфраструктуры, необходимой для успешного развития ВИЭ; в том числе:**
  - недостаточная научно-исследовательская поддержка,
  - недостаток информационной поддержки, включая доступные данные как о существующих ВИЭ, так и об их технических и экономических параметрах,
  - неполнота технической и методической документации, соответствующих программных средств, необходимых для проектирования, разработки и эксплуатации установок, использующих ВИЭ,
  - недостаточное обучение персонала.

# Electricity Production **Cost** in Leading World Economies and in Russia, 2007



Sources: IEA, EFC  
"APEEC" and JSC  
"RusHydro", - *Доклад о развитии человеческого капитала в Российской Федерации 2009. Энергетика и устойчивое развитие. Москва, 2010*

# Тенденции изменения стоимости энергии от различных возобновляемых источников энергии (в ам. центах 2005 г.- Фортов В.Е., Попель О.С.)



Источник: Douglas J. Arent, Alison Wise, Rachel Gelman. The status and prospects of renewable energy for combating global warming // Energy Economics, Volume 33, Issue 4, July 2011, Pages 584–593

## Два законодательных акта:

- «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ
- «Об электроэнергетике» (с изменениями и дополнениями) от 26 марта 2003 г. № 35-ФЗ.

✓ дают возможность устанавливать льготные тарифы (feed-in tariffs) или надбавки к тарифам для ВЭ,

✓ формируют правовую основу для предоставления государственных гарантий подключения зеленых производителей к сетям и компенсации затрат на подключение,

✓ и закупок сетями возобновляемой энергии, например, используя механизм «зеленых сертификатов»

**+ Еще 10 документов, формирующих законодательную базу.**

***Оптовый рынок*** (солнце, ветер и малые ГЭС) Мощность  
свыше 25 МВт:

Постановление Правительства № 449 от 28 мая 2013 г «О  
механизме стимулирования использования возобновляемых  
источников энергии на оптовом рынке электрической энергии  
и мощности»

- Конкурсный отбор проектов***
- Сертификация (квалификация)
- Локализация (задается доля покупки оборудования в  
России)
- Лимиты на капитальные вложения и эксплуатационные  
издержки

***Договор о поставке мощности:***

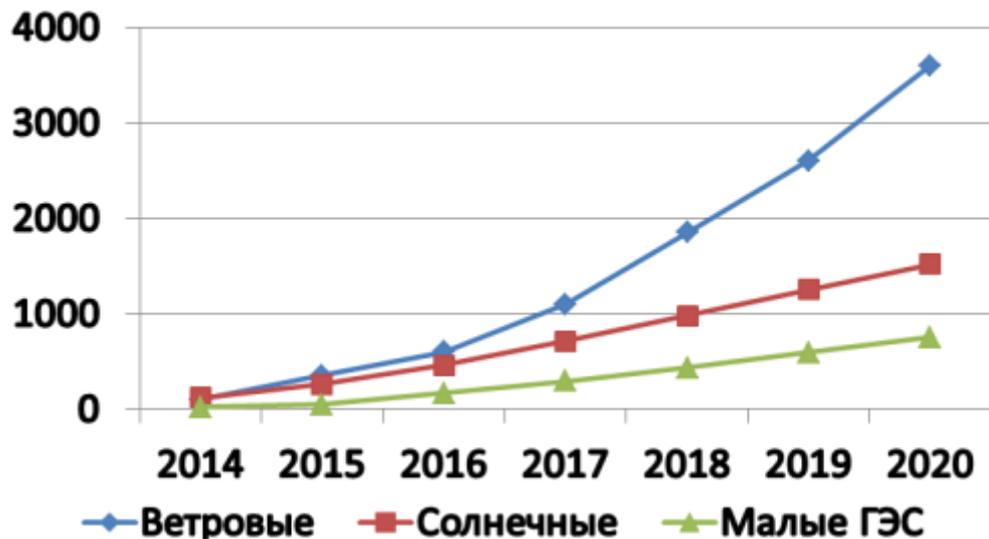
- Плата за мощность (обязанность покупателя) должна  
гарантировать возврат инвестиций в течение 15 лет.
- Зеленые сертификаты

**Розничный рынок** (солнце, ветер, малые ГЭС, биомасса, биогаз и свалочный газ), Мощности менее 5 МВт

**Постановление Правительства РФ от 23.01.15 № 47** «О внесении изменений в некоторые акты Правительства РФ по вопросам стимулирования использования возобновляемых источников энергии на розничных рынках электрической энергии» **и Статья 32 п. 3 Закона** «Об Электроэнергетике»

- Обязательная покупка электроэнергии сетевыми организациями;
- Покупка в пределах 5% от технологических потерь сетей (порядка 5 ГВт-час);
- Местный орган по тарифной политике утверждает «долгосрочные тарифные индикаторы» – основа для ежегодно утверждаемых тарифов, обеспечивающих окупаемость объектов ВИЭ

## Вновь вводимые установленные мощности ВИЭ, МВт



Installation Capacities Program according to both 28 May 2013 Government Act N 449 and State Program of the Russian Federation "Energy efficiency and energy development“:

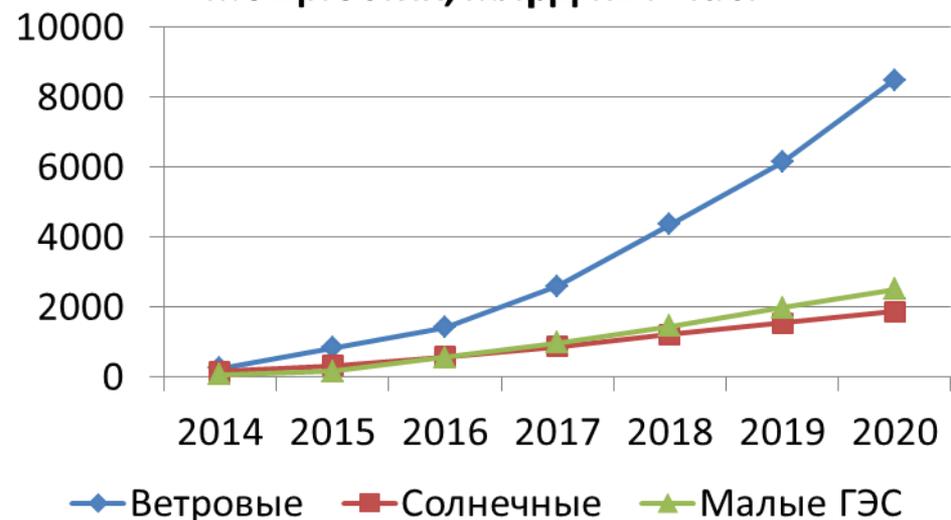
➤ *New Capacities Installed up to 2020 – 5,9 MWt*

➤ *Power Generation by New Capacities – 12,8-16,9 Billions kWt-hours*

➤ *Investment – 487,2 bill. Rub.*

➤ *Share of RES Power Generation - about 2,2-2,4%*

## Генерация электроэнергии на новых мощностях, млрд кВт-час.



# Новые мощности и производство энергии ВИЭ

Виды ВИЭ: <b>2035 г.</b>	Мощность, МВт	Выработка, млн. кВт-час
энергия солнца	3000	3678
энергия ветра	16000	37696-50399
энергия вод, в т.ч. сточных вод	1200	3995-5225
энергия приливов	20	67
геотермальная энергия	150	876
биомасса	1200	6000
биогаз	30	150
газ, выделяемый на свалках	100	500
газ угольных разработок	50	250
Всего	1657,3	53211-67144
торф	До 10 млн т	
ТБО	До 10 млн т	
Прирост производства энергии с использованием ВИЭ, торфа и ТБО оценивается в <b>15-17 млн. т.т. в год</b>		

**Источник: БАРЬЕРЫ РАЗВИТИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ.** - III Международный форум «Возобновляемая энергетика: пути повышения энергетической и экономической эффективности». 17-19 ноября 2015 года Республика Крым, г.Ялта

## Результаты конкурсных отборов 2013-2016 гг. в % от установленных лимитов

Годы Виды	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Ветер	0,0	20,4	20,0	18,0	20,0	24,0	28,0	22,3
Солнце	29,3	100,0	99,5	102,0	105,6	103,7	0,0	78,6
ГЭС	0,0	0,0	0,0	16,6	0,0	31,3	0,0	9,4
Всего	14,8	45,9	43,4	41,8	37,5	43,2	19,6	35,2

Всего отобрано 2066 МГВ мощностей против 5871 МВт

# Подход к моделированию национальной экономики и оценке эффективности проектов развития ВИЭ

- Межотраслевой анализ: каждый регион представлен своей матрицей; коэффициентов текущих материальных затрат
- Межрегиональный анализ: перевозки между смежными регионами
- Максимизация потребления домашних хозяйств;
- Решение для последнего года периода: все макроэкономические и структурные переменные;
- Задается закон роста инвестиций по регионам: инвестиции определяются для последнего года и в целом за период

$X^{10}$	$X^{11}$	$U^1$	$X^{20}$	$X^{21}$	$U^2$	$X^{12}$	$X^{21}$	Z
Region 1		Investment	Inter-region transport			Consumption		IV
$I-A^0$	$I-A^1$					-1	+1	
Transport						Transport cost		
Labor								
Region 2		Investment	Inter-region transport			Consumption		IV
$I-A^0$	$I-A^1$					+1	-1	
Transport						Transport cost		
Labor								

$b_1$   
  
-L<sub>1</sub>

$b_2$   
  
-L<sub>2</sub>

A principle structure of OMMM for 2 regions: Intra-regional IO matrixes for all identified regions are a basis

# ОМММ-ТЭК: современная версия

- **ОМММ-Energy** – Оптимизационная многорегиональная многосекторная модель (MRIO Model) с натуральным блоком ТЭК,
- **На основе** модели Александра Гранберга,
- **Представление динамики:** две модели для периодов 2008-2020 и 2021-2030.;
- **6 регионов:** Европейская Россия, Урал, Тюменская область, Западная Сибирь, Восточная Сибирь, Дальний Восток
- **Включает** 45 продуктов из них **8 энергетических:**
  - ✓ Сырая нефть
  - ✓ Газ
  - ✓ уголь
  - ✓ Темные нефтепродукты,
  - ✓ Светлые нефтепродукты
  - ✓ Продукты переработки угля,
  - ✓ Электроэнергия
  - ✓ Тепло

# ОМММ-ТЭК: современная версия

•Также включает *неэнергетические продукты*, важные с позиции энергетики:

- ✓ Бурение на нефть и газ,
- ✓ Трубопроводный транспорт,
- ✓ Производство специального оборудования для ТЭК,
- ✓ нефтехимия

•**Модель учитывает особенности ТЭК:**

- ✓ Фиксируется соотношение между запасами нефти и газа и годовой добычей нефти и газа;
- ✓ Учитывается удорожание добычи нефти и газа в зависимости от масштабов добычи,
- ✓ Учитывается возможность взаимозамены между энергоносителями: 20 типов производства тепла и электроэнергии

# Использование ОМММ-ТЭК: сценарный подход

Модель позволяет оценивать последствия и эффективность реализации мероприятий в области производства и потребления энергии. История:

- Эффективность концентрации энергоемких производств в южной зоне Сибири,
- Эффективность газификации южной зоны Сибири,
- Эффективность снижения энергоемкости производства в РФ,
- Эффективность распространения технологии компрессионных тепловых насосов.

## *Один из результатов:*

Как в европейской России, так и в Западной Сибири производство электроэнергии с использованием ВИЭ эффективно при стоимости 1 кВт мощности до уровней \$2000-2100.

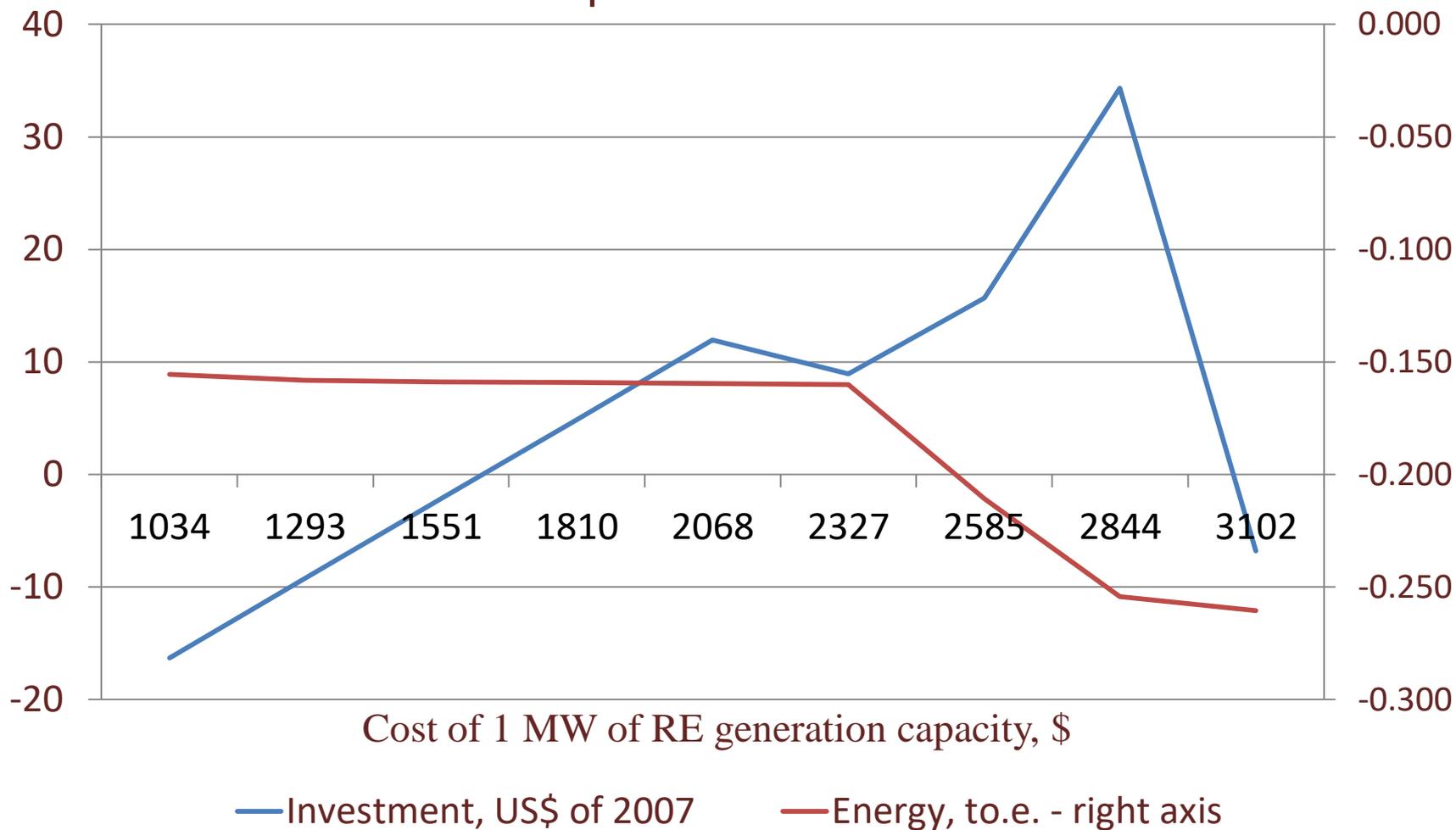
## *Сравнение:*

Ожидаемая стоимость 1 кВт мощности ВИЭ согласно имеющимся проектировкам составляет \$2300- 2500

# Изменение показателей экономического развития РФ как результат увеличения электрогенерации с использованием ВИЭ

Европейская часть России						
Стоимость 1 МВт ВИЭ, тыс. US \$	2,1	2,3	2,6	2,8	3,1	
Производство Э/э с использованием ВИЭ, млрд. кВт-ч	21,8	8,1	5,8	5,5	1,2	0,0
Прирост ВВП на 1000 кВт-ч, произведенных с использованием ВИЭ, US \$ (2007)	19	21	25	38	-3	
Западная Сибирь						
Стоимость 1 МВт ВИЭ, тыс. US \$	2,1	2,3	2,6	2,8	3,1	3,9
Производство Э/э с использованием ВИЭ, млрд. кВт-ч	21,8	8,1	7,2	5,6	4,0	1,2
Прирост ВВП на 1000 кВт-ч, произведенных с использованием ВИЭ, US \$ (2007)	32	25	27	31	7	3

# Change of total investment and total energy consumption per 1000 kW-h of RE production in European Russia



Спасибо за внимание!