

Моделирование ценовых последствий на конкурентном рынке электроэнергии в России при интенсивном развитии неуглеродных электростанций

Modeling of Price Consequences in the Competitive Electricity Market in Russia with the Intensive Development of Non-Carbon Power Plants

Веселов Федор (ИНЭИ РАН)

Ерохина Ирина (ИНЭИ РАН)

Никулина Екатерина (SKM Market Predictor)

XIII международная конференция «Управление развитием крупномасштабных систем» (MLSD 2020)

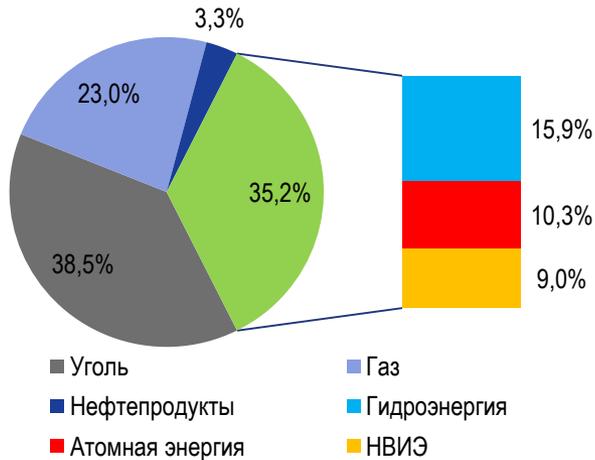
Москва, сентябрь 2020 г.



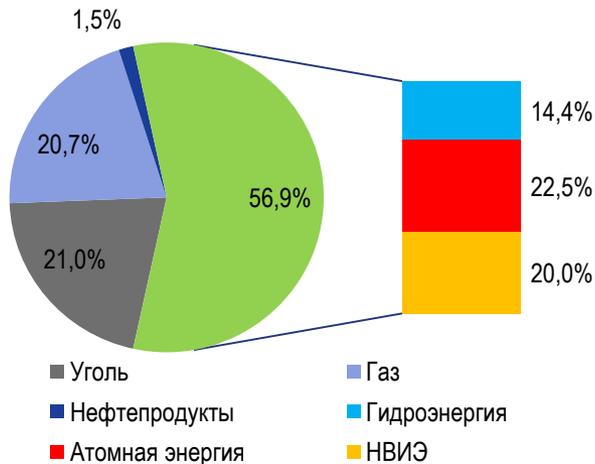
Исследование выполнено при поддержке гранта РФФ (проект № 17-79-20354)

Роль неуглеродных технологий в производстве электроэнергии (2017 год)

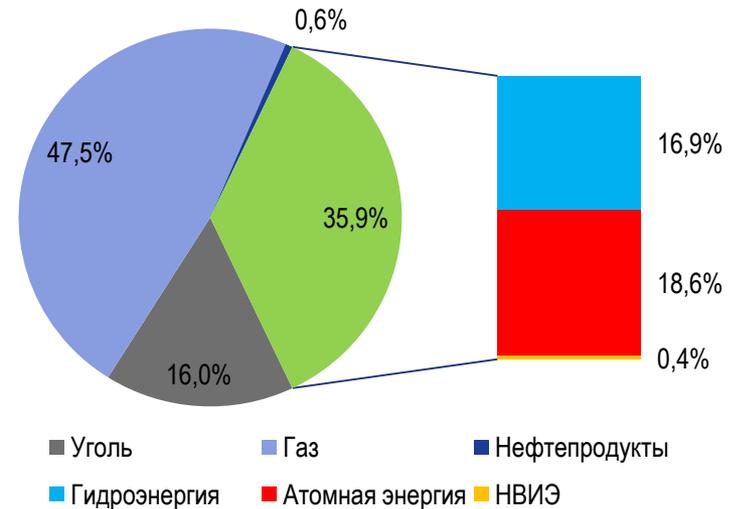
Мир в целом



Европа (страны ОЭСР)



Россия



Источник: International Energy Agency.

Особенности развития энергосистем при увеличении доли неуглеродных электростанций

ВИЭ



Особенности технологий

- погодозависимый, вероятностный режим производства
- низкий КИУМ (<40% для ВЭС, <20% для СЭС)

Адаптационные решения в энергосистеме

- дополнительные объемы резервов (до 80-100% мощности ВИЭ) и
- массовое применения систем накопления электроэнергии
- увеличение объема маневренных мощностей

АЭС



- низкая маневренность
- высокая единичная мощность блоков (1-1,2 ГВт)

- увеличение потребности в резерве (в небольших энергосистемах)
- повышение плотности суточного графика нагрузки (ГАЭС, управление спросом)
- увеличение объема маневренных мощностей

ГЭС

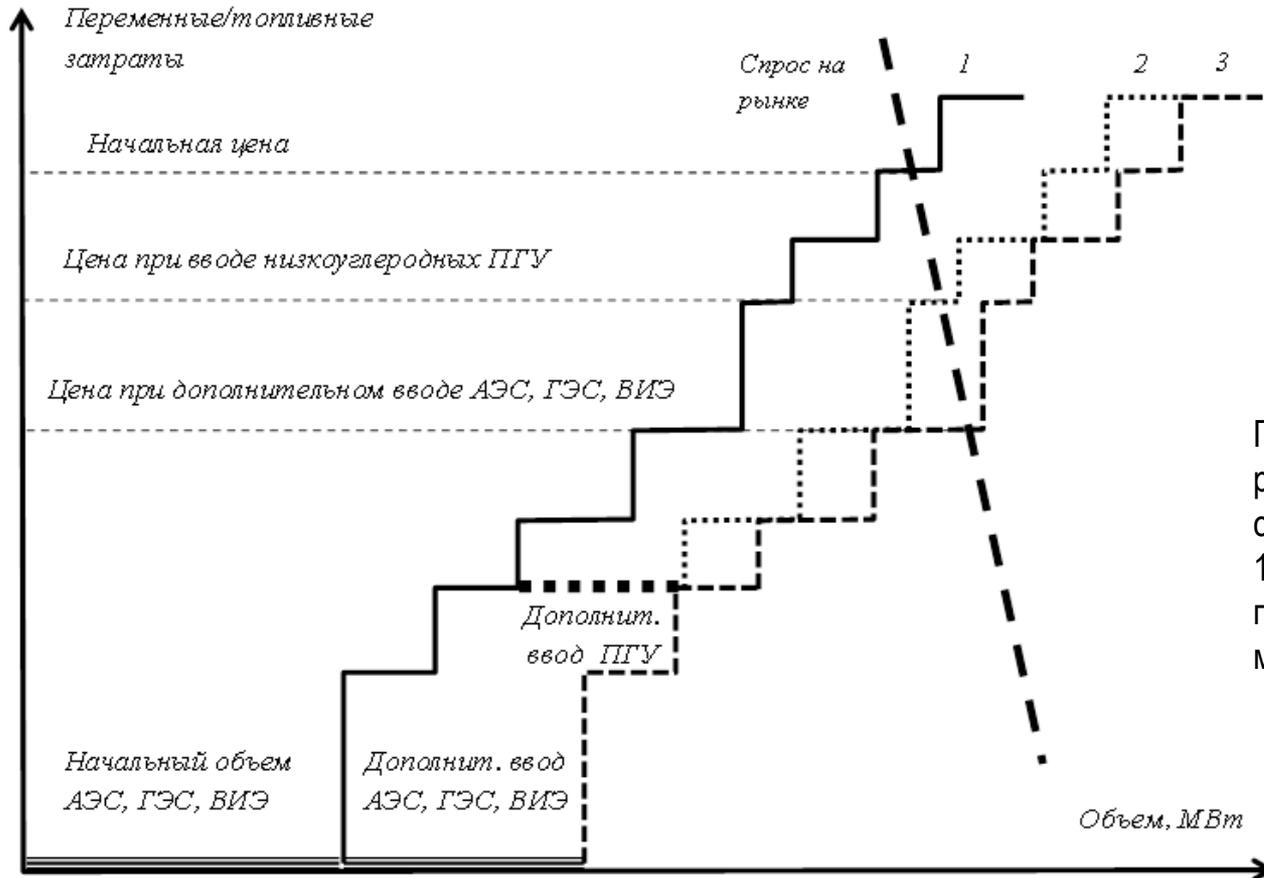


- ограниченный КИУМ (40-60%)
- меняющийся по годам режим водности

- дополнительные мощности для производства необходимой электроэнергии в маловодные годы

Роль неуглеродных технологий в снижении конкурентных цен электроэнергии на спотовом рынке

Дополнительные объемы атомной, гидро-, ветро- и солнечной генерации с низкими переменными затратами будут расширять «ценопринимающий» сегмент, вытесняя из баланса все больше электроэнергии от ТЭС, сдвигая вправо кривую предложения электроэнергии от тепловых электростанций (в отличие от низкоуглеродных ПГУ, развитие которых меняет сам профиль кривой предложения)



Применительно к российскому рынку РСВ снижение спотовой цены на 1 % означает экономию для потребителей почти в 10 млрд рублей в год.

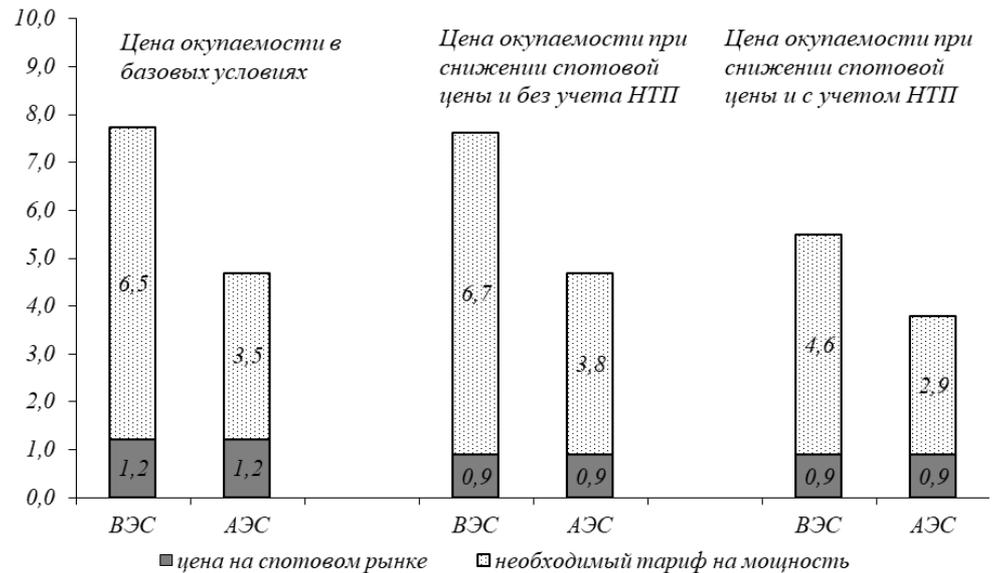
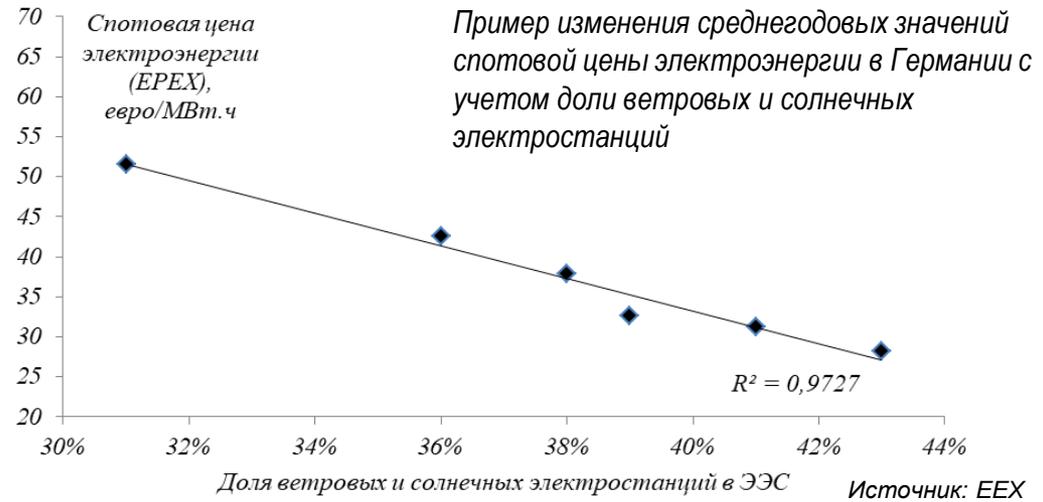
Особенности окупаемости новых проектов

LCOE - минимальная цена окупаемости проектов за весь период эксплуатации ЧДД (цена=LCOE=const) = 0

LCOE снижается в результате НТП – совершенствование технологий снижает инвестиционные и эксплуатационные затраты. К 2040 году ожидается снижение удельных капиталовложений ВЭС (до 30%), ВЭС (до 15%), СЭС (до 60%)

Окупаемость проектов на рынке обеспечивается за счет продажи электроэнергии на спотовом рынке и оплаты мощности (по конкурентной цене или тарифу)

Снижение спотовой цены электроэнергии по мере роста объемов неуглеродной генерации ухудшает условия окупаемости новых проектов и требует более высоких тарифов за мощность.

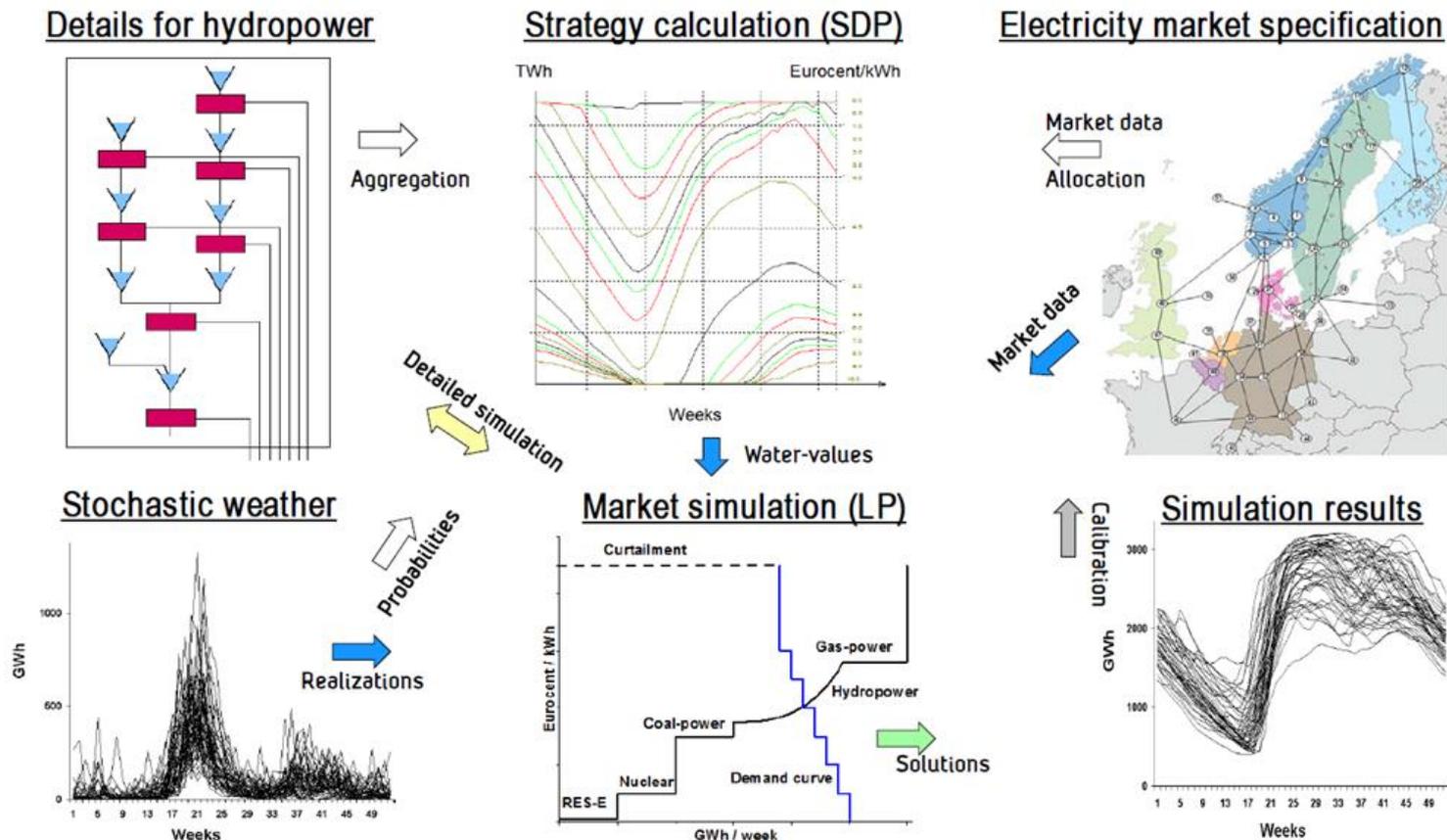


Варианты структуры установленной мощности ЭЭС России в 2040 г. при разных масштабах развития неуглеродных электростанций

	2015 г. Отчет	Варианты					
		Базовый	Интенсивное развитие ГЭС и АЭС		Интенсивное развитие ВИЭ		
			1	2.1	2.2	3.1	3.2
Установленная мощность – всего (ГВт), в т.ч.	235,3	299,1	300,2	301,4	315,1	315,1	315,1
ГЭС	47,9	55,3	59,0	62,8	55,3	55,3	55,3
ВИЭ - всего, в т.ч.:	0,1	12,2	12,2	12,2	32,2	32,2	32,2
Малые ГЭС	0,0	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
ВЭС	0,0	5,0	5,0	5,0	15,0	25,0	5,0
СЭС	0,1	6,5	6,5	6,5	16,5	6,5	26,5
АЭС	27,1	35,6	39,2	41,7	35,6	35,6	35,6
ТЭС – всего, в т.ч.:	160,2	196,1	189,8	184,6	192,1	192,1	192,1
ТЭЦ	87,4	125,1	125,1	125,1	125,1	125,1	125,1
КЭС	72,9	70,9	64,7	59,5	66,9	66,9	66,9

Принципиальная схема модели EMPS для коммерческой диспетчеризации мощностей и моделирования конкурентных цен на спотовом рынке

Brief overview of modelling concept

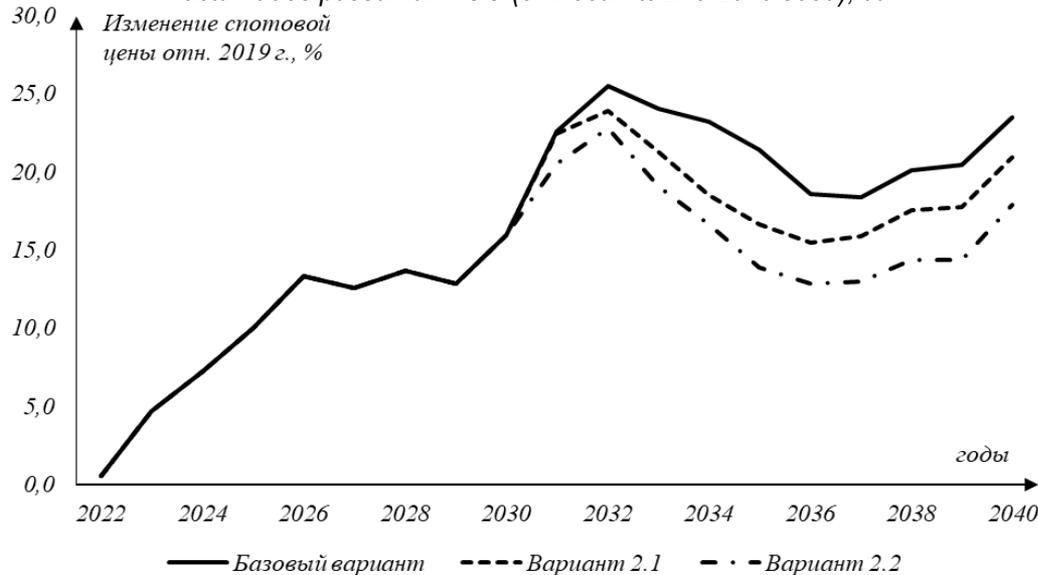


Вариантное моделирование ценовых последствий интенсивного развития неуглеродных электростанций в ЕЭС России

Изменение спотовой цены электроэнергии по ЗСП для разных вариантов увеличения мощности АЭС

Варианты	ЗСП						
	Центр	Урал	Вятка	Тюмень	Волга	Запад	Кубань
Изменение цены в 2040 г. относительно отчетного года, раз							
вариант 1	1,235	1,332	1,299	1,364	1,310	1,274	1,316
вариант 2.1	1,209	1,273	1,255	1,304	1,279	1,265	1,311
вариант 2.1	1,179	1,217	1,203	1,249	1,246	1,261	1,306
Изменение цены в 2040 году относительно варианта 1							
вариант 2.1	97,9 %	95,6 %	96,7 %	95,6 %	97,6 %	99,3 %	99,6 %
вариант 2.2	95,5 %	91,4 %	92,6 %	91,5 %	95,1 %	99,0 %	99,2 %

Изменение спотовой цены электроэнергии в зоне Центра в зависимости от масштабов развития АЭС (относительно 2019 года), %.



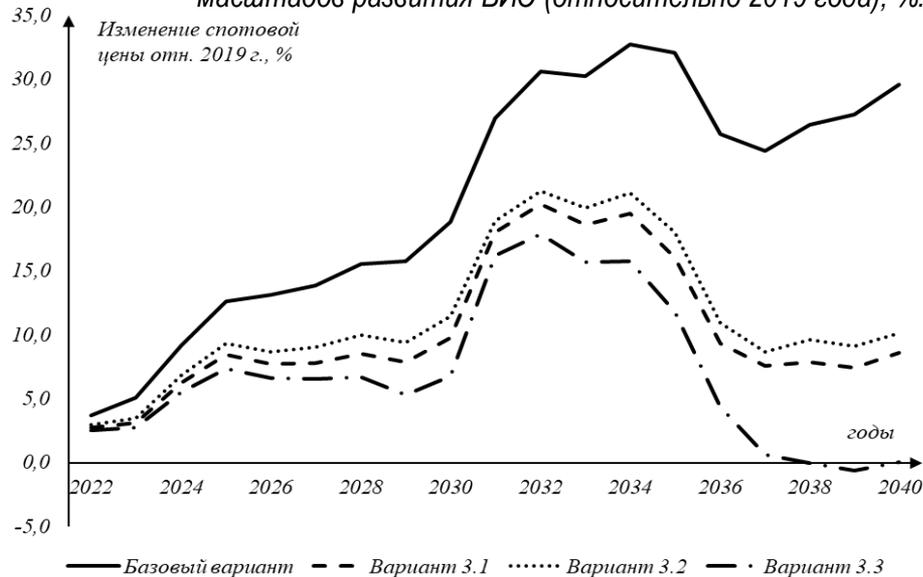
Ввод 1 ГВт дополнительной мощности АЭС снижает спотовую цену на 2 % в зоне Центра и 5 % в зоне Урала (относительно базового варианта)

Вариантное моделирование ценовых последствий интенсивного развития неуглеродных электростанций в ЕЭС России

Изменение спотовой цены электроэнергии по ЗСП для разных вариантов увеличения мощности ВИЭ

Варианты	ЗСП						
	Центр	Запад	Волга	Волгоград	Кубань	Кавказ	Каспий
Изменение цены в 2040 г. относительно отчетного года, раз							
вариант 1	1,235	1,274	1,310	1,262	1,316	1,296	1,271
вариант 3.1	1,175	1,265	1,216	1,150	1,161	1,086	0,919
вариант 3.2	1,183	1,265	1,224	1,166	1,152	1,101	0,944
вариант 3.3	1,178	1,268	1,223	1,135	1,168	1,000	0,934
Изменение цены в 2040 году относительно варианта 1							
вариант 3.1	95,2 %	99,3 %	92,8 %	91,1 %	88,2 %	83,8 %	72,3 %
вариант 3.2	95,8 %	99,3 %	93,4 %	92,4 %	87,5 %	85,0 %	74,3 %
вариант 3.3	95,4 %	99,5 %	93,3 %	90,0 %	88,7 %	77,2 %	73,5 %

Изменение спотовой цены электроэнергии в зоне Кавказ в зависимости от масштабов развития ВИЭ (относительно 2019 года), %.



В крупных ЗСП (Урала и Волги) ввод дополнительно 1 ГВт ВИЭ-электростанций обеспечивает снижение спотовой цены относительно базового варианта на 1,8 – 2,3 % соответственно. В сравнительно небольших ЗСП ОЭС Юга вклад 1 ГВт мощности ВИЭ-электростанций снижает цену на 7 – 15 %

Институт энергетических исследований РАН

www.eriras.ru

info@eriras.ru, erifedor@mail.ru

Спасибо за внимание!