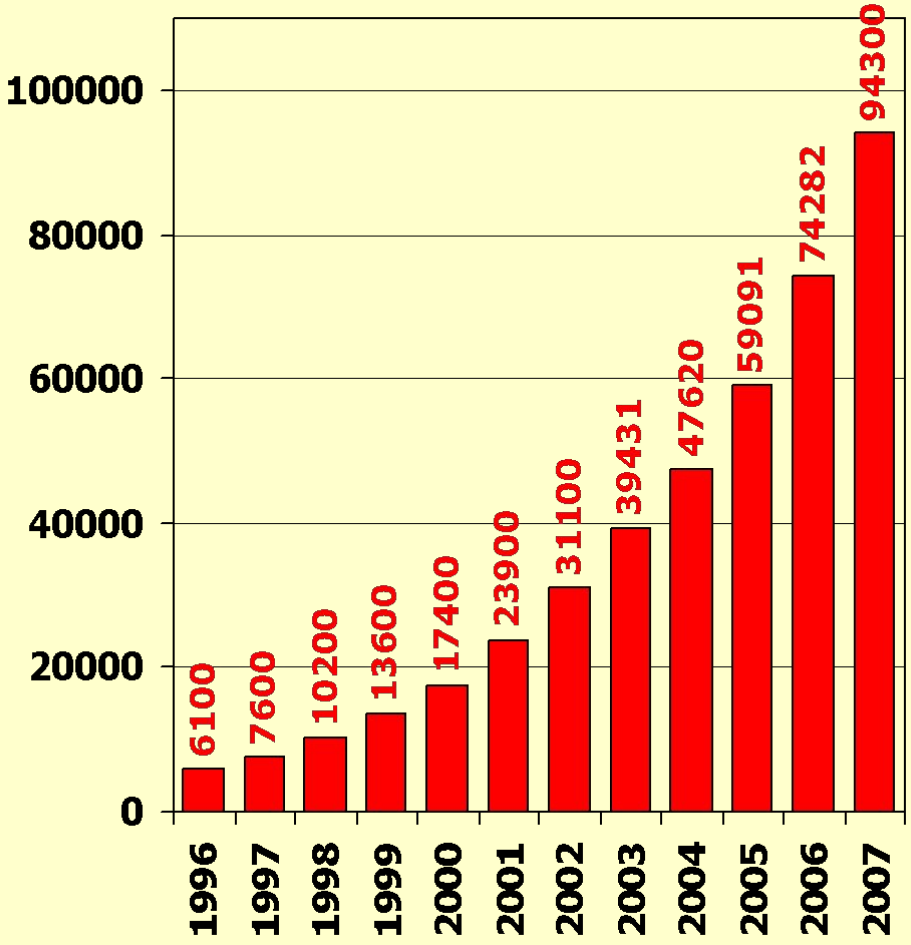
Агентство по прогнозированию балансов в электроэнергетике.
Семинар по ветроэнергетике
27 мая 2008 года

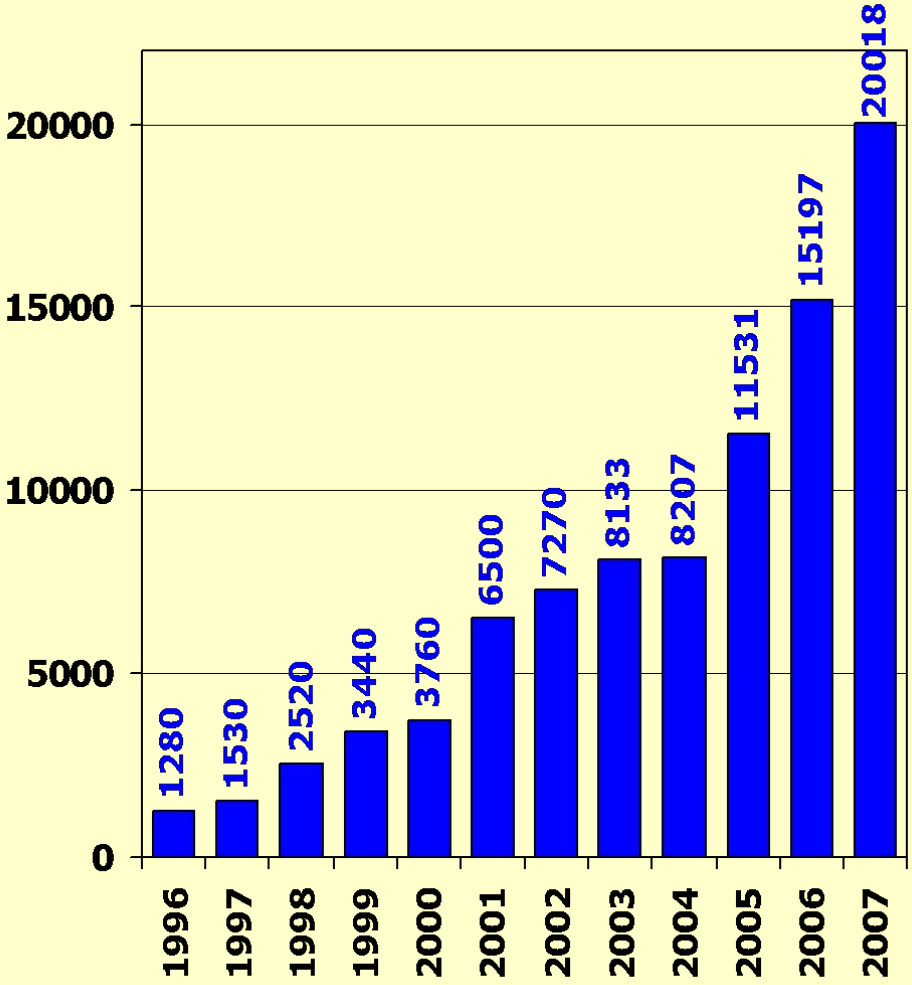
К вопросу о развитии ветроэнергетики в России

БЕЗРУКИХ Павел Павлович, д.т.н.,
Заместитель генерального директора
ГУ «Институт энергетической стратегии»,
Председатель комитета ВИЭ РосСНИО,
академик – секретарь секции «Энергетика» РИА

Установленная мощность ВЭУ в мире в 1996-2007 гг. (МВт)



Годовой ввод мощностей ВЭУ в мире в 1996-2007 гг. (МВт)



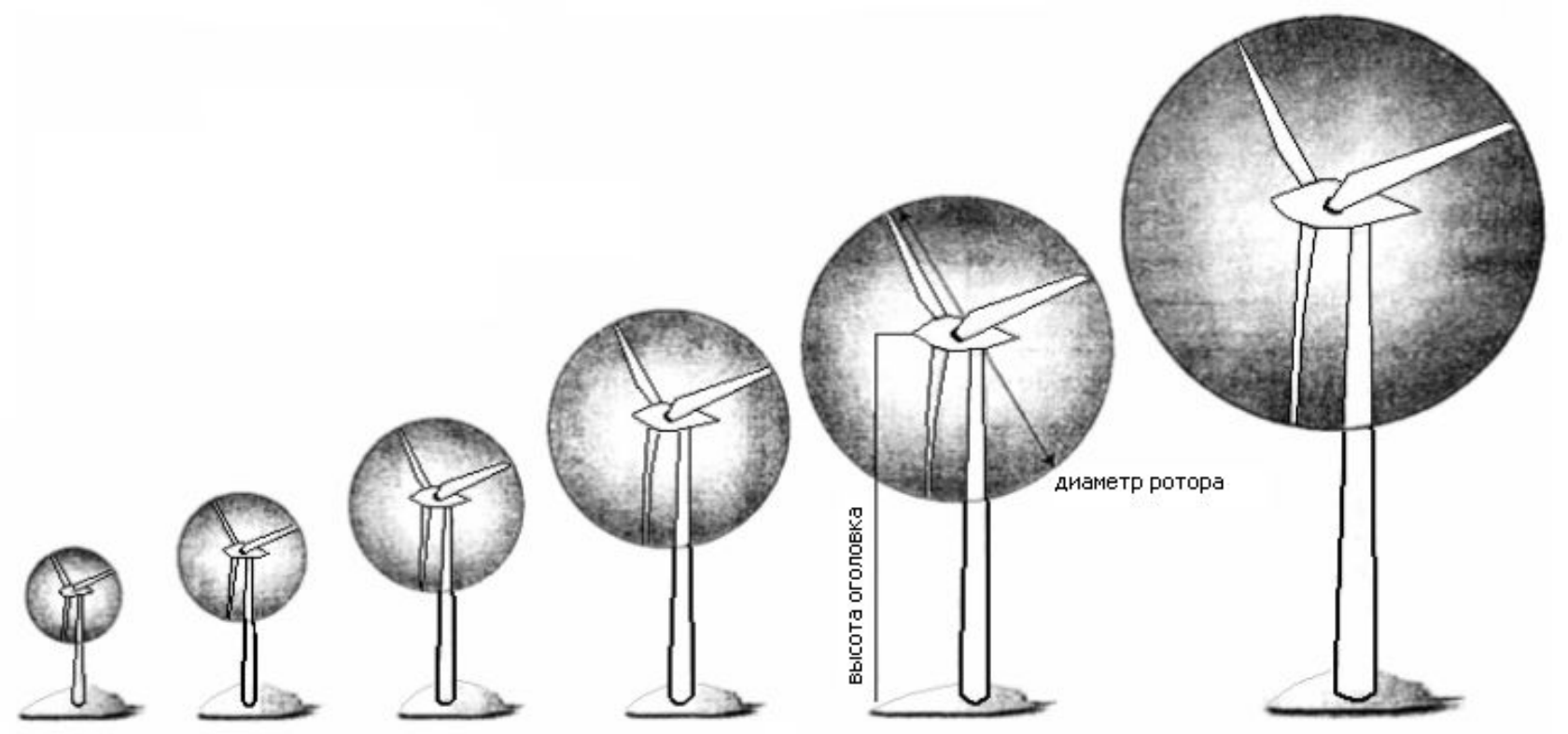
Программа «Wind Force 10» - программа достижения за счет энергии ветра к 2020 году 10% доли в мировом производстве электроэнергии

Годы	Процент роста в год, %	Годовой ввод мощности, МВт	Общая установленная мощность на конец года, МВт		Годовое производство электрической энергии на ВЭС, ТВт*ч	Годовое потребление электрической энергии в мире, ТВт*ч	Доля ветровой электрической энергии, %
			прогн.	факт			
1999	20	3120	13273	13520	29,1	14919	0,19
2000	20	3744	17017	18449	37,3	15381	0,24
2001	20	4493	21510	23794	47,1	15858	0,30
2002	20	5391	26901	30278	58,9	16350	0,36
2003	20	6470	33371	39357	73,1	16857	0,43
2004	30	8411	41781	46880	91,5	17379	0,53
2005	30	10939	52715	59084	115,4	17918	0,64
2006	30	14214	66929	74223	146,6	18474	0,79
2007	30	18478	85407	93849	187,0	19046	0,98
2008	30	24021	109428		268,4	19937	1,37
2009	30	31228	140656		245,0	20245	1,70
2010	30	40596	181252		444,6	20873	2,13
2015	20	94304	537059		1333,8	23894	5,58
2020	10	150000	1209466		2966,6	27351	10,86
2030	10	150000	2545232		6242,9	33178	18,82
2040	10	150000	3017017		7928,7	38509	20,60

Установленная мощность ВЭУ, подключенных к сетям общего пользования

Страны	Установленная мощность на конец года, МВт							
	1985	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007
Германия	3	60	1137	6113	16629	18415	20622	22247
США	1039	1525	1770	2494	6740	9149	11603	16819
Испания		9	126	2235	8263	10028	11615	15145
Индия		20	550	1214	3000	4430	6270	7850
Китай			10	316	764	1260	2064	5912
Дания	50	310	630	2300	3117	3128	3136	3125
Италия		4	23	427	1125	1718	2123	2726
Франция					386	757	1567	2455
Великобритания		6	193	406	888	1332	1963	2389
Португалия		2	8	100	522	1022	1716	2130
Канада		3	21	137	444	683	1459	1846
Нидерланды		49	255	446	1078	1219	1560	1747
Япония		1	10	125	874	1061	1394	1538
Другие страны мира						303	682	7920
[illegible]	1087	[illegible]	4095	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

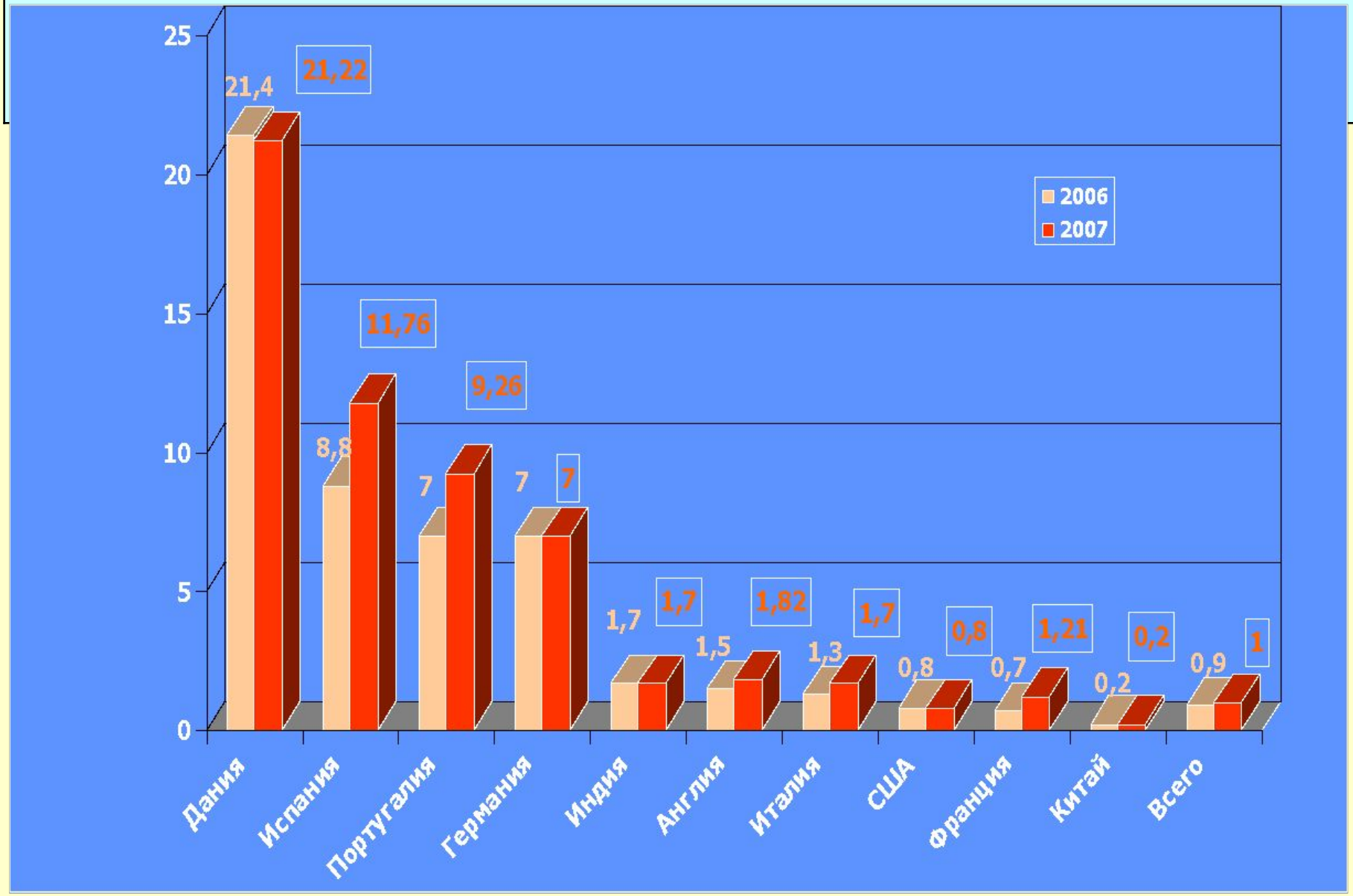
Динамика основных параметров ВЭУ



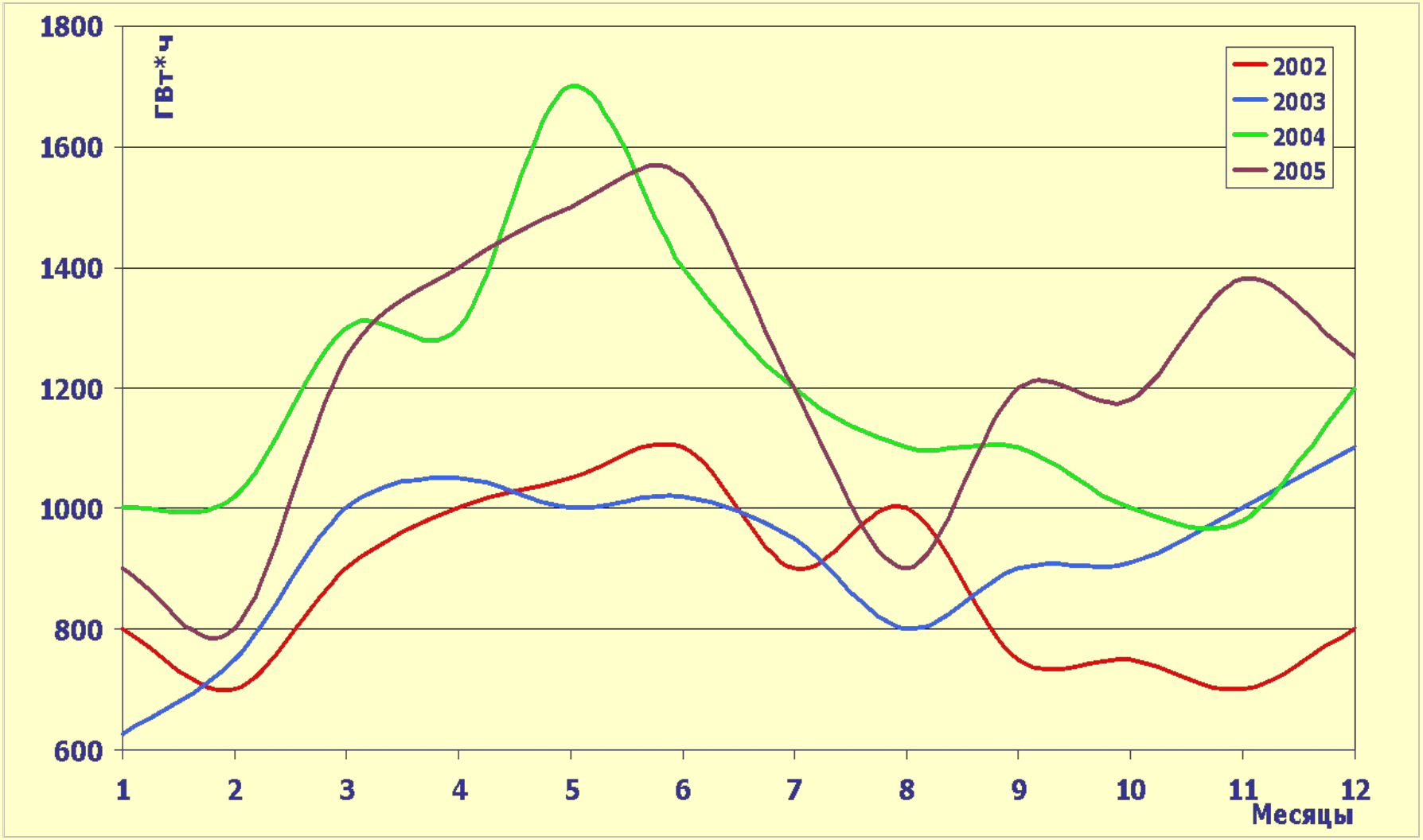
	1980	1985	1990	1995	2000	2005
Номинальная мощность (rated capacity)	30 кВт	80 кВт	250 кВт	600 кВт	1500 кВт	5000 кВт
Диаметр ротора (rotor diameter)	15 м	20 м	30 м	46 м	70 м	115 м
Высота оголовка (hub height)	30 м	40 м	50 м	78 м	100 м	120 м
Годовое производство электроэнергии (annual energy yield)	35000 кВт*ч	95000 кВт*ч	400000 кВт*ч	1250000 кВт*ч	3500000 кВт*ч	≈170000000 кВт*ч

Источник: German Wind Energy Association (BWE).

Доля ВЭС в производстве электроэнергии в 2006 и 2007 годах

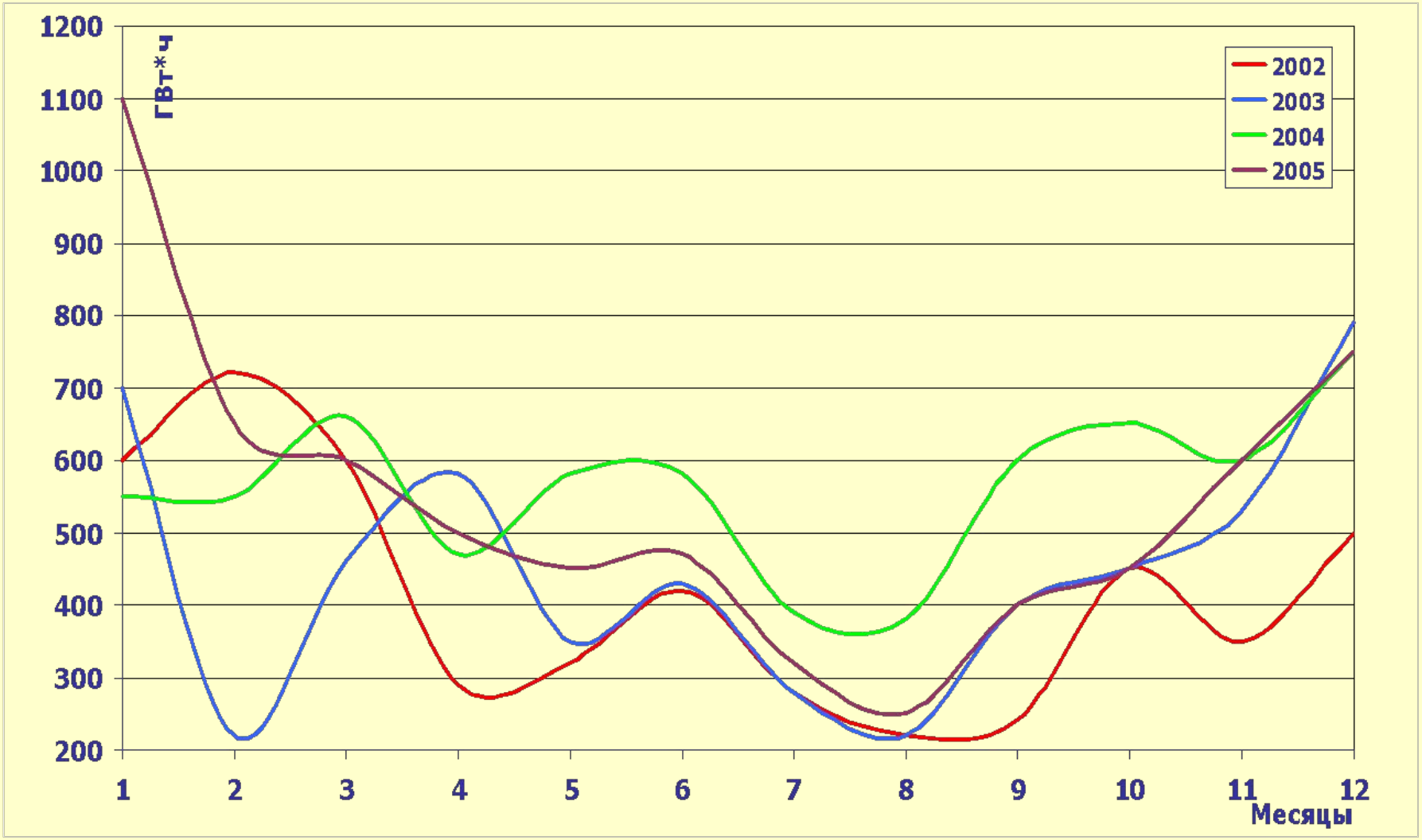


Месячное производство электроэнергии на ВЭС в США. 2002-2005 годы



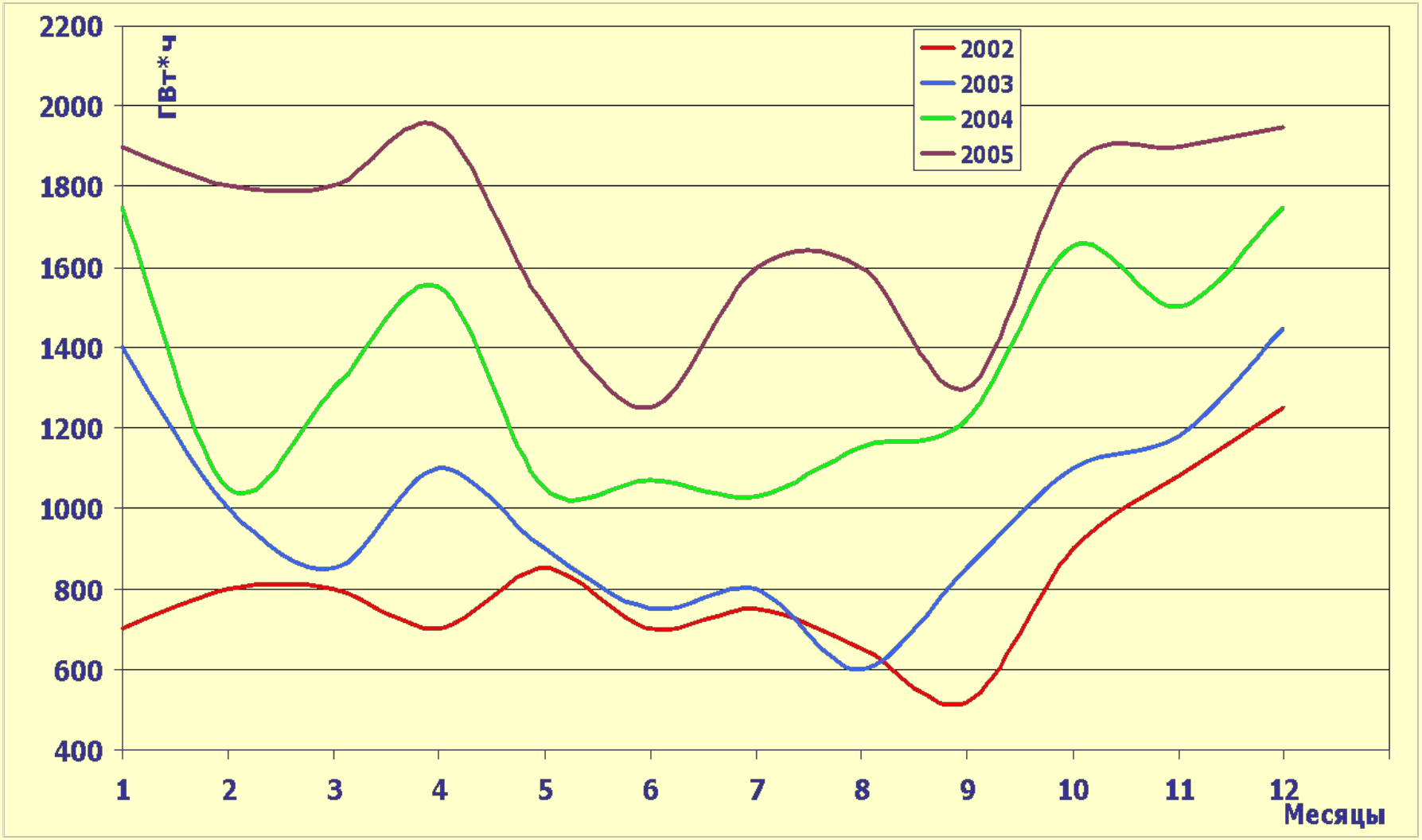
Источник: EIA, Department of Energy

Месячное производство электроэнергии на ВЭС в Дании. 2002-2005 годы



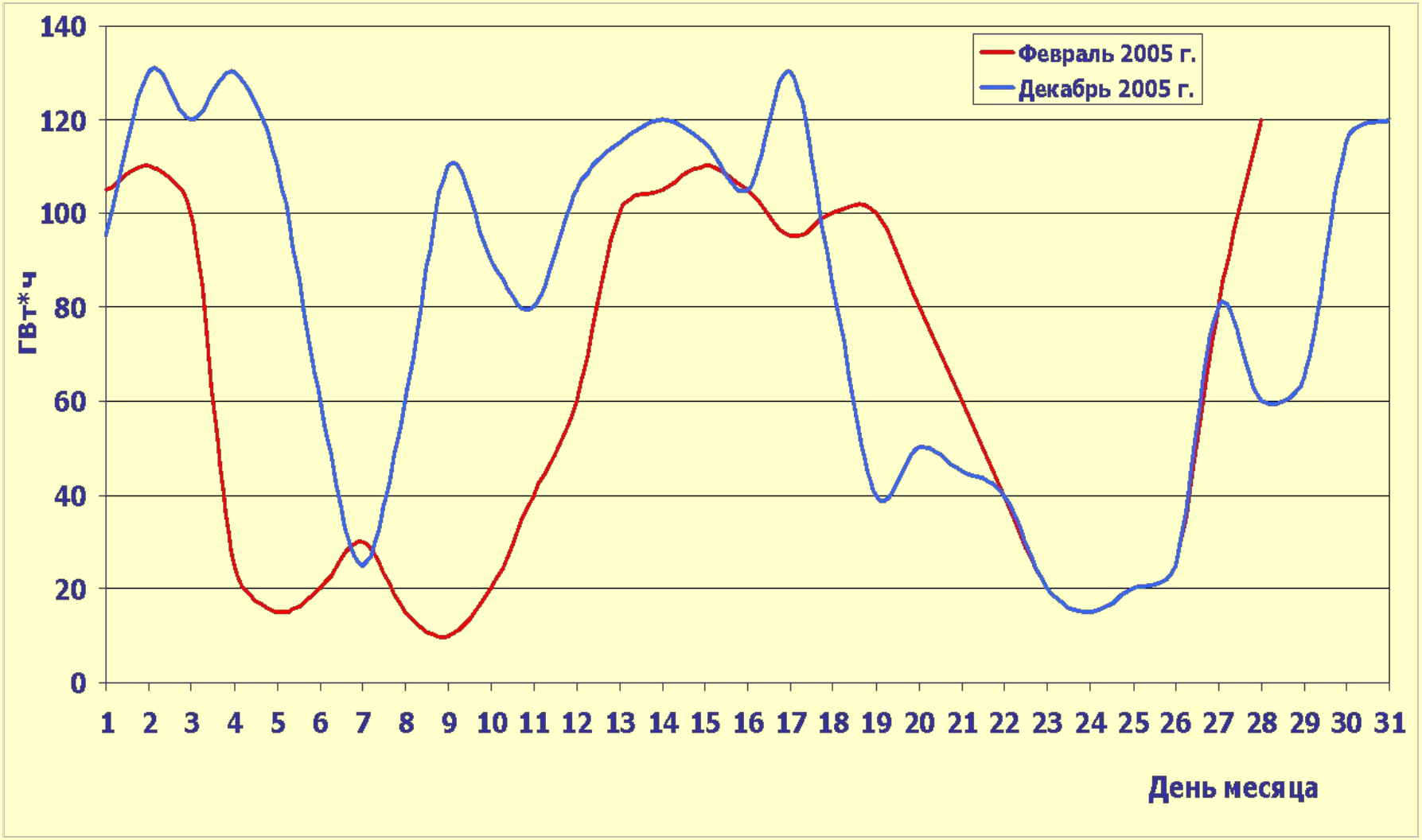
Источник: EIA Monthly Electricity and Eurostat Monthly Energy Statistics

Месячное производство электроэнергии на ВЭС в Испании. 2002-2005 годы



Источник: Red Electrica de Espana

Дневное производство электроэнергии на ВЭС в Испании в 2005 году



Источник: Red Electrica de Espana

Шесть сценариев развития ветроэнергетики Европейского Союза. Установленная мощность ВЭС, ГВт

п/п	Сценарий	2010 г.	2020 г.	2030 г.
1.	Сценарий МЭА. Средние темпы развития возобновляемой энергетики, 2004 г.	75	145	202
2.	Цели ЕС, определенные в Гетенбурге, 2004 г.	80	145	214
3.	Сценарий ЕС: умеренное развитие возобновляемой энергетики и интенсивное развитие энергетической эффективности	75	121	163
4.	Сценарий ЕС: высокие темпы развития ВИЭ, 2006 г.	111	209	275
5.	Сценарий ЕС: высокие темпы развития ВИЭ и энергетической эффективности, 2006 г.	107	190	252
6.	Сценарий Европейской ветроэнергетической ассоциации, 2003 г.	80	180	300

Доля ветроэнергии в производстве электроэнергии в странах Европейского Союза. Состояние и перспективы

	2005 факт	2010	2020	2030
Производство электроэнергии на ВЭС, ТВт*ч	83	179	510	974
Производство электроэнергии в странах ЕС по базовому сценарию развития, ТВт*ч	3013	3483	4006	4367
Доля ветровой энергии в производстве электрической энергии по базовому сценарию, %	2,8	5,1	12,7	22,3
Производство электроэнергии в странах ЕС по сценарию энергоэффективности, ТВт*ч	3013	3314	3250	3218
Доля ветровой энергии в производстве электрической энергии по эффективному сценарию, %	2,8	5,4	15,7	30,3

Источник: Eurelectric (2005) and European Commision

Стоимостные ориентиры в области возобновляемых источников энергии

	Капитальные вложения, долл./кВт		Себестоимость производства, цент/кВт*ч	
	2005	2030	2005	2030
Биомасса	1000-2500	950-1900	3,1-10,3	3,0-9,6
Геотермальная энергетика	1700-5700	1500-5000	3,3-9,7	3,0-8,7
Традиционная гидроэнергетика	1500-5500	1500-5500	3,4-11,7	3,4-11,5
Малая гидроэнергетика	2500	2200	5,6	5,2
Солнечная фотоэнергетика	3750-3850	1400-1500	17,8-54,2	7,0-32,5
Солнечная теплоэнергетика	2000-2300	1700-1900	10,5-23,0	8,7-19,0
Приливная энергетика	2900	2200	12,2	9,4
Наземная ветроэнергетика	900-1100	800-900	4,2-22,1	3,6-20,8
Морская ветроэнергетика	1500-2500	1500-1900	6,6-21,7	6,2-18,4
АЭС	1500-1800	-	3,0-5,0	-
ТЭС на угле	1000-1200	1000-1250	2,2-5,9	3,5-4,0
ТЭЦ на газе	450-600	400-500	3,0-3,5	3,5-4,5

Источник: Energy Technology Perspectives, IEA, 2006.

Основные фирмы – производители ВЭУ мощностью свыше 100 кВт и класс ветроэнергетических установок, выпускаемых фирмой

№ п/п	Фирма - производитель	Объем производства ВЭУ, МВт		Класс ВЭУ, кВт
		2005	2006	
1	Vestas	3217	4164	850, 1750, 1800, 2000, 3000
2	Gamesa	1487	2356	850, 2000
3	GE Wind	2041	2325	900, 1000, 1500, 2300, 2500, 2700, 3600
4	Enercon	1637	2204	300, 330, 600, 1000, 1800, 2000
5	Suzlon	703	1140	350, 1000, 1250
6	Siemens	634	1079	2300, 3600
7	Nordex	300	502	1300, 1500, 2500
8	REpower	369	486	600, 750, 1500, 2000
9	Gold Wind	150	395	
10	Ecotechnia	242	243	640, 750, 1250, 1670
11	Mitsubishi	231	152	
12	Fuhrlander	69	61	100, 800, 1000, 1500

Среднее значение коэффициента использования установленной мощности ветроустановок стран – членов OECD, %

Страны	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
Австралия	-	40,0	19,4	31,1	37,5	42,0	21,1
Австрия	-	11,4	14,2	28,5	17,4	12,2	18,8
Бельгия	16,0	20,5	13,0	16,2	21,0	14,8	16,9
Канада	0,0	30,1	32,4	29,1	28,6	28,6	35,0
Чешская Республика	-	-	0,0	0,0	3,8	4,2	7,1
Дания	20,3	21,8	20,0	19,2	19,3	20,4	24,1
Финляндия	-	20,9	23,1	20,5	16,7	20,4	16,7
Франция	-	19,0	15,4	18,0	23,1	20,1	18,3
Германия	16,9	17,2	17,5	13,6	15,1	14,7	17,3
Греция	22,8	14,4	22,7	32,0	25,9	31,4	27,1
Ирландия	-	30,4	24,0	28,2	23,4	20,8	19,8
Италия	7,6	4,7	17,7	20,3	20,5	19,0	18,7
Япония	-	11,4	14,8	16,3	17,1	18,7	19,4
Люксембург	-	-	19,0	18,3	17,8	13,5	12,7

Среднее значение коэффициента использования установленной мощности ветроустановок стран – членов OECD, % (продолжение)

Страны	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
Мексика	-	34,2	49,5	68,5	60,9	53,3	57,1
Нидерланды	12,3	12,9	18,9	17,3	13,8	14,3	17,0
Новая Зеландия	-	-	37,7	43,1	48,8	46,3	24,3
Норвегия	-	38,1	27,2	23,7	8,8	25,7	30,4
Польша	-	-	14,3	8,4	21,8	40,4	40,5
Португалия	11,4	22,8	23,0	23,2	21,6	21,0	16,7
Испания	-	30,8	24,3	22,5	21,6	23,1	21,6
Швеция	8,6	16,9	24,9	18,7	19,4	19,4	21,5
Великобритания	9,1	21,4	26,2	25,8	26,8	19,8	27,2
США	18,1	20,9	26,9	19,6	26,1	20,9	24,8

Классификация ВЭУ и их основные параметры

Класс ВЭУ	Диапазон мощностей, кВт		Диапазон диаметров ветроколеса		Диапазон скоростей вращения ветроколеса, об/мин	
Очень малые	0,025	1	0,5	2,5	2000	500
	1,5	10	3,0	9,0	500	200
Малые	20	60	10	15	140	92
	75	150	18	24	60	40
Средние	200	300	26	30	40	40
	400	500	35	40	35	30
Большие	600	750	43	48	30	30
	900	1300	50	64	32	20
Очень большие	1500	3000	70	90	20	15
	4000	5000	105	124	15	13

Технико-экономические показатели работы ВЭС в России в 2001-1005 годах

ВЭС	2002			2003			2004			2005		
	Установленная мощность ВЭС, кВт	Производство электроэнергии, кВт.ч	Использование установленной мощности, час/%	Установленная мощность ВЭС, кВт	Производство электроэнергии, кВт.ч	Использование установленной мощности, час/%	Установленная мощность ВЭС, кВт	Производство электроэнергии, кВт.ч	Использование установленной мощности, час/%	Установленная мощность ВЭС, кВт	Производство электроэнергии, кВт.ч	Использование установленной мощности, час/%
ОАО "Янтарьэнерго", Зеленоградская ВЭС	1500	4186	2791 / 32	5100	6604	1295 / 14,8	5100	5527	1084 / 12,4	5100	5198	**1019 / 11,6**
ОАО «Комиэнерго» ВЭС, Воркутинские электросети	**1250**	445	356 / 4,1	1250	371	297 / 3,4	1250	290	242 / 2,7	1250	151	126 / 1,4
ОАО «Чувашэнерго» Марпосадская ВЭС.	200	н.д.	н.д.	200	н.д.	н.д.	200	н.д.	н.д.	200	н.д.	н.д.
ОАО «Башкирэнерго» ВЭС Тюпкельды г. Октябрьский	2200	1224	556 / 6,3	2200	1013	460 / 5,3	2200	870	395 / 4,5	2200	1210	550 / 6,3
ОАО «Камчатскэнерго» ВЭС Южных сетей.	500	525	1050 / 12,0	500	559	1118 / 12,8	500	304	608 / 6,9	500	270	540 / 6,2
ОАО «Калмэнерго» ВЭС Элиста	1000	-	-	1000	-	-	1000	-	-	-	-	-
ОАО «Ростовэнерго» ВЭС-300	300	37	123 / 1,4	300	37	123 / 1,4	300	37	123 / 1,4	300	37	123 / 1,4
ЗАО «Ветроэнерго» Мурманская ВЭУ-200	200	357	1785 / 20,3	200	270	1350 / 15,4	200	20	100 / 1,1	200	20	100 / 1,1
Чукотская ВЭС , г. Анадырь	-	-	-	2500	1477	591 / 6,7	2500	2766	1106 / 12,6	2500	2733	**1093 / 12,5**
ВЭС ООО «Красное»	-	-	-	75	50	667 / 7,6	75	50	667 / 7,6	75	40	533 / 6,1
Всего	**7150**	**6774**	**947 / 10,8**	**13025**	**10381**	**797 / 9,1**	**13025**	**9864**	**757 / 8,6**	**12025**	**9659**	**803 / 9,2**

Оценка состояния и пути решения

1	Виды ВЭУ	Системные	Автономные	Индивидуальные
2	Режим работы	Параллельно с сетью. При отключении ЛЭП связи с энергосистемой ВЭУ останавливается	Автономный или параллельно с другими малыми электростанциями: ВЭУ-ДЭС; ВЭУ-ГЭС; ВЭУ-СЭС и т.п. в локальных электросетях.	Автономный, а также: ВЭУ – аккумуляторная батарея; ВЭУ- малая ДЭС или БЭС
3	Единичная мощность ВЭУ	От 200 кВт до 5 МВт, на современных ВЭС: 800 кВт-3,6 МВт	50-500 кВт	0,1-50 кВт
4	Основные потребители, определяющие спрос	Дефицитные по мощности и энергии энергосистемы. Дефицитные по топливу энергосистемы.	Удаленные и труднодоступные населенные пункты; дома отдыха; местные производственные предприятия не подключенные к сетям общего пользования	Индивидуальные дома, коттеджи, фермерские хозяйства, пастбища и др. одиночные объекты
5	Потенциальные заказчики	Крупные компании: энергетические, нефтяные, газовые угольные, металлургические и др.	Муниципальные и региональные структуры; мелкие и средние предприятия, пограничники.	Индивидуальные домовладельцы, фермеры, пограничники, владельцы систем связи и коммуникаций.
6	Ветровые ресурсы	В первом приближении изучены достаточно для принятия решения о возможности сооружения ВЭС. На выбранной площадке необходимо сооружение метеомачты и замеры скорости ветра минимум за 6 месяцев		

Оценка состояния и пути решения (продолжение)

	Виды ВЭУ	Системные	Автономные	Индивидуальные
7	Производственная база	Утеряна. Возможно восстановление на базе трансферта передовых зарубежных технологий.	Отсутствует. Для ВЭУ мощностью до 50 кВт возможно создание п.б. собственными силами. Для ВЭУ мощностью свыше 50 кВт – трансфер технологий.	Имеется
8	Проектная база	Имеется частично (РоТЭП, Ленгидропроект, Самарагидропроект и др.) Требуется усиление и развитие.	Практически отсутствуют	Нет необходимости
9	Строительно-монтажная база	Отсутствует, но возможно создание на базе существующих строительных организаций. Основная проблема – наличие крана соответствующей грузоподъемности и транспортировка секций башни и лопастей.		Существует
10	Кадровое обеспечение	Подготовку инженеров и кандидатов тех. наук ведут ведущие ВУЗы России: МВТУ, МЭИ, СПбГТУ, УПИ и ряд др. Эксплуатационный персонал должен проходить специальную стажировку на объектах производителя оборудования		Достаточно индивидуального обучения

Оценка состояния и пути решения (продолжение)

	Виды ВЭУ	Системные	Автономные	Индивидуальные
11	Основные организационно – экономические проблемы	* Разработка и утверждение программы развития ветроэнергетики и заявленных целей на 2020 и 2030 г. * Разработка системы стимулирования: заказчиков, производителей оборудования и потребителей. * Максимально возможно упрощенная процедура подключения к сети. * Предотвращение спекулятивного захвата земельных участков, намеченных для строительства ВЭС. * Разработка приемлемой системы страхования капвложений.		
12	Основные научно-технические проблемы	* Определение объемов потенциального спроса на ВЭУ, в первую очередь для автономных (локальных) энергосистем. * Создание математических моделей работы ВЭС в энергосистеме. * Исследование режимов работы ВЭС в различных энергосистемах. * Разработка систем автоматизации работы ветродизельных установок.		

ГУ «Институт энергетической стратегии»

Комитет ВИЭ РосСНИО

Российская инженерная академия «Секция Энергетика»

Благодарим за внимание!