

**Агентство по прогнозированию балансов в
электроэнергетике.**

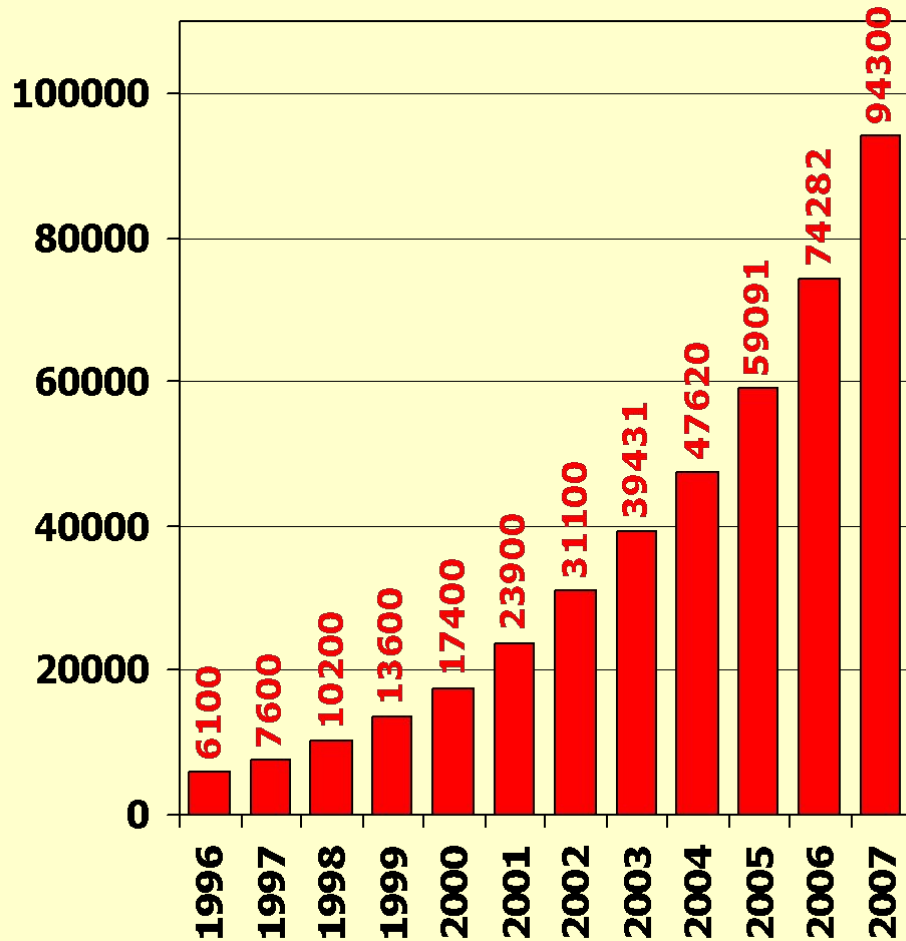
Семинар по ветроэнергетике

27 мая 2008 года

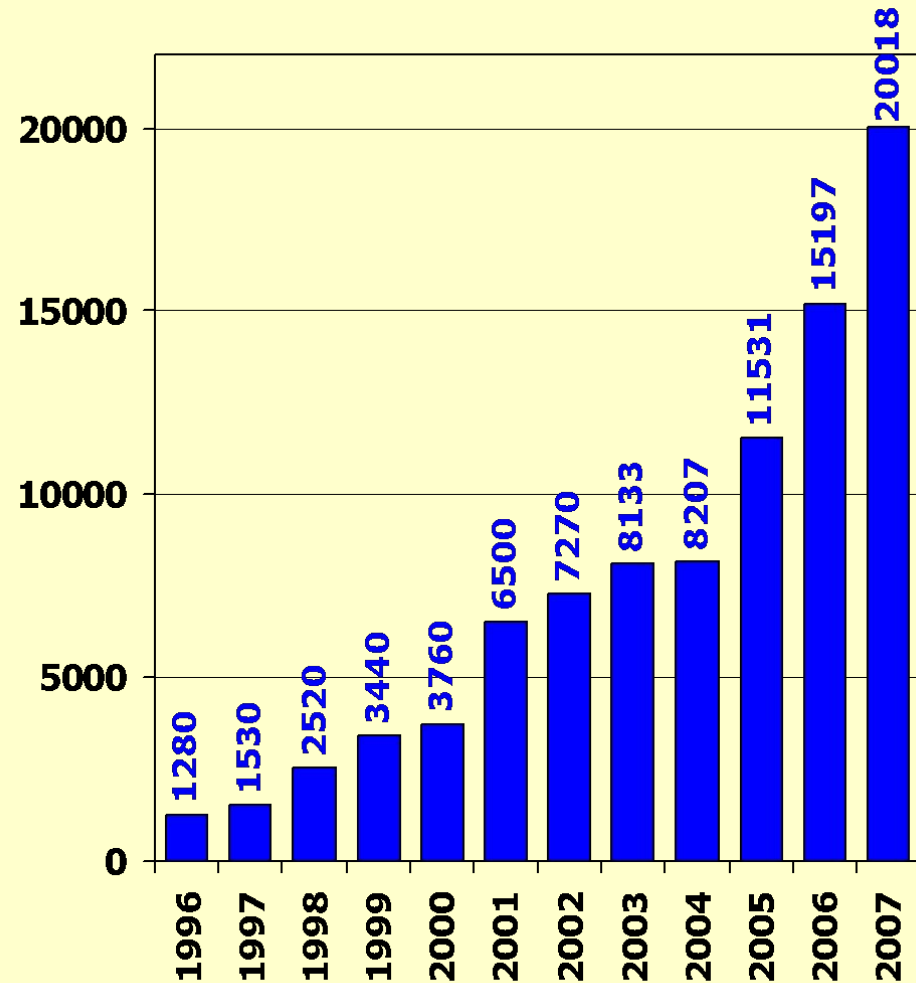
**К вопросу о развитии ветроэнергетики в
России**

**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)



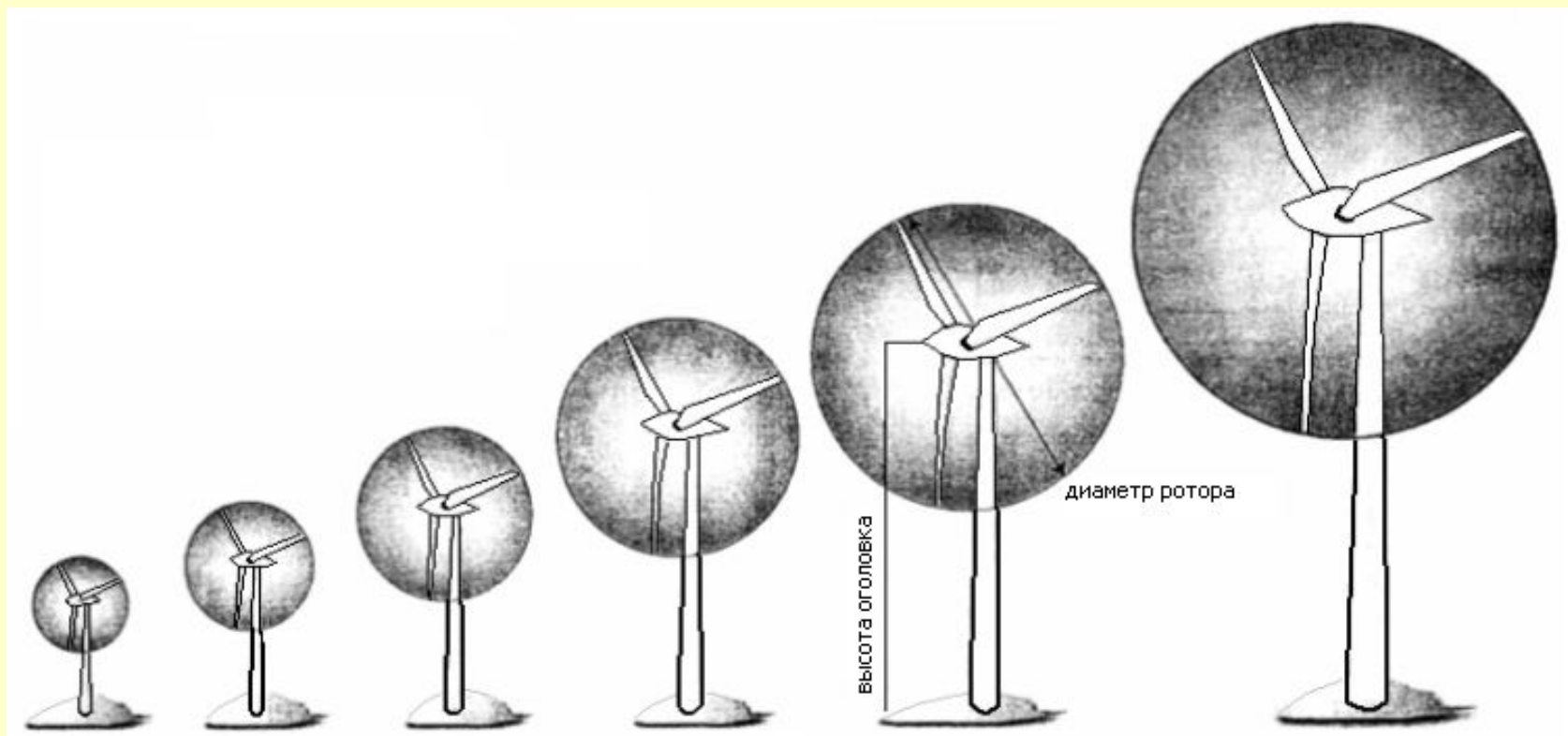
Программа «Wind Force 10» - программа достижения за счет энергии ветра к 2020 году 10% доли в мировом производстве электроэнергии

| 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 |
| Всего | 1007 | 2002 | 4005 | 12442 | 46000 | 50001 | 74000 | 82040 |

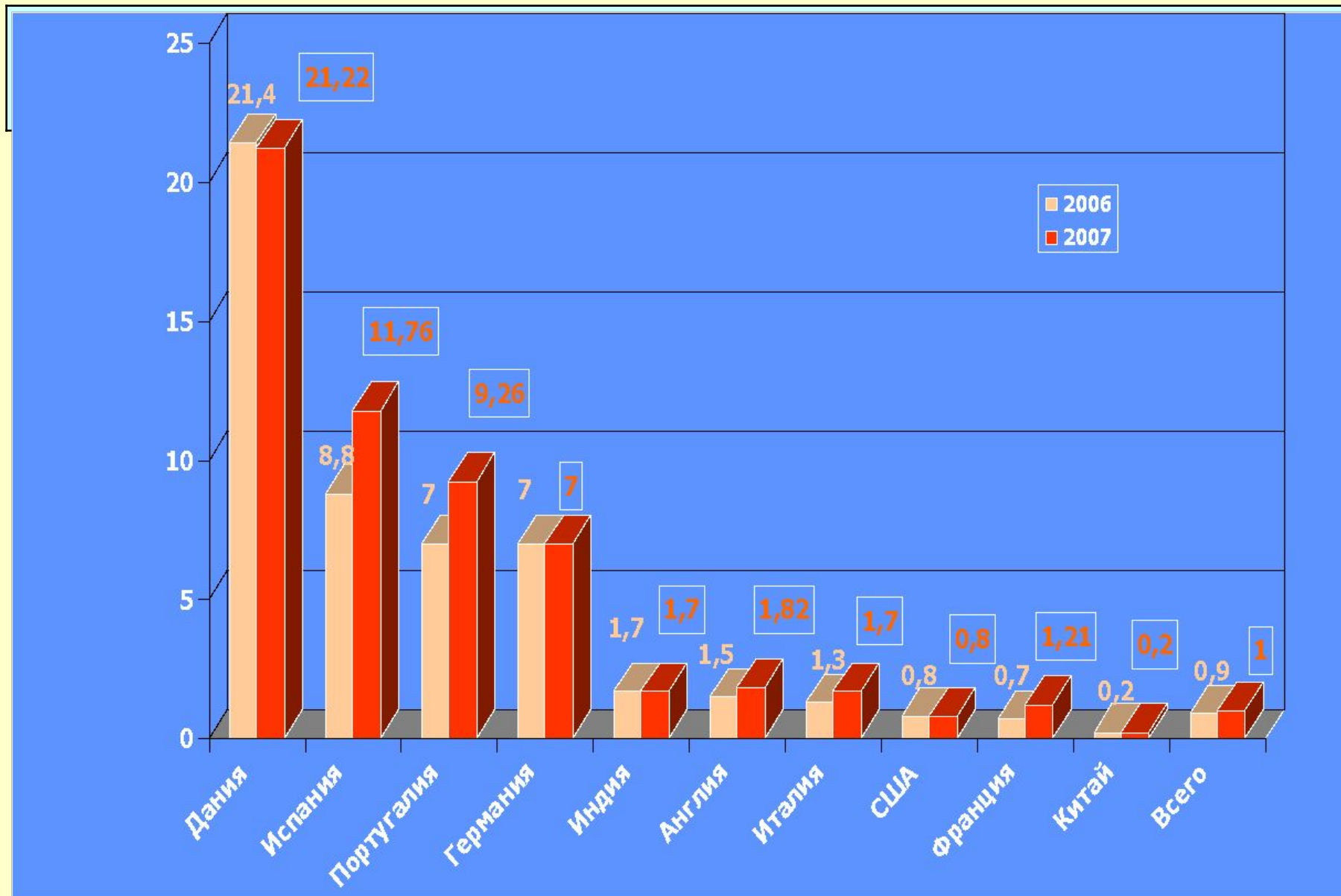
Динамика основных параметров ВЭУ



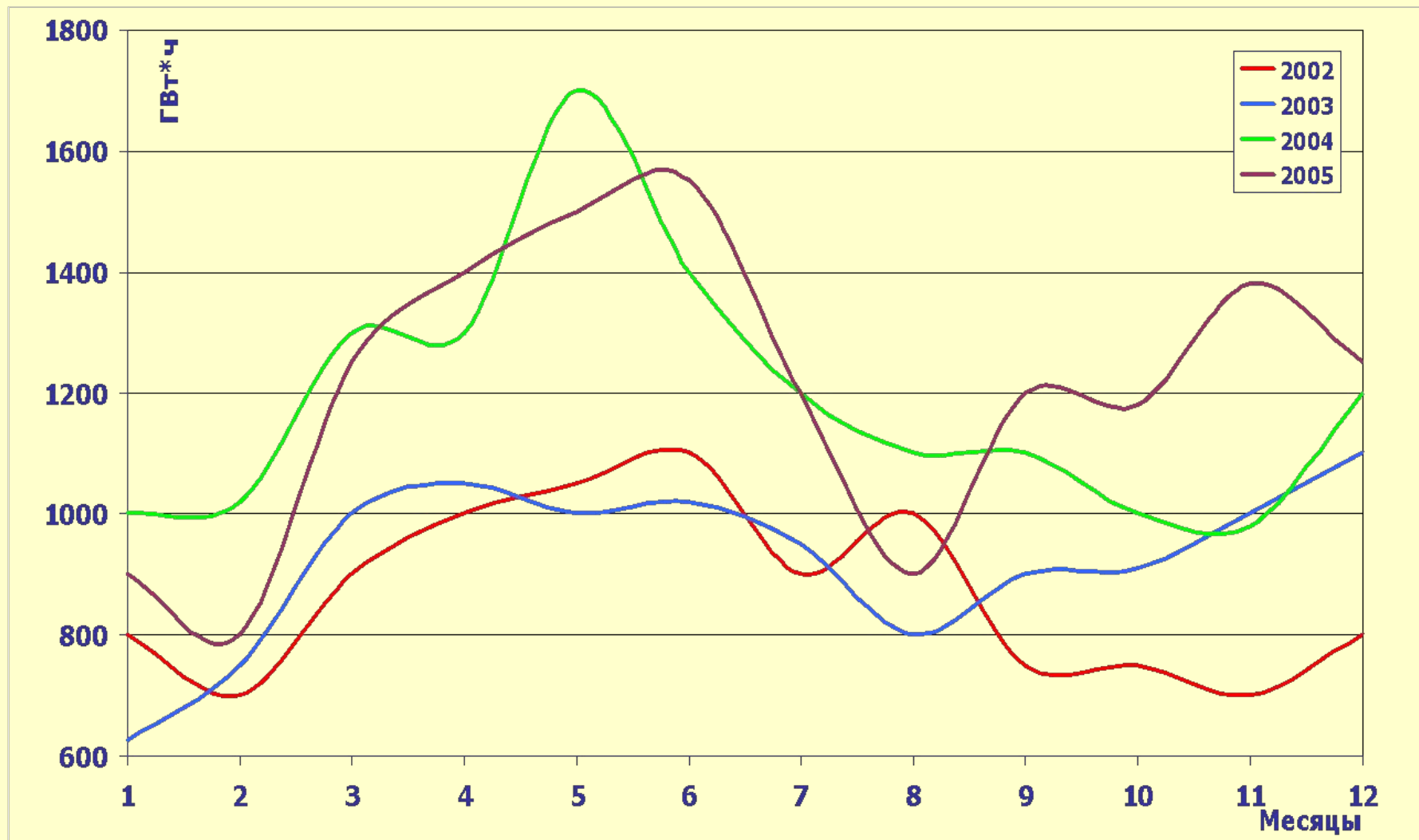
| | 1980 | 1985 | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 |
|---|-------------|-------------|--------------|---------------|---------------|------------------|
| Номинальная мощность (rated capacity) | 30 кВт | 80 кВт | 250 кВт | 600 кВт | 1500 кВт | 5000 кВт |
| Диаметр ротора (rotor diameter) | 15 м | 20 м | 30 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

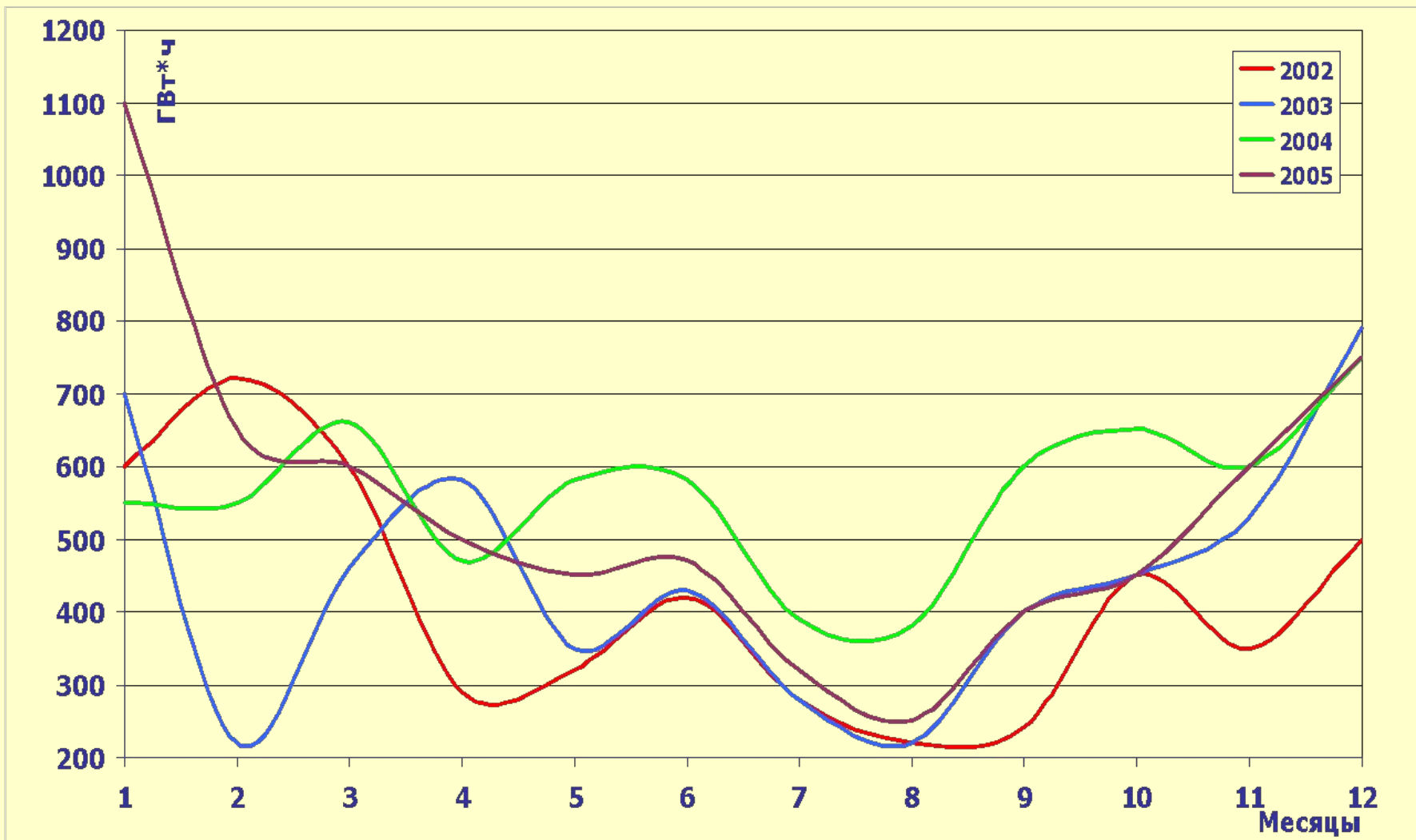


Месячное производство электроэнергии на ВЭС в США. 2002-2005 годы



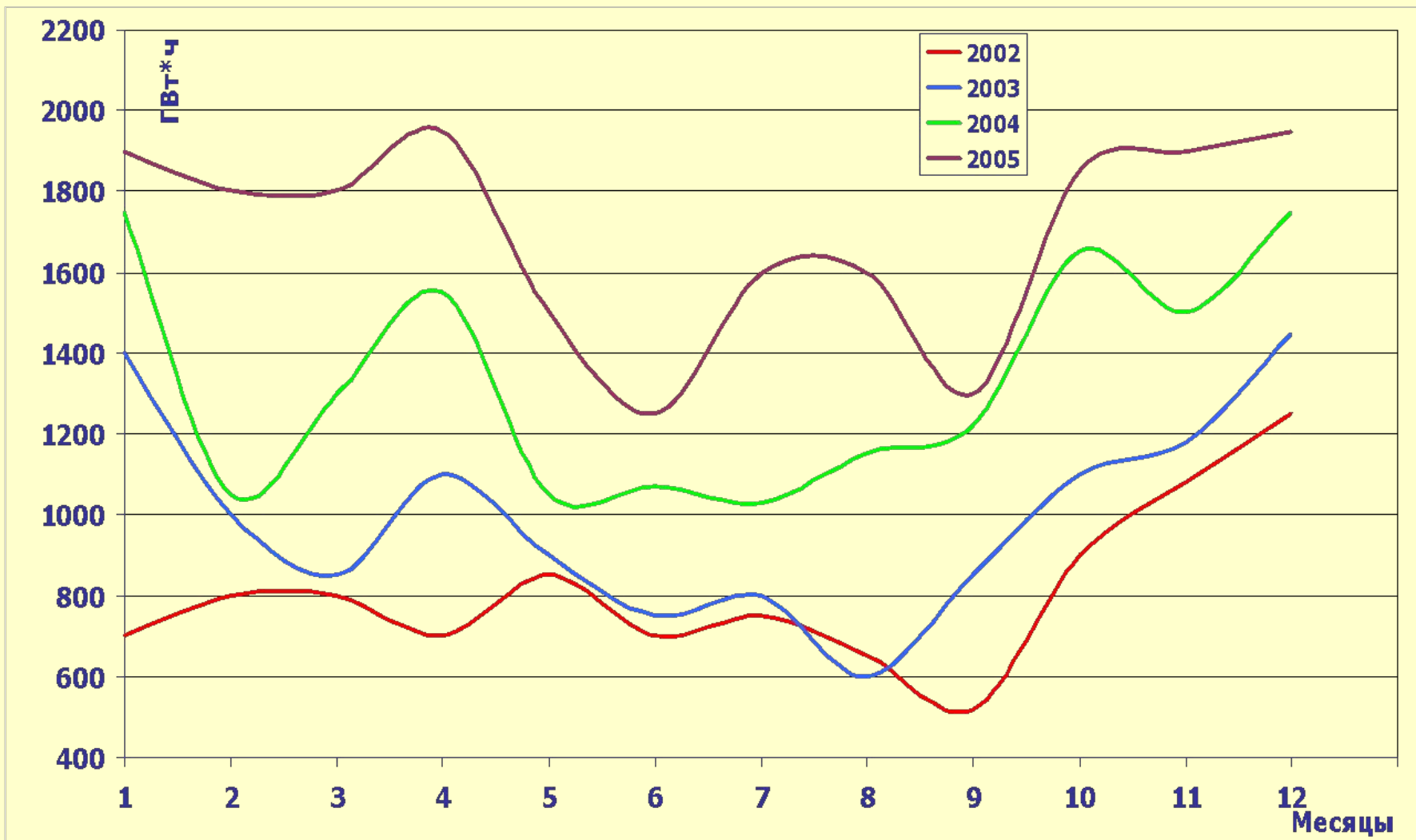
Источник: EIA, Department of Energy

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



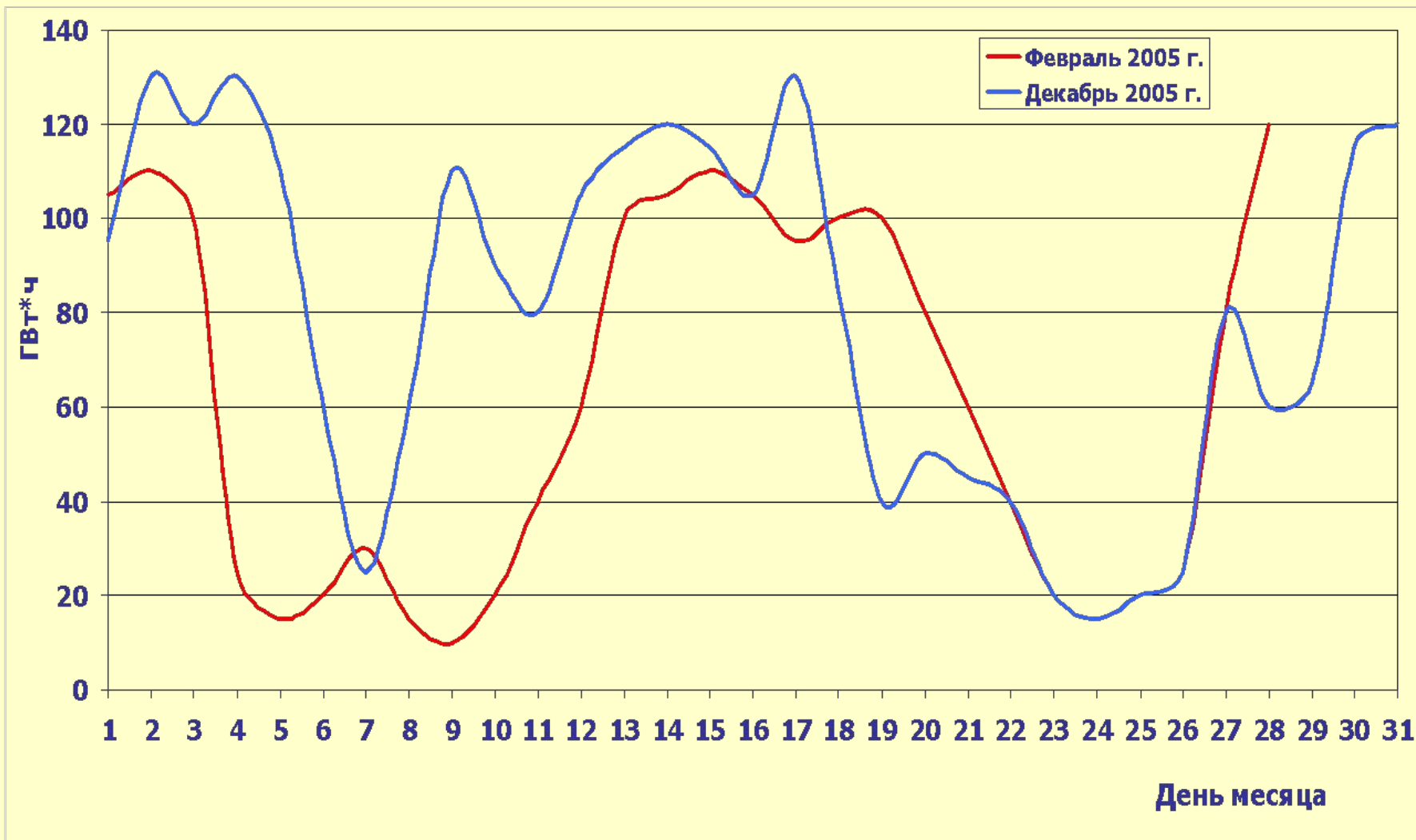
Источник: EIA Monthly Electricity and Eurostat Monthly Energy Statistics

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 | <u>2791</u> 32 | 5100 | 6604 | <u>1295</u> 14,8 | 5100 | 5527 | <u>1084</u> 12,4 | 5100 | 5198 | <u>1019</u> 11,6 |
| ОАО «Комизэнерго» ВЭС, Воркутинские электросети | 1250 | 445 | <u>356</u> 4,1 | 1250 | 371 | <u>297</u> 3,4 | 1250 | 290 | <u>242</u> 2,7 | 1250 | 151 | <u>126</u> 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 | <u>556</u> 6,3 | 2200 | 1013 | <u>460</u> 5,3 | 2200 | 870 | <u>395</u> 4,5 | 2200 | 1210 | <u>550</u> 6,3 |
| ОАО «Камчатскэнерго» ВЭС Южных сетей. | 500 | 525 | <u>1050</u> 12,0 | 500 | 559 | <u>1118</u> 12,8 | 500 | 304 | <u>608</u> 6,9 | 500 | 270 | <u>540</u> 6,2 |
| ОАО «Калмэнерго» ВЭС Элиста | 1000 | - | - | 1000 | - | - | 1000 | - | - | - | - | - |
| ОАО «Ростовэнерго» ВЭС-300 | 300 | 37 | <u>123</u> 1,4 | 300 | 37 | <u>123</u> 1,4 | 300 | 37 | <u>123</u> 1,4 | 300 | 37 | <u>123</u> 1,4 |
| ЗАО «Ветроэнерго» Мурманская ВЭУ-200 | 200 | 357 | <u>1785</u> 20,3 | 200 | 270 | <u>1350</u> 15,4 | 200 | 20 | <u>100</u> 1,1 | 200 | 20 | <u>100</u> 1,1 |
| Чукотская ВЭС, г. Анадырь | - | - | - | 2500 | 1477 | <u>591</u> 6,7 | 2500 | 2766 | <u>1106</u> 12,6 | 2500 | 2733 | <u>1093</u> 12,5 |
| ВЭС ООО «Красное» | - | - | - | 75 | 50 | <u>667</u> 7,6 | 75 | 50 | <u>667</u> 7,6 | 75 | 40 | <u>533</u> 6,1 |
| Всего | 7150 | 6774 | <u>947</u> 10,8 | 13025 | 10381 | <u>797</u> 9,1 | 13025 | 9864 | <u>757</u> 8,6 | 12025 | 9659 | <u>803</u> 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 | <ul style="list-style-type: none"> * 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 | <ul style="list-style-type: none"> * 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!