

УДК 504.05

## ВОЗДЕЙСТВИЕ ВЕТРОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

*С.М. Говорушко*

Тихоокеанский институт географии ДВО РАН  
690041 Владивосток, ул. Радио, д. 7  
Тел./факс: 8(4232)311653, e-mail: sgovor@tig.dvo.ru

Заключение совета рецензентов: 27.04.11 Заключение совета экспертов: 28.04.11 Принято к публикации: 30.04.11

Рассмотрены основные параметры ветра, дана краткая характеристика использования ветровой энергии в мире, описаны типы ветровых электростанций, показано воздействие ветроэнергетики на различные компоненты и параметры окружающей среды (отчуждение земель, животный мир, шумовое воздействие, визуальное воздействие, электро-, радио- и телевизионные помехи).

Ключевые слова: ветроэнергетический потенциал, ветряные фермы, окружающая среда, типы ветровых электростанций, турбины, ветряные мельницы, птицы.

## WIND POWER STATIONS IMPACT ON THE ENVIRONMENT

*S.M. Govorushko*

Pacific Geographical Institute FEB RAS  
7 Radio str., Vladivostok, 690041, Russia  
Tel./fax: 8(4232)311653, e-mail: sgovor@tig.dvo.ru

Referred: 27.04.11 Expertise: 28.04.11 Accepted: 30.04.11

The basic parameters of the wind are described, brief information about wind energy using in the world is given, the main types of wind farms are considered, impact of wind power stations on the different components and parameters of the environment (withdrawal of land, wildlife, noise and visual impact, radio and television interference) is discussed.

Keywords: energetic potential of wind, environment, wind farms, types of wind power plants, birds, wind mills, wind turbines.

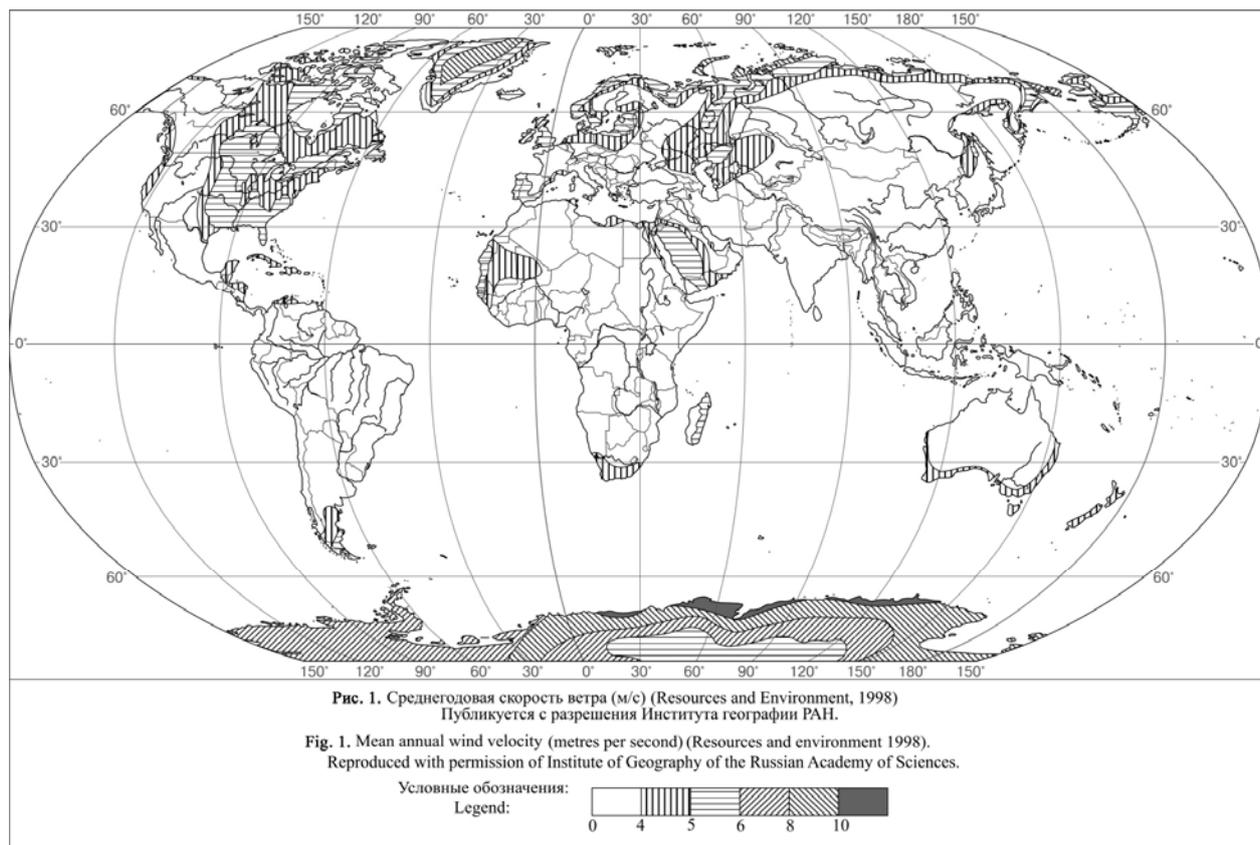
### Основные характеристики ветра

**Ветер** – «движение воздуха относительно земной поверхности...» [1, с. 36]. Обычно имеют в виду горизонтальное движение, осредненное за интервал времени порядка 1-3 мин. Благодаря такому осреднению исключаются микромасштабные пульсации с периодом в несколько секунд.

**Возникновение** ветра связано с неравномерным нагревом Земли из-за облачности, аккумуляции тепла водными объектами, рельефа и ряда других причин. Ветер тесно связан с давлением и направлен от высокого давления к низкому. В глобальном масштабе циркуляция воздуха имеет характер конвективного переноса от одного пояса давления к другому.

Важнейшими характеристиками ветра являются **направление и скорость**. Различают мгновенные и сглаженные направления и скорости. *Сглаженное значение* – это усредненная величина за некоторый промежуток времени. *Мгновенное значение* дает показатель непосредственно в момент измерения, оно может существенно колебаться вокруг сглаженного значения. Для ветроэнергетики важна сглаженная скорость ветра.

**Направлением** ветра является направление, откуда он дует. Для указания направления обычно используют 8 основных румбов горизонта: север, северо-восток, восток и т. д. и 8 промежуточных румбов между ними. **Скорость** ветра обычно измеряется в метрах в секунду. Районирование земного шара по скорости ветра приведено на рис. 1.



**Наиболее ветреным местом** на Земле является Антарктическое побережье, в частности, Земля Адели, Земля Виктории, мыс Беркс и мыс Денисона, расположенные в Западной Антарктиде. Полюс ветра в Северном полушарии расположен в фиорде Принс-Христиана на юго-восточном побережье Гренландии [2]. Рекордной величиной среднегодовой скорости считается мыс Денисона – 19,4 м/с [3]. В России наиболее сильные ветры характерны для побережий Таймыра, Чукотки, Курильских островов, Сахалина и юга Приморского края. В этих районах скорость ветра достигает 35-40 м/с, а на юге Курильских островов – 50 м/с [4].

### Использование ветровой энергии

**Ветровая энергия** по своей сути является энергией Солнца, преобразованной в кинетическую энергию движущихся воздушных масс. Энергия ветра широко использовалась еще в древнем Египте и на Ближнем Востоке для привода мельниц и водоподъемных устройств. За период 1880-1930 гг. в США использовалось для перекачки воды, работы предприятий и выработки электроэнергии около 6 млн ветровых установок [5]. В настоящее время использование ветра для помола зерна практически прекращено и кое-где сохранившиеся ветряные мельницы являются лишь памятниками эпохи (рис. 2).



Рис. 2. Ветряная мельница в г. Алфорд, Великобритания.  
 Фото: Tom Philo  
 Fig. 2. Wind mill in Alford, Great Britain  
 Photo credit: Tom Philo

Ветровые электростанции строят в местах с высокой средней скоростью ветра – от 4,5 м/с и выше. Обычная метеорологическая информация для выбора места строительства ветровых электростанций не подходит, поскольку в ней приведены сведения о приземных скоростях ветра. Для выбора места

строительства предварительно проводят исследование **ветрового потенциала** местности. На высоте от 30 до 100 метров устанавливают *анемометры* и в течение одного–двух лет собирают информацию о скорости и направлении ветра.

Поскольку скорость ветра возрастает с высотой, предпочтительнее сооружение ветровых электростанций на возвышенностях. Принимаются во внимание предметы, способные влиять на ветер: деревья, крупные сооружения и т. д. В целом ветроэнергетический потенциал достаточно велик. Например, у 5 стран Северного моря (Германия, Великобритания, Нидерланды, Бельгия и Дания) он превышает суммарный объем энергопотребления этих государств [6].

Ветровые электростанции преобразуют энергию ветра в электрическую энергию. Они состоят из нескольких ветрогенераторов, собранных в одном месте. Крупные ветровые электростанции могут состоять из 100 и более ветрогенераторов. Иногда их называют *ветряными фермами*.

Ветровая электроэнергия производится более чем в 70 странах. **Лидерами** в ее производстве являются США, Испания и Китай. В конце 2008 г. ветроэнергетика обеспечивала около 1,3% мирового производства электроэнергии [7].

### Типы ветровых электростанций

По месту установки различают следующие **типы** электростанций: 1) наземный (ветрогенераторы устанавливаются на холмах); 2) прибрежный (на небольшом удалении от берега моря); 3) оффшорный (их строят в море в 10–12 километрах от берега); 4) плавающий.

Пока самыми распространенными являются **наземные** ветровые электростанции. Крупнейшей из них (и ветровых электростанций вообще) является электростанция в городе Роско, штат Техас, США. Она была запущена в эксплуатацию 1 октября 2009 года и состоит из 627 ветряных турбин. Полная мощность – около 780 МВт. Площадь, занимаемая электростанцией, около 400 км<sup>2</sup>.

Наиболее крупной **прибрежной** электростанцией является станция Хорс-Холлоу, расположенная в штате Техас, США. Она состоит из 421 ветровой турбины и имеет мощность 735 мегаватт [8]. Прибрежная ветровая электростанция вблизи Копенгагена показана на рис. 3.

Крупнейшей **оффшорной** станцией является электростанция Миддельгрюнден (Дания) с установленной мощностью 40 МВт, построенная в 2000 г. [9]. В конце 2008 года во всем мире суммарные мощности оффшорных электростанций составили 1471 МВт. За 2008 год во всем мире было введено 357 МВт оффшорных мощностей. Самый большой в мире потенциал для создания оффшорных станций имеет Великобритания [6]. Одна из оффшорных ветровых электростанций показана на рис. 4.



**Рис. 3.** Прибрежная ветровая электростанция в Дании.

Фото: В. Кантор, Гринпис Россия, 10 ноября 2000 г.

**Fig. 3.** A coastal wind power plant in Denmark.

Photo credit: V. Kantor, Greenpeace Russia, 10 November 2000



**Рис. 4.** Примером оффшорной электростанции является ветряная ферма Миддельгрюнден. Она обеспечивает 4% потребностей Копенгагена в электроэнергии. Ветер в этом районе не сильный, но постоянный, поэтому турбины производят электроэнергию 97% времени.

Фото: <http://en.wikipedia.org/wiki/Middelgrunden>

**Fig. 4.** Middelgrunden is an example of an offshore wind farm. It delivers about 4% of the power for Copenhagen. While the wind at this location is not strong, it is very consistent, with the turbines generating substantial power over 97% of the time.

Photo credit: <http://en.wikipedia.org/wiki/Middelgrunden>

Первый прототип **плавающей** ветряной турбины построен в декабре 2007 года. Ветрогенератор мощностью 80 кВт установлен на плавающей платформе в 10,6 морской мили от берега Южной Италии на участке моря глубиной 108 метров. Заканчивается строительство первой в мире полномасштабной плавающей ветровой электростанции вблизи Ставангера, Норвегия [10].

### Воздействие ветроэнергетики на окружающую среду

Неблагоприятное воздействие ветроэнергетики выражается в следующем [11]:

- 1) отчуждение земель;
- 2) влияние на животный мир;
- 3) шумовое воздействие;
- 4) визуальное воздействие;
- 5) электро-, радио- и телевизионные помехи.

Ветровые генераторы не могут находиться близко друг к другу, так как вследствие интерференции их мощность будет пониженной). Поэтому их размеще-

ние требует значительного **изъятия земель**. Ветро-вые электростанции требуют приблизительно 0,1 км<sup>2</sup> свободного пространства на 1 мегаватт номинальной мощности. Соответственно, электростанции мощностью 200 мегаватт понадобится около 20 км<sup>2</sup> [12].

Влияние на **животный мир** выражается в опасности для водных организмов, птиц и насекомых. Воздействие на ихтиофауну наиболее опасно в период строительства ВЭС: нарушения в среде обитания приводят к миграциям и гибели рыбы. В период эксплуатации воздействие шумов и вибрации невелико, а прекращение судоходства и рыболовства между опорами турбин даже может иметь положительные последствия. Воздействие на морских млекопитающих (дельфинов, тюленей, китов) также невелико.

В период сооружения изменяются донные осадки и структура турбулентных потоков, что неблагоприятно отражается, прежде всего, на **донных организмах**. Величина воздействия зависит от характера субстрата, оно минимально в случае скальных донных грунтов [6]. В период эксплуатации при передаче электроэнергии по подводному кабелю при превышении допустимых значений напряженности электрического и магнитного полей у рыб и донных животных может возникнуть устойчивая реакция отпугивания, и тогда кабельная линия станет препятствием для миграции рыб [13].

Что касается воздействия **на птиц**, то по данным европейских орнитологов она минимальна. Птицы чувствуют ветротурбины на расстоянии более 1 км и облетают их [6]. По данным В. К. Sovacool [14], гибель птиц составляет 0,3-0,4 птицы на 1 гигаваатт-час произведенной электроэнергии (рис. 5), что для территории США соответствует около 70 тыс. птиц в год.



**Рис. 5.** Гибель птиц при работе ветровых электростанций составляет 0,3-0,4 смерти на 1 гигаваатт-час произведенной электроэнергии, что для территории США соответствует 70 тыс. птиц в год. Показаны птицы, пролетающие в непосредственной близости от турбин.

Фото: В.К. Sovacool, Национальный университет Сингапура  
**Fig. 5.** Mortality of birds during wind farms working is 0.3–0.4 fatalities per gigawatt-hour of electricity, which correspond to about 70,000 birds a year for the territory of the United States.

The picture shows birds navigating around wind turbines.  
 Photo credit: B.K. Sovacool, National University of Singapore

Тем не менее, известны случаи во Франции, когда размещение ветровых установок не было утверждено из-за предполагаемого ущерба для птиц [15]. Кроме того, некоторые ветровые электростанции прекращают работу во время сезонного перелета птиц [8].

Имеются данные по гибели **летучих мышей**. На двух участках восточного побережья США, где находились 63 ветровых установки, за 2 недели было убито 2200 летучих мышей [16].

Производимое ветровыми турбинами **шумовое воздействие** можно разделить на механическое и аэродинамическое. Компонентами, производящими наибольший уровень шума, являются генератор, привод поворота, который разворачивает верхнюю часть ветроустановки по направлению к ветру, коробка передач и лопасти. Шум от некоторых из этих компонентов происходит постоянно, от других – время от времени, но все шумы происходят только при работе турбины. При этом шум работающих ветровых турбин по сравнению с другими промышленными источниками относительно мал.

**Визуальное воздействие** также имеет место, однако оно неоднозначно. Многие считают, что ветровые электростанции улучшают эстетическое восприятие ландшафта, однако есть и люди, не приемлющие их. Известен случай, когда реализация проекта ветровой электростанции в США была отложена на несколько лет именно по соображениям эстетики ландшафта [8].

Ветровые электростанции являются источником **радио- и телевизионных помех**. В частности, из-за отражения радиоволн УКВ- и СВЧ-диапазона от движущихся лопастей ветроэнергетических установок нарушается нормальная работа навигационного оборудования авиалайнеров и затрудняется прием телевизионных передач [17].

## Список литературы

1. Географический энциклопедический словарь. М.: Сов. энциклопедия, 1988.
2. Вовченко П. О погоде – для всех. Ростов-на-Дону: Кн. изд-во, 1985.
3. Справочник необходимых познаний. Пермь: Вся Пермь, 1994.
4. Природно-антропогенные процессы и экологический риск. М.: Городец, 2004. (География, общество, окружающая среда. Т. IV).
5. Говард А.Д., Ремсон И. Геология и охрана окружающей среды. Л.: Недра, 1982.
6. Киселева С.В., Нефедова Л.В. Освоение ветроэнергетических ресурсов шельфовых зон Европы // Вестник Моск. ун-та. Сер. геогр., 2006. С. 52-58.
7. [http://www.windea.org/home/images/stories/pr\\_statistics2007\\_210208\\_red.pdf](http://www.windea.org/home/images/stories/pr_statistics2007_210208_red.pdf).
8. [http://en.wikipedia.org/wiki/Wind\\_farm](http://en.wikipedia.org/wiki/Wind_farm).
9. [http://en.wikipedia.org/wiki/Wind\\_power\\_in\\_Denmark](http://en.wikipedia.org/wiki/Wind_power_in_Denmark).
10. [http://en.wikipedia.org/wiki/Floating\\_wind\\_turbine](http://en.wikipedia.org/wiki/Floating_wind_turbine).

11. Говорушко С.М. Влияние хозяйственной деятельности на окружающую среду. Владивосток: Дальнаука, 1999.

12. [http://en.wikipedia.org/wiki/Environmental\\_effects\\_of\\_wind\\_power](http://en.wikipedia.org/wiki/Environmental_effects_of_wind_power).

13. Кадомская К., Кандаков С., Лавров Ю. Подводные кабельные линии. Экологические аспекты проектирования // Новости электротехники, 2006. Вып. 4, № 40. С. 88-91.

14. Sovacool B.K. Contextualizing avian mortality: A preliminary appraisal of bird and bat fatalities from wind, fossil-fuel, and nuclear electricity // Energy Policy. 2009. Vol. 37, Is. 6. P. 2241-2248.

15. Thonnerieux Y. Eoliennes et oiseaux: Quelles consequences? // Courr. Nature. 2005. Vol. 218. P. 27-33. (In French.)

16. Arnett E.B., Erickson W.P., Kerns J., Horn J. Relationships between Bats and Wind Turbines in Pennsylvania and West Virginia: An Assessment of Fatality Search Protocols, Patterns of Fatality, and Behavioral Interactions with Wind Turbines. 2005. Bat Conservation International.

<http://batcon.org/wind/BWEC2004finalreport.pdf>.

17. Инженерная экология и экологический менеджмент. М.: Логос, 2003.

