



Экономический и Социальный

Distr.
GENERAL

E/C.13/1998/4
5 February 1998
RUSSIAN
ORIGINAL: ENGLISH

КОМИТЕТ ПО НОВЫМ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫМ
ИСТОЧНИКАМ ЭНЕРГИИ И ПО ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ
РЕСУРСАМ В ЦЕЛЯХ РАЗВИТИЯ

Третья сессия

23 марта-3 апреля 1998 года

Пункт 4b предварительной повестки дня*

ЭНЕРГЕТИКА И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ

Возобновляемые источники энергии, в первую очередь энергия ветра

Доклад Генерального секретаря**

СОДЕРЖАНИЕ

	<u>Пункты</u>	<u>Стр.</u>
I. ВВЕДЕНИЕ	1	3
II. ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ	2 - 9	3
III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ И ТЕНДЕНЦИИ	10 - 19	6
IV. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК	20 - 32	8
V. ПРИРОДООХРАННЫЕ И СОЦИАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ	33 - 37	14
VI. МЕХАНИЗМЫ СТИМУЛИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ 17	38 - 46	
VII. РЕКОМЕНДАЦИИ	47 - 55	19

* E/C.13/1998/1.

** Более подробная информация имеется в Отделе по вопросам устойчивого развития Департамента по экономическим и социальным вопросам.

СОДЕРЖАНИЕ (продолжение)

Стр.

Таблицы

1.	Мощность подключенных к энергосистемам ветроэнергетических установок в различных странах мира в МВт	3
2.	Ветроэнергетический потенциал и выработка ветроэлектроэнергии, согласно сценариям МЭС	5
3.	Показатели экологического ущерба от работы ветроэлектростанций	14

Диаграммы

1.	Капитальные издержки (франко-завод) и прочие затраты при строительстве ветроэнергетических установок	10
2.	Общие издержки на единицу произведенной электроэнергии при высоте до оси вращения 50 метров	10
3.	Сэкономленные затраты на производство энергии традиционными способами, без учета зачитываемой мощности, в сравнении с затратами на производство энергии при помощи ветроустановок	13
4.	Оценочные показатели общего экологического ущерба, с разбивкой по видам топлива	16

/...

I. ВВЕДЕНИЕ

1. В настоящем докладе содержится краткий обзор прогресса, достигнутого к настоящему времени в области использования энергии ветра, и обсуждаются ресурсные, а также технологические, экономические, экологические и социологические аспекты ветроэнергетики сегодня. В нем также содержится краткая информация о политике стимулирования использования энергии ветра. В расширенном варианте доклада также представлены материалы кратких специальных исследований по пяти странам, на долю которых на 1996 год приходилось 85 процентов всех установленных ветроэнергетических мощностей. В доклад также включены рекомендации по кардинальным направлениям политики¹.

II. ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ

2. Общемировой потенциал. По оценкам Международного энергетического агентства (МЭА), общемировые потребности в электроэнергии составили 12 500 ТВт·ч в 1993 году и достигнут 20 907 ТВт·ч к 2010 году. При таких потребностях имеются все возможности удовлетворения спроса за счет использования энергии ветра. К настоящему времени было проведено всего несколько всеобъемлющих исследований общемирового потенциала ветроэнергии, и во всех из них было признано, что имеющиеся запасы этих ресурсов гораздо значительнее, чем необходимо для удовлетворения спроса на электроэнергию во всем мире. Следует, однако, иметь в виду, что ветроэнергетический потенциал детерминирован территориально и в географическом отношении распределен неравномерно. Тем не менее общие запасы этих ресурсов огромны, учитывая потенциал прибрежных морских территорий, малонаселенных удаленных районов и сложной по своим физическим характеристикам местности, а также возможности комплексного землепользования.

3. Мощность всех действующих ветроэнергетических установок. С 1980 года более чем в 50 странах мира ведется работа по монтажу и подключению к энергосети современных ветроустановок. Как видно из таблицы 1, первые ветроустановки находились преимущественно в промышленно развитых странах. В последние годы деятельность в этой области значительно активизировалась в развивающихся странах, в частности в Индии и Китае, Египет и Кабо-Верде также относятся к числу стран, не указанных в таблице 1, в которых в последнее время был отмечен значительный рост масштабов использования энергии ветра.

Таблица 1. Мощность подключенных к энергосистемам ветроэнергетических установок в различных странах мира в МВт

	1991 год	1992 год	1993 год	1994 год	1995 год	1996 год
Европа						
Дания	418	470	490	540	630	785
Германия	110	183	280	643	1 137	1 576
Греция	5	26	26	27	28	28
Италия	5	6	10	22	23	70
Нидерланды	82	105	132	153	255	305

/...

	1991 год	1992 год	1993 год	1994 год	1995 год	1996 год
Испания	15	45	58	72	126	216
Швеция	8	12	24	40	67	105
Соединенное Королевство	10	30	120	147	193	264
Другие европейские страны	9	9	18	32	35	35
Северная Америка						
Канада	3	4	11	23	21	23
Соединенные Штаты	1 575	1 584	1 590	1 725	1 770	1 794
Другие страны Северной Америки	-	-	-	2	12	22
Азия						
Китай	-	-	13	25	36	57
Индия	39	51	80	120	550	820
Япония	2	4	5	5	10	14
Другие страны	6	10	19	18	26	62
Всего к концу года	2 287	2 539	2 876	3 594	4 905	6 172
Ежегодный прирост	285	252	337	718	1 311	1 267

Источник: Обзор прогресса в области использования энергии ветра странами - членами МЭА, Мировое энергетическое агентство/Организация экономического сотрудничества и развития (Париж, июль 1997 года).

Сценарии использования энергии ветра

4. Мировой энергетический совет (МЭС) в исследовании, озаглавленном "Новые и возобновляемые источники энергии - руководство на будущее" (1994 год), представил два глобальных сценария использования энергии ветра до 2020 года: i) сценарий на основе "текущей политики", предполагающий сохранение существующих общеэкономических и технологических тенденций; и ii) "экологически детерминированный" сценарий, предполагающий в отличие от сценария на основе "текущей политики", более высокие темпы повышения эффективности ветроэнергетических установок, введение значительного налога в целях снижения эмиссии углеродных соединений как продукта сгорания ископаемых видов топлива и менее серьезные финансовые ограничения, связанные с освоением энергии ветра. Общие данные по двум сценариям приводятся в таблице 2.

Таблица 2. Ветроэнергетический потенциал и выработка ветроэлектроэнергии, согласно сценариям МЭС

/...

Сценарий	Прогнозируемые возможности использования энергии ветра в мире: 2005 год	Прогнозируемые возможности использования энергии ветра и производства ветро-электроэнергии в мире: 2020 год		Доля в мировой структуре спроса в кВт·ч: 2020 год
	ГВт	ГВт	ГВт·ч	В процентах
Сценарий на основе "текущей политики"	62	180	376	1,5
"Экологически детерминированный" сценарий	83	474	967	4,8

Источник: "Новые и возобновляемые источники энергии - руководство на будущее", Лондон, Мировой энергетический совет, 1994 год.

5. Эти два сценария значительно отличаются друг от друга. Объем получаемой с помощью ветра электроэнергии в 2020 году почти в 2,5 раза больше по "экологически детерминированному" сценарию, чем по сценарию на основе "текущей политики". Относительно более высокая доля общемирового спроса в кВт·ч, удовлетворяемого за счет энергии ветра в "экологически обусловленном" сценарии, частично объясняется заложенным в прогноз общим потреблением электроэнергии по этому сценарию. Согласно оценкам, широкомасштабное использование энергии ветра начнется тогда, когда предельные затраты на выработку электроэнергии обычными средствами в долгосрочном плане превысят стоимостные показатели для энергии ветра. С учетом этого обстоятельства предполагается, что более широкое распространение использования энергии ветра сдерживается главным образом финансовыми факторами и ростом производственной базы для выпуска ветроэнергетических установок в будущем.

6. Фирма "БТМ Консалт" недавно произвела оценку перспектив использования ветроэнергетических мощностей для выработки электроэнергии во всем мире в краткосрочном и среднесрочном планах. Согласно ее прогнозам, мощность действующих в настоящее время в мире ветроэнергетических установок, составляющая 6,1 ГВт (1996 год), возрастет к 2001 году до 17,5 ГВт (ежегодные темпы прироста будут составлять почти 25 процентов), а к 2005 году - до 33,5 ГВт, что вполне соответствует прогнозам МЭС для 2010 года - согласно сценарию на основе "текущей политики". В краткосрочном плане каких-либо ограничений с точки зрения производственных мощностей не предвидится; напротив, ожидается острая конкуренция между различными производителями. Исходя из данных этого исследования, общая мощность ветроэнергетических установок в мире может в 2020 году достичь примерно 375 ГВт, что не выходит за рамки параметров прогноза МЭС по сценарию на основе "текущей политики" и "экологически детерминированному" сценарию.

7. В вышеупомянутых исследованиях главное внимание уделяется энергетическим установкам на суше. Однако в настоящее время наблюдается рост масштабов использования морских станций, одна из которых находится в Нидерландах и две -

в Дании. Согласно последнему плану развития энергетики Дании, "Энергетика в XXI веке", мощность морских ветроэнергетических установок в Дании достигнет в 2030 году более 4000 МВт.

8. Существуют четко дифференцированные рынки для централизованных энергосетей и децентрализованных автономных систем, обслуживающих население в удаленных районах. К настоящему времени наибольший спрос отмечается на интегрированные в централизованную энергосистему установки. Децентрализованные (автономные) системы не столь распространены, так как доступ к таким потребителям связан с определенными трудностями, обусловленными тем, что они зачастую не имеют достаточных финансовых средств и находятся в развивающихся странах и, следовательно, не могут рассматриваться как привлекательные в коммерческом отношении рынки. Применение небольших автономных систем, использующих энергию ветра, может оказаться более экономически эффективным, чем расширение существующей централизованной электросети.

Оценка ресурсов ветра и определение районов их использования

9. Оценка ресурсов ветра обычно связана с расчетом средней скорости ветра на период 10-20 лет на конкретном участке или территории. Точное определение средней скорости ветра на ежедневной, ежемесячной и ежегодной основе имеет первостепенное значение для выбора мест размещения ветроэнергетических объектов. Как правило, производительность ветроэнергетических установок увеличивается на треть величины увеличения скорости ветра, а следовательно, при увеличении скорости ветра стоимость энергии, получаемой с помощью ветроэнергетических установок, резко снижается. Используемые в настоящее время методологии в целом обеспечивают довольно точное прогнозирование ресурсов энергии ветра, однако не для всех районов. В этой связи пользователи должны знать, как правильно применять эти модели, и их недостатки, причем в некоторых районах необходимо провести дополнительные исследования. Для подтверждения результатов, полученных с помощью различных моделей, необходимо провести исследования с учетом особенностей конкретных районов.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ И ТЕНДЕНЦИИ

A. Технология современных ветроустановок

10. Современные ветроустановки можно подразделить на три основные категории: крупные сетевые ветроустановки, средние установки в гибридных системах и малые автономные системы. Крупные сетевые ветроустановки мощностью от 150 кВт до 2000 кВт доминируют на рынке ветроустановок, причем технология использования этих машин в настоящее время совершенствуется. Мощность имеющихся на рынке сетевых ветроустановок возросла с 50 кВт в начале 80-х годов до 500-800 кВт сегодня. В 1995 году вступили в строй промышленные прототипы нового поколения мощностью 1000-1500 кВт, которые в 1997 году поступили на рынки. Применяемые в настоящее время сетевые ветроустановки нередко используются в интегрированных ветроэнергетических системах мощностью 10-100 МВт.

11. Средние ветроустановки мощностью 25-150 кВт могут использоваться в гибридных энергосистемах в сочетании с другими источниками энергии, такими, как фотоэлектрические генераторы, гидростанции, дизельные установки и/или аккумуляторы. Такие системы особенно удобны для небольших сетей в удаленных районах, где использование ископаемых видов топлива ограничено в силу затруднений транспортного, экологического, финансового или иного характера, и для удовлетворения особых потребностей, таких, как подача воды, зарядка батарей или опреснение морской воды.

12. Малые автономные ветроустановки мощностью до 25 кВт используются для подачи воды, зарядки батарей и отопления. Наиболее успешным в коммерческом плане является применение небольших ветроустановок мощностью 25-150 Вт для подзарядки батарей (т.е. размеры ротора которых составляют от 0,5 до 1,5 метра). В настоящее время используется, вероятно, около 200 000 малых ветроустановок для подзарядки батарей на телекоммуникационных станциях, расположенных в удаленных районах. Основными производителями небольших подзарядных устройств являются Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии (для морских судов и автофургонов) и Китай (для животноводов региона Монголии, ведущих полукочевой образ жизни).

13. Вместе с тем из числа используемых в настоящее время ветроустановок наиболее распространенными по-прежнему являются механические ветроустановки для подачи воды на фермах. В мире постоянно используется от одного до двух миллионов таких установок, которые выпускаются более чем 50 различными изготовителями. Основное применение механических сельскохозяйственных ветронасосов - снабжение питьевой водой в сельских районах. Согласно оценкам, ежегодно устанавливается около 5000-10 000 ветронасосов.

В. Последние технические изменения

14. Существует два общих типа ветроэнергетических установок, классифицируемых по расположению их основной оси: горизонтально-осевые установки (ГОУ) и вертикально-осевые установки (ВОУ). ВОУ не оправдали возлагавшихся на них ранее надежд, и сегодня лишь ничтожно малая доля ветроэнергетических установок относится к типу ВОУ. Таким образом, в настоящем докладе будут рассматриваться исключительно ГОУ.

15. За последние 15 лет средний размер ветродвигателей резко увеличился; существуют лишь отдельные технические препятствия, мешающие дальнейшему увеличению их размера, включая транспортировку и наличие мощных подъемных кранов в местах установки. Быстрыми темпами также повышается эффективность производства электроэнергии благодаря увеличению высоты мачты, размеров роторов и улучшению аэродинамических показателей. Такое увеличение размеров и повышение эффективности прямо ведет к увеличению ежегодной выработки электроэнергии в расчете на 1 кв. м занимаемой площади, что имеет большое значение в регионах, испытывающих нехватку земель.

16. Основной задачей отраслевых НИОКР в области технологии производства ветроэнергетических установок является снижение их стоимости. Стоимость ветроэнергетических установок и, соответственно, затраты на производство электроэнергии неуклонно снижаются с начала 80-х годов. Коэффициент совершенствования технологии производства ветрогенераторов (т.е. показатель снижения стоимости при удвоении совокупного объема выработки) составляет порядка 15 процентов. Такие, или, возможно, чуть меньше, темпы, как ожидается, сохранятся и в будущем. Уменьшился также уровень шума от работы ветроэнергетических установок благодаря совершенствованию конструкции лопастей, повышению качества изготовления механических частей и использованию шумопоглощающих материалов.

С. Роль ветроэнергетических установок в энергетических системах

17. Зачитываемая полезная мощность: величина зачитываемой полезной мощности ветроэнергетических установок может быть установлена на основе использования показателя "вероятности сброса нагрузки" (ВСН), который позволяет определить имеющийся потенциал и широко применяется на электростанциях для планирования расширения мощностей по производству электроэнергии. При использовании подхода на основе ВСН, при небольшой доле

ветроэнергетических установок в общем объеме производства электроэнергии (до 10 процентов от общего объема производства в кВт·ч) зачитываемая полезная мощность множества разбросанных по большой энергетической системе ветрогенераторов примерно соответствует коэффициенту использования мощности, который обычно составляет 20-40 процентов. Даже при более высокой доле ветроэнергетических установок в общем объеме производства энергии их зачитываемая полезная мощность может быть достаточно значительной. В Кабо-Верде показатель зачитываемой полезной мощности равен 75 процентам от коэффициента использования мощности ветрогенераторов, при этом доля ветроэнергетических установок в общем объеме производства электроэнергии составляет 25-50 процентов.

18. Краткосрочное прогнозирование: на основе моделей прогнозирования погоды в целом и скорости ветра в конкретном месте или в регионе производство электроэнергии на ветроэнергетических установках в районе той или иной электростанции может быть предсказано с высокой степенью точности. Используя такие модели прогнозирования, диспетчер электростанции может получать 36-часовой прогноз производства электроэнергии на ветроэнергетических установках на экране своего компьютера, что позволяет свести до минимума проблемы с распределением электроэнергии. Такие методы прогнозирования могут также помогать находить возможности для удовлетворения потребностей в периоды пиковой нагрузки в энергетической системе, позволяя определять ветроэнергетический потенциал в периоды пиковой нагрузки.

19. Качество электроэнергии: хотя выражается беспокойство потенциальным влиянием ветроэлектроэнергии на качественные показатели электроснабжения (например, спрос на электроэнергию в реальном времени, уровень напряжения, колебания напряжения, гармоники, частотные колебания), эти вопросы могут быть окончательно решены путем принятия соответствующих технических, оперативных и управленческих мер.

IV. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

20. Настоящий раздел посвящен экономическим аспектам только подключенных к энергетическим системам ветроэнергетических установок, так как на них приходится большая часть рыночной стоимости установленных ветрогенераторов. К основным параметрам, определяющим экономические показатели полученной на них электроэнергии, относятся: i) инвестиционные издержки, включая побочные расходы, связанные со строительством фундамента, подсоединением к энергетической системе и т.д.; ii) эксплуатационные расходы; iii) соотношение выработки электроэнергии/средней скорости ветра; iv) срок службы ветрогенераторов; и v) учетная ставка. Из них наиболее важными являются показатели производства электроэнергии ветрогенераторами и инвестиционные издержки. Так как объем производимой электроэнергии в значительной

степени зависит от скорости и направления ветра, для получения необходимой экономической отдачи весьма важно правильно выбрать место монтажа ветрогенераторных установок.

А. Тенденции в показателях капитальных издержек и эффективности

21. В целом, для подсоединяемых к энергетическим системам ветроэнергетических установок характерны две тенденции: i) значительное увеличение среднего размера реализуемых на рынке ветрогенераторов; ii) устойчивый рост эффективности производства электроэнергии. Средняя мощность ветрогенераторов, продаваемых на экспортном рынке Дании, возросла примерно с 50 кВт в 1985 году до более чем 500 кВт в 1996 году. В настоящее время больше всего продается ветрогенераторов номинальной мощностью 600 кВт, однако мощность некоторых продаваемых ветрогенераторов достигает 1500 кВт. Кроме того, в последние 15 лет эффективность производства электроэнергии, измеряемая годовой выработкой электроэнергии в расчете на очерчиваемую лопастями площадь (в кВт·ч/м²), увеличивалась ежегодно более чем на 5 процентов.

22. Капитальные издержки проектов строительства ветроэнергетических установок определяются прежде всего стоимостью самого ветрогенератора (цена франко-завод). Для типичной в Дании турбины мощностью 600 кВт доля стоимости ветрогенератора в общих расходах составляет примерно 80 процентов, в то время как затраты на подсоединение к сети - примерно 9 процентов, а на строительство фундамента - около 4 процентов. На другие компоненты затрат, например, системы управления и землю, приходится лишь небольшая часть общих расходов.

23. Как показано на диаграмме I, наблюдается устойчивое снижение расходов в расчете на 1 кВт мощности, стоимости ветрогенераторов (на 4 процента в год), а также вспомогательных расходов. Таким образом, общие инвестиционные издержки в расчете на 1 кВт мощности за период 1989-1996 годов снижались более чем на 5 процентов в год. Если учитывать одновременно повышение эффективности производства электроэнергии и снижение инвестиционных издержек на единицу мощности, то станет ясно, что соотношение общего объема инвестиций и ежегодного объема производства электроэнергии с 1989 года улучшилось более чем на 45 процентов, или более чем на 8 процентов в год в реальном исчислении, что также отражено в диаграмме I (справа по оси ординат).

24. По данным Международного энергетического агентства, капитальные издержки проектов производства электроэнергии на ветроэнергетических установках значительно колеблются по странам, что обусловлено такими факторами, как структуры рынков, особенности мест установки и порядок планирования: в разных странах общие капитальные издержки проектов производства электроэнергии на ветроэнергетических установках составляют примерно от 900 долл. США/кВт до 1600 долл. США/кВт.

В. Эксплуатационные расходы

25. На эксплуатационные расходы приходится значительная доля общегодовых расходов, связанных с использованием ветроэнергетической установки. Имеется лишь ограниченное число ветроэнергетических установок, просуществовавших полный ожидаемый срок службы, который составляет 20 лет. По этой причине оценки эксплуатационных расходов являются весьма неточными, особенно для последних лет службы. На величине эксплуатационных расходов сказывается прежде всего срок службы ветрогенератора, при этом они на начальном этапе невелики, но со временем постепенно растут. Для ветрогенератора мощностью 150 кВт ежегодные эксплуатационные расходы оцениваются примерно в 1,2 процента от объема капитальных инвестиционных издержек в течение первых двух лет работы ветрогенератора, при этом они возрастают до 7 процентов в год при сроке службы 16-20 лет. Для ветрогенератора мощностью 600 кВт соответствующий показатель эксплуатационных расходов равен 1 проценту в год в течение первых двух лет службы, повышаясь до 4,5 процента в год при сроке службы 16-20 лет.

С. Общая экономическая эффективность

26. Общие затраты на 1 кВт·ч произведенной электроэнергии (удельные затраты) рассчитываются путем определения среднегодовых инвестиционных издержек и эксплуатационных расходов за весь срок службы ветрогенератора, которые делятся на объем ежегодного производства электроэнергии. Таким образом, удельная стоимость производства электроэнергии рассчитывается как средняя стоимость. В реальности, фактические издержки будут ниже средних расчетных издержек в начале службы ветрогенератора (в связи с низкими эксплуатационными расходами), а затем возрастут по мере увеличения срока службы ветрогенератора. На диаграмме II приводятся расчетные удельные издержки для различных по размеру ветрогенераторов на основе указанных выше инвестиционных и эксплуатационных расходов за 20-летний период службы при учетной ставке 5 процентов в год (в реальном исчислении). Производимая ветроэнергетическими установками электроэнергия по показателю средней скорости ветра делится на первую и вторую категории - соответственно около 6,9 м/с и 6,3 м/с на высоте 50 метров над землей. На диаграмме II просматривается тенденция к увеличению размеров ветрогенераторов и повышению эффективности с точки зрения затрат. Так, для участка, относимого по показателю скорости ветра к первой категории (6,9 м/с), средняя стоимость в долларах США в ценах 1996 года снижается примерно с 8,8 цента США/кВт·ч для ветрогенератора мощностью 95 кВт до примерно 5 центов США/кВт·ч для нового ветрогенератора мощностью 600 киловатт, что означает снижение издержек на протяжении 9-10 лет почти на 45 процентов.

27. На издержки производства и, таким образом, финансовую целесообразность проектов создания ветроэнергетических установок значительно влияет учетная ставка. Для ветрогенератора мощностью 600 кВт изменение учетной ставки с 5 до 10 процентов в год (в реальном исчислении) ведет к увеличению издержек производства чуть более чем на 30 процентов - с 5 центов США/кВт·ч до 6,7 цента США/кВт·ч. Для финансируемого в форме проектов строительства ветроэнергетических установок в США, например, номинальная учетная ставка при соотношении заемных средств и собственного капитала 1:1 составляет более 12 процентов в год, что ведет к значительному повышению стоимости проектов.

D. Сопоставление стоимости энергии ветра со стоимостью энергии, получаемой традиционными способами

28. Стоимость электроэнергии, получаемой традиционными способами, определяется тремя факторами: i) стоимостью топлива; ii) эксплуатационными затратами; и iii) капитальными затратами. Когда обычные энергоустановки подменяются ветроустановками, то экономия затрат зависит от того, в какой степени такая замена влияет на каждый из этих трех факторов. Общеизвестен тот факт, что за счет использования ветроэлектрической станции можно полностью избежать затрат на топливо и сэкономить значительную долю эксплуатационных расходов демонтированной обычной электростанции. Уровень экономии капитальных затрат зависит от того, до какой степени благодаря использованию ветроустановок удастся сократить капиталовложения в строительство новых электростанций обычного типа, и, таким образом, напрямую связан с зачитываемой мощностью ветроустановок. Зачитываемая мощность будет зависеть от ряда различных факторов, например от доли энергии ветра в общей выработке электроэнергии и от степени интеграции ветроустановок в общую энергосистему. В целом при незначительной доле энергии ветра в общей выработке энергии зачитываемая мощность ветродвигателей приближается к среднегодовому коэффициенту использования мощности. Так, зачитываемая мощность ветроустановок в 25 процентов считается вполне достаточной, если доля произведенной такими установками электроэнергии составляет менее 10 процентов от общей выработки электроэнергии. Зачитываемая мощность снижается по мере увеличения доли энергии ветра в обычной энергосистеме, но даже при высокой доле этого вида энергии зачитываемая мощность все же может быть достаточно высокой, о чем говорится в разделе III.

29. Затраты, которых можно избежать благодаря использованию энергии ветра, указываются на диаграмме III, при этом предполагается, что затраты на топливо и эксплуатационные затраты не производятся вообще, и используется весьма заниженный показатель зачитываемой мощности ветроустановок в 0 процентов. Например, в случае с Германией на каждый кВт·ч энергии ветроустановок, подменяющий собой 1 кВт·ч тепловой энергии, экономия расходов на топочный уголь и эксплуатационных затрат составляет примерно 7 центов США за кВт·ч, даже если факт экономии капитальных затрат на теплоэлектростанцию благодаря ее замене на ветроустановку не учитывается вовсе. На диаграмме также указаны ориентировочные затраты на ветродвигатель мощностью 600 кВт, смонтированный на среднестатистических объектах в Дании и Соединенном Королевстве (5 и 4,5 цента США за кВт·ч, соответственно). Таким образом, если бы в Германии был установлен ветродвигатель, затраты на который составили бы в среднем 5 центов США за кВт·ч и который тем самым подменил бы собой установку для выработки тепловой энергии по стоимости 7 центов США за кВт·ч, то чистая экономия затрат на каждый кВт·ч вырабатываемой этим двигателем электроэнергии составила бы 2 цента США за кВт·ч.

30. Таким образом, в ряде стран ветродвигатель мощностью 600 кВт конкурентоспособен или почти конкурентоспособен с точки зрения прямых затрат, особенно в сравнении с технологиями, основанными на сжигании угля и газа. Подобные сопоставления базируются на заниженных оценках, поскольку в них не учитывается полезная мощность энергии ветра, в результате чего ей становится труднее конкурировать с другими видами энергии. Если принять зачитываемую мощность ветроустановок равной 25 процентам, что в большей степени соответствует реальности, то объем сэкономленных затрат возрастет, а конкурентоспособность энергии ветра еще более повысится, особенно в сравнении с ядерной энергией, стоимость которой всецело определяется капитальными затратами. Кроме того, здесь не учитываются экологические преимущества энергии ветра, например в контексте проблем кислотания почв и глобального потепления.

31. Диаграмма III существенно изменилась бы, если бы при расчетах использовалась более высокая зачитываемая мощность энергии ветра. Например, для США сэкономленные затраты,

/...

согласно диаграмме, составляют 2,41, 3,04 и 4,62 цента США за кВт·ч для ядерной энергии, угля и газа, соответственно, при этом зачитываемая мощность энергии ветра принимается равной нулю. Если повысить зачитываемую мощность энергии ветра до 25 процентов, то сэкономленные затраты составят 3,00, 3,52 и 4,76 цента за кВт·ч, а при зачитываемой мощности в 50 процентов - 3,59, 4,00 и 4,89 цента за кВт·ч. Это свидетельствует о необходимости того, чтобы энергоснабжение было надежным и энергия легко поддавалась транспортировке, но роль этих факторов может изменяться в будущем по мере того, как в рамках конкурирующих электроэнергетических систем будут развиваться рынки наличного товара и финансовые опционы для оптимального решения проблем с перебоями в энергоснабжении.

Е. Экономические аспекты использования маломощных
водяных насосов в ирригационных целях

32. Наибольшее развитие в последние годы получили крупные установки, питаемые энергией ветра, и им главным образом и посвящен настоящий доклад. Вместе с тем самым распространенным типом установок с ветряным двигателем с точки зрения числа действующих агрегатов остаются маломощные водяные насосы, применяемые в ирригационных целях. Такие насосы широко используются и в развитых, и в развивающихся странах и могут быть особенно полезны там, где затруднен доступ к системе электроснабжения. В одном из исследований, в котором насосы с ветряным двигателем сравнивались с керосиновыми насосными агрегатами, дизельными насосными агрегатами, солнечными фотоэлектрическими системами и солнечными насосными агрегатами в различных странах, был сделан вывод о том, что насосы с ветряным двигателем намного эффективнее солнечных систем с точки зрения затрат и что в большинстве случаев они также дешевле керосиновых и дизельных агрегатов. Финансовая эффективность во многом определяется субсидированием цен на керосин и дизельное топливо, которое нередко практикуется, а высокие капитальные затраты на ветроэнергетические системы в сравнении с керосиновыми и дизельными агрегатами также ставят финансовую эффективность насосов с ветряным двигателем в прямую зависимость от текущих процентных ставок.

V. ПРИРОДООХРАННЫЕ И СОЦИАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ

А. Экологические последствия

33. Исследование, проведенное Европейской комиссией, является на сегодняшний день одной из наиболее комплексных работ по оценке денежной стоимости ущерба, причиняемого окружающей среде энергетическим сектором, для целого ряда топливно-энергетических циклов, включая уголь, ядерное топливо, нефть, газ, гидроэнергию и энергию ветра. Топливо-энергетический цикл для энергии ветра анализируется в этом исследовании с точки зрения следующих типов воздействия на окружающую среду: шума, эстетики ландшафта, глобального потепления, кислотания почв, опасности аварий для местного населения, производственного травматизма, землепользования, гибели птиц и радиопомех. Сооружение и монтаж ветродвигателей предполагает использование энергии, сопряженное с выбросом вредных веществ в атмосферу, хотя это зависит от типа энергоресурсов, используемых в процессе их сооружения. Предпринятая в исследовании количественная оценка экологического ущерба от работы ветроэнергетических установок, основанная на информации о работе двух ветроэнергетических систем в Соединенном Королевстве, представлена в таблице 3.

Таблица 3. Показатели экологического ущерба от работы ветроэлектростанций

Категория	Внешние издержки (в тысячных долях ЭКЮ за кВт·ч) ^a
Шум	0,07 - 1,1
Эстетика ландшафта	Не подсчитывались
Глобальное потепление	0,15
Кислование почв	0,7
Опасность аварий для местного населения	0,09

/...

Категория	Внешние издержки (в тысячных долях ЭКЮ за кВт·ч) ^a
Производственный травматизм	0,26

Источник: Исследование ExternE, "Externalities of Energy" (Европейская комиссия, 1995 год).

^a В тысячных долях европейской валютной единицы за киловатт-час.

34. Показатели шумового загрязнения колебались в широких пределах в зависимости от плотности населения в районе размещения установки. В исследовании не рассчитывается конкретный показатель по эстетике ландшафта, но делается предположение о том, что он будет крайне низким за пределами природных зон, имеющих рекреационное значение, и, по всей вероятности, намного меньше 1,9 тысячных ЭКЮ за кВт·ч. Если принять средний показатель ущерба от шумового загрязнения равным 0,6 тысячных ЭКЮ за кВт·ч, а показатель ущерба для эстетики ландшафта - 1,0 тысячных ЭКЮ за кВт·ч, то при суммировании рассчитанных показателей в таблице 3 общая стоимость экологического ущерба от работы ветроустановок составит 3 тысячных ЭКЮ за кВт·ч (0,0038 долл. США за кВт·ч). Последствия с точки зрения гибели птиц были сочтены незначительными для Соединенного Королевства (хотя в других местах, включая США, они могли быть и серьезнее), равно как и последствия для землепользования ввиду того, что сами ветродвигатели занимают совсем небольшой участок земли и не являются помехой для сельского хозяйства и популяции местной фауны. Хотя общий экологический ущерб от работы ветроэнергетических установок нельзя назвать незначительным, он намного меньше затрат на производство электроэнергии, и в первую очередь потому, что последствия с точки зрения глобального потепления и кислотообразования почв являются вторичными, так как рассчитываются исходя из предположения, что при сооружении ветродвигателей используется главным образом энергия сгорания ископаемого топлива. Если не принимать в расчет такие вторичные выбросы (которые в вышеуказанном исследовании не учитывались для всех остальных топливно-энергетических циклов), то стоимость экологического ущерба от работы ветроустановок снизится примерно до 2 тысячных ЭКЮ за кВт·ч (0,0025 долл. США за кВт·ч).

35. Сопоставления с другими видами топлива затруднены вследствие применения различных посылок и методологий. Тем не менее на диаграмме IV, составленной на основе исследований Европейской комиссии по другим топливно-энергетическим циклам, приводятся весьма приближенные оценочные данные об экологическом ущербе от других топливных циклов в сравнении с энергией ветра, выраженные в долларах США. Возможный разброс значений этих показателей весьма велик, и ко всем цифрам следует подходить лишь с крайней осторожностью. Однако, как представляется, экологический ущерб от использования ветроустановок не превышает ущерба от использования любого другого вида топлива и значительно меньше ущерба от использования ископаемого топлива. Кроме того, экологические последствия использования ветроэнергетических установок имеют локальный характер, относительно легко предсказуемы и затрагивают в первую очередь эстетическую сторону дела.

В. Социальные соображения

36. Как следует из вышесказанного, снижение эстетической ценности ландшафта и шумовое загрязнение считаются наиболее серьезными отрицательными последствиями ветроэнергетики. Поскольку эти негативные факторы носят исключительно локальный характер, они могут вызвать значительные проблемы при планировании на местности и выборе местоположения. Вместе с тем следует отметить, что шум от ветроэнергетической станции на расстоянии 350 метров составляет порядка 45 децибел (что приблизительно равно шуму от легкового автомобиля, движущегося со скоростью 40 миль в час, с расстояния 100 метров), причем этот шум как таковой слабее привычного для сельской местности фоновых шума в дневное время и лишь незначительно превышает уровень шума в ночное время суток.

37. Другим соображением социального плана, представляющим большой интерес, является создание рабочих мест. В настоящее время в ветроэнергетической отрасли во всем мире занято приблизительно 30 000-35 000 человек при установленной мощности новых ветроэнергетических установок 1200 МВт в год. В развивающихся странах последствия внедрения современных высокотехнологичных ветродвигателей для занятости и платежного баланса менее очевидны, поскольку они будут по-прежнему нуждаться в импортном оборудовании (хотя уже не в топливе) и, возможно, в зарубежных специалистах.

VI. МЕХАНИЗМЫ СТИМУЛИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ

38. Для поощрения разработки проектов в области ветроэнергетики использовался целый ряд механизмов стимулирования, благодаря которым в ряде стран ОЭСР и некоторых развивающихся странах сформировалась достаточно развитая современная ветроэнергетика. Некоторые из этих механизмов описываются ниже.

39. Соглашения о реализации электроэнергии (СРЭ). Пожалуй, важнейшим условием успешного осуществления того или иного проекта в области ветроэнергетики является наличие устойчивого рынка для реализации производимой электроэнергии. В монопольной системе коммунального обслуживания с вертикальной интеграцией предприятие, принявшее решение о строительстве ветроэнергетических станций, несомненно, будет иметь гарантированный рынок. Вместе с тем значительная часть работ по развитию ветроэнергетики проводится независимыми энергетическими компаниями, не связанными ни с одним предприятием коммунального обслуживания. В этом случае необходим механизм, с помощью которого ветроэнергетические предприятия смогли бы продавать производимую ими электроэнергию предприятиям коммунального обслуживания. Таким образом, главной целью создания механизма СРЭ является формирование устойчивых рынков.

40. Субсидирование производства. Там, где производство электроэнергии с помощью ветроустановок обходится дороже по сравнению с традиционными источниками, ветроэнергетика может оказаться непривлекательной с экономической точки зрения при существующих расценках на электроэнергию. В этом случае с помощью субсидирования производства в расчете на киловатт-час произведенной электроэнергии можно добиться снижения затрат в ветроэнергетике и обеспечить экономическую выживаемость предприятий. Субсидии обычно выплачиваются либо правительством из общей массы налоговых поступлений, либо клиентами соответствующего коммунального предприятия, с которых при расчетах за коммунальные услуги взимается дополнительный сбор. Предполагается, что такое субсидирование будет ограниченным во времени и будет поэтапно отменяться по мере того, как технический прогресс будет обеспечивать полную рыночную конкурентоспособность ветроэнергетики.

41. Налоговые льготы. Налоговые льготы могут предоставляться либо с учетом капитальных затрат того или иного предприятия, либо на основе количества производимой данным предприятием электроэнергии. Налоговые льготы, предоставляемые с учетом капитальных затрат, предпочтительны для инвесторов, поскольку претендовать на налоговые льготы можно независимо от фактического объема производимой предприятием электроэнергии. Когда речь идет о предприятиях с высокой степенью риска, инвесторы могут быть готовы выделять средства только на таких щедрых условиях. С другой стороны, при налоговых льготах, предоставляемых с учетом капитальных затрат, возможны злоупотребления, поскольку инвесторы, просто заинтересованные в налоговом прикрытии, не имеют значительных стимулов добиваться того, чтобы их предприятия действительно производили электроэнергию. Налоговые льготы, предоставляемые в расчете на киловатт-час произведенной электроэнергии, уменьшают возможности для злоупотреблений за счет увязки льгот с производительностью предприятия, что увеличивает риск для инвесторов, вкладывающих средства в это предприятие.

42. Установление доли энергетики на возобновляемых источниках. Механизм установления доли энергетики на возобновляемых источниках в структуре энергоснабжения предполагает обязательное производство определенной части электроэнергии с помощью возобновляемых источников. В некоторых случаях эта доля дополнительно разделяется между различными технологиями, такими, как ветроэнергетика, гелиоэнергетика, биомасса и т.д. Таким образом, политика деления структуры энергоснабжения обеспечивает гарантированный рынок для электроэнергии, производимой с помощью технологий на возобновляемых источниках, которая в противном случае не смогла бы конкурировать на общем рынке энергоснабжения.

43. Начисления за экологический ущерб. Поскольку при планировании энергетики на традиционных источниках экологический ущерб от производства энергии в целом игнорировался, в некоторых нормативных системах была предпринята попытка решить эту проблему увеличением гипотетической стоимости строительства обычных энергетических установок путем закладывания в нее на этапе планирования сбора за экологический ущерб, или "начисления". За счет таких начислений можно повысить вероятность строительства ветроэнергетических станций путем увеличения фактических издержек традиционных технологий. Как правило, начисления за ущерб закладываются в стоимость только на этапе планирования для целей выбора энергоносителя, а не относятся фактически на счет действующего предприятия и, следовательно, не влияют на деятельность электростанции после завершения строительства.

44. Налог за выбросы углеродных соединений. Как и в случае с начислением за ущерб, налог за выброс углеродных соединений добавляется к стоимости энергии, производимой с помощью ископаемого топлива, путем начисления на каждый киловатт-час энергии налога, рассчитанного по содержанию углеродных соединений в используемом топливе и его вероятному влиянию на изменение мирового климата. Таким образом, источники энергии, не содержащие углеродных соединений, такие, как ветер, благодаря такому налогу могут стать значительно более конкурентоспособными по сравнению с ископаемыми видами топлива. Вместе с тем в отличие от начисления за ущерб, налог за выброс углеродных соединений предполагает фактические денежные выплаты, а не является просто гипотетическим сбором, начисляемым исключительно для целей планирования.

45. Льготное финансирование охватывает льготные кредиты по процентным ставкам, ниже рыночных, официальное совместное финансирование для привлечения коммерческих кредиторов, кредитные гарантии и т.д.

46. Субсидирование научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. Ряд правительств предоставляют или предоставляли в прошлом субсидии на научно-исследовательские и опытно-

конструкторские работы (НИОКР) по совершенствованию ветродвигателей, а также на оценку ресурсов, изучение экологических аспектов и других смежных вопросов. По данным Международного агентства по атомной энергии, в 1996 году наиболее обширная программа научных исследований и разработок в области ветроэнергетики осуществлялась Соединенными Штатами, за которыми следовали Япония, Нидерланды, Дания и Италия. Общий объем финансирования научных исследований и разработок в области ветроэнергетики правительствами стран - членов ОЭСР в 1996 году составил приблизительно 70 млн. долл. США. В силу различий в национальных системах учета при сопоставлении положения в разных странах следует проявлять осторожность. Кроме того, само по себе вложение значительных средств в НИОКР не гарантирует успешного развития ветроэнергетики. За период с 1973 года по 1988 год Соединенные Штаты Америки и Германия затратили на НИОКР в области ветроэнергетики соответственно приблизительно 380 млн. долл. США и 79 млн. долл. США, однако господствующее положение в мире по производству ветродвигателей заняла Дания, которая за этот же период затратила на НИОКР всего 15 млн. долл. США. Для того чтобы вложение средств в НИОКР приносило свои плоды, оно должно осуществляться с четким учетом перспектив наличия стабильных в долгосрочном плане рынков сбыта электроэнергии, производимой ветроэнергетикой.

VII. РЕКОМЕНДАЦИИ

47. Для разработки подходящих стратегий в развивающихся странах было бы целесообразно использовать накопленный опыт применения механизмов стимулирования, описанных в предыдущем разделе. Вместе с тем их практическое применение потребует укрепления организационной базы директивных и нормативных органов. Это имеет особое значение для стран, приступающих к приватизации государственных предприятий коммунального обслуживания. Программный подход, направленный на поощрение освоения возобновляемых источников энергии, вполне может включать ряд следующих ключевых элементов.

48. Введение рационального ценообразования и продуманного механизма стимулирования. Во многих странах может встать вопрос о необходимости реформы цен в традиционном энергетическом секторе. В противном случае чрезмерное субсидирование электроэнергетики на обычных носителях станет существенным фактором, сдерживающим освоение возобновляемых источников. Кроме того, механизмы стимулирования, основанные на приведенных выше примерах, необходимо корректировать с учетом особенностей положения в развивающихся странах.

49. Обеспечение стабильных рынков для энергии, производимой ветроэнергетическими станциями. Наличие надежных рынков для сбыта электроэнергии, производимой с помощью ветроустановок, - важнейший фактор стимулирования дальнейшего развития ветроэнергетики. Стабильные контракты на реализацию электроэнергии являются одним из решающих элементов энергетических стратегий всех стран, добившихся успеха в развитии ветроэнергетики. Поскольку уровень максимальной и стопроцентной конкурентоспособности пока не достигнут, на ближайшие несколько лет будет сохраняться необходимость в определенной дополнительной поддержке.

50. Обеспечение стабильных рынков ветродвигателей. Странам следует также стремиться к обеспечению стабильности рынков новых ветродвигателей, с тем чтобы гарантировать выживаемость отрасли и стимулировать разработку новых технологий. Вовсе не обязательно, чтобы этот рынок был большим, поскольку надежность рынка имеет гораздо большее значение, чем его емкость.

51. Увязка материальной отдачи от энергетических предприятий с природоохранными интересами общества. Необходимо удвоить усилия по внедрению соответствующих механизмов, которые обеспечивали бы лучшую увязку материальной отдачи от энергетических предприятий с природоохранными интересами общества.

52. Расширение участия общественности в планировании проектов и использовании полученных результатов. Хотя эстетический ущерб и шумовое загрязнение незначительны, они все же реальны, и связанные с ними вопросы должны решаться в рамках открытого и гласного процесса планирования. Кроме того, оппозиция значительно ослабевает, если местные жители располагают необходимой информацией и могут получать материальные выгоды от размещения ветроэнергетических установок на их территории.

53. Поощрение создания децентрализованных установок в удаленных местах. Ветроэнергетика может быть высокорентабельной в удаленных районах, не охваченных централизованной системой электроэнергоснабжения. Однако, поскольку во многих случаях население таких районов не располагает достаточными финансовыми средствами и поскольку они находятся в развивающихся странах, работа по освоению этих рынков велась менее активно, и развитие ветроэнергетики осуществлялось в основном в контексте централизованного сетевого электроэнергоснабжения. Необходимо приложить дополнительные усилия для обеспечения финансирования и стимулирования внесистемных ветроэнергетических установок в удаленных общинах, особенно в контексте программ электрификации сельских районов в развивающихся странах.

54. Устранение организационных факторов, препятствующих развитию ветроэнергетики. Следует формировать устойчивое объединение специалистов, разбирающихся в вопросах ветроэнергетики и способных стимулировать долгосрочное развитие ветроэнергетики в их стране. Развитие организационной базы также включает распространение информации, налаживание соответствующего процесса планирования, выработку подходящих процедур сертификации ветродвигателей и, возможно, осуществление программ показа опытных образцов ветроэнергетических установок там, где соответствующих предприятий еще нет.

55. Поощрение научных исследований и разработок, особенно в области оценки ветроресурсов. Вопросы развития технологий уже успешно решаются частным сектором и могут не потребовать значительного государственного финансирования. Вместе с тем государственная помощь может потребоваться для составления точных карт ветровых потоков для выбора подходящих мест установки ветроэнергетических станций. Что касается развивающихся стран, особенно наименее развитых из них, то для повсеместного внедрения этих технологий все же потребуется значительная международная помощь.

Примечания

¹ Настоящий доклад был подготовлен для Департамента по экономическим и социальным вопросам Секретариата Организации Объединенных Наций г-ном Робертом Й. Редлингером, Центр ЮНЕП по сотрудничеству в области энергетики и охраны окружающей среды; г-ном Пером Даннемандом Андерсеном, Отдел ветроэнергетики и физики атмосферы; и г-ном Паулем Эриком Мортхорстом, Отдел системного анализа Национальной лаборатории в Рисё, Дания. Он основан на материалах обширного исследования, проведенного этими авторами по заказу Секретариата. Средства для исследования были предоставлены министерством иностранных дел Дании, которому выражается искренняя признательность.