



## **Возобновляемые источники энергии: прошлое, настоящее, будущее**

### **Резюме**

Использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ) может принести многочисленные экономические и экологические преимущества. ВИЭ могут заменять ископаемые виды топлива и сокращать зависимость от импортируемого топлива, создавать дополнительные возможности для некоторых отраслей промышленности и сельского хозяйства, сокращать выбросы парниковых газов и других вредных веществ. Поэтому в большинстве развитых стран наблюдается четкая тенденция по увеличению доли использования ВИЭ. Однако существуют определенные ограничения, затрудняющие развитие ВИЭ. Наиболее значительными среди них являются высокие первоначальные инвестиции в инфраструктуру и технологии, а также неспособность рынка монетизировать положительные внешние эффекты, возникающие при использовании ВИЭ. Поскольку традиционные виды топлива становятся все более дорогими, а забота об экологии увеличивается, растет и интерес к ВИЭ. При этом основным вызовом при проведении политики в области ВИЭ является создание условий для их развития.

Данная работа предлагает описание некоторых существующих подходов в отношении энергетической политики в области развития ВИЭ, а также анализ различных преимуществ и ограничений их использования. В ней также кратко проанализирован опыт Европейского союза по использованию и стимулированию развития ВИЭ.

### **Содержание**

1. Введение.....	2
2. Возобновляемая энергия.....	2
2.1 Масштабы использования ВИЭ в мире .....	2
2.2 Основные виды ВИЭ .....	3
2.3 Инвестиции в ВИЭ .....	5
2.4 . Ограничения по использованию ВИЭ .....	6
3. Оценка источников энергии.....	8
4. ВИЭ и опыт ЕС.....	12
5. Заключение .....	14
Приложение.....	16

## **1. Введение**

Использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ) имеет такую же длительную историю, как и существование самого человечества. Однако с недавних пор интерес к ВИЭ сильно возрос. С экологической точки зрения развитие ВИЭ рассматривается как способ снижения использования традиционных видов топлива и связанных с ними выбросами парниковых газов и других вредных веществ. В некоторых странах рост использования ВИЭ рассматривается в качестве решения стратегической задачи – сокращения зависимости от импортируемых топливно-энергетических ресурсов (ТЭР). С экономической точки зрения ВИЭ можно рассматривать как средство стимулирования экономической активности в сельском хозяйстве и создания дополнительной занятости, а также усиления надежности обеспечения отдаленных сельских районов энергией.

Однако, несмотря на очевидные преимущества, ВИЭ в большинстве случаев являются более дорогими по сравнению с традиционными источниками энергии. Кроме того, их развитие и использование зависит от различных форм прямого и косвенного субсидирования, что может вести к искажениям на рынках товаров и ресурсов и, соответственно, неэффективному использованию ограниченных экономических ресурсов.

Данная работа содержит общую информацию о ВИЭ, включая ключевые определения и концепции, а также опыт Европейского Союза в области развития ВИЭ. Для того чтобы избежать какой-либо путаницы при обсуждении вопросов государственной политики в области ВИЭ, необходимо, чтобы дискуссия основывалась на ясных и применяемых во всем мире определениях и концепциях. Из этой, в некоторой степени теоретической работы, работы вытекает следующая аналитическая записка, в которой обсуждаются возможности и угрозы, которые несет в себе развитие ВИЭ в Беларуси.

Данная работа имеет следующую структуру. Во втором разделе рассмотрено использование ВИЭ в мире, их основные виды, потенциальные выгоды и ограничения их использования. В третьем разделе описаны различные критерии, применяемые для оценки энергетических ресурсов, и в первую очередь, при использовании ВИЭ. Четвертый раздел содержит краткий обзор опыта Европейского союза в области политики поддержки развития ВИЭ. В пятом разделе представлены основные выводы.

## **2. Возобновляемая энергия**

### *2.1 Масштабы использования ВИЭ в мире*

Хотя ВИЭ известны и используются в течение тысяч лет, общая концепция по использованию возобновляемой энергии была представлена в 1970-х годах как часть программы по выходу за пределы использования ископаемого топлива и ядерной энергии. Согласно наиболее распространенному подходу, возобновляемая энергия – это энергия, производимая с помощью ресурса, который быстро восполняется (возобновляется) в результате естественного или природного непрекращающегося процесса. Согласно данному подходу, такие энергетические ресурсы как торф, другие ископаемые виды топлива и ядерная энергия не являются ВИЭ.<sup>1</sup>

Роль и использование ВИЭ сильно различаются по регионам и странам. Использование ВИЭ зависит от спроса страны на энергию, собственных ископаемых топливных ресурсов и возможности импортировать топливо. Они также зависят от

---

<sup>1</sup> Строго говоря, есть основания относить такие ресурсы к возобновляемым. Однако, геологический процесс и время, необходимое для восполнения, например, запасов торфа или ископаемого топлива, делают их в реальной жизни невозобновляемыми.

климата, географического положения страны и наличия источников для производства возобновляемой энергии. Согласно данным Международного энергетического агентства (IEA) в 2002 г. удельный вес ВИЭ в мировом потреблении энергии составила 13.4% (страны ОЭСР – 5.7%, страны не входящие в ОЭСР – 21.9%) (см. приложение, рис. 6-7). Наибольший объем использования ВИЭ в валовом потреблении энергии был в Азии (33%). В ЕС-15 удельный вес ВИЭ составлял примерно 5.7%, а в странах Латинской Америки – 28.4%. Иногда эта очевидная отрицательная связь между долей используемых страной ВИЭ, с одной стороны, и ее экономическим развитием, с другой стороны, интерпретируется в том смысле, что высокая доля использования ВИЭ – это признак какой-то 'отсталости' или 'недоразвитости' страны. Динамика экономического развития первоначально действительно идет от 'примитивных' технологий, которые часто подразумевают использование ВИЭ (например, сжигание дров населением для приготовления пищи и отопления в развивающихся странах) к росту зависимости от ископаемых топливных ресурсов в результате индустриализации. Однако, поскольку с течением времени ископаемые ресурсы становятся все более редкими и дорогими, есть все основания считать, что последующее развитие развитых стран будет вести 'назад' к высокотехнологичному использованию ВИЭ (см. рис. 8-10 в приложении).

## *2.2 Основные виды ВИЭ*

Источники возобновляемой энергии очень разнообразны. Ниже перечислены и кратко охарактеризованы наиболее важные из них (более подробная информация о преимуществах и ограничениях использования отдельных видов ВИЭ приведена в табл. 1 приложения).

**Биомасса.** Биомасса включает в себя древесину, продукты деревообработки и древесные отходы; сельскохозяйственные остатки и отходы, например навоз; специально выращиваемые высокоурожайные агрокультуры и органические компоненты промышленных и твердых бытовых отходов. Для получения энергии биомассу можно сжигать или использовать для производства биогаза или жидкого биотоплива с помощью различных технологических процессов (например, с помощью брожения). Они, в свою очередь, могут быть преобразованы в электро- и теплоэнергию (например, через сгорание или создание топливных элементов (fuel cells)) или использоваться в качестве топлива для автотранспортных нужд. Наиболее типичными видами биотоплива являются этанол и биодизель.

Этанол (этиловый спирт) – это алкоголь, аналогичный тому, что содержится в пиве или вине. Он производится путем интенсивного брожения любого вида биомассы в углеводах (крахмал, сахар или целлюлоза) аналогично процессу приготовления пива. С начала 1990-х годов этанол в основном используется как добавка к автомобильному топливу для сокращения выбросов автотранспортными средствами угарного газа и других, вызывающих смог эмиссий. Мировым лидером в продвижении идей использования этанола является Бразилия, производя его национальной сахарной промышленностью. Добавление этанола в бензин также сокращает токсичные выбросы, производимые бензином, однако приводит к так называемым «испаряющимся выбросам» в атмосферу. Для сокращения этих выбросов бензин, до его смешения с этанолом, нуждается в дополнительной очистке. При сжигании этанола производится углекислый или парниковый газ. Однако выращивание биомассы (сахарного тростника), необходимой для производства этанола, одновременно уменьшает количество углекислого газа в атмосфере, поскольку растения во время роста используют углекислый газ и производят кислород.

Биодизельное топливо производится путем соединения алкоголя (в основном метанола) с растительным маслом, растительным жиром или переработанным кулинарным жиром. Оно используется как добавка для сокращения вредных выбросов, производимых автотранспортными средствами или в чистом виде как возоб-

новляемое альтернативное топливо для дизельных двигателей. Использование биодизеля значительно сокращает выбросы в атмосферу практически всех вредных веществ: углекислого газа, окиси серы, угарного газа, мельчайших частиц, других токсинов и несгораемых углеводородов, хотя при этом на 10% увеличиваются выбросы окиси азота. В последние десять лет издержки производства этанола и биодизеля значительно сократились, в то время как цены на традиционные виды топлива значительно выросли. Конкурентные преимущества биотоплива и других ВИЭ более детально будут рассмотрены ниже.

**Геотермальная энергия.** Термин «геотермальная энергия» относится к той части тепла, излучаемого с поверхности Земли, которое может быть собрано и использовано человечеством (как правило, в форме горячей воды или пара). Геотермальные источники расположены очень специфично. Геотермальные источники с очень высокой температурой могут использоваться для производства электроэнергии. Однако чаще встречаются геотермические источники с более низкой температурой, которые можно использовать для различных целей: отопления домов, в производственном процессе в промышленности и сельском хозяйстве (например, в теплицах, в аквапроизводстве), бальнеологии и пр.

**Гидроэнергия.** Использование воды для производства энергии началось более 2000 лет назад, когда вода была 'укрощена' и стала использоваться для вращения мельничного колеса. В настоящее время производство электроэнергии путем строительства плотин является важным направлением развития энергетики США, Канады, Норвегии. Современные усилия ученых направлены на поиск путей использования энергии волн океана или приливов. Для сокращения издержек сезонности и ежегодных природных колебаний, имеющих место при производстве гидроэлектроэнергии, например, Норвегия увеличила количество международных линий энергопередач и энергосвязей, экспортируя электроэнергию во 'влажные' сезоны и импортируя в 'сухие'. Это снизило цены и увеличило общую энергетическую безопасность Норвегии и других стран-соседей.

**Солнечная фотогальваническая (фотоэлектрическая) энергия.** Фотогальваническая технология подразумевает производство электроэнергии с помощью солнечного света. Процесс преобразования солнечной энергии в электрическую происходит с помощью специальных полупроводников, высвобождающих заряженные частицы, формирующие основу электроэнергии. Наиболее распространенным полупроводниковым материалом, используемым в фотогальванических элементах, является кремний, который повсеместно доступен. Однако он должен быть очищен до процесса использования. Поскольку распространение и интенсивность солнечного света по дням и частям света неравномерны, производство фотогальванической энергии, также как и термальной и ветровой энергии (см. ниже), требуют специальной инфраструктуры. Хотя фотогальваническая энергия может замещать другие, генерирующие энергию источники, в солнечные дни, во время «дождливых» или пасмурных дней должны работать запасные традиционные генерирующие мощности.

**Термальная энергия солнца.** Специальные технологии преобразовывают солнечную радиацию в энергию, которую можно использовать для отопления или охлаждения. Наиболее распространенным применением тепловой энергии солнца является горячее водоснабжение населения. Существует три базовых технологии преобразования энергии солнца: вышки, специальные «тарелки» и желоба. Система работает в режиме тепловых фаз, позволяя или накапливать тепло, или наоборот, поддерживать тепло, компенсируя прерывистость производства и, следовательно, увеличивая коммерческую ценность производимой энергии. Самые современные технологии позволяют производить пар. Крупные производители горя-

чей воды по технологиям использования термальной энергии солнца находятся в США, Японии, Австралии и Турции.

**Энергия ветра.** Коммерческое использование ветровых турбин, подключенных к сетям энергопередач, началось после нефтяного кризиса в 1970-х годах. Поскольку издержки производства ветровой электроэнергии значительно сократились, а техническая надежность выросла, в последние 10 лет наблюдается значительный прогресс в развитии ветровой энергетики (см., например, рис. 8). Рост установленной мощности особенно заметен с середины 1990-х годов благодаря техническим улучшениям и росту мощности турбин, которые являются комбинацией ряда факторов: исследований и разработок, значительного государственного субсидирования и развития инфраструктуры, необходимой для поддержки развития ветроэнергетики (производителей, монтажников и операторов).

### 2.3 Инвестиции в ВИЭ

Инвестиции в ВИЭ могут принести значительные преимущества:

- в некоторых странах увеличение доли используемых ВИЭ может привести к сокращению зависимости от импорта ископаемых видов топлива и/или урана, необходимого для производства ядерной энергии. Поскольку ТЭР импортируются в основном из ограниченного количества, зачастую политически нестабильных стран или регионов, снижение зависимости от импорта энергоресурсов может принести стратегические преимущества стране, сократить потенциальные конфликты и увеличить стабильность энергообеспечения;
- поскольку цены, особенно ТЭР резко увеличились в последние годы, сокращение зависимости от импортируемых ТЭР может улучшить платежный баланс страны и способствовать ее макроэкономической стабильности;
- рост доли используемых ВИЭ может ускорить развитие в стране определенных технологий (например, биотехнологий, производства топливных элементов (fuel cells)), которые, как ожидается, будут играть ключевую роль, определяя будущую конкурентоспособность страны;
- ВИЭ могут создать новые возможности для некоторых сельскохозяйственных отраслей и удаленных сельских местностей. Сельское хозяйство и удаленные районы являются потенциальными источниками биомассы, которая является основой многих ВИЭ. Локальное производство электроэнергии может также улучшить конкурентоспособность удаленных районов, где импортируемая энергия является особенно дорогой.
- по сравнению с ископаемыми видами топлива и ядерной энергией, использование ВИЭ может значительно сократить загрязнение воздуха (электростанции являются источниками выбросов углекислого газа, диоксидов, окиси азота, двуокись серы и других вредных веществ), а также в целом уменьшить потребление воды, ее загрязнение, количество отходов и угрозу радиоактивного загрязнения. Следовательно, ВИЭ могут помочь уменьшить отрицательные внешние эффекты, такие как глобальное потепление, вызываемое выбросами парниковых газов. В этом смысле они могут способствовать устойчивому развитию страны, которое оставит следующим поколениям неповрежденную природу и надежные энергетические ресурсы;
- использование ВИЭ может также помочь стране выполнить такие международные обязательства как, например, обязательства Киотского протокола.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Страны, подписавшие Киотский протокол, согласились законодательно установить квоты по ограничению или снижению выбросов углекислого газа к 2010 г. Киотский протокол также определяет правила международной

## 2.4. Ограничения по использованию ВИЭ

ВИЭ имеют огромный потенциал. Однако этот потенциал должен использоваться по разумным издержкам. Реализация выгод, перечисленных выше, зависит от развития технологий и инфраструктуры, которые будут конкурентными с экономической точки зрения. В настоящее время, за исключением некоторых случаев, ВИЭ являются более дорогостоящими, чем альтернативные источники энергии, такие как ископаемое топливо.<sup>3</sup> Однако, в то время как стоимость ископаемых видов топлива и ядерной энергии имеет тенденцию к росту (особенно значительный рост цен наблюдается в последнее время), стоимость подключения ко многим ВИЭ снижается. Некоторые аналитики убеждены, что рост цен на сырую нефть до USD 70 за баррель на мировых рынках позволит перейти ту 'черту', за которой многие ВИЭ станут экономически конкурентными.

Ниже перечислены факторы, ограничивающие широкое развитие ВИЭ в прошлом:

**Инфраструктура.** Развитие новых видов ВИЭ часто требует высоких первоначальных инвестиций. Например, производство биодизельного топлива для автомобилей в общедоступном количестве требует наличия дистрибуционной системы, включающей, например, отдельные колонки на заправочных станциях. В случае с ветровой энергией нужно сначала найти общественно и экономически приемлемые площадки, получить доступ в распределительную сеть энергопередач, а затем провести мониторинг площадок на предмет их приемлемости для производства ветровой электроэнергии.

**Стандарты и регулирование.** Во многих странах вследствие относительной новизны многих технологий в области ВИЭ важные регулирующие стандарты и нормы (например, стандарты безопасности или эмиссии запаха для биогазовых установок) и/или процедуры получения различных разрешений до сих пор не разработаны до конца. Это ограничивает процесс установки и использования ВИЭ.

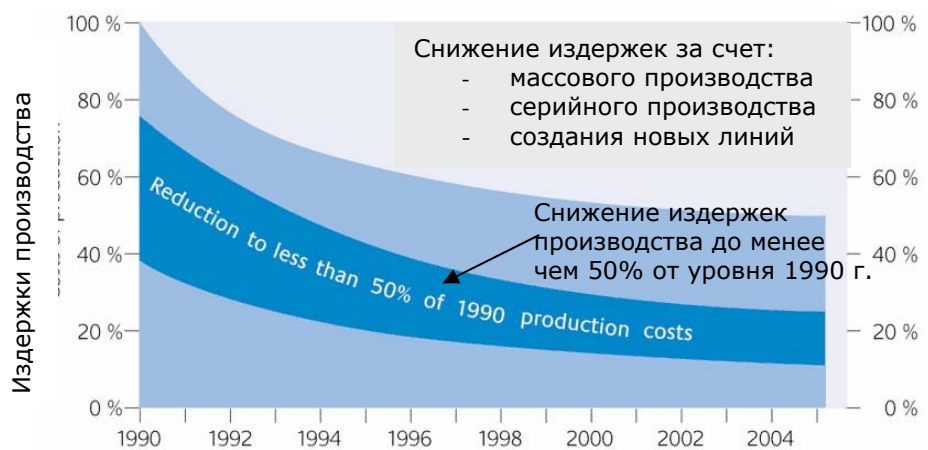
**Технология и экономия на масштабе.** Многие технологии в области ВИЭ являются относительно новыми. Поэтому в настоящее время они могут использоваться только как прототипы или на экспериментальных и/или очень маленьких рынках. Как результат, потенциальное снижение затрат вследствие технологических разработок, с одной стороны, и экономия на масштабе при производстве энергии в рыночных масштабах, с другой стороны, еще не достигнуто. При этом потенциал снижения затрат может быть очень значительным (рис. 1). Так, стоимость производства электроэнергии на ветровых установках снизилась на 50% в период 1990-2005 гг. (см. также рис. 8 и 10 в приложении).

---

торговли выбросами углекислого газа. 12 августа 2005 г. Беларусь подписала Киотский протокол. Согласно некоторым оценкам, подписание Киотского протокола может принести Беларуси доходы в размере как минимум USD 325 млн. от продажи свободных квот по выбросам парникового газа. Более того, Киотский протокол создаст дополнительные возможности для страны по получению инвестиций в форме Проектов совместного осуществления в области энергосбережения или технологий, направленных на снижение вредных выбросов. Для более подробной информации см. Аналитическую записку ИПМ-GET 06/03 <http://www.ipm.by/pdf/PP603r.pdf>

<sup>3</sup> Исключения составляют гидроэнергия (например, в Канаде, Норвегии) и геотермальная энергия (например, в Исландии) в некоторых странах, и широко распространенное (но часто ненадежное) использование дров в некоторых развивающихся странах.

**Рис. 1. Снижение затрат по производству ветровой энергии в Германии в период 1990-1995 гг.**



Источник: Немецкое энергетическое агентство, 2005.

Разница в ширине темно-голубой линии на рис. 1 объясняется разными категориями затрат для турбин разной мощности и разной величиной других затрат при производстве ветровой энергии в разных местах Германии.

**Невозможность оценить общественные выгоды.** ВИЭ могут играть значительную роль в снижении важных отрицательных внешних эффектов (негативных экстерналий), таких как глобальное потепление. Как было отмечено выше, они могут способствовать диверсификации энергетических ресурсов и стратегическому сокращению зависимости страны от импорта. Однако количественно оценить ценность таких выгод очень трудно. Например, ни точное воздействие парниковых газов на размер и скорость глобального потепления, ни воздействие самого потепления на благополучие человечества точно неизвестно. Ценность сокращения зависимости страны от импортируемых энергоресурсов также трудно оценить количественно. Более того, поскольку некоторые из таких выгод являются общественными в широком смысле этого слова, трудно изобрести рыночный механизм, который будет гарантировать, что все эти выгоды будут соответствующим образом оценены и включены в цену.

**Неопределенность.** Недавний рост цен на ископаемые виды топлива увеличил интерес к ВИЭ. Однако цены на нефть и газ очень изменчивы. В результате, эта неопределенность затрудняет инвестиции и может привести к циклу «бум – спад» и, соответственно, недостаточным или чрезмерным инвестициям. Инвестиции в ВИЭ, считающиеся прибыльными сейчас, могут быть невыгодными, если цены на нефть упадут и вернуться к уровню ниже 50 долл. за баррель в среднесрочной перспективе. Поскольку инвестиции в ВИЭ (например, в ветроустановки или установки по производству биогаза) являются долгосрочными, такая неопределенностью с точки зрения прибыльности может дестимулировать желание инвесторов инвестировать в ВИЭ, даже если в настоящее время такие инвестиции представляются выгодными.

Следует отметить, что долгосрочная неопределенность в затратах и результатах несет в себе риск принятия неверного решения по направлениям инвестиций в капитал. В таких условиях инвестиционные решения должны приниматься на рыночной основе, где частные инвесторы сами отвечают за использование своих фондов. Напротив, в случае значительных государственных инвестиций вероятность недооценки рисков проектов в области ВИЭ является гораздо более высокой. Неправильно определенные риски и неверные решения могут привести к потере инвестиционных фондов, более высоким энергетическим затратам и наличию неработающих мощностей.

**Резервные генерирующие мощности.** Наконец, многие виды ВИЭ, в особенности ветровая и солнечная энергия, не могут гарантировать постоянное надежное бесперебойное энергообеспечение. Как следствие, для обеспечения надежного и безопасного функционирования энергетического комплекса должны быть подключены и поддерживаться в рабочем состоянии резервные мощности. Необходимость поддерживать резервные мощности, работающие на традиционных ТЭР, сокращает потенциал для снижения затрат, и, как было отмечено выше, увеличивает цены на производимую из ВИЭ энергию.

Сталкиваясь с факторами, ограничивающими распространение и использование ВИЭ, некоторые страны проводят политику, стимулирующую исследования и развитие в сфере ВИЭ и субсидируют инвестиции в генерирующие мощности, работающие на ВИЭ. Некоторые страны Европейского союза являются передовыми в этих процессах. Политика Европейского союза в области поддержки развития ВИЭ изложена в разделе 4. Однако сначала следует рассмотреть различные способы, с помощью которых можно оценить энергетические ресурсы.

### **3. Оценка источников энергии**

Различные источники энергии могут оцениваться и сравниваться с помощью множества различных критериев и подходов. К наиболее распространенным относят концепции энергетического баланса, чистого энергетического выигрыша, экологического баланса, издержки-выгоды и энергетической безопасности.

**Энергетический баланс.** Согласно физике, энергетический баланс – это систематическое представление энергетических потоков и их трансформации внутри системы. Согласно первому закону термодинамики энергия не может быть создана или уничтожена, а только модифицирована в соответствующую форму. Соответственно, энергетический баланс – это детализированное представление этих модификаций.

С точки зрения экономики энергетики, энергетический баланс страны – это агрегированный баланс всех видов деятельности и ресурсов по производству энергии, ее импорта, экспорта и первичного потребления. Создание такого баланса требует агрегирования различных видов энергии, например, в тонны условного топлива или нефтяного эквивалента. Существуют национальные и глобальные энергетические балансы, которые обычно рассчитываются на ежегодной основе. Белорусский энергетический баланс в качестве примера приведен в табл. 2 приложения. Такие национальные балансы предоставляют дополнительную информацию о смежных с энергетикой сферах и зависимость страны от импорта энергии.

**Чистый энергетический выигрыш (ЧЭВ).** Суть этого подхода заключается в оценке разницы между энергией, затрачиваемой на получение каждого отдельного вида энергоресурса и конечной энергией, которую он обеспечивает. Другими словами, оценивается разница между энергией, произведенной с помощью килограмма определенного вида топлива (например, биодизеля, нефти, урана) и энергией, необходимой для производства этого килограмма энергии (например, добыча (бурение или выращивание энергоемких растений), транспортировка, очистка и пр.). Так, в течение 1920-х годов один баррель сырой нефти обеспечивал добычу и очистку 50 баррелей сырой нефти. Сегодня нужно инвестировать только 5 баррелей нефти для добычи и очистки такого же количества нефти.

Если ЧЭВ меньше единицы, то соответствующий энергоресурс не приносит чистый энергетический выигрыш экономике. Например, некоторое время назад ЧЭВ фотогальванических элементов был меньше единицы; в результате технологического процесса в настоящее время он значительно вырос. ЧЭВ иногда выражают в категориях времени, необходимого для амортизации единицы производственной мощности, например, ветряной турбины или фотогальванического элемента. Другими



словами, оценивается сколько времени единица мощности должна функционировать, чтобы произвести и возместить энергию, которая была затрачена на ее производство. В настоящее время, амортизация ветровой турбины требует от 2 до 5 месяцев, для гидроэнергии и фотогальванических элементов это время варьируется от 24-36 до 65-122 месяцев, соответственно. Очевидно, что ВИЭ с ЧЭВ меньше единицы, не могут приносить те многочисленные преимущества, о которых говорилось в разделе 2, такие как сокращение зависимости от импорта или снижение выбросов углекислого газа. Более того, ВИЭ с минимально положительным ЧЭВ, должны будут работать долгое время до того момента, когда они смогут генерировать чистую дополнительную энергию экономике. Соответственно, получение вышеперечисленных выгод от использования ВИЭ потребует еще более долгого времени.

**Энергетическая безопасность.** Энергетическая безопасность – доступ к надежному и достаточному энергообеспечению по разумным ценам – важный компонент экономической и национальной безопасности. Для нетто-импортеров энергии, особенно тех стран, которые зависят от одного или нескольких поставщиков ТЭР, такая зависимость может рассматриваться как угроза национальному суверенитету. Для снижения энергозависимости и усиления энергетической безопасности могут предприниматься различные меры. Они включают:

- увеличение эффективности потребления энергии, т.е. производство национального ВВП с использованием как можно меньшего количества энергии (как импортируемой, так и местной);
- диверсификация импортируемых источников энергии с целью уменьшения зависимости от одного поставщика или вида ТЭР;
- развитие производства местных видов энергии для сокращения зависимости от импорта. Местные источники энергии могут включать, однако не ограничиваться только ВИЭ;
- поддержание стратегических запасов энергоресурсов, которые могут использоваться в течении временных перебоев с импортными поставками ТЭР; и
- сохранение хороших экономических и политических отношений со странами, играющими важную роль на мировых энергетических рынках, а также со странами-соседями, контролирующими энергетическую инфраструктуру, которая может потребоваться во время кризиса.

Проведение политики, направленной на усиление энергетической безопасности, обычно включает все вышеперечисленные меры. Все они требуют затрат, которые должны быть тщательно проанализированы и сопоставлены с выигрышами (зачастую нематериальными и неосязаемыми), которые приносит для страны состояние более высокой энергетической безопасности.

**Экологический баланс.** Сгорание ископаемых видов топлива является источником выбросов вредных веществ, которые могут создавать т.н. негативные внешние эффекты (экстерналии). Эти негативные внешние эффекты могут быть местными (смог), региональными (кислотные дожди) или глобальными (глобальное потепление).<sup>4</sup> Наиболее вредными выбросами считаются следующие:

---

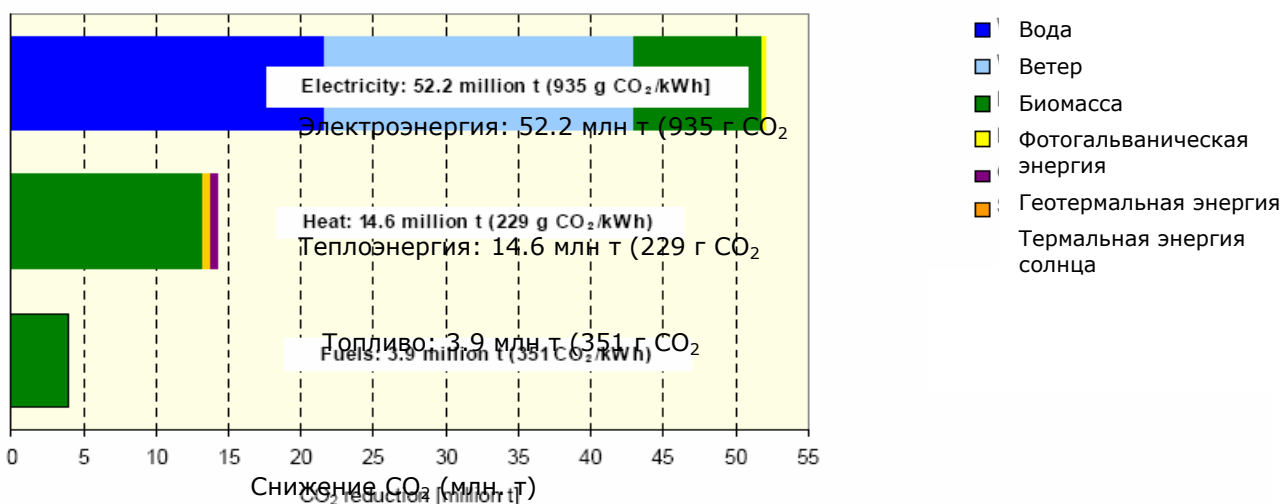
<sup>4</sup> Производство энергии, помимо выбросов газов и мельчайших частиц приводит и к другим негативным внешним эффектам. Например, в процессе производства электроэнергии путем сжигания ископаемых видов топлива более 2/3 высвобождаемой (производимой) энергии не трансформируется в электроэнергию, а скорее уходит в атмосферу в виде тепла или в воду, используемую для охлаждения. Последнее может повредить водные экосистемы. Производство ядерной энергии может привести к угрозе радиоактивного загрязнения и проблемам, связанным с

- окись серы ( $SO_x$ ), являющаяся причиной кислотных дождей и источником выбросов мельчайших частиц в воздух;
- окись азота ( $NO_x$ ), вызывающая раздражение легких и снижающая сопротивление человеческого организма к респираторным заболеваниям;
- углекислый газ ( $CO_2$ ) – наиболее опасный парниковый газ, являющийся причиной глобального потепления из-за задержки тепла в атмосфере Земли. Использование таких ископаемых видов топлива как нефть, газ и уголь для производства электроэнергии является одним из основных промышленных источников углекислого газа;
- выбросы других вредных веществ, таких как угарный газ и различные углеводороды, которые оказывают негативное воздействие на здоровье человека и являются причиной смога.

Использование ВИЭ может снижать выбросы вредных веществ, улучшая экологический баланс (т.е. можно получить более низкий уровень выбросов углекислого газа на единицу произведенной энергии). Например, в то время как сжигание ископаемых видов топлива приводит к чистым выбросам в атмосферу углекислого газа, сжигание древесины возвращает в атмосферу тот объем  $CO_2$ , который поглотили растущие деревья. Использование древесины как источника энергии может уменьшить чистые выбросы углекислого газа, если каждый раз сажать новое дерево для замены старого, хотя такой баланс  $CO_2$  будет частичным. Следует отметить, что создание всеобъемлющего баланса, который бы определил все экологические эффекты, вызываемые каждым видом топлива, является очень трудной задачей.

Использование ВИЭ может привести к значительному сокращению выбросов вредных веществ, например, углекислого газа (рис. 2). Благодаря использованию ВИЭ только в 2004 г. Германия избежала выбросов около 70 млн. т  $CO_2$ . Без использования ВИЭ общие выбросы  $CO_2$  (около 830 млн. т) были бы на 8.4% выше. В тоже время доля ВИЭ в первичном энергопотреблении составила 3.6%.

**Рис. 2. Общее снижение выбросов углекислого газа благодаря использованию ВИЭ в Германии в 2004 г.**

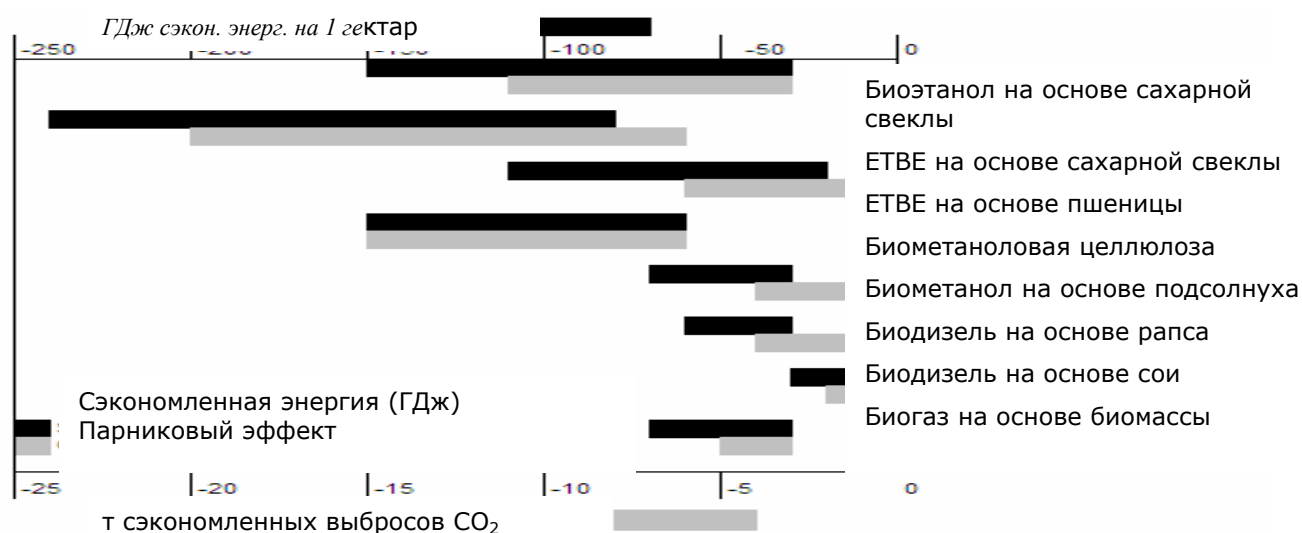


Источник: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Федеральное министерств по окружающей среде, сохранению природы и ядерной безопасности), 2005

захоронением радиоактивных отходов. Мы фокусируемся на выбросах газов из-за их важности в дискуссии о направлениях энергетической политики.

Снижение выбросов и экономия потребления первичных видов топлива на гектар земли и в целом за год, которые достигнуты благодаря использованию различных видов биотоплива, могут значительно варьироваться. На рис. 3 нулевая отметка означает, что выбросы углекислого газа и потребление энергии сбалансированы, в то время как отрицательные значения на нижней шкале показывают преимущества использования биотоплива, т.е. одинаковые объемы сэкономленной энергии и эквивалентных им выбросов углекислого газа. Размер экономии внутри различных категорий биотоплива также различен и зависит от используемого производственного процесса, возраста производственных мощностей, источника сырья для биотоплива и пр. Все виды биотоплива, представленные на рис. 3, способствуют снижению выбросов и экономии используемых ископаемых видов топлива, однако, поскольку конкретное снижение выбросов варьируется, нужно относиться с осторожностью к точным оценкам.

**Рис. 3. Диапазон баланса энергии и выбросов для различных видов биотоплива<sup>5</sup>**



Источник: Institute for Energy and Environmental Research, Гейдельберг, Германия, 2004.

**Соотношение издержки-выгоды.** Экономисты используют анализ издержки-выгоды (АИВ) для оценки инвестиций и мер экономической политики (экономических проектов). АИВ сравнивает издержки и выгоды, которые возникают в результате реализации проекта, с целью выявления проектов, где их соотношение меньше единицы (т.е. где выгоды превышают издержки). Эффективным проектом считается тот, который приносит желаемые выгоды (например, сокращение зависимости от импорта энергии) по наименьшим издержкам и, следовательно, имеет наименьшее соотношение издержки-выгоды.

Теоретически, АИВ является наиболее тщательным, комплексным способом для оценки и сравнения энергоресурсов, поскольку он включает в себя все критерии, обсуждаемые выше (экологию, ЧЭВ, энергетическую безопасность). На практике, однако, провести такой анализ зачастую очень трудно. Во-первых, для того чтобы точно оценить все издержки и выгоды от реализации проекта, нужно верно оценить все издержки и выгоды, которые приносит отсутствие проекта. Во-вторых, всеобъемлющий АИВ должен принимать во внимание все имеющие отношение к проекту издержки и выгоды, хотя многие из них не поддаются оценке и прогно-

<sup>5</sup> Биоэтанол – определение см. в разделе 2. \*\* ETBE = Этил третичный бутиловый эфир (производится путем смешения этанола и изобутилена и химической реакции при их нагревании с катализатором). Может смешиваться с бензином и сжигаться в двигателе как топливо. \*\*\*Биометаноловая целлюлоза = может производиться путем синтеза газов, образующихся в биомассе. \*\*\*\* Биогаз – производится в результате анаэробного брожения органических материалов.

зам. Это относится ко многим издержкам и выгодам, связанным с окружающей средой. И, наконец, расчет отношения издержки-выгоды включает обобщение (агрегирование) всех издержек и выгод, связанных с проектом. Это обобщение обычно делается в денежной форме, т.е. через оценку всех издержек и выгод в рублях, евро или другой валюте. Некоторые издержки и выгоды, например, потери, связанные с уничтожением уникальных биологических видов и мест, возникающих при добыче торфа, очень трудно оценить в денежной форме. В основе различных мнений на тему за и против субсидирования ВИЭ часто лежат различные оценки таких неявных факторов как 'экологический ущерб' или 'энергетическая зависимость'.

#### 4. ВИЭ и опыт ЕС

«Зеленая книга» Европейской комиссии, названная «Навстречу Европейской стратегии по надежному энергообеспечению», которая была опубликована в 2001 г.<sup>6</sup>, обозначила проблему высокой энергетической зависимости Европейского Союза. ЕС в настоящее время зависит от импорта, который составляет 50% всей потребности в энергии. Ожидается, что эта цифра составит 70% в 2030 г., на фоне роста зависимости от газа и нефти. Такая ситуация несет в себе высокие экономические, политические и экологические риски. Если традиционные ископаемые виды топлива и ядерная энергия будут и дальше оставаться ключевыми источниками энергии, то, согласно общепринятому мнению, ВИЭ могут способствовать снижению этих рисков.

Следовательно, начиная с 2000 г., ЕС установил 2 индикативные цели для возобновляемой энергии:

- увеличить удельный вес электроэнергии, производимой с помощью ВИЭ, в ЕС-15 до 22% к 2010 г. (по сравнению с 14% в 2000 г.); и
- увеличить удельный вес биотоплива в дизельном топливе и бензине, используемом для транспортных нужд, в ЕС-15 до 5.75% к 2010 г. (по сравнению с 0.6% в 2002 г.).

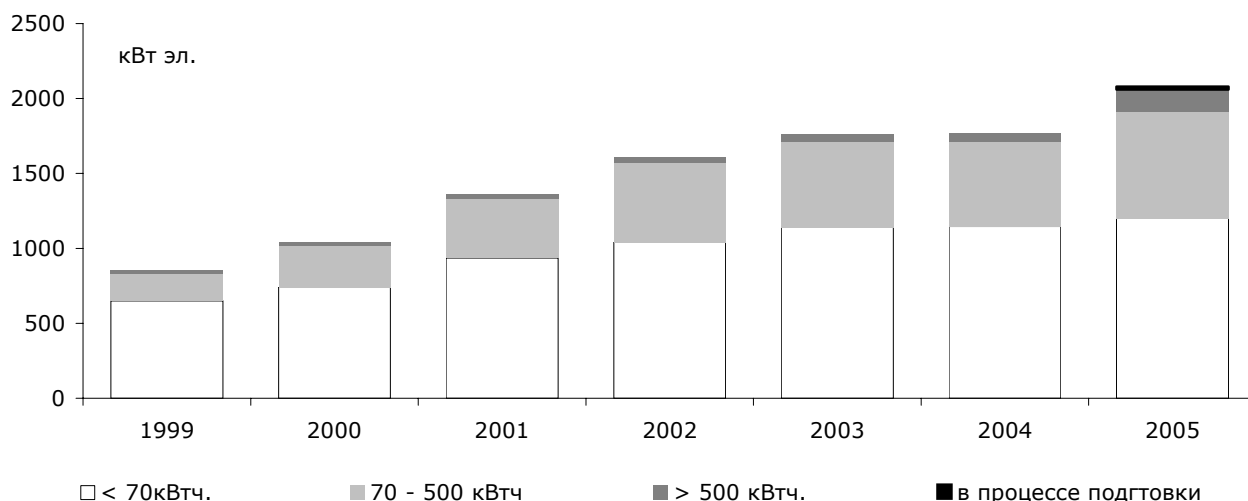
Наравне со 'старыми' членами Евросоюза, 10 новых стран-членов также обязались производить электроэнергию с помощью ВИЭ. С этой целью для каждой страны в их обязательствах по вступлению в ЕС установлены индикативные цели по ВИЭ. При этом средний удельный вес электроэнергии, вырабатываемой с помощью ВИЭ, установлен в размере 21% к 2010г. Согласно расчетам Еврокомиссии ожидается, что удельный вес ВИЭ в валовом потреблении энергии в ЕС-15 достигнет 10% к 2010 г.

Каждая страна Евросоюза достигает поставленных для нее целей с помощью разных инструментов и с разной скоростью. Например, ветровая энергетика развивается очень быстро в последнее десятилетие, где Германия, Испания и Дания играют ключевую роль (рис. 8 и 10 приложения). Однако ветроэнергетика до сих пор играет незначительную роль в общем производстве энергии по сравнению с гидроэнергией или биомассой (рис. 9). В настоящее время самым динамично развивающимся видом ВИЭ является производство биогаза через использование отходов сельскохозяйственного производства (навоза, соломы, свекловичных отходов) или производство зерновых культур специально выращиваемых для этих целей (например, кукурузы). Так, количество заводов по производству биогаза в Германии более чем удвоилось за последние пять лет (рис. 4).

---

<sup>6</sup> Для более подробной информации см «Зеленую книгу» Европейской Комиссии, [http://europa.eu.int/comm/energy\\_transport/doc-principal/pubfinal\\_en.pdf](http://europa.eu.int/comm/energy_transport/doc-principal/pubfinal_en.pdf).

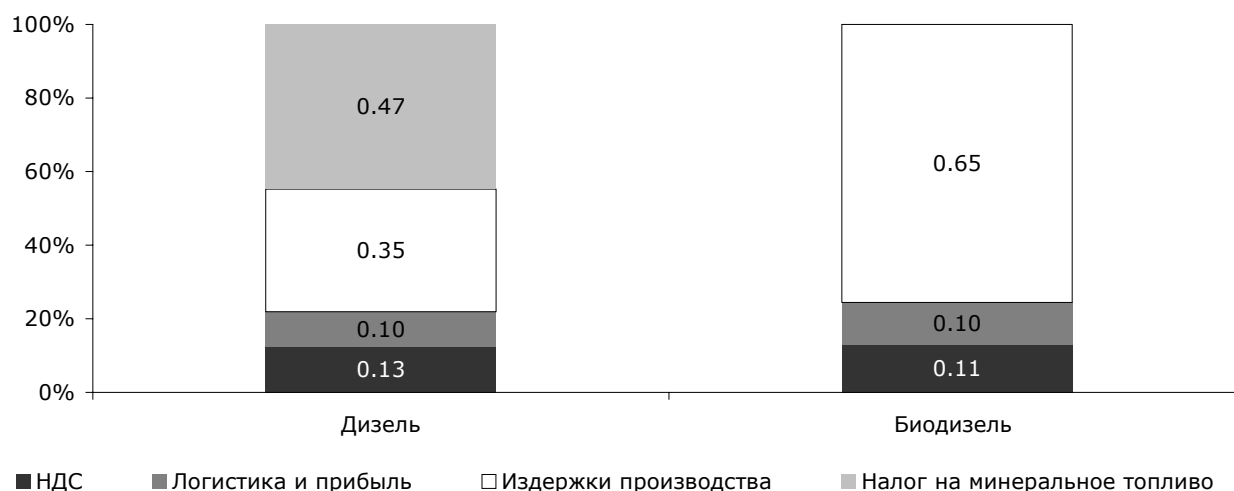
**Рис 4. Количество заводов по производству биогаза в Германии**



Источник: Институт энергии и экологии, Лейпциг, Германия, данные KfW (2004).

В целом, развитие ВИЭ в Евросоюзе сильно субсидируется. В Германии, Закон «О возобновляемой энергии» (Erneuerbare Energien Gesetz (EEG)) обязывает компании, которые занимаются производством или трансмиссией электроэнергии, покупать генерируемую с помощью ВИЭ электроэнергию по гарантированным тарифам.<sup>7</sup> Без этих гарантий и тарифов она не смогла бы конкурировать с электроэнергией, производимой с помощью традиционных ТЭР (рис. 5). Высокие цены, по которым энергосистема обязана покупать, например, ветровую электроэнергию, перекладываются на конечных потребителей (население и промышленность), которые в результате платят более высокую цену. Следовательно, в Германии производство электроэнергии с помощью ВИЭ субсидируется конечными потребителями.

**Рис. 5. Структура цены на дизельное топливо в Германии (EUR за литр)**



Источник: Бергман и Лакемейер (2005); расчеты по ценам 2004.

Субсидирование производства автомобильного топлива (т.е. биодизель, этанол) в основном происходит в форме освобождения от уплаты налога на минеральное топливо. Налоги составляют примерно 60% розничной цены литра дизельного топлива (рис. 5). Биодизель, произведенный, например, на основе рапса, освобожден от налога на топливо. Как результат, он становится более конкурентоспособен, даже несмотря на более высокие издержки производства. Такая система суб-

<sup>7</sup> Для более подробной информации о немецком Законе «О возобновляемой энергии» (EEG) см. на их сайте: <http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/5996/20049>.

сидирования путем налоговых исключений имеет значительные фискальные последствия в Германии. Так, ежегодные потери налоговых доходов оцениваются примерно в EUR 350 млн., и эти потери будут только возрастать по мере роста цен на энергоресурсы такими же быстрыми темпами, как они росли в 2005 г., и роста доли биодизеля в общем объеме производства дизельного топлива.

Критики данной системы доказывают, что 1) более высокие цены вследствие требований Закона «О возобновляемой энергии» снижают международную конкурентоспособность немецкой экономики и, 2) страны ЕС просто используют ВИЭ, например, биодизель и биоэтанол, как предлог для продолжения получения субсидий в сельское хозяйство, поскольку в настоящее время традиционные сельскохозяйственные субсидии ограничены международными обязательствами (требованиями ВТО). Сторонники ВИЭ утверждают, что политика их стимулирования создает реальные экологические выгоды для всех (т.е. что субсидии на самом деле являются оплатой соответствующих положительных внешних эффектов). Еще одним более прагматичным аргументом с их точки зрения является то, что эти субсидии стимулируют исследования и развитие в, возможно, ключевых в будущем секторах (ветровая энергетика, производство биогаза), которые сформируют базис для будущего экономического роста и национальной конкурентоспособности Германии. Поскольку цены на ископаемые виды топлива увеличиваются, с одной стороны, а с другой стороны, становятся все более очевидными размер и издержки глобального потепления, сторонники государственной поддержки развития и использования ВИЭ легко находят поддержку своих взглядов со стороны общественного мнения.

## **5. Заключение**

ВИЭ могут обеспечить множество прямых и непрямых экономических, социальных и экологических выгод. В последние годы интерес к ВИЭ значительно вырос, поскольку ископаемые виды топлива сильно подорожали. Интерес к ВИЭ особенно высок в сельском хозяйстве, поскольку многие виды ВИЭ являются продуктом сельского хозяйства и могут обеспечить решение вопроса энергообеспечения в отдаленных сельских районах.

В настоящее время большинство видов ВИЭ являются более дорогими, чем альтернативное производство энергии, основанное на ископаемых видах топлива. Однако появились и признаки того, что этот баланс может измениться. Ископаемые виды топлива являются ограниченными. Причем с течением времени их ограниченность будет возрастать, а стоимость добычи – увеличиваться. Согласно некоторым расчетам, если цены на сырую нефть превысят USD 40 за баррель, то для Бразилии станет более выгодным преобразовывать сахар в этанол, а не продавать его как сахар на мировых рынках. Аналогичные расчеты произведены для производства маниока в Таиланде, согласно которым возможна остановка его производства при цене на нефть в USD 45 за баррель; по производству маиса (кукурузы) в некоторых районах США при ценах на нефть в USD 60 за баррель; для некоторых видов растительного масла при ценах на нефть в районе USD 50-60 за баррель (в этом случае альтернативой производству пищевого масла является не этанол, а биодизельное топливо).

Кроме того, во многих странах растет понимание того, что многие побочные продукты сельскохозяйственного производства (навоз, солома) могут использоваться как источники ВИЭ. Продолжающийся технологический процесс в области ВИЭ, как ожидается, сократит издержки их производства. Более того, хотя невозможно объективно оценить экологические выгоды, которые несет в себе использование ВИЭ, такие расчеты и механизмы могут значительно повысить относительную конкурентоспособность некоторых видов ВИЭ. Например, выполнение требований

и обязательств Киотского протокола может стать тем механизмом, который поможет институализировать и монетизировать такие расчеты и выгоды.

Многие страны проводят политику и используют механизмы, стимулирующие рост использования ВИЭ. Страны ЕС установили некоторые среднесрочные цели по увеличению доли ВИЭ в производстве электроэнергии и используемом топливе для транспортных нужд. Для того чтобы достичь указанных целей, страны-члены ЕС реализуют различные виды политики. В большинстве своем они являются очень дорогостоящими в исполнении, увеличивая нагрузку на потребителей (через более высокие тарифы на энергию), или налогоплательщиков в форме дополнительных расходов на субсидии или сокращения госдоходов вследствие налоговых льгот для ВИЭ. Представляется, что копирование и проведение такой политики в Беларуси будет затруднительно, в первую очередь вследствие традиционного подхода по поддержанию низких энергетических тарифов для населения и высокого энергопотребления национальной экономикой.

Авторы: проф., д-р Стефан фон Крамон, Элке Лакемейер, Елена Ракова, Игорь Пелипась (рецензент)

Минск, ноябрь 2005 г.

Приложение

Рис. 6. Потребление энергии в мире, 2002 (IEA).

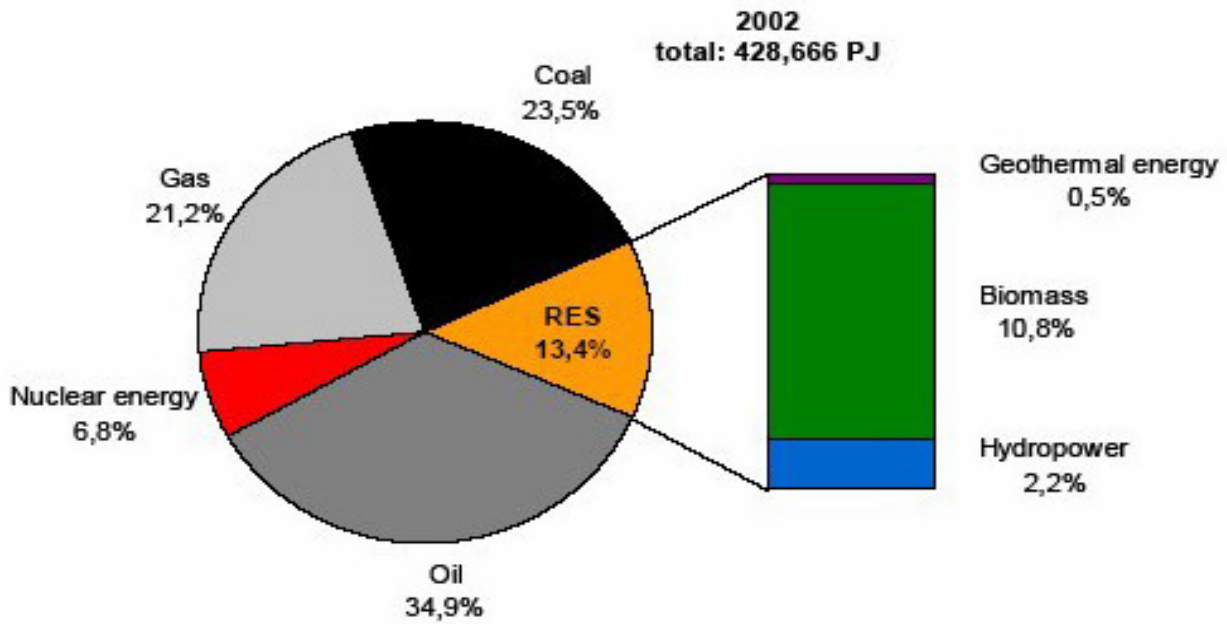
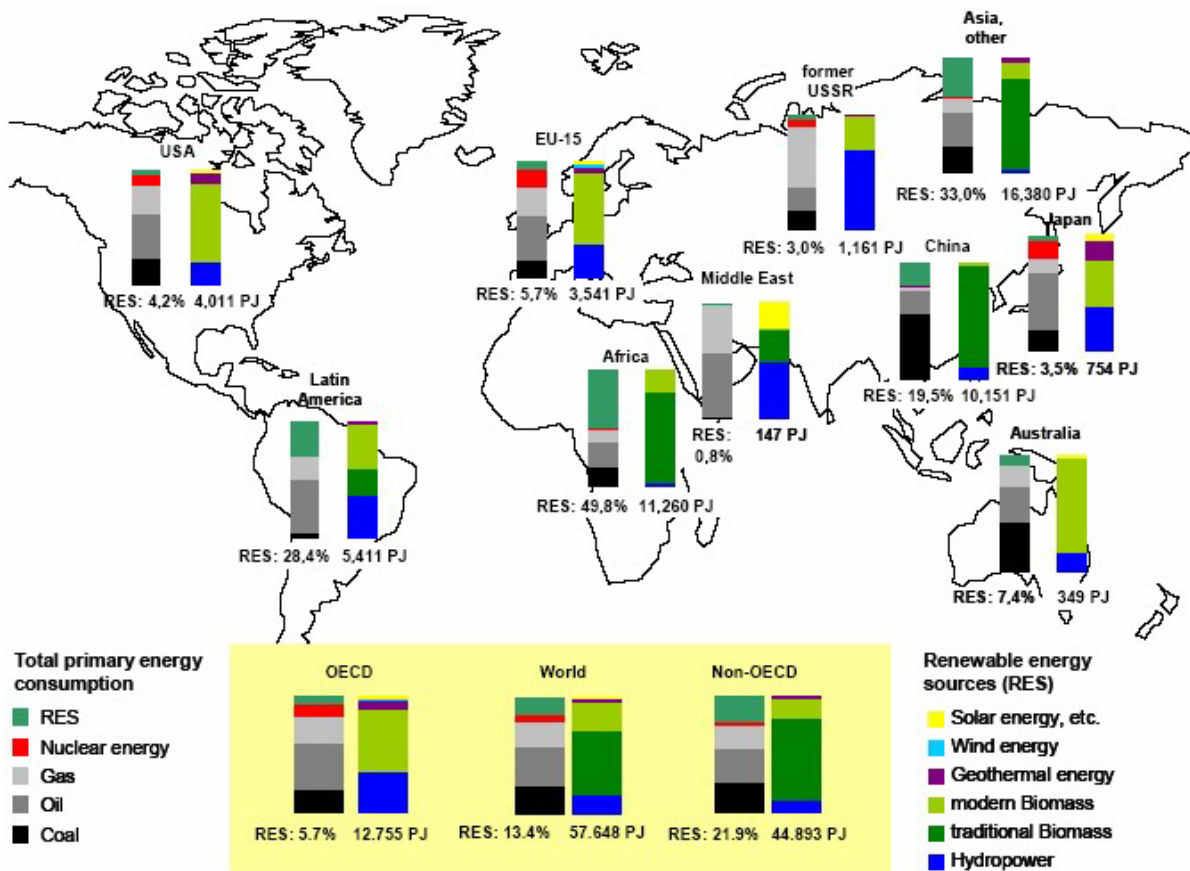
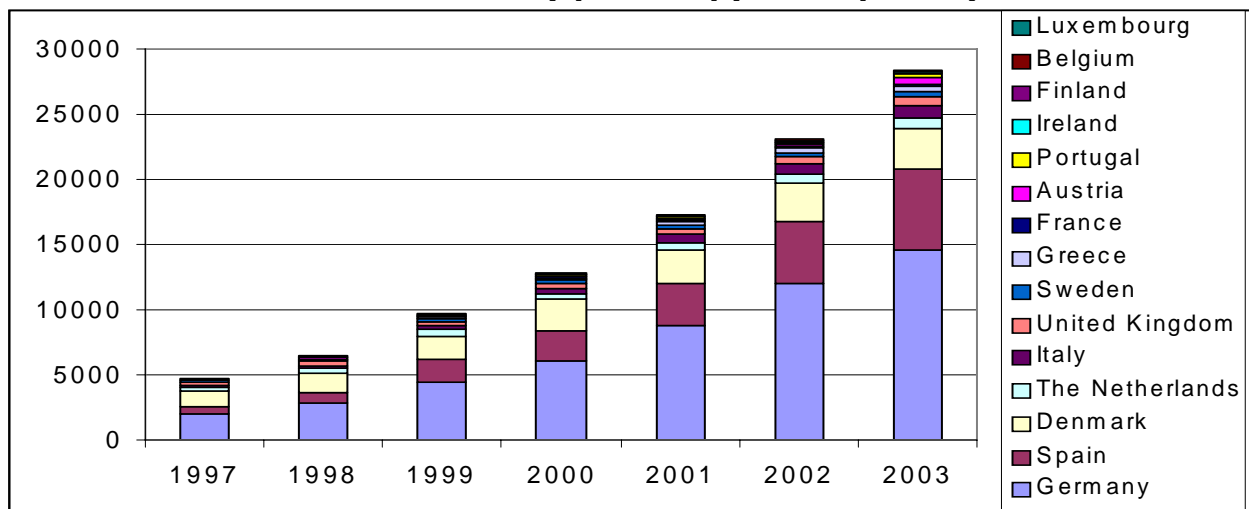


Рис. 7. Доля ВИЭ в потреблении энергии в различных регионах мира, 2002 (IEA)



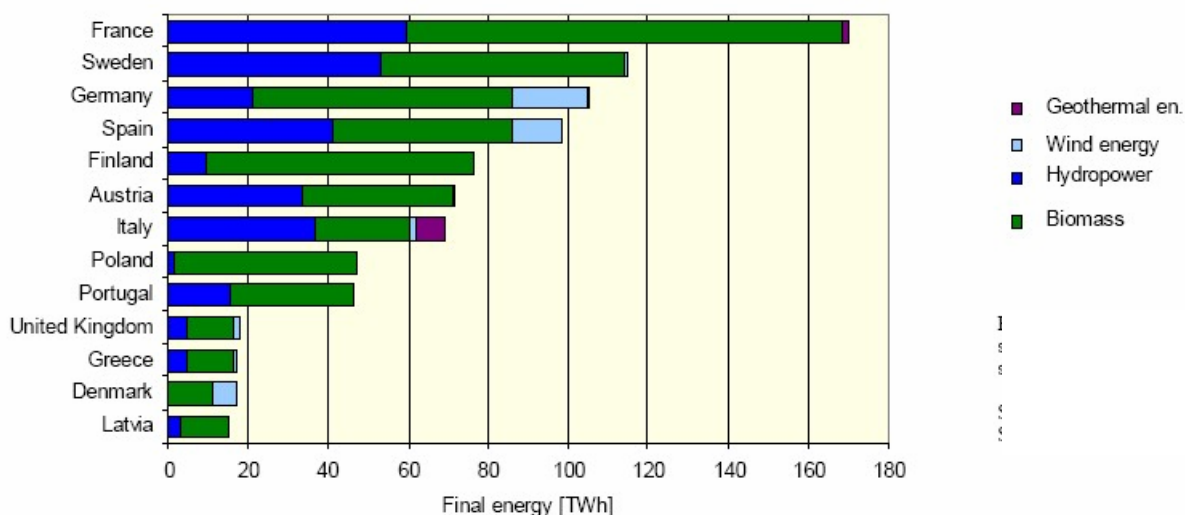


**Рис. 8. Рост генерирующих мощностей ветроэнергетики в странах ЕС-15 в 1997-2003 гг. (три лидирующих рынка)**

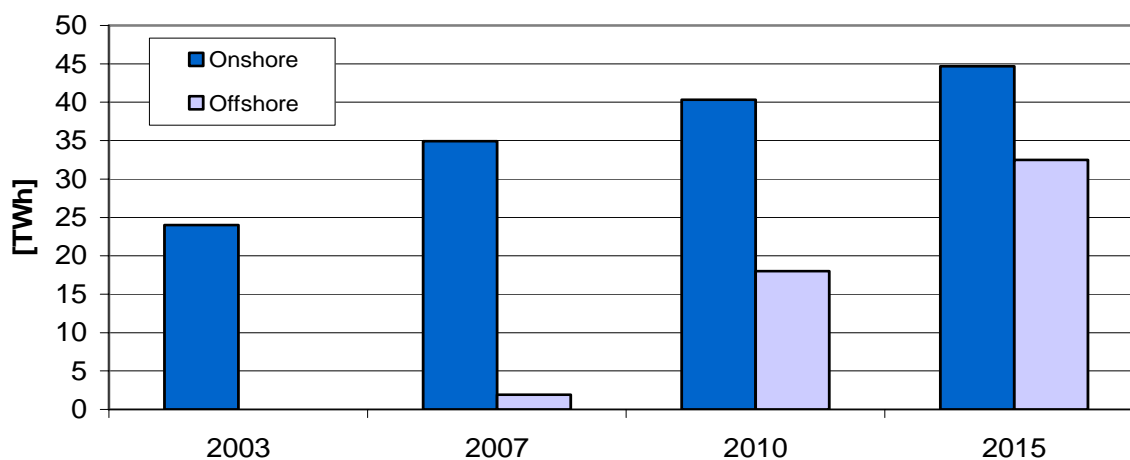


Источник: Европейская Комиссия, 2004.

**Рис. 9. Объем и доля ВИЭ в странах ЕС-15, 2003 г.**



**Рис. 10. Развитие ветроэнергетики в Германии**



Источник: Немецкое энергетическое агентство (2005)

**Таблица 1. ВИЭ: за и против**

Вид ВИЭ	Преимущества	Недостатки
<p><u>Биомасса</u></p> <p>Биомасса является самым старейшим из ВИЭ. Биоэнергия состоит из различных направлений и множества источников и технологий ее образования. Она представлена тремя конечными энергетическими продуктами: теплоэнергией, электроэнергией и разными видами жидкого топлива для транспорта.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Биомасса очень распространена и возобновляема;</li> <li>– Может генерировать энергию, используя отходы.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Сжигание биомассы может создавать загрязнение воздуха;</li> <li>– Производство биоэнергии может быть нерентабельно.</li> </ul>
<p><u>Геотермальная энергия</u></p> <p>Геотермальная энергия доступна в виде тепла, выделяемого с поверхности земли, обычно в виде горячих источников или течений. Горячая вода может быть использована для обогрева зданий, а пар может – для производства энергии.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Неограниченные запасы энергии;</li> <li>– Не производит загрязнения воздуха или воды.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Наилучшие источники ограничены определенными местами в мире;</li> <li>– Начальные издержки очень высоки;</li> <li>– Коррозия труб может быть проблемой;</li> <li>– Очень специфическое месторасположение.</li> </ul>
<p><u>Гидроэнергия</u></p> <p>Дамбы, построенные для контроля быстротекущих рек, могут быть использованы таким образом, что вода вращает турбины и производит электроэнергию. В моменты, когда энергия не нужна, вода может закачиваться в запасной резервуар.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Очень распространена, чиста и безопасна;</li> <li>– Легко хранится в резервуарах;</li> <li>– Предлагает такие рекреационные выгоды как рыбалка, катание на лодках и пр.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Может иметь значительные экологические и социально-экономические воздействия;</li> <li>– Гидроэнергия может быть использована только там, где есть соответствующее водные ресурсы.</li> </ul>
<p><u>Солнечная энергия</u></p> <p>Солнечное тепло может быть использовано для подогрева воды и отпления зданий. Солнечные элементы (solar cells) могут преобразовывать солнечный свет в электроэнергию.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Неограниченное предложение;</li> <li>– Не производит загрязнения воздуха или воды.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Надежность зависит от солнечного света;</li> <li>– Не является рентабельной в настоящее время;</li> <li>– Необходимы накопительные (аккумулирующие) и запасные мощности.</li> </ul>
<p><u>Энергия ветра</u></p> <p>Высокие ветровые турбины могут использовать энергию ветра для производства электроэнергии. Около 83% от всех установленных мощностей находятся всего в 5 странах: Дания, Германия, Италия, Испания и США.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Не производит загрязнения воздуха или воды;</li> <li>– Фермеры могут получать доход от выращиваемой электроэнергии, в то время как земля может использоваться и для других нужд.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Необходим постоянный ветер;</li> <li>– Ветровые установки могут иметь значительные визуальные последствия;</li> <li>– Ветровые фермы требуют значительных площадей;</li> <li>– Инвестиционные затраты могут различаться, однако по-прежнему значительны.</li> </ul>

**Таблица 2. Валовое потребление энергии в Беларуси**

	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>
<b>Производство</b>					
Сырая нефть (млн. т)	1.85	1.85	1.84	1.82	1.80
Природный газ (млрд. м <sup>3</sup> )	0.26	0.26	0.25	0.25	0.25
Торф древесина (млн.т) гидро (тыс. кВтч)	6.60	6.80	7.10	6.80	7.00
	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Всего производство (млн. т.у.т.)*	3.25	3.28	3.32	3.25	3.27
<b>Импорт</b>					
Сырая нефть (млн. т)	12.01	11.91	14.02	14.89	17.81
Природный газ (млрд. м <sup>3</sup> )	17.12	17.27	17.58	18.11	19.64
нефтепродукты (млн. т)	1.08	0.38	0.49	1.00	1.14
электроэнергия (тыс. кВтч)	7.22	8.32	6.79	7.40	4.05
уголь (млн. т)	0.43	0.43	0.33	0.30	0.30
Всего импорт (млн. т.у.т.)	28.92	28.52	30.58	32.53	35.99
<b>Экспорт</b>					
Сырая нефть (млн. т)	0.35	0.40	0.60	0.80	1.05
нефтепродукты (млн. т)	7.78	7.66	9.88	10.54	12.96
электроэнергия (тыс. кВтч)	0.00	0.00	0.23	0.75	0.80
Всего экспорт (млн. т.у.т.)	8.13	8.06	10.54	11.53	14.21
<b>Итого потребление энергии (млн. т.у.т.)</b>	<b>24.05</b>	<b>23.74</b>	<b>23.36</b>	<b>24.25</b>	<b>25.05</b>

*Примечание:* тонна нефтяного эквивалента определяется как 10 Гкал. Применяемые конверсионные коэффициенты: уголь, 0.39; сырая нефть и нефтепродукты, 1.0; природный газ, 0.81; торф и древесина, 0.18; электроэнергия, 0.25.

*Источник:* Министерство статистики и анализа и Всемирный банк.