

УДК 338.45:620.9(476)

## ПЛАН РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ ФЕДЕРАЛЬНОГО ПРАВИТЕЛЬСТВА ГЕРМАНИИ ДО 2050 г. – ОСНОВА УСТОЙЧИВОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ

Докт. экон. наук, проф. РИЗНЕР В.,  
канд. экон. наук, доц. НАГОРНОВ В. Н.

*Высшая школа Циттау – Герлиц (Германия),  
Белорусский национальный технический университет*

Принятый Федеральным правительством Германии план развития энергетики до 2050 г. предусматривает реальный рост ВВП по сравнению с 2008 г. на 139 % при одновременном сокращении потребления первичной энергии на 50 % и уменьшении на 85 % эмиссии парниковых газов. Это предполагает принципиальное изменение структуры источников первичной энергии, в которой должна возрасти доля возобновляемой энергии на 50 %, при увеличении общей генерации возобновляемой энергии – до 80 %. С этой точки зрения план развития энергетики Федерального правительства Германии является самым экологически претенциозным долгосрочным планом в мире. Обоснование исследования изложено в «Сценарии плана развития энергетики ФРГ» [1].

План развития энергетики методически отличается от обычных планов тем, что он формулирует государственные плановые задания, которые необходимо выполнить в любом случае. Основные задания плана следующие (относительно 2008 г.):

- сокращение эмиссии парниковых газов на 40 % к 2020 г. и на 85 % к 2050 г.;
- доля использования возобновляемой энергии в конечном потреблении должна составлять как минимум 18 % к 2020 г. и 50 % к 2050 г.;
- минимальное требование по увеличению энергоэффективности для выбранных сценариев на 2,3–2,5 % за год (сценарии II и III, табл. 1).

Следующее задание – это выбор сроков продления работы атомных станций на 4, 12, 20 или 28 лет. Наличие нескольких различных сроков обусловлено тем, что в настоящее время неясно, будет ли возможно продление эксплуатации действующих атомных станций, и если да, то на ка-

кой период времени. Последние события, связанные с авариями на японских АЭС, и предшествующие решения правительства Германии породили четыре разных сценария плана развития. В табл. 1 представлены различные сценарии развития энергетики.

Таблица 1

**Сценарии плана развития энергетики**

Показатель	Сценарий I	Сценарий II	Сценарий III	Сценарий IV	Тренд
Эмиссия парниковых газов	-40 % до 2020 г. -85 % до 2050 г.	-40 % до 2020 г. -85 % до 2050 г.	-40 % до 2020 г. -85 % до 2050 г.	-40 % до 2020 г. -85 % до 2050 г.	Проект экспертов
Продление действия атомных станций	4 года	12 лет	20 лет	28 лет	Не продлевать
Повышение энергоэффективности	Определяется эндогенно	2,3–2,5 % за год	2,3–2,5 % за год	Определяется эндогенно	Проект экспертов (1,7–1,9 % за год)
Возобновляемые источники энергии: доля в конечном валовом потреблении (2020 г.)	≥18 %	≥18 %	≥18 %	≥18 %	≥16 %
доля в потреблении первичной энергии (2050 г.)	≥50 %	≥50 %	≥50 %	≥50 %	Проект экспертов

Как видно, рассматривается еще один сценарий – «Тренд», в котором план развития происходит без государственного влияния, т. е. по традиционному пути.

В табл. 2 представлены главные факторы, влияющие на потребность в энергии до 2050 г.

Таблица 2

**Изменение факторов, определяющих потребность в энергии, %**

Показатель	2008 г.	2020 г.	2030 г.	2040 г.	2050 г.
Население (82,1 млн = 100)	100	98	96	94	90
Домашние хозяйства (39,6 млн = 100)	100	103	104	104	100
Реальный ВВП (2270 млрд € = 100)	100	107	116	126	139
Реальный промышленный продукт (491 млрд € = 100)	100	103	108	114	122
Наличие легковых автомобилей (46,4 млн шт. = 100)	100	105	106	104	101
Грузооборот товаров (654 млрд т·км = 100)	100	119	135	148	163

Следующий важный фактор для развития потребления энергии – ожидаемое изменение цен на энергоносители в период до 2050 г. (табл. 3, за базу взяты цены 2008 г.).

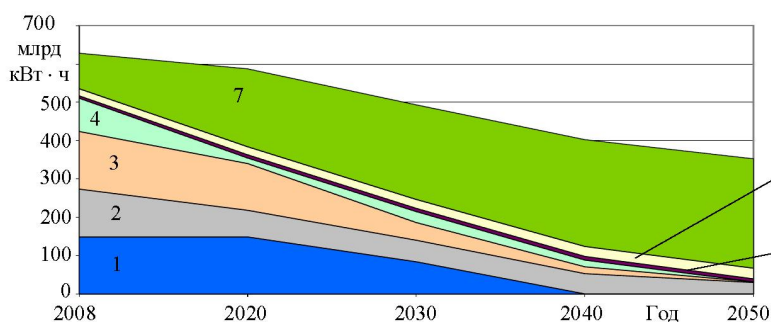
Таблица 3

**Ожидаемое изменение цен на энергию**

Показатель	2008 г.	2020 г.	2030 г.	2040 г.	2050 г.
Реальная цена на нефть, %	100	104	117	128	138
Цена на CO <sub>2</sub> – сертификаты, €/т	–	20	38,3	56,7	75,0
Мазут для домашних хозяйств, цент/л	100	106	131	143	182
Газ для домашних хозяйств, цент/кВт·ч	100	101	113	124	135
Электроэнергия для домашних хозяйств, цент/кВт·ч	100	97	101	103	99
Бензин, €/л	100	109	122	137	153

Изменение структуры топливно-энергетического баланса представлено на рис. 1.

**Структура топливно-энергетического баланса для производства электроэнергии в 2008–2050 гг. при условии продления действия атомных станций на 12 лет**



*Рис. 1.* Топливо-энергетический баланс ФРГ: 1 – атомная энергия; 2 – каменный уголь; 3 – бурый уголь; 4 – природный газ; 5 – ГАЭС; 6 – другие ресурсы; 7 – возобновляемые источники энергии

На рис. 1 видно, что производство электроэнергии в Германии до 2050 г. по сравнению с 2008 г. должно сократиться примерно на половину. Одновременно изменяется доля отдельных энергоносителей. Так, производство атомной энергии прекращается в 2040 г. Использование бурого угля и природного газа при производстве электроэнергии заканчивается также до 2050 г. До 80 % электроэнергии ФРГ в 2050 г. должно производиться из возобновляемых источников, остальные 20 % – прежде всего за счет использования импортируемого каменного угля, так как на основе действующих планов собственная добыча угля будет завершена исходя из экономических соображений.

Вследствие того что собственное производство электроэнергии не сможет покрыть общую потребность, предусмотрен импорт электроэнергии из ближнего и дальнего зарубежья, преимущественно из возобновляемых источников энергии, в частности из Норвегии (гидроэнергия) и Африки (проект Desertec). Таким образом, сегодняшнее положительное сальдо станет отрицательным (табл. 4).

*Таблица 4*

**Изменение сальдо импорта электроэнергии, ТВт · ч**

Показатель	2008 г.	2020 г.	2030 г.	2040 г.	2050 г.
Потребление брутто	614	550	515	492	460
Производство брутто	637	588	496	405	354
Сальдо	23	38	-19	-87	-106

Согласно данным табл. 4 ФРГ превратится из экспортирующей электроэнергию страны в импортирующую, с быстро возрастающей долей потребления импортированной энергии, которая в 2050 г. достигнет 23 % от общего потребления электроэнергии брутто.

Сокращение потребления электроэнергии брутто на 75 % в 2050 г. по сравнению с 2008 г., так же как и потребления конечной энергии в целом на 58 %, возможно только при условии активного участия всех энергопотребляющих секторов (табл. 5).

Таблица 5

**Снижение конечного потребления энергии по секторам, ПДж**

Сектор	2008 г.	2020 г.	2050 г.	2050/2008 гг.
Домашние хозяйства	2500	2206	1381	0,55
Бизнес, торговля, услуги	1406	1143	738	0,52
Промышленность	2647	2287	1634	0,62
Транспорт	2574	2408	1518	0,59
Итого	9127	8044	5271	0,58

Наибольшие трудности по сокращению потребления конечной энергии могут возникнуть в секторах «Бизнес, торговля, услуги» и «Домашние хозяйства» в связи с уменьшением потребления более чем на половину.

Проанализируем кратко потребление энергии по отдельным секторам. Домашними хозяйствами (без транспорта) в 2008 г. потреблено более четверти всей энергии (27 %). В структуре потребления энергии домашними хозяйствами доля отопления помещений составила 77 %, горячего водоснабжения – 10, приготовление пищи – 2 и электроэнергии – 11 %. Табл. 6 показывает изменение энергопотребления домашних хозяйств до 2050 г. Из нее следует, что для обогрева помещений как по основной статье предусмотрено снижение потребления энергии почти наполовину. По сценарию II снижение будет больше, чем по базовому (без государственных мероприятий). Здесь самый высокий показатель для отопления – 1,48, что свидетельствует о необходимости осуществления значительных государственных мероприятий в этой области.

Путь достижения поставленных целей показан в табл. 7. В соответствии с данными, представленными в табл. 7, в 2050 г. по сравнению с 2008 г. новые постройки должны потреблять всего лишь 2 % тепловой энергии. Это в 11,5 раза меньше по отношению к значению, принятому для базового сценария. Около 40 млн квартир старого жилья за счет мероприятий по модернизации должны будут сократить потребление тепловой энергии на четверть, а полностью модернизированные старые постройки – уменьшить потребление на пятую часть, что соответствует удвоению значения базового сценария.

Таблица 6

**Снижение энергопотребления для отдельных видов потребителей (2008 = 100 %)**

Вид потребления	Сценарий	2020 г.	2050 г.	Базовый/ Сценарий II
Отопление	Базовый сценарий	89	71	1,48
	Сценарий II	86	48	
Горячая вода	Базовый сценарий	91	90	1,02
	Сценарий II	97	88	
Приготовление пищи	Базовый сценарий	91	76	1,36
	Сценарий II	88	56	
Электрические приборы	Базовый сценарий	99	88	1,26
	Сценарий II	96	70	
Общее потребление	Базовый сценарий	91	75	1,36
	Сценарий II	88	55	

Таблица 7

**Снижение удельных расходов на отопление  
для различных жилых построек (2008 г. = 100 %)**

Вид потребителей	Сценарий	2020 г.	2050 г.	Базовый/ Сценарий II
Новые постройки	Базовый сценарий	43	23	11,5
	Сценарий II	23	2	
Старые постройки	Базовый сценарий	76	49	1,8
	Сценарий II	73	27	
Модернизированные старые постройки	Базовый сценарий	77	50	2,5
	Сценарий II	62	20	

Хотя сектор «Бизнес, торговля, услуги» согласно табл. 5 будет потреблять лишь 60 % энергии по сравнению с домашними хозяйствами, он подвержен наибольшей динамике. Цели по снижению энергопотребления отдельных видов потребителей этого сектора демонстрирует табл. 8.

Таблица 8

**Целевые показатели для сектора «Бизнес, торговля, услуги» (2008 г. = 100 %)**

Вид потребления	Сценарий	2020 г.	2050 г.	Базовый/ Сценарий II
Тепловые процессы	Базовый сценарий	90	84	1,2
	Сценарий II	90	69	
Силовые процессы	Базовый сценарий	90	74	1,2
	Сценарий II	87	64	
Офисные электроприборы	Базовый сценарий	75	50	1,0
	Сценарий II	75	50	
Охлаждение и кондиционирование	Базовый сценарий	120	320	1,1
	Сценарий II	120	300	
Отопление помещений	Базовый сценарий	77	18	18
	Сценарий II	62	1	
Освещение	Базовый сценарий	85	58	1,1
	Сценарий II	83	53	

Потребление энергии на отопление помещений, имеющее наибольший удельный вес в целевых показателях сектора, должно быть снижено до 1 % в 2050 г. по сравнению с 2008 г., что в 18 раз меньше значения базового сценария. И напротив, в секторе охлаждения и кондиционирования ожидается сильное увеличение потребления энергии (в три раза больше, чем в 2008 г.).

Согласно табл. 5 промышленность в 2008 г. с долей в 29 % была крупнейшим потребителем конечной энергии. Для этого сектора также определены цели по снижению энергопотребления до 2050 г. (табл. 9).

Таблица 9

**Целевые показатели промышленности (2008 г. = 100 %)**

Вид потребления	Сценарий	2020 г.	2050 г.	Базовый/ Сценарий П
Теплота на технологические цели	Базовый сценарий	87	66	1,3
	Сценарий П	85	51	
Потребление электроэнергии	Базовый сценарий	87	78	1,4
	Сценарий П	85	55	
Общее потребление конечной энергии	Базовый сценарий	86	67	1,3
	Сценарий П	84	50	

Из относительных величин (Базовый/Сценарий П) видно, что эти цели значительно ниже, чем для других секторов. Данное обстоятельство обусловлено тем, что промышленность, находясь в сфере мировой конкуренции, обладает саморегуляцией в области повышения энергоэффективности.

Из табл. 2 видно, что к 2050 г. ожидается увеличение грузооборота товаров на 163 % по сравнению к 2008 г. Чтобы ограничить связанное с этим увеличение потребления энергии, должны быть максимально интенсивно задействованы энергоэффективный транспорт и автомобили. Табл. 10 отражает постановку целей.

Таблица 10

**Воздействие транспорта на энергоёмкость (2008 г. = 100 %)**

Вид транспорта	Сценарий	2020 г.	2050 г.	Базовый/ Сценарий П
Автомобильный	Базовый сценарий	120	160	1,1
	Сценарий П	117	144	
Железнодорожный	Базовый сценарий	122	181	0,7
	Сценарий П	134	244	
Водный	Базовый сценарий	105	127	0,8
	Сценарий П	111	153	
Воздушный	Базовый сценарий	200	400	1,3
	Сценарий П	200	300	

Как видно, автомобильный и воздушный транспорт должен использоваться в меньшей мере, вместе с тем как железнодорожный и водный – более интенсивно.

Внедрение энергоэффективных транспортных средств иллюстрирует табл. 11 на примере легковых автомобилей.

Таблица 11

## Развитие энергопотребления легковых автомобилей (2008 г. = 100 %)

Автомобили	Сценарий	2020 г.	2050 г.	Базовый/ Сценарий II
Новые	Базовый сценарий	85	46	1,2
	Сценарий II	80	38	
Имеющиеся	Базовый сценарий	84	47	1,3
	Сценарий II	83	36	

При формировании табл. 11 исходили из того, что удельное потребление энергии легковыми автомобилями с 2008 г. до 2050 г. сократится как у новых автомобилей, так и у эксплуатируемых примерно на две трети. Этому должен поспособствовать ввод в эксплуатацию к 2020 г. одного миллиона, а в 2030 г. – шести миллионов электромобилей.

Рассмотрим главные вероятные проблемы по реализации государственного плана развития энергетики. План развития исходит из того, что в 2050 г. 80 % электроэнергии будет производиться на базе возобновляемых источников, в том числе 60 % – из энергии ветра. Генерация из энергии ветра будет осуществляться на одну треть на материке и две трети в оффшор-зоне. В обоих случаях это обозначает перемещение мест размещения производства энергии с юга, где также находятся более крупные потребители, на север Германии. Это в свою очередь повлечет за собой реорганизацию сетей, чтобы доставлять электроэнергию к потребителям. Наряду с высокой стоимостью строительства электросетей имеются и протесты со стороны населения, что крайне тормозит реорганизацию. Требуемые кабельные сети вместо воздушных линий электропередачи увеличивают стоимость в пять раз.

Доля ветра и солнца в производстве электроэнергии, которые не являются стабильными источниками энергии, должна до 2050 г. составлять более 60 %. Это вызывает необходимость применения электрических аккумуляторов или быстро запускаемых станций, которые примут на себя генерацию электроэнергии в случае прекращения ветра или солнечного света. Наиболее целесообразны для этого ГАЭС, но для их строительства в Германии нет необходимых площадок. Возможно для этих целей использовать подходящие места в Норвегии. Однако сомнительно, согласятся ли на это правительство и население Норвегии. Если в качестве решения придется применять быстрозапускаемые станции (на базе природного газа), то это окажется дорогостоящим и не нейтральным в смысле парниковых газов.

В соответствии с табл. 4 в 2050 г. почти четверть потребляемой электроэнергии должна быть покрыта импортом электроэнергии, которая также будет произведена из возобновляемых источников в экспортирующих странах. В первую очередь предусмотрено использование солнечной энергии в Африке (Desertec), на гидроаккумулирующих электростанциях в Норвегии и геотермальной энергии в Исландии. Это требует наряду с генерирующими устройствами ввод трансъевропейских и трансконтинентальных электрических сетей. Рассматриваемый план предполагает стабильную государственную политику в сфере охраны и сохранения окру-

жающей среды, а также генерации энергии в соответствующих странах-импортерах.

Чтобы достичь быстрого желаемого перехода на возобновляемые источники энергии (ВИЭ), необходима государственная поддержка, которая обеспечена законом о возобновляемой энергии. На его основании, например, производители энергии из возобновляемых источников станут получать в течение 20 лет гарантированную государством оплату за произведенную электроэнергию. Оплата будет превышать в несколько раз расходы на производство традиционной электроэнергии и вноситься каждым потребителем электроэнергии в качестве надбавки для ВИЭ на сумму затрат на электроэнергию. В 2011 г. эти дополнительные выплаты (отчисления на покупку электроэнергии от ВИЭ) составляют 3,53 цента/(кВт·ч), что соответствует общей выплате в размере 12,7 млрд €. По сравнению с затратами на традиционно произведенную электроэнергию это составляет 8,2 млрд € дополнительных расходов. Так как дополнительные расходы вопреки запланированному снижению общих затрат возрастают, со стороны населения и промышленных потребителей возникает растущий протест, который ставит под сомнение дальнейшее функционирование закона о возобновляемой энергии.

Согласно табл. 1 ежегодное увеличение энергоэффективности задано в размере 2,3–2,5 % в год, что по сравнению с последними 20 годами (1,7–1,9 % в год) соответствует повышению на треть. Учитывая, что в прошлом уже были реализованы многочисленные энергетические программы по повышению энергоэффективности (особенно в Восточной Германии), новые задачи претенциозные и сопряжены с рисками, которые подробнее рассмотрим ниже.

В настоящее время здания требуют около 40 % конечной потребляемой энергии Германии (в основном на отопление). К 2050 г. образовавшийся фонд зданий должен стать климатически нейтральным, что вызывает необходимость увеличения доли ежегодной реконструкции с менее чем 1 % сегодня и до 2 % в будущем. Это соответствует энергетической реконструкции 800000 квартир за год. Но сомнительно, будут ли готовы жильцы данных квартир добровольно брать необходимые кредиты на реконструкцию, даже при наличии государственной поддержки.

Поставленные цели по повышению энергоэффективности транспорта должны в первую очередь достигаться за счет увеличения доли гибридных и электрических двигателей (6 млн в 2030 г.), причем последние в дальнейшем будут служить как электрические аккумуляторы для сглаживания колебаний мощности на гарантированных генерирующих источниках электроэнергии. Одновременно с увеличением доли биотоплива сократится эмиссия парниковых газов. Но это направление может вызвать конфликты с пищевой промышленностью. Повышение энергоэффективности за счет сокращения личных автомобилей с одновременным увеличением общественного транспорта, а также перевод грузопотока с автодорог на железнодорожный транспорт дают сегодня едва ощутимый эффект.

Потребление энергии промышленностью определяется в первую очередь изменением цен на энергию. Они должны увеличиться за счет необходимости покупки CO<sub>2</sub>-сертификатов в рамках всемирной торговли сер-



тификатами на эмиссию, которые к тому же будут являться импульсом для новых энергосберегающих мероприятий. Благодаря растущим ценам на покупку сертификатов в значительной степени будут покрыты необходимые инвестиции в 20 млрд € ежегодно для реализации плана развития энергетики [2]. В настоящее время, правда, не понятно, когда будет торговля CO<sub>2</sub>-сертификатами введена и какие установятся на них цены. Если негативные ожидания по покупке CO<sub>2</sub>-сертификатов осуществляются, то финансирование плана развития энергетики станет проблемой.

В табл. 12 представлены наиболее значимые цели немецкого плана развития энергетики до 2050 г.

Таблица 12

Главные цели плана развития энергетики [2]

Показатель	2020 г.	2030 г.	2040 г.	2050 г.
Снижение эмиссии парниковых газов (1990 г. = 100 %)	-40 %	-55 %	-70 %	-80-95 %
Доля возобновляемых источников энергии в общем потреблении энергии	18 %	30 %	45 %	60 %
Доля возобновляемых источников в потреблении электроэнергии	35 %	50 %	65 %	80 %
Снижение потребления первичной энергии (база – 2008 г.)	-20 %	–	–	-50 %
Снижение потребления электроэнергии (база – 2008 г.)	-10 %	–	–	-40 %

## ВЫВОД

В плане развития энергетики Германии намечены коренные изменения структуры топливно-энергетического баланса республики вплоть до полного отказа от производства электроэнергии на атомных электростанциях при одновременном увеличении генерации электроэнергии на возобновляемых источниках и росте импорта энергии из-за рубежа. План развития энергетики базируется на существенном сокращении энергоемкости ВВП.

## ЛИТЕРАТУРА

1. S t u d i e: Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung. Prognos AG, EWI, GWS 2010.
2. E n e r g i e k o n z e p t für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung vom 28. September 2010 (Beschluss).

Представлена кафедрой экономики  
и организации энергетики

Поступила 14.04.2011