

Эта статья была опубликована в кн.: Проблемы строительной теплофизики систем обеспечения микроклимата и энергосбережения в зданиях. - Сборник докладов пятой научно - практической конференции 26-28 апреля 2000 года. (Академические чтения). М., НИИСФ, 2000, стр.11-34.

*Гагарин В.Г.,*  
г.Москва

## **О ПОКАЗАТЕЛЯХ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ**

### **1. Введение.**

Причиной, для написания этой статьи послужила неопределенность в публикациях по нашей специальности, посвященных экономии энергии на отопление зданий. Как правило, эти работы не содержат научного обоснования необходимости экономии энергии, количественных показателей, определяющих цели, способы и возможные пределы экономии энергии, возможность осуществления энергосберегающих технологий в больших масштабах. Вместо этого в них присутствуют эмоциональные суждения типа «хватит топить улицу», утверждения, что в России энергия тратится гораздо менее эффективно, чем в «цивилизованных» странах, подкрепленные случайными данными, приводятся показатели, которые тенденциозно и не полно отражают ситуацию с потреблением энергии, причем без ссылок на источник. Встречаются и обычные ошибки, которые кочуют из работы в работу. Очень редко используется статистический материал.

В связи с этими обстоятельствами представляется полезной публикация данных по потреблению энергии, взятых из достаточно надежных источников и некоторое их обсуждение.

### **2. Единицы измерения энергии.**

В работах по экономии энергии используются различные единицы измерения энергии, что затрудняет сопоставление данных. Это вызвано различием используемых единиц в разных странах. Отечественные авторы используют данные и не всегда дают эквивалент единиц измерения в СИ.

В нашей стране используется понятие *условного топлива* (у.т.), в качестве единицы у.т. принимают 1 кг твердого или 1 м<sup>3</sup> газообразного топлива с низшей теплотой сгорания 29,3 МДж/кг. Такая величина была принята из расчета, что низшая теплота сгорания 1 грамма у.т. равна 7000 кал., эта величина характерна для качественного каменного угля - антрацита. Энергия измеряется в тоннах условного топлива. В [1] приведены эквиваленты для пересчета натуральных топлив в эквивалентное: тонна угля эк-

вивалентна 0,718 т у.т., нефти- 1,43, мазута – 1,3, горючих сланцев – 0,353, торфа – 0,4, дров – 0,249 т у.т., 1 м<sup>3</sup> природного газа эквивалентен 1,17-1,20 кг у.т. Следует добавить, что 1 т у.т. соответствует 7 Гкал.

В статистических ежегодниках ООН [2] используется аналогичное понятие – *угольный эквивалент* (у.э.), который определяется так же, как и наше условное топливо (теплота сгорания 1 грамма у.э. равна 7000 кал.), но эквиваленты для пересчета отличаются. Так, 1 т угля, как антрацита, так и бурого, эквивалентна 1,0 т у.э., торфа для топлива – 0,325, торфа в брикетах – 0,50, сырой нефти – 1,429, нефтяного конденсата – 1,554 т у.э.; 1000 кВт ч = 0,123 т у.э. [2]. Т.к. кг у.т. и кг у.э. соответствуют одному количеству энергии (29,3 МДж), то в данной статье они считаются равными и употребляется у.т.

В ряде статистических ежегодников [3], [4] и др. используется понятие – *нефтяной эквивалент* (н.э.), в качестве единицы н.э. принимают 1 кг топлива с низшей теплотой сгорания 41,86 МДж/кг [4]. Легко получить, что 1 т н.э. = 1,43 т у.т.

В [5] приведены данные, позволяющие рассчитать топливный эквивалент 1 м<sup>3</sup> природного газа: 1 ГДж = 10<sup>9</sup> Дж = 31,6 м<sup>3</sup> природного газа. Отсюда следует, что 1 м<sup>3</sup> природного газа эквивалентен 1,08 кг у.т. Эта величина отличается от эквивалента, принятого в России, но используется в [2].

Кроме угля, нефти и газа существенный вклад в ресурсную часть энергетического баланса вносит производство первичного электричества, т.е. электроэнергия, вырабатываемая на атомных и гидроэлектростанциях. В [6] пересчет первичного электричества производится с учетом глобально осредненного КПД ТЭС, который равен 0,385, это равносильно утверждению, что 1 кВт·ч первичного электричества эквивалентен 0,319 кг у.т.. Этот эквивалент использовался в России до 1995 г. [7], с 1996 г. методика пересчета была изменена и, как показывают расчеты, эквивалент 1кВт·ч первичного электричества составил 0,345 кг у.т. В статистических ежегодниках ООН [2] используется другой эквивалент, для пересчета первичного электричества выработанного в России, расчеты показали, что в 1992-95 годах он составил в среднем 0,213 кг у.т./кВт·ч. В ежегодниках [4] также используются другие эквиваленты, причем различные для разных стран и для электроэнергии гидро- и атомных электростанций. Расчеты показали, что для электроэнергии ГЭС этот эквивалент в большинстве случаев равен 0,13 кг у.т./кВт·ч, а для электроэнергии АЭС – 0,39 кг у.т./кВт·ч

В настоящей статье пересчеты, если специально не оговорено, выполнены с использованием эквивалентов, принятых в [2]. При ссылке на источник, величины приведены в единицах источника.

### **3. Основное уравнение для прогноза и анализа потребления энергии.**

Потребление энергии является одним из определяющих факторов развития человеческого общества. В свою очередь на потребление энергии

оказывают также определяющее влияние уровень социального и технологического развития общества и природно – климатический факторы. Поэтому точный прогноз потребления энергии затруднителен. Все методы прогнозирования и анализа потребления энергии (Э) в мире или стране основаны на представлении уравнения потребления энергии в виде:

$$\mathcal{E} = P_1 \cdot (P_2/P_1) \cdot (P_3/P_2) \cdots (\mathcal{E}/P_n) \quad (1)$$

Где  $P_1, P_2, \dots, P_n$  – какие –либо показатели экономические, социальные или природно – климатические мира или страны соответственно. Корректность прогноза и анализа основаны на том, насколько обоснованно выбраны эти параметры и насколько представительными являются их отношения.

#### 4. Прогноз потребления энергии в мире с использованием показателей Внутреннего валового продукта (ВВП).

При традиционном подходе к проблеме, мировое потребление энергии в будущем вычисляется при помощи уравнения вида [6]:

$$\mathcal{E} = H \cdot (\Sigma ВВП/H) \cdot (\mathcal{E} / \Sigma ВВП) \quad (2)$$

Или при помощи уравнения:

$$\mathcal{E} = \Sigma ВВП \cdot (\mathcal{E} / \Sigma ВВП) \quad (3)$$

Или при помощи уравнения:

$$(\mathcal{E} / H) = (\Sigma ВВП/H) \cdot (\mathcal{E} / \Sigma ВВП) \quad (4)$$

Где  $H$  – численность населения,  $\Sigma ВВП$  – мировой валовой внутренний (национальный) продукт. В уравнении (2) в качестве  $P_1$  принята численность населения, в качестве  $P_2$  принят мировой валовой внутренний продукт. В уравнении (3) в качестве  $P_1$  принят мировой валовой внутренний продукт.

ВВП на душу населения ( $\Sigma ВВП/H$ ) отражает некоторый средний уровень жизни,  $(\mathcal{E} / H)$  – потребление энергии на душу населения,  $(\mathcal{E} / \Sigma ВВП)$  – энергоёмкость ВВП.

Прогноз энергопотребления делается на основе прогнозов изменения численности населения планеты, ВВП, приходящегося на душу населения ( $\Sigma ВВП/H$ ) и энергоёмкости ВВП ( $\mathcal{E} / \Sigma ВВП$ ). Например, в [8] приведены результаты прогноза такого типа до 2010 года. При этом отмечено, что «согласно большинству прогнозов среднегодовые темпы прироста мирового ВВП в ближайшие 10 –15 лет будут изменяться в интервале 2,0 –2,6%», поэтому автор предположил, что этот показатель равен 2,3%. Далее автор фактически предположил, что  $\mathcal{E} / \Sigma ВВП \approx const$  и, используя уравнение (3), смог вычислить мировое потребление энергии для любого года  $N$  после 1996 (который он принял за базовый) по-видимому по формуле:

$$\mathcal{E}_N = \mathcal{E}_{1996} \cdot (1,023)^{N-1996} \quad (5)$$

Так для 2010 года получено  $\mathcal{E}_{2010} = 16600$  млн. т у.т. Далее в [8] оценена структура мирового энергопотребления. Эти данные представлены в табл. 1.

Таблица 1.

Прогнозная оценка структуры мирового энергопотребления [8].

	1996		2000		2010	
	млн. т у.т.	%	млн. т у.т.	%	млн. т у.т.	%
Потребление, всего	12068	100	13300	100	16600	100
<i>в т. ч.</i>						
Жидкое топливо	4770	39,6	5370	40,4	6650	40,0
Природный газ	2839	23,5	3020	22,7	3970	23,9
Твердое топливо	3250	26,9	3645	27,4	4580	27,7
Гидроэнергия	314	2,6	345	2,6	440	2,6
Атомная энергия	895	7,4	920	6,9	960	5,8

Как видно из приведенного примера прогнозы, сделанные таким путем являются весьма субъективными, так как надежных методов прогнозирования ( $\Sigma ВВП/Н$ ) и ( $\mathcal{E}/\Sigma ВВП$ ) нет, и эти параметры недостаточно полно отражают экономические и политические процессы в мире, не говоря уж о природно-климатических. Как отмечено в [6] величины ( $\Sigma ВВП/Н$ ) и ( $\mathcal{E}/\Sigma ВВП$ ) «не имеют ясных асимптот» т.к. единица измерения ВВП – доллар США «испытывает сильные временные колебания». Неудивительно, что прогнозы, выполненные этим способом, могут оказаться невероятными, так в [6] указывается на такой прогноз, согласно которому мировое энергопотребление к середине XXI века достигнет 60 Гт у.т./год. Между тем, эта величина получается при расчете по методике примененной в [8] при условии, что темпы прироста мирового ВВП составят всего 3%/год (вместо используемого в [8] значения 2,3%/год).

В [6] предложено называть такие подходы к прогнозированию потребления энергии телеологическими.

### 5. Анализ потребления энергии в стране на основе его связи с ВВП.

Параметры уравнений вида (2), (3), (4) часто используются для оценки сравнительной эффективности потребления энергии в различных странах и для обоснования необходимости экономии энергии в нашей стране. Для этого в уравнениях используются ВВП, численность населения и потребление энергии для конкретной страны вместо значений этих показателей для всего мира и эти уравнения принимают соответственно вид:

$$\mathcal{E} = N \cdot (ВВП/Н) \cdot (\mathcal{E}/ВВП) \quad (2a)$$

$$\mathcal{E} = ВВП \cdot (\mathcal{E}/ВВП) \quad (3a)$$

$$(\mathcal{E}/Н) = (ВВП/Н) \cdot (\mathcal{E}/ВВП) \quad (4a)$$

Например, в [9] приведены значения ( $ВВП/Н$ ) и ( $E/Н$ ) а также энергоёмкость социальных расходов ( $\mathcal{E}/CP$ ) и социальные расходы на душу населения ( $CP/P$ ) для нескольких стран табл.2. Поскольку энергоёмкость ВВП и социальных расходов в России во много раз превосходит аналогичный показатель в остальных приведенных странах, то сформулирован вывод, что «это делает нашу жизнь недопустимо расточительной, а нашу продукцию неконкурентоспособной не только на мировом, но и на внут-

реннем рынке». В принципе этот вывод правильный, он многократно подтвержден историей нашей страны и из него должен последовать логичный вывод о том, что надо немедленно изолироваться от мирового рынка, это убедительно показано в [10]. Однако автор [9] – В.В. Бушуев, отмечая неприемлемость увеличения душевого потребления энергии в стране в два раза, что необходимо чтобы достичь уровня стран со средним достатком с уровнем душевого ВВП 10-12 тыс. дол. (Испания, Греция), считает необходимым переход «к вектору энергоэффективности», одним из аспектов которой является энергосбережение. В.В. Бушуев отмечает, что потенциал энергосбережения в России достигает 30% от добываемых топливно-энергетических ресурсов, а ежегодная экономия энергоресурсов может достичь к 2010 году 200 – 250 млн. т у.т.

Таблица 2.

Показатели потребления энергии для нескольких стран [9] (условные обозначения данной статьи).

Страна	Энергоемкость социальных расходов [9], (Э/СР), т у.т./ тыс. дол.	ВВП на душу населения [9], (ВВП/Н), тыс. дол./чел.	Социальные расходы на душу населения [9], (СР/Н), тыс. дол./чел.	Потребление энергии на душу населения, (Э/Н) [9], т у.т./чел.	Энергоемкость ВВП, (Э/ВВП) (расчитано по данным [9]), т у.т./ тыс. дол.
1	2	3	4	5	4
Франция	0,84	21,6	7,6	6,4	0,296
Израиль	1,46	12,7	3,0	4,4	0,346
Финляндия	1,78	23,7	5,0	8,9	0,376
США	4,13	22,6	3,0	12,4	0,549
Индия	4,17	0,6	0,06	0,25	0,417
Болгария	7,80	2,0	0,5	3,9	1,95
Россия	20,7	4,0	0,3	6,2	1,55
Россия, при условии экономии 250 млн. т у.т. в год (расчет)	15,0	4,0	0,3	4,5	1,125

Предположим, что такая экономия энергии в России будет достигнута уже в текущем году, а ВВП останется на прежнем уровне. Тогда душевое энергопотребление уменьшится на  $250000000/148000000=1,7$  т у.т./чел. и составит  $6,2-1,7=4,5$  т у.т./чел. Энергоемкость ВВП составит  $4,5/4=1,125$  т у.т./тыс. дол., а энергоемкость социальных расходов –  $(4,5/6,2) \cdot 20,7=15,0$  т у.т./тыс. дол. Получается, что в результате экономии энергии наша страна не только не достигнет уровня энергоемкости ВВП стран даже со средним достатком, но и почти не приблизится к ним не говоря уже о «цивилизованных» странах. Стоит ли в таком случае вообще заниматься экономией энергии?

Из проведенного рассуждения не следует, что не надо экономить энергию, а следует то, что использованная в [9] система показателей не указывает на необходимость экономии энергии. Этот вывод является частным случаем общего положения, что деньги не могут быть всеобщим эквивалентом.

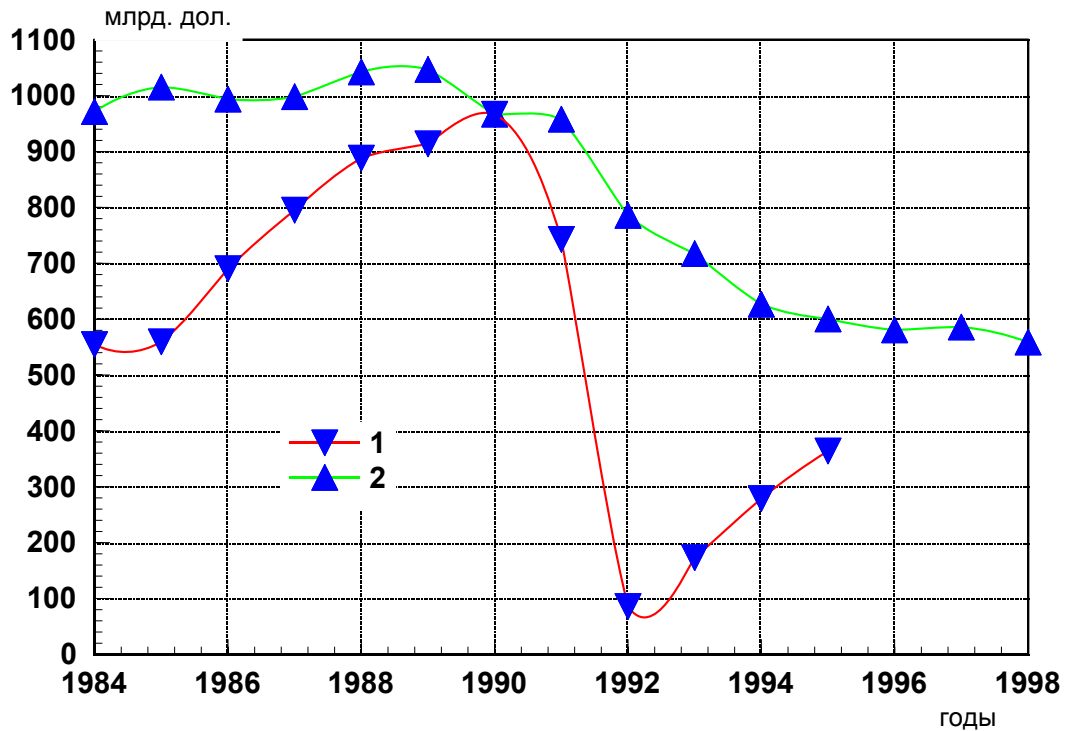


Рис. 1. Изменение ВВП России, по данным [2], данные за 1996-1998 годы получены расчетом по индексам ВВП из [11].

- 1- изменение ВВП в текущих ценах;
- 2- изменение ВВП по ППС в ценах 1990 года.

В целом при использовании ВВП для каких-либо оценок необходимо учитывать ряд обстоятельств, о которых часто забывают. Прежде всего, ВВП может измеряться в дол. США по биржевому курсу, по паритету покупательной способности (ППС) в текущих ценах, по ППС в ценах какого-либо конкретного года. На рис. 1 представлено изменение ВВП в России по двум из этих курсов, как видно разница может быть весьма существенной. (Душевое потребление энергии в России в этот период изменялось незначительно). Наиболее представительным является ВВП по ППС в ценах конкретного года, (например 1990). При использовании такого ВВП необходимо указывать, какой год использован в качестве базового (в [9] это не указано), в противном случае данные нельзя будет сопоставить с данными других источников. Далее, «внутренний валовой продукт» (ВВП) определяется как сумма стоимости всех работ и услуг в стране за год. Каждая страна имеет свои особенности, которые искажают ВВП. Например, в России часть услуг, особенно при недостатке денежной массы, не оплачивается через финансовые органы, а заменяется взаимными услугами, что

приводит к занижению ВВП. В США большая часть ВВП приходится на создание программных продуктов, шоу-бизнес, адвокатские услуги и тому подобные работы, которые несопоставимы по энергозатратам со сферой материального производства. Поэтому энергоёмкость ВВП является очень условной величиной.

Рассмотрим значения параметров уравнения (4) для европейских стран табл. 3. Интересно отметить, что наибольшей энергоёмкостью ВВП обладает Польша и Румыния, наименьшей - Австрия и Швейцария.

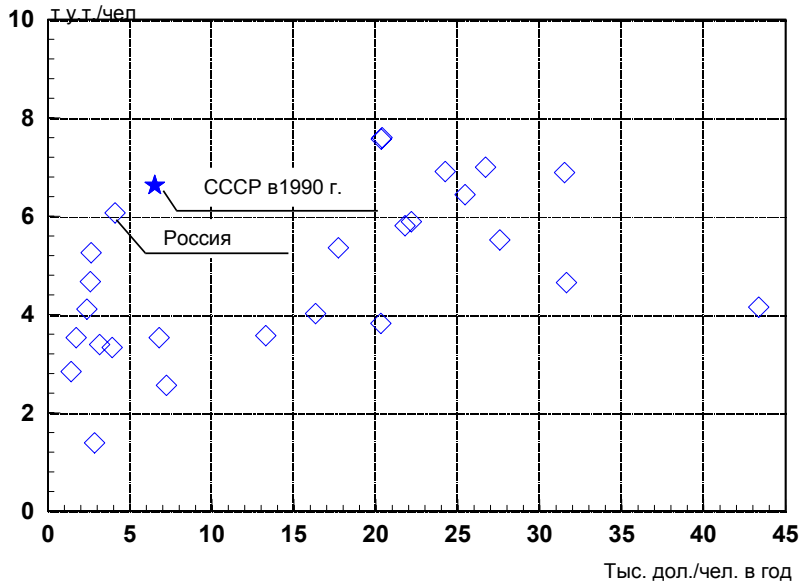


Рис.2. Душевое потребление энергии в зависимости от душевого ВВП для европейских стран, расчет по данным [2] для 1995 г.

В соответствии с уравнением (4) для каждой страны значения столбца 2 равно произведению значений столбцов 3 и 4. При анализе энергопотребления страны часто исходят из того, что душевое потребление энергии пропорционально душевому ВВП, а коэффициент пропорциональности – энергоёмкость ВВП, является показателем энергоэффективности хозяйства страны, чем он меньше, тем выше энергоэффективность хозяйства страны. Фактически такой подход применен в [8] и [9]. Рис. 2 показывает, что такая пропорциональность практически не выполняется.

Раздельный анализ параметров уравнения (4) не вполне корректен. Их следует анализировать совместно. Если делается вывод, что энергоёмкость ВВП для какой-либо страны велика по сравнению с энергоёмкостью ВВП другой страны, то этот вывод справедлив только для стран с одинаковым душевым ВВП и, следовательно, с одинаковым душевым потреблением энергии. Это следует из того, что показатели  $(Э/ВВП)$  и  $(ВВП/Н)$  не являются независимыми, а функционально связаны друг с другом (рис.3).

Таблица 3.

Показатели потребления энергии европейских стран по уравнению (4а) в 1995 г.

Страна	Потребление энергии на душу населения, (Э/Н), т у.т./чел.	ВВП на душу населения, (ВВП/Н), тыс. дол./чел.	Энергоемкость ВВП, (Э/ВВП), т у.т./ тыс. дол.
1	2	3	4
	(Э/Н)=	(ВВП/Н) *	(Э/ВВП)
Германия	5,89	22,2	0,266
Бельгия и Люксембург	7,60	20,4	0,373
Дания	5,52	27,6	0,200
Финляндия	6,44	25,4	0,253
Франция	5,81	21,8	0,267
Греция	3,53	6,8	0,521
Великобритания	5,36	17,7	0,302
Ирландия	4,02	16,3	0,247
Исландия	6,91	24,2	0,285
Италия	3,82	20,3	0,188
Нидерланды	7,57	20,3	0,373
Норвегия	6,89	31,5	0,219
Австрия	4,15	43,4	0,096
Польша	3,53	1,7	2,063
Португалия	2,56	7,2	0,355
Румыния	2,84	1,4	2,018
Россия	6,07	4,1	1,486
Швеция	7,00	26,7	0,262
Швейцария	4,65	31,6	0,147
Словакия	4,67	2,6	1,816
Испания	3,57	13,3	0,268
Чехия	5,26	2,6	2,004
Турция	1,39	2,8	0,490
Украина	4,11	2,4	1,735
Венгрия	3,39	3,1	1,080
Белоруссия	3,33	3,9	0,851

Примечание к табл. 3. Для расчета значений, представленных в столбцах таблицы были использованы данные: потребления энергии из [4], численности населения и ВВП из [2].



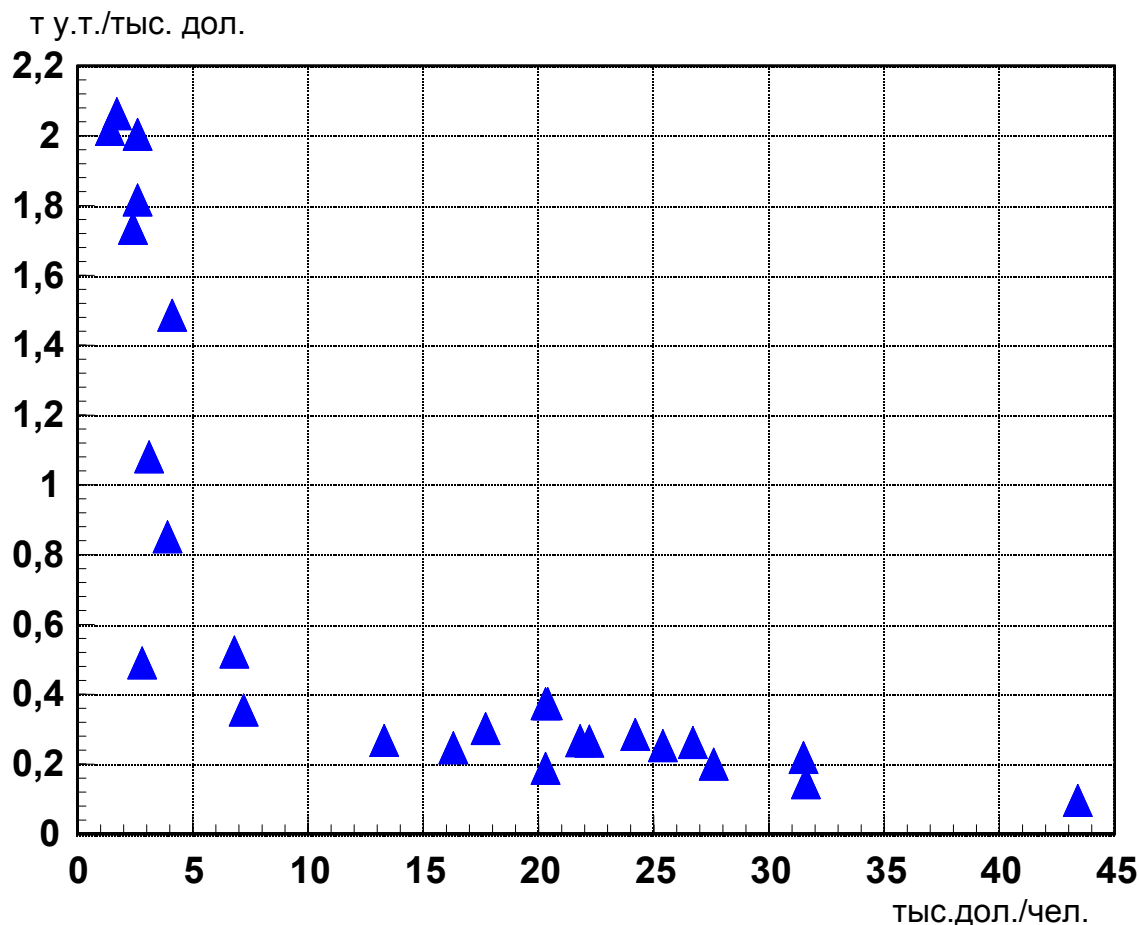


Рис. 3. Зависимость энергоёмкости ВВП ( $\mathcal{E}/\text{ВВП}$ ) от душевого ВВП ( $\text{ВВП}/\text{Н}$ ) для европейских стран в 1995 году (табл. 3).

### 6. Работы проф. В.В. Клименко и лаборатории «Глобальных проблем энергетики» ИБРАЭ по анализу потребления энергии в разных странах.

Недостатки использования ВВП и других финансовых показателей для анализа потребления энергии устранены в работах проф. В.В. Клименко и лаборатории «Глобальных проблем энергетики» ИБРАЭ РАН-МЭИ (далее для краткости они называются «работы Клименко» *В.Г.*). Свой подход к проблеме прогноза потребления энергии в мире В.В. Клименко назвал генетическим [6]. Его особенность заключается в том, что он учитывает историю потребления энергии.

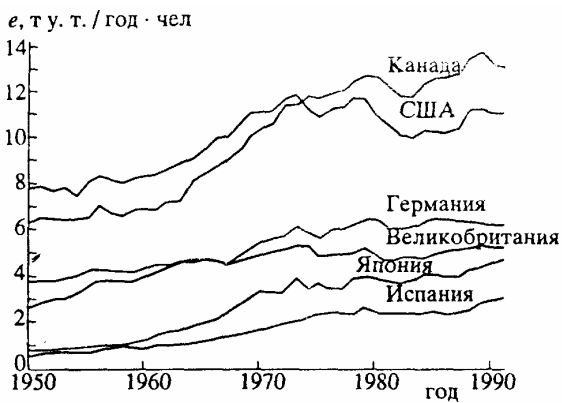


Рис. 4. Потребление энергии на душу населения в развитых странах мира [12].

Для стран достигших постиндустриального уровня развития (таких стран почти сорок), потребление энергии на душу населения, т.е. удельное потребление энергии  $e$  (т у.т./чел.год) почти не меняется в течение 20-25 лет (рис. 4). Удельное потребление энергии этих стран зависит от среднегодовой температуры  $T_a$  (рис. 5) [12].

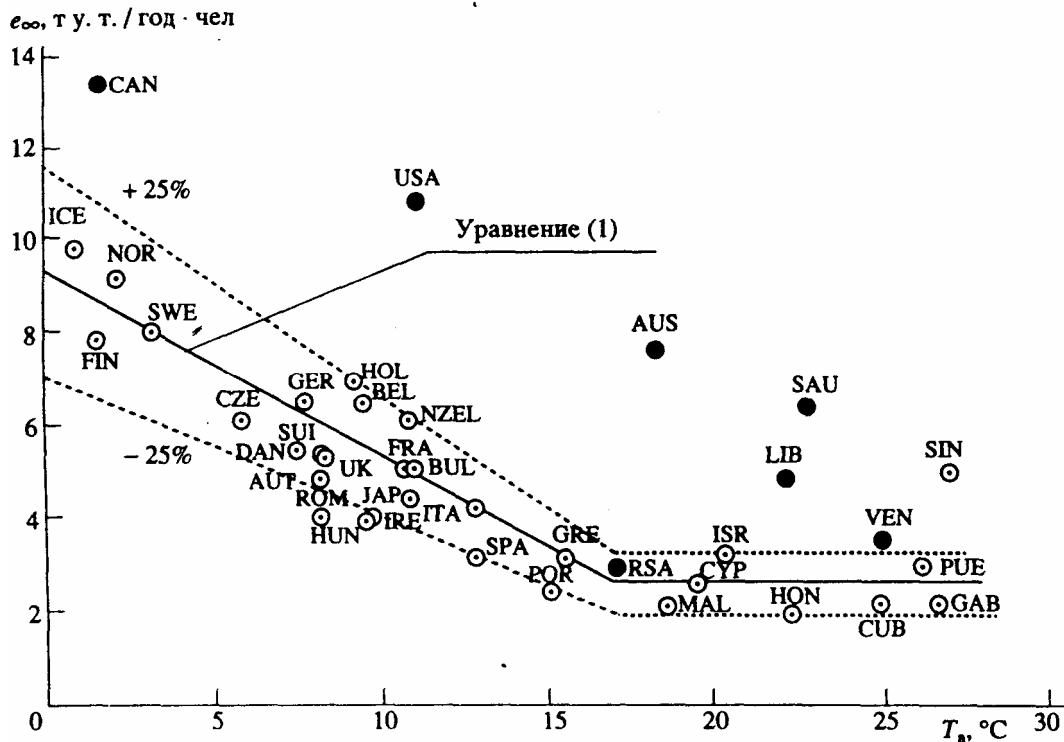


Рис.5. Зависимость удельного потребления энергии в постиндустриальном обществе от среднегодовой температуры воздуха [12] (уравнение (1) на рисунке соответствует уравнению (6)).

Эта зависимость аппроксимируется уравнением:

$$e_{\infty} = \begin{cases} 9,3 - 0,4T_a & \text{при } T_a < 17 \text{ }^{\circ}\text{C} \\ 2,5 & \text{при } T_a \geq 17 \text{ }^{\circ}\text{C} \end{cases} \quad (6)$$

Удельное потребление энергии, вычисленное по уравнению (6) обозначается  $e_{\infty}$ . Как написал В.В. Клименко, «Поистине удивительным ... кажется то, что энергопотребление стран, различающихся типом экономики, структурой импорта/экспорта, стереотипом потребления, наконец,

культурными традициями, описывается в пределах  $\pm 25\%$  единым уравнением, не содержащим в явном виде экономических характеристик» [12].

Удельное потребление энергии некоторых стран не описывается непосредственно уравнением (6). Это страны с большой площадью, территория которых не менее 0,9 млн. км<sup>2</sup>, для них предлагается корректировка уравнения (5) при помощи уравнения:

$$\frac{e_*}{e_\infty} = \begin{cases} 1 & \text{при } S_e \leq 0,5 \text{ млн. км}^2 \\ 1,26S_e^{1/3} & \text{при } S_e > 0,5 \text{ млн. км}^2 \end{cases} \quad (7)$$

где  $e_*$  - расчетное удельное потребление энергии, т у.т./чел.год;

$S_e$  - эффективная площадь страны, которая определяется как площадь со средней годовой температурой выше  $-2^\circ\text{C}$  и расположенная ниже 2000 м над уровнем моря, млн. км<sup>2</sup>. По величине эффективной площади Россия (5,51) занимает пятое место в мире после Бразилии (8,05), США (8,00), Австралии (7,68), Китая (5,95). [14]

Для прогноза потребления энергии в мире В.В. Клименко разбил все страны на пять групп, которые он называет регионами, по критериям удельного потребления энергии и естественного прироста населения. Для каждого региона характерны свои тенденции изменения удельного потребления энергии и роста населения. С учетом этих тенденций был построен прогноз потребления энергии в мире (рис. 6), Кроме того, был сделан прогноз структуры потребления энергоносителей (рис.7).

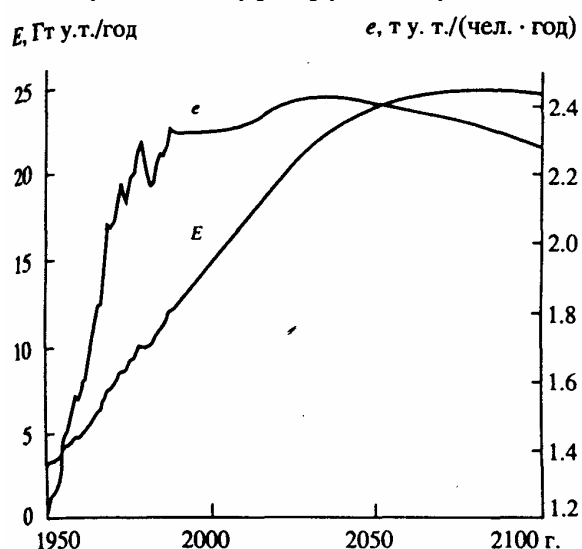


Рис. 6. Эволюция полного ( $E$ ) и приходящегося на душу населения ( $e$ ) потребления энергии в мире в XX - XXI столетиях [15].

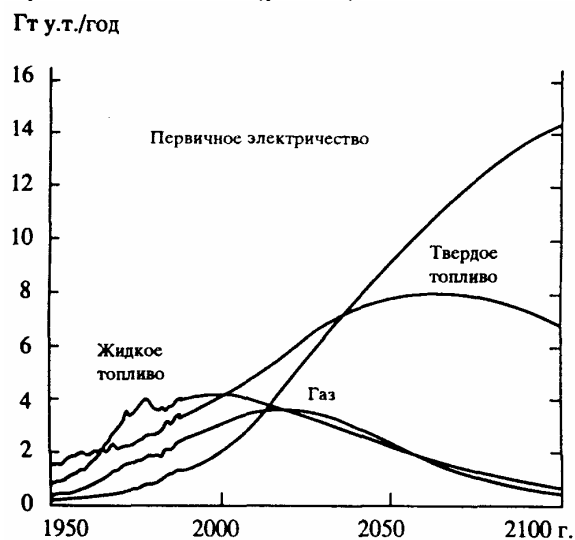


Рис. 7. Эволюция структуры потребления коммерческой энергии в XX - XXI столетиях [15].

Уравнения (6) и (7) устанавливают связь удельного потребления энергии в постиндустриальном обществе с природно-климатическими и географическими условиями. Проведем расчеты по этим уравнениям для США и России и сформулируем важный вывод. Среднегодовая температу-

ра США составляет 11,2 °С, эффективная площадь – 8,00 млн. км<sup>2</sup>, расчетное значение  $e_*$  получается равным 12,2 т у.т./чел. год). Для России среднегодовая температура составляет –5,5 °С, эффективная площадь – 5,51 млн. км<sup>2</sup>, расчетное значение  $e_*$  получается равным 25,6 т у.т./чел. год), т.к. точность аппроксимаций в работе [12] принята 25%, то последнюю величину можно снизить до 19,2 т у.т./чел. год). В последние годы Россия потребляет 6-7 т у.т./чел. год). Для того чтобы обеспечивать достигнутый уровень жизни и уровень потребления энергии, США импортируют энергоносители и регулируют этот процесс всеми возможными силами, вплоть до военного вмешательства, этим же занимаются и другие западные страны. Россия не сможет в два - три раза увеличить потребление энергии ни за счет собственных ресурсов, ни за счет импорта. Поэтому по критерию потребления мы никогда не сможем жить, так, как живут в «цивилизованных» странах. Следовательно, необходимо пересмотреть действующую шкалу потребительских ценностей и перейти в масштабе страны к режиму разумного ограничения. Идеал общества потребления является для России тупиком с точки зрения энергетики. Следует отметить, что В.В. Клименко сделал несколько другие выводы из тех же фактов [13-14].

### 7. Эмиссия углерода в атмосферу от потребления энергии.

При сжигании любого природного топлива происходит окисление углерода, двуокись которого попадает в атмосферу. Основная климатическая роль углекислого газа состоит в том, что он создает в атмосфере парниковый эффект, т.е. пропускает нисходящий поток коротковолновой солнечной радиации, но поглощает восходящий поток длинноволнового излучения земной поверхности и потому способствует нагреванию нижних слоев атмосферы [16]. Улавливать или искусственно связывать двуокись углерода, выделяющуюся при сжигании топлива, бессмысленно. Измеряется содержание углерода в природных резервуарах в т С (удобнее всего в гигатоннах углерода) в атмосфере, кроме того, при помощи концентрации CO<sub>2</sub> в млн<sup>-1</sup>. Связь между этими единицами устанавливается равенством: 1000 млн<sup>-1</sup> ≈ 2134 Гт С [16]. Известен доиндустриальный уровень содержания углерода в атмосфере, В.В. Клименко относит его к 1800 году и считает равным 277 млн<sup>-1</sup> [15, 6], в [16] доиндустриальный уровень относится к 1860 году и принимается равным 290 млн<sup>-1</sup>. К 1976 году концентрация углекислого газа в атмосфере выросла до 333 млн<sup>-1</sup> [16], а к 2000 году – до 370 млн<sup>-1</sup> [15]. По прогнозу [15, 6] к концу XXI века концентрация CO<sub>2</sub> в атмосфере достигнет 460 млн<sup>-1</sup>, т.е. 1,66 от доиндустриального уровня. Грубая оценка парникового эффекта производится по формуле [16]:

$$T_s = T_o \left( 1 + \frac{3}{4} \tau \right)^{1/4} \quad (8)$$

Влияние повышения концентрации углекислого газа на среднегодовую температуру Земли определяется уравнением [16]:

$$\frac{\delta T_s}{T_s} = \frac{1}{4} \left[ 1 - \left( \frac{T_o}{T_s} \right)^4 \right] \frac{\delta \tau}{\tau} \quad (9)$$

где  $T_o$ ,  $T_s$  – температуры приземного воздуха при отсутствии и при наличии парникового эффекта соответственно,  $\tau$  – эффективная оптическая толщина всех компонент атмосферы, создающих парниковый эффект.

Расчет по уравнению (8) дает, что для атмосферы в 1976 году  $T_o=255$  К,  $T_s=280$  К,  $\tau=0,84$ , вклад углекислого газа в  $\tau$  равен 0,24. При отсутствии  $\text{CO}_2$  в атмосфере температура приземного воздуха была бы на 8 К ниже современной. Однако, оптическая толщина  $\text{CO}_2$  растет не пропорционально его количеству и удвоение современной (на 1976 год) концентрации  $\text{CO}_2$  приводит к значению  $\delta\tau = 0,024$  и вызванное этим потепление климата, определенное по формуле (9) составит всего 0,7 К [16] от уровня 1976 года.

Эмиссия углерода на единицу потребляемого топлива зависит от вида этого топлива. Эмиссия углерода для страны характеризуется коэффициентом углеродной интенсивности  $C_c$ , который равен массе углерода, выделившегося при потреблении 1 т у.т. Этот коэффициент зависит от структуры топливно- энергетической базы в стране и рассчитывается по методике модифицированной [6] по формуле:

$$C_c = \frac{0,733E_s + 0,586E_l + 0,398E_g}{E_c} \quad (10)$$

где  $E_s$ ,  $E_l$ ,  $E_g$  – потребление твердого, жидкого и газообразного топлива,  $E_c$  – потребление коммерческой энергии. Масса углерода рассчитывается умножением количества условного топлива на  $C_c$ . Масса углекислого газа можно вычислить умножением массы углерода на 3,67 [2].

В табл. 4 приведена структура потребляемых европейскими странами энергоносителей и рассчитаны значения коэффициентов углеродной интенсивности. Чем выше значение этого коэффициента, тем более отсталым по структуре энергоносителей является топливно – энергетический комплекс. По этому критерию по своей отсталости первое место в Европе занимает Польша, второе – Греция, третье – Дания. Среднемировое значение коэффициента углеродной интенсивности рассчитанное по данным табл. 1 по формуле (10) равно 0,528.

Оценим (очень грубо) возможный эффект от экономии энергии на изменение климата. Эмиссия углерода в атмосферу для России составляет  $624,2 \cdot 1,43 \cdot 0,479 = 428$  млн.т С, что соответствует увеличению концентрации  $\text{CO}_2$  на  $0,2$  млн<sup>-1</sup>. Экономия энергии 250 млн.т у.т./год, на которую

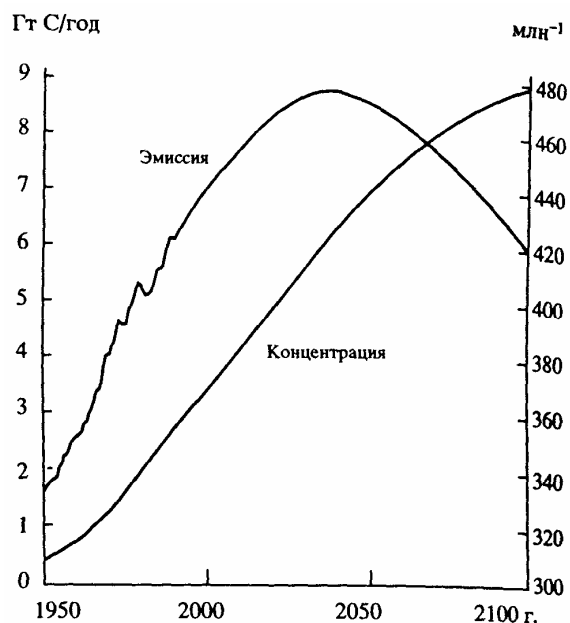


Рис. 8. Эволюция эмиссии углерода и концентрации углекислого газа в атмосфере в XX - XXI столетиях. [12].

указано в [8], даст снижение концентрации  $\text{CO}_2$  на  $0,056$  млн<sup>-1</sup>, за 100 лет это составит  $5,6$  млн<sup>-1</sup>. Увеличение  $\delta t$  от такого количества углекислого газа (даже при предположении о линейной зависимости оптической толщины от количества углекислого газа) составит  $0,000404$ . Увеличение температуры от такого количества углерода, рассчитанное по формуле (9), составит  $0,013$  К. Россия потребила энергии в 1995 г 893 т у.т., что составило около 7,4% от мирового потребления. Если все другие страны будут экономить такой же процент энергии, то это приведет к понижению температуры от прогнозируемого уровня  $0,18$  К. Это значение совершенно не решает проблему потепления климата, которая является одним из обоснований для пропагандируемой политики энергосбережения.

Многие специалисты - климатологи и энергетики считают оценки об антропогенном влиянии на потепление климата и прогнозы роста содержания  $\text{CO}_2$  в атмосфере завышенными. Международная комиссия по климатическим изменениям, при широкой поддержке ООН в 1990 г. выполнила прогноз, согласно которому температура повысится на  $6,3$  К от уровня 1850 года. «... всего шесть лет спустя ... стало ясно, что наиболее драматические выводы явились в лучшем случае грубейшей ошибкой, а в худшем случае – сознательной фальсификацией ...» [6]. По-видимому, эти выводы являются частью идеологического и экономического давления «цивилизованных» стран на другие страны, (в т.ч. на Россию) обладающие промышленным потенциалом или собственной энергетической базой. Несмотря на то, что у России довольно низкое значение коэффициента  $C_c$ , уже существуют наши обязательства по сокращению выбросов  $\text{CO}_2$ , организована торговля на квоты по выбросу  $\text{CO}_2$  и средняя мировая цена составляет 15-20 дол. за тонну  $\text{CO}_2$  [9].

Если все другие страны будут экономить такой же процент энергии, то это приведет к понижению температуры от прогнозируемого уровня  $0,18$  К. Это значение совершенно не решает проблему потепления климата, которая является одним из обоснований для пропагандируемой политики энергосбережения.

Таблица 4

Потребление первичной энергии европейскими странами в 1995 г. по данным [4].

Страна	Потребление первичной энергии, всего, т н.э. (данные [4])	Часть энергоносителей в потребляемой первичной энергии, % (данные [4])					Коэффициент углеродной интенсивности, $C_c$ , (расчет по формуле (10))
		Уголь	Нефть	Газ	АЭС	ГЭС	
Германия	336	27,5	40,2	19,9	11,8	0,5	0,516
Бельгия и Люксембург	56,1	16,6	46,2	19,1	18	0,2	0,468
Дания	20	33	53	14,5	0	0	0,610
Финляндия	23	17,8	43,5	12,6	21,3	4,8	0,435
Франция	235,4	5,5	37,8	12,6	41,3	2,8	0,312
Греция	25,8	32,9	65,9	0	0	1,2	0,627
Великобритания	218,7	21,9	37,4	30,1	10,5	0,2	0,499
Ирландия	10	20	58	21	0	1	0,569
Исландия	1,3	7,7	61,5	0	0	30,8	0,416
Италия	152,6	7,3	62,2	28,2	0	2,4	0,530
Нидерланды	82,1	11,8	46,3	40,7	1,2	0	0,519
Норвегия	20,9	3,3	45,9	0	0	50,2	0,293
Австрия	23,1	10,8	48,1	26	0	14,7	0,464
Польша	94,7	73,9	16,3	9,4	0	0,3	0,674
Португалия	17,6	22,2	73,3	0	0	4	0,592
Румыния	45,3	21,4	28,7	46,8	0	3,1	0,511
Россия	624,2	19,1	23,4	50,9	4,1	2,4	0,479
Швеция	43	4,9	39,8	1,6	40,2	13,5	0,275
Швейцария	23,4	0,9	50,4	8,5	25,2	15	0,335
Словакия	17,5	28,6	24,6	26,3	18,9	1,7	0,458
Испания	98,8	19,1	56,8	7,5	14,5	2,1	0,502
Чехия	37,9	55,7	19,8	15,6	8,7	0,3	0,586
Турция	60,3	35,2	47,1	12,8	0	5	0,584
Украина	147,6	28,5	12,8	46,5	11,4	0,7	0,469
Венгрия	24	13,3	33,8	37,5	15	0	0,444
Белоруссия	23,6	1,3	52,1	47	0	0	0,501

### 8. Структура потребления первичной энергии по потребителям.

В национальных статистических ежегодниках сведения о структуре потребления энергии представляются не одинаково, но довольно скудно. Наиболее полные данные (из изученных автором) содержатся в [3]. Данные этой таблицы позволяют констатировать, что общее потребление энергии, за восемь лет почти не изменилось. Небольшой, но устойчивый рост отмечается в черной металлургии, автомобильном и воздушном транспорте, в торговле и др. потребителях. Устойчивое снижение потребления энергии заметно только на железнодорожном транспорте. В осталь-

ных секторах экономики об изменении потребления энергии говорить не приходится. Признаков экономии энергии в жилом секторе не наблюдается.

Таблица 5

Структура потребления первичной энергии в Великобритании [3]  
в млн. т н.э.

	По годам							
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Потребление энергии внутри страны.	214,9	220,1	217,8	221,2	219,4	220,8	233,0	226,9
Энергия, использованная при производстве топлива и потерянная при превращении и распределении.	67,6	68,3	66,8	68,2	66,2	68,6	70,9	69,0
Общее потребление конечными потребителями.	146,1	150,4	150,0	153,0	153,2	152,2	162,0	157,9
По потребителям:								
Сельское хозяйство.	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	1,4	1,3
Черная металлургия.	6,9	6,6	6,5	7,0	7,7	7,7	8,0	7,9
Остальная промышленность.	30,9	30,2	29,1	29,9	30,7	30,7	30,2	31,2
Железнодорожный транспорт.	1,0	1,0	1,0	0,7	0,7	0,7	0,6	0,5
Автомобильный транспорт.	38,8	38,5	39,4	39,5	39,7	39,3	40,8	41,3
Водный транспорт.	1,4	1,1	1,4	1,3	1,3	1,2	1,3	1,2
Воздушный транспорт.	7,3	6,9	7,4	7,9	8,1	8,5	8,9	9,3
Жилой сектор.	40,8	44,8	44,0	45,5	44,0	42,7	48,1	44,8
Общественный и административный сектор.	7,7	8,5	9,1	8,1	8,3	8,5	9,0	8,6
Торговля и другие потребители.	10,3	11,0	10,5	11,2	11,0	11,5	12,1	12,2

Потребление энергии в жилом секторе составляет около 20% от энергии, потребляемой в стране и около 30% от конечного потребления. Примерно столько же энергии потребляет автомобильный транспорт, а также вся промышленность. Наибольшее количество энергии соответствует потерям при превращении и распределении и при производстве топлива – около 30% от энергии, потребляемой в стране.

В Российских статистических ежегодниках до 1997 года расходная часть баланса топливно – энергетических ресурсов практически отсутствовала. В ежегоднике издания 1997 г. она приведена за 1995 г., а в издании 1998г. – за 1996г. (ниже [7] соответствует ссылкам на оба эти издания). Энергетический баланс России за 1995 г. приведен в табл. 6. Баланс содержит некоторые необъяснимые данные, в то же время в нем отсутствуют данные по энергопотреблению по отраслям экономики. Несмотря на это из него можно получить некоторые интересные сведения.

Таблица 6.



Баланс энергоресурсов России за 1995 год [7] (с сокращениями в доходной части) в млн. т у.т.

№ п/п	Ресурсы	Первичные топливно – энергетические ресурсы					Котельно – печное топливо
		Всего	В т.ч. природное топливо	Из него			
				Нефть, включая газовый конденсат	Газ естественный	Уголь	
	<i>Ресурсы</i>						
1	Добыча	1402,1	1315,3	438,9	685,0	181,5	1206,1
2	В т.ч. без потерь	1369,5	1286,3	436,4	671,3	168,7	1176,8
3	Итого ресурсов	1392,5	1304,4	447,6	656,2	190,9	1185,3
	<i>Распределение</i>						
4	Экспорт	493,3	416,3	175,0	219,3	22,1	449,3
5	Общее потребление	899,2	888,1	272,6	436,9	168,8	736,0
6	В том числе:						
7	-на преобразование в другие виды энергии	402,2	351,6	0,6	251,8	95,9	404,2
8	-в качестве сырья на переработку в др. виды топлива	-	286,7	255,4	2,4	28,2	-
9	-на производство химической, нефтехимической и др. нетопливной продукции	34,8	25,7	5,2	20,0	0,5	35,0
10	-в кач-ве материала на нетопливные нужды	3,8	3,1	1,6	1,1	0,2	3,8
11	-на конечное потребление	426,6	193,8	0,6	152,5	35,1	261,2
12	-потери на стадии потребления и транспортировки	31,8	27,2	9,2	9,1	8,9	31,8

Для европейских стран структуру потребления конечной энергии можно получить, используя данные табл. 7 по эмиссии углерода по потребителям из [4] (эти данные содержатся только в ежегоднике издания 1997 года).

Таблица 7.

Эмиссия двуокси углерода от сгорания топлива в 1995 г. [4], млн. т. CO<sub>2</sub>.

Страна	Всего	В т.ч. по потребителям			Жилой сектор
		Тепловые станции и теплоэлектростанции	Промышленность	Транспорт	
1	2	3	4	5	6
Германия	882	338	140	183	130
Бельгия	118	26	30	25	20
Дания	61	30	6	14	5
Финляндия	58	23	14	12	6
Франция	359	32	82	130	66
Греция	79	40	10	19	5
Великобритания	546	179	83	138	78
Ирландия	33	13	3	7	6
Италия	415	130	78	110	65
Люксембург	10	1	4	4	1
Нидерланды	177	53	31	36	21
Австрия	60	14	12	18	13
Португалия	49	20	8	15	2
Швеция	60	9	18	22	4
Испания	243	81	47	78	14

Табл. 6 не отражает потребления первичного электричества, состав потребителей не полон. Однако, сопоставление этих данных с данными табл. 4 позволяет получить структуру конечного потребления первичных природных ресурсов европейских стран

## 8. Расчет потребления энергии для производства тепла.

Используя приведенные данные, проведем расчеты потребления тепловой энергии в Европейских странах и России. Тепловую энергию нельзя экспортировать и импортировать, поэтому ее потребление в стране равно производству.

### 8.1. Расчет потребления энергии для производства тепла европейскими странами.

Расчет заключается в том, что определяется сумма количества первичных природных энергоносителей потребленных в жилом секторе  $Q_{жс}$  и на тепловых станциях (теплоцентралях)  $Q_{мс}$ .

$Q_{жс}$  пропорционально количеству потребляемых природных энергоносителей в стране  $Q_n$  по табл.4. Коэффициент пропорциональности определяется по табл.6. делением данных столбца 6 на данные столбца 2.

$Q_{мс}$  определяется как разность количества энергоносителей потребленных тепловыми станциями и теплоэлектростанциями  $Q_{тэц}$  и количеством энергоносителей пошедших на выработку электроэнергии  $Q_{тэ}$ .  $Q_{тэц}$  пропорционально  $Q_n$ . Коэффициент пропорциональности определяется по табл.6. делением данных столбца 3 на данные столбца 2. Сложность за-

ключается в вычислении количества энергоносителей пошедших на выработку электроэнергии на тепловых электростанциях  $Q_{тец}$ , поскольку данные о производстве электроэнергии в [4] приводятся в кВт час и не известен эквивалент для перевода электроэнергии, полученной на ТЭС в т у.т., который в свою очередь зависит от КПД энергетических установок станций в стране. Чтобы обойти эту трудность было рассчитаны в т у.т. производство электроэнергии на атомных и гидроэлектростанциях по табл.4, затем эти количества были вычтены из общего количества произведенной электроэнергии в стране, которое было взято из [2], в результате получилось значение  $Q_{тец}$ . Результаты расчетов приведены в табл.8.

Таблица 8.

Рассчитанное потребление первичных природных энергоносителей для производства тепла в европейских странах в 1995 г..

Страна	Первичная энергия потребленная в жилом секторе, млн. т у.т.	Первичная энергия потребленная для производства тепла на тепловых станциях, млн. т у.т.	Суммарное количество первичной энергии потребленной для производства тепла, млн. т у.т.	Удельное количество первичной энергии, потребленной в жилом секторе, т у.т./чел.	Удельное количество первичной энергии, потребленной для производства тепла, т у.т./чел.
1	2	3	4	5	6
Германия	62,0	116,4	178,4	0,76	2,19
Бельгия + Люксембург	10,8	9,7	20,4	1,02	1,94
Дания	2,4	9,6	12,0	0,45	2,31
Финляндия	2,5	5,6	8,1	0,49	1,59
Франция	34,6	10,8	45,4	0,60	0,78
Греция	2,3	13,8	16,1	0,22	1,54
Великобритания	39,9	61,9	101,9	0,68	1,74
Ирландия	2,6	3,5	6,1	0,72	1,71
Италия	33,4	38,6	72,0	0,58	1,26
Нидерланды	13,8	25,2	39,0	0,89	2,51
Австрия	6,1	4,4	10,5	0,76	1,32
Португалия	1,0	6,7	7,7	0,10	0,78
Швеция	1,9	1,8	3,7	0,22	0,43
Испания	6,8	28,5	35,3	0,17	0,89
Россия (оценка)			261,2- 427		1,76-2,89

Для проверки методики определения  $Q_{тец}$  были рассчитаны эквиваленты перевода электроэнергии ТЭС в т у.т. Получилось, что эти эквиваленты для рассматриваемых стран близки между собой и составляют величину от 0,12 (для Австрии) до 0,16 (для Дании) кг у.т./кВт ч. Исключение составляет Швеция (0,25), что снижает достоверность полученных результатов для этой страны.

Данная методика предполагает, что в жилом секторе все природные энергоносители используются только на производство тепла. Недостаток

методики заключается в том, что не учитывается использование электричества для производства тепла, это обстоятельство представляется существенным для таких стран, как Франция и Швеция, в ресурсной части энергобаланса которых первичное электричество составляет 44 и 54% соответственно. Поэтому данные для этих стран являются существенно заниженными.

Некоторое представление о корректности проведенных расчетов потребления энергии в жилом секторе может дать их сопоставление с данными взятыми из национальных статистических ежегодников. К сожалению, таких данных в нашем распоряжении недостаточно. Для Великобритании [3] из табл. 4 имеем, что потребление энергии в жилом секторе в 1995 году составило  $42,7 \cdot 1,43 = 61,1$  млн. т у.т., эта величина в 1,5 раз превышает соответствующее значение в табл. 8. Для Нидерландов имеем, что потребление энергии в жилом секторе составило 508 PJ [5], что равно 17,4 млн. т у.т., эта величина в 1,3 раза превышает соответствующее значение в табл. 8. Но эти величины характеризуют полное потребление энергии, а не только тепловой, как в столбце 2 табл. 8. Превышение характеризует потребляемую тепловую энергию ТЭС и электрическую энергию, которая может расходоваться на отопление, приготовление пищи, освещение и другие бытовые нужды.

## **8.2. Оценка потребления энергии для производства тепла в России.**

Создается впечатление, что энергобаланс для России [7] составлен специально так, чтобы затруднить анализ энергопотребления. Поэтому можно сделать только *оценки* производства и потребления тепловой энергии.

Проще всего считать, что все котельно печное топливо ( 261,2 млн. т у.т. табл. 6), оставшееся на конечное потребление, полностью потребляется на производство тепла. При этом удельное количество первичной энергии, потребленной для производства тепла составит 1,76 т у.т./чел. Примем эту величину за нижнюю оценку.

Для вычисления верхней оценки рассмотрим статью расходной части баланса «преобразование в другие виды энергии» – строка 7 табл.6. По этой статье расходуется 351,6 млн. т у.т. природного топлива. Предположим, что вся эта энергия потребляется ТЭС и ТЭЦ. В [7] приведены данные по производству электроэнергии, в 1995 г на тепловых электростанциях было произведено 583 млрд. кВт ч электроэнергии при значении эквивалента 0,319 кг у.т./кВт ч, это потребовало 185,8 млн. т у.т. Следовательно, на производство тепла потреблено  $351,6 - 185,8 = 165,8$  млн. т у.т. Следовательно, общее количество первичной энергии, потребленной для производства тепла составит 427 млн. т у.т. При этом удельное количество первичной энергии, потребленной для производства тепла составит 2,89 т у.т./чел. Полученные оценки также занесены в табл.8.

Примененная методика вычисления оценок также не учитывает использование электричества для производства тепла.

### **9. Оценка удельного потребления тепловой энергии в жилом секторе.**

Данные столбцов 2 и 5 табл.8 представляют собой потребление энергии только в жилищах, т.е. без учета потерь в теплосетях и на тепловых станциях. Не учитывается также потребление электроэнергии на отопление домов. С другой стороны эти данные включают в себя энергию на приготовление пищи и нагревание воды на бытовые нужды. Данные столбцов 4 и 6 учитывают дополнительно всю тепловую энергию, вырабатываемую на тепловых станциях, которая потребляется не только на отопление жилых домов, но и на отопление общественных и производственных зданий и на производственные нужды. Эти замечания необходимо иметь в виду при анализе результатов рассчитанных по этим данным.

Для ряда европейских стран данные об общей или жилой площади жилищ представлены в [4], однако для некоторых стран эти статистические данные отсутствуют. Используя результаты расчетов табл. 8 можно вычислить, весьма условную, оценку удельного потребления энергоносителей (далее тепловой энергии) на отопление зданий на  $1 \text{ м}^2$  в жилых домах.

Еще сложнее по имеющимся данным выполнить оценку удельного потребления тепловой энергии зданиями в России. Прежде всего, оценки потребления тепловой энергии, приведенные в табл. 8 обе являются верхними. В любом случае, какое бы значение потребления тепловой энергии из вычисленных в п.8.2 ни взять их неправомерно распространять только на площадь не только жилых, но и всех эксплуатируемых зданий страны, т.к. часть котельно-печного топлива используется в промышленности.

Результаты оценки удельного потребления тепловой энергии зданиями в России также представлены в табл. 9. Общая площадь жилых зданий в России в 1995 г. составляла 2649 млн.  $\text{м}^2$  (в 1997 г. – 2715 млн.  $\text{м}^2$ ). Общая площадь эксплуатируемых зданий по сведениям [17] составляет около 5000 млн.  $\text{м}^2$ .

Несмотря на большую условность проведенных расчетов, некоторую информацию для размышления они могут предоставить. Прежде всего, можно считать, что для рассмотренных стран (кроме Франции) оценена верхняя граница удельного расхода тепловой энергии. Далее, большая разница в нижних границах между Данией и Финляндией, с одной стороны, и остальными странами, с другой стороны, свидетельствует о значительном использовании централизованного теплоснабжения в Дании и Финляндии, которое, вследствие использованной методики расчета, не отражено при вычислении нижних границ.

Таблица 9.

Оценка удельного потребления тепловой энергии в жилых зданиях.

Страна	Первичная энергия потребленная в жилом секторе, млн. т у.т. (табл.8)	Суммарное количество первичной энергии потребленной для производства тепла, млн. т у.т. (табл.8)	Число жилищ, тыс. (данные [4] за 1994-96г.)	Общая площадь жилищ, млн.м <sup>2</sup> . (расчет по данным [4] за 1994-96г.)	Жилая площадь, приходящаяся на 1 жителя, м <sup>2</sup> /чел.	Удельное потребление тепловой энергии, кг у.т./м <sup>2</sup> год
1	2	3	4	5	6	7
Германия	62,0	178,4	36492	3054,4	37,2	20,2-58,4
Бельгия	10,8 <sup>*)</sup>	20,4 <sup>*)</sup>	3892	340,9	33,5	31,7-59,8
Дания	2,4	12,0	2413	257,9	48,9	9,3-46,5
Финляндия	2,5	8,1	2352	171,0	33,3	14,6-47,4
Франция	34,6	45,4	27493	2347,9	40,5	14,7-19,3
Великобритания	39,9	101,9	24249			
Ирландия	2,6	6,1	1085	79,2	21,8	32,8-77,0
Австрия	6,1	10,5	3072	261,7	32,5	23,3-40,1
Россия (оценка табл.8)		261,2-427,0		2649,0 <sup>**)</sup>	17,9	? - (98,6-161)
Россия (оценка для всех отапливаемых зданий)		261,2-427,0		5000 <sup>***)</sup>		? - (52,2-85,4)

<sup>\*)</sup> – данные для Бельгии и Люксембурга; <sup>\*\*)</sup> – значение взято из [7]; <sup>\*\*\*)</sup> – значение взято из [17];

В целом, все же следует отметить, что данные столбца 7 табл. 9 могут оказаться далеки от истины вследствие многочисленных допущений, сделанных при их вычислении.

### 10. Влияние природно- климатических факторов на потребление тепловой энергии в стране.

Анализ влияния природно - климатических факторов на потребления тепловой энергии является отдельной темой, требующей ее внимательного рассмотрения. Пока можно констатировать только наличие этого влияния.

Можно взять в качестве характеристики климата ГСОП, рассчитанные по методике СНиП II-3-79 [18], с использованием данных [18]. Тогда можно рассчитать удельную тепловую энергию, приходящуюся на 1 °С сут. Результаты этих расчетов сведены в табл. 10.

По этому рассчитанному показателю Россия выглядит очень неплохо. Однако следует отметить, что вряд ли рассматриваемая зависимость такая простая, т.к. часть потребляемой тепловой энергии не зависит от климата.

Таблица 10.

Рассчитанные значения удельной тепловой энергии, приходящейся на 1 °С сут.

Город	Приближенное значение ГСОП, °С сут./год	Удельное количество первичной энергии, потребленной для производства тепла в стране (данные табл.8), т у.т./чел.год	Удельная тепловая энергия, приходящаяся на 1 °С сут., 10 <sup>3</sup> т у.т./ (чел. °С сут.)
Москва	5000	1,76-2,89	0,352-0,578
Стокгольм	3500	0,43	0,123
Берлин	2600	2,19	0,842
Вена	2600	1,32	0,508
Лондон	1900	1,74	0,916
Париж	750	0,78	1,04
Рим	350	1,26	3,60

### 11. Заключение.

Потребление тепловой энергии следует анализировать так же, как и потребление всей энергии, при помощи уравнения типа (1). При этом, главным из параметров этого уравнения, по-видимому, логично признать численность населения и тогда другим основным параметром окажется удельное (на одного человека) потребление тепловой энергии. Поэтому из полученных данных наибольший интерес представляют результаты расчета потребления тепловой энергии (удельной и общей), потребляемой в ряде европейских стран, представленные в столбцах. 4 и 6 табл.8.

Из представленного материала не следует необходимость экономии потребления энергии в нашей стране в качестве первоочередной задачи. Как показано, экономия энергии (в том виде, как она пропагандируется) не приведет ни к снижению энергоемкости ВВП, ни к решению проблемы изменения климата. Экономия энергии техническими средствами является важной, но рядовой задачей, которой надо заниматься в комплексе с другими проблемами, характерными для нашей страны.

Однако, в ближайшем будущем ожидается кризис в топливно-энергетическом комплексе страны, вызванный не недостаточной экономией энергии при потреблении, а некомпетентным (если не преступным) управлением экономикой страны в последние 10 лет [10]. И наша страна вынуждена будет заняться не экономией, а сокращением потребления энергии. При этом просматривается два возможных пути. Первый - предусматривает сокращение экспорта энергоносителей в сочетании с серьезным, но разумным ограничением потребления энергии с сокращением отапливаемой площади зданий, в том числе жилой, снижением комфортности среды обитания жителей страны (снижение температуры воздуха в отапливаемых помещениях, уменьшение электрического освещения зданий и городских улиц, временное отключение электроэнергии и т.д.), значительным сокращением частного автотранспорта и т.д., при одновременном принятии мер для восстановления ТЭК. Другой путь ориентирован на сохранение объема экспорта энергоносителей при резком принудительном снижении потребления энергии в стране, без существенного развития ТЭК. В любом случае, речь пойдет, главным об-

разом, не об экономии энергии техническими средствами с целью повышения уровня жизни, защиты окружающей среды и т.д., а о сокращении потребления энергии в иных целях.

В настоящей статье были рассмотрены основные показатели, характеризующие потребление энергии. Автор стремился привести статистический материал, достаточный специалистам для дальнейшего анализа особенностей потребления энергии. Часть сведений, использованных в статье, нуждаются в дополнении и уточнении. Представляется целесообразным предостеречь от механического использования приведенных данных без учета их взаимосвязи и особенностей методик обработки данных. По-видимому, следует обратить внимание на наличие в литературе по нашей специальности большого количества неподтвержденных, а зачастую противоречивых данных, которые дезориентируют специалистов.

Работа, которая была необходима для написания настоящей публикации, выполнена факультативно и никем не финансировалась.

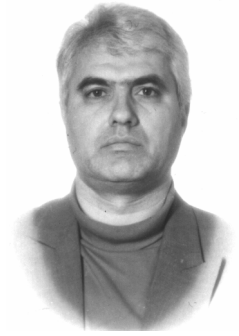
### **Литература.**

1. Инженерное оборудование зданий. Энциклопедия. М., Стройиздат, 1993.
2. *Statistical Yearbook (UN)*. 42-nd issue. New York, 1997.
3. *Annual Abstract of Statistics*. London, 1999.
4. *Statistisches Jahrbuch fur Ausland*. Wiesbaden, 1997.
5. *Statistical Yearbook of the Netherlands*. 1998.
6. Клименко В.В., Клименко А.В., Андрейченко Т.Н., Довгалоук В.В., Микушина О.В., Терешин А.Г., Федоров М.В.. Энергия, природа и климат. М., Изд. МЭИ, 1997.
7. Российский статистический ежегодник 1998. М., 1998.
8. Шкута А.А. Российский газ в центральной и восточной Европе. М., 1999.
9. Бушуев В.В. Энергоэффективность как направление новой энергетической политики России. *Энергосбережение*. 1999, №4, стр.32-35.
10. Паршев А.П. Почему Россия не Америка. 1999.
11. Россия в цифрах. Краткий статистический сборник. М., 1999.
12. Клименко В. В. Влияние климатических и географических условий на уровень потребления энергии. Доклады академии наук. 1994, том 339, № 3, с. 319 – 322.
13. Клименко В. В. Энергия, климат и историческая перспектива России. *Общественные науки и современность*. 1995, №1, стр.99-105.
14. Клименко В. В. Россия: тупик в конце туннеля? *Общественные науки и современность*. 1995, №5, стр. 71-80.
15. Снытин С. Ю., Клименко В. В., Федоров М. В. Прогноз развития энергетики и эмиссии диоксида углерода в атмосферу на период до 2100 года. Доклады академии наук, 1994, том 336. № 4, с. 476 – 480
16. Монин А.С. Введение в теорию климата. Л., Гидрометеиздат, 1982.
17. Дмитриев А.Н. Энергосберегающие ограждающие конструкции гражданских зданий с эффективными утеплителями. Автореф. на соискан. ученой степени д.т.н., М, 1999.
18. СНиП II-3-79 «Строительная теплотехника». - М., 1998.
19. Беттен Л. Погода в нашей жизни. М., Мир, 1985.

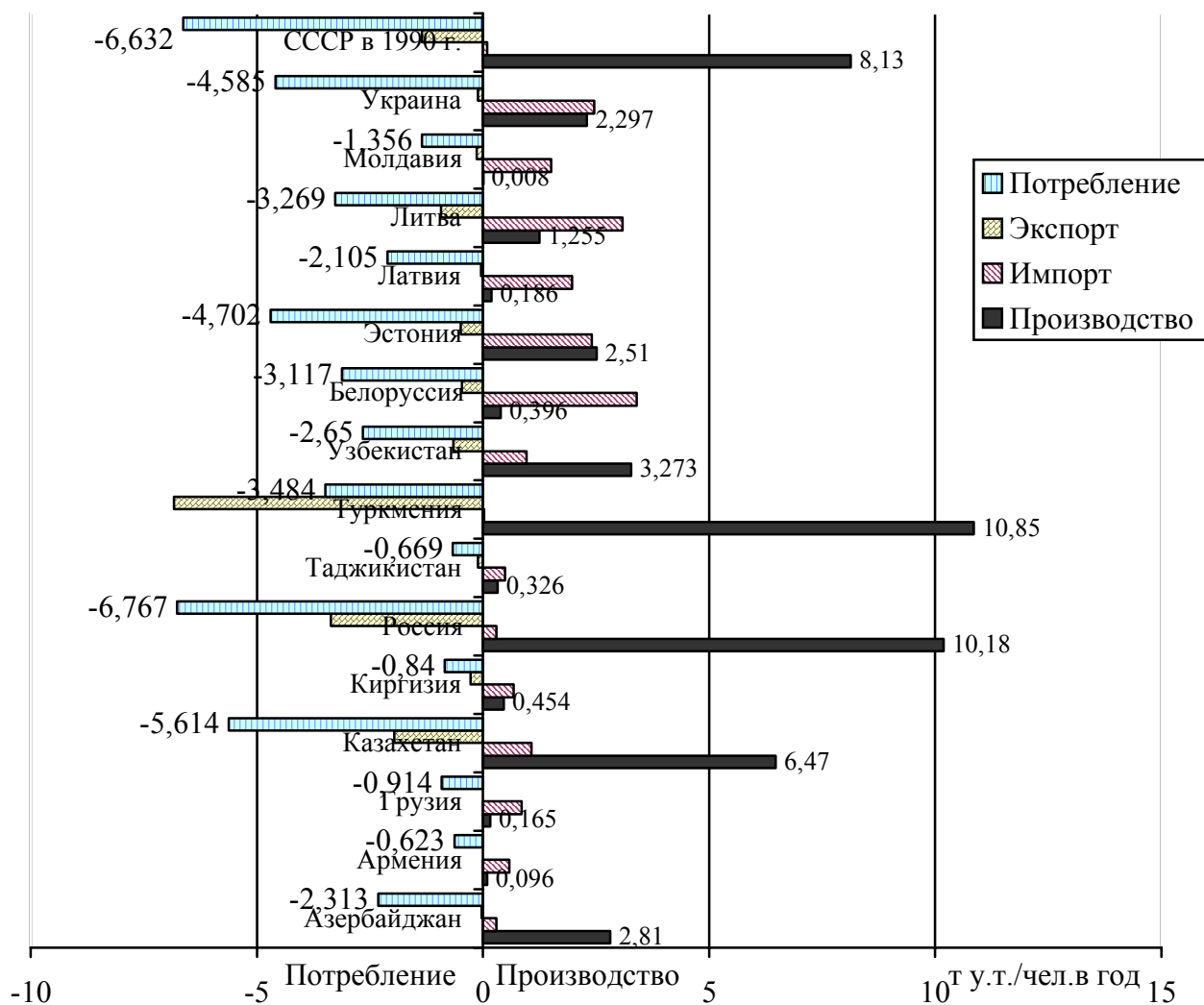




**Гагарин Владимир Геннадьевич** (1950 г.р.), к.т.н., с.н.с. Окончил Ленинградский институт водного транспорта в 1978 г. и Экономическую академию при Министерстве экономики РФ в 1994 г., кандидатская диссертация защищена в НИИСФ в 1985 г., автор более 50 научных и методических публикаций, член Международной ассоциации по мостам и конструкциям (IABSE), ведущий научный сотрудник НИИСФ. Научные интересы: теплофизические свойства строительных материалов и конструкций, влагоперенос в материалах и конструкциях, тепловой режим помещений, инсоляция и естественное освещение. Сл.тел. (095) 482-39-29, 174-77-88.



Удельное производство, импорт, потребление и экспорт коммерческой энергии в республиках СССР в 1995 году.

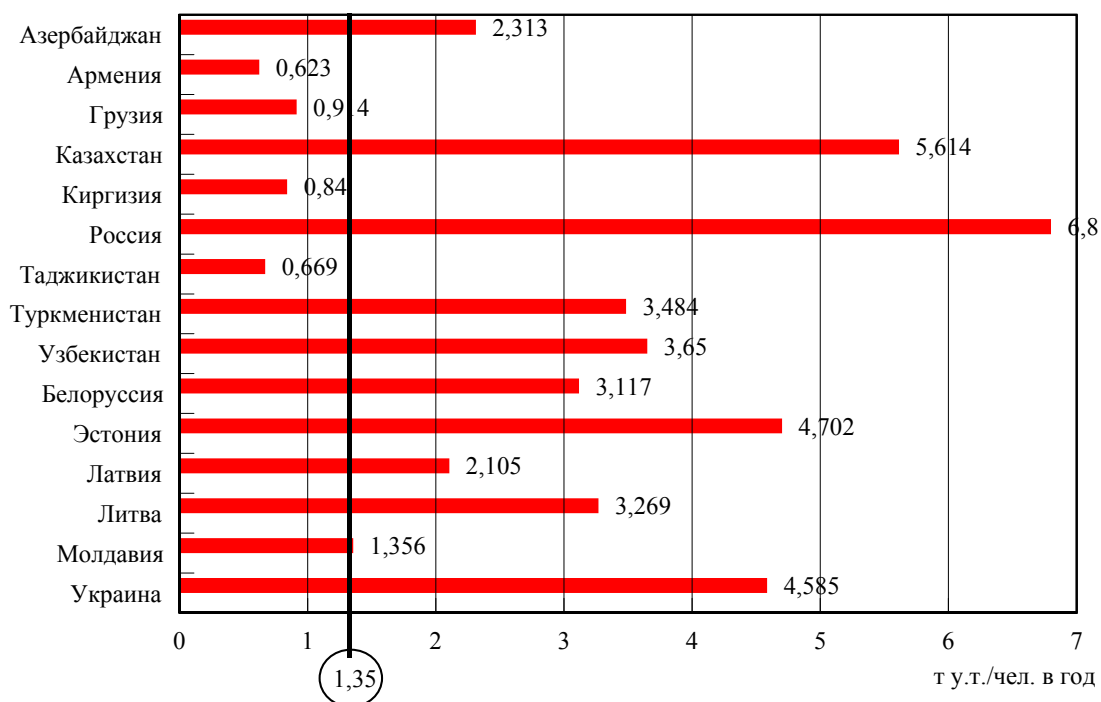


Сравнение показателей энергетического баланса СССР в 1990 и 1995 годах.

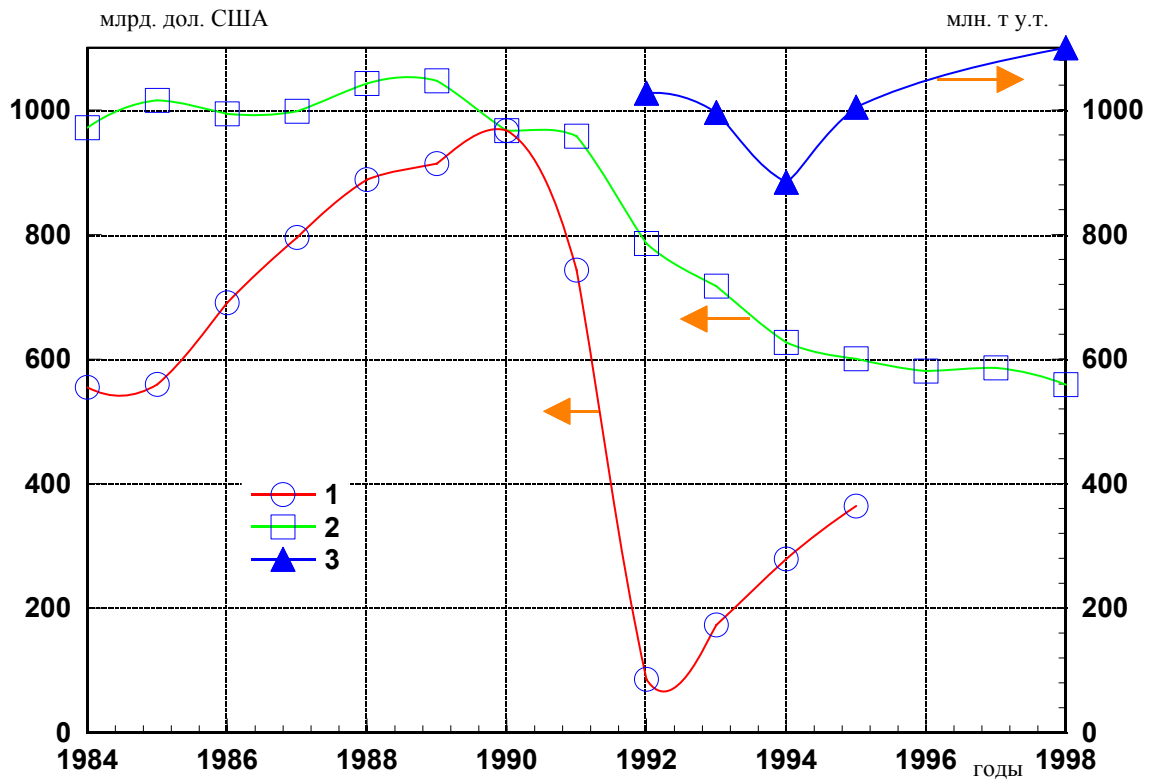
	ВВП по ППС в ценах 1990 г., млн. долл. США	Производство энергии, млн. т у.т.	Потребление энергии, млн. т у.т.	Экспорт энергоносителей, млн. т у.т.	Удельное потребление энергии, т у.т./чел.	Энергоемкость ВВП, т у.т./тыс. долл.
1990 г.	1884	2352	1919	389	6,63	1,02
1995 г.	849	1898	1506	326	5,14	1,77
1995 г. к уровню 1990 г., %	45%	81%	78%	84%	78%	174%

## Сравнение энергоёмкости ВВП России (СССР) и США.

Показатель	Россия		США	
	1990	1995	1990	1995
ВВП в текущих ценах, млн. дол.	966967	363881	5489600	6954787
ВВП по ППС в ценах 1990 г., млн. дол.	966967	600597	5489600	6149412
ВВП производственной сферы по ППС в ценах 1990 г., млн. дол.	585982	262461	1372400 (оценка)	1537350
Потребление энергии, тыс. т у.т.	976800 (оценка)	1004650	2686868	3021575
Энергоёмкость ВВП, т у.т. /тыс.дол.	1,01	1,67	0,489	0,491
Энергоёмкость ВВП производственной сферы, т у.т. /тыс.дол.	1,67	3,83	1,96	1,97
Потребление энергии на душу населения, т у.т./чел.	6,6 (СССР)	6,8	10,8	11,3

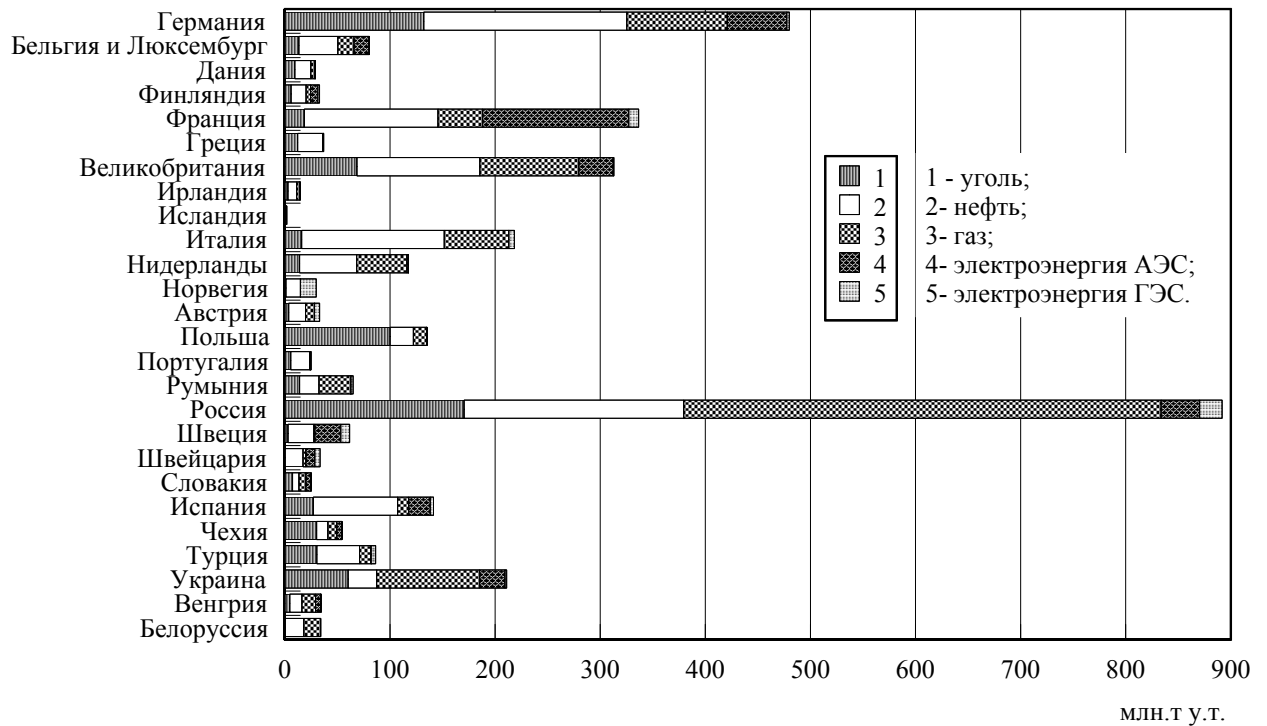


Удельное потребление энергии в республиках СССР в 1995 году.



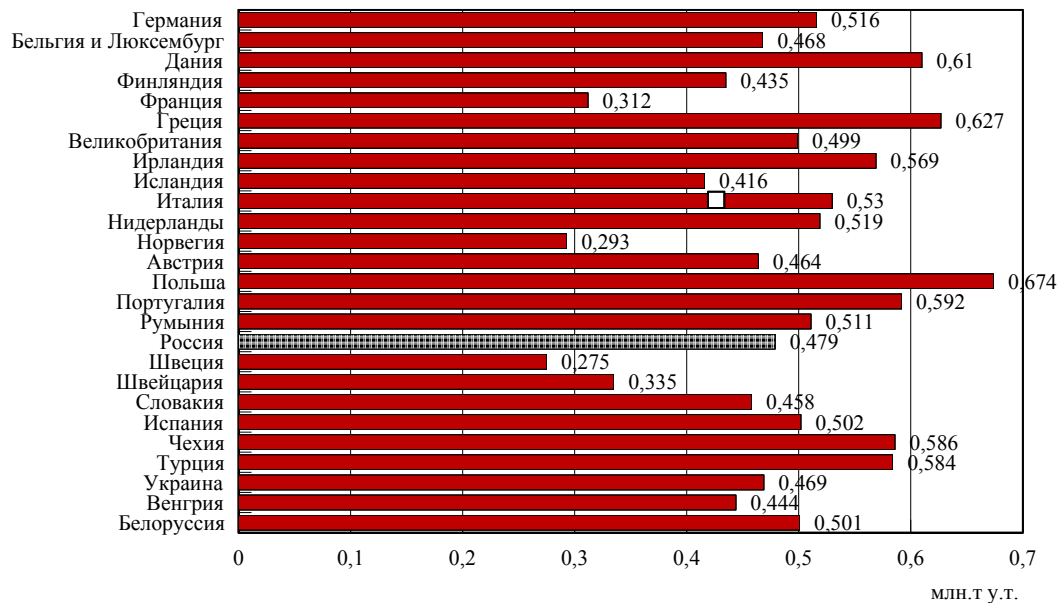
Изменение ВВП и потребления энергии в России

- 1- ВВП в текущих ценах;  
 2- ВВП по ППС в ценах 1990 г.;  
 3- потребление энергии.



Структура потребления энергоносителей в европейских странах в 1995 году.

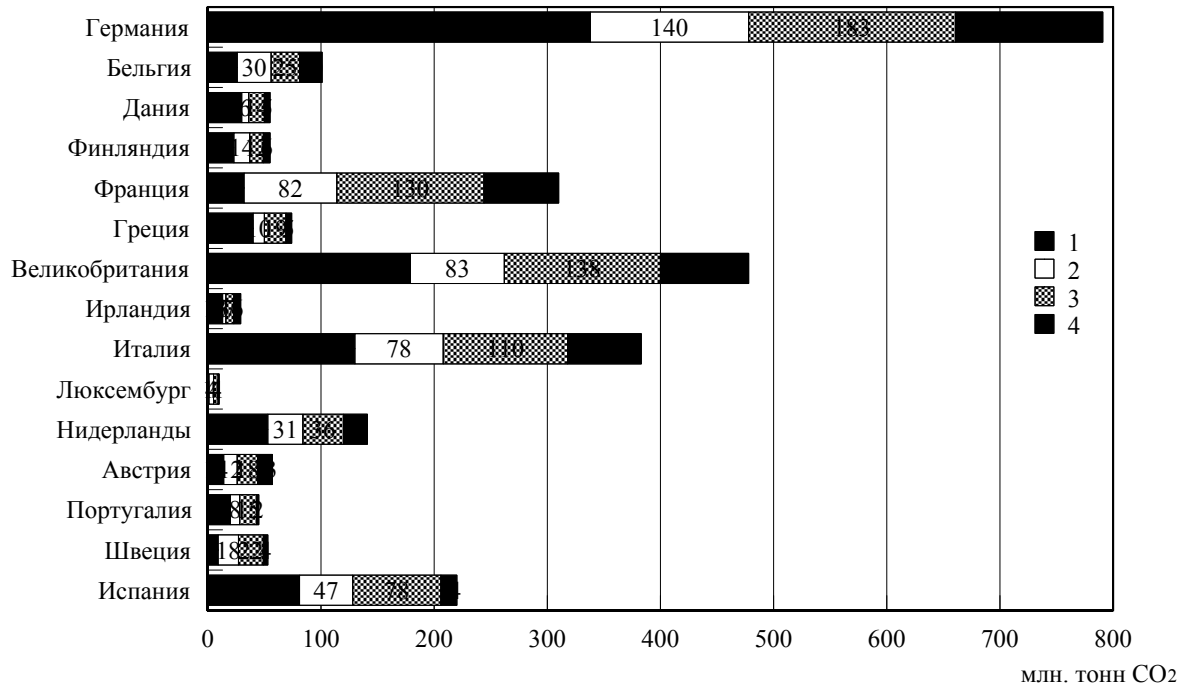
$$C_c = \frac{0,733E_s + 0,586E_l + 0,398E_g}{E_c}$$



Коэффициент углеродной интенсивности потребления энергии в европейских странах в 1995 году.

$$T_s = T_o \left( 1 + \frac{3}{4} \tau \right)^{1/4}$$

$$\frac{\delta T_s}{T_s} = \frac{1}{4} \left[ 1 - \left( \frac{T_o}{T_s} \right)^4 \right] \frac{\delta \tau}{\tau}$$



Эмиссия двуокиси углерода от сгорания топлива по потребителям в европейских странах в 1995 году.

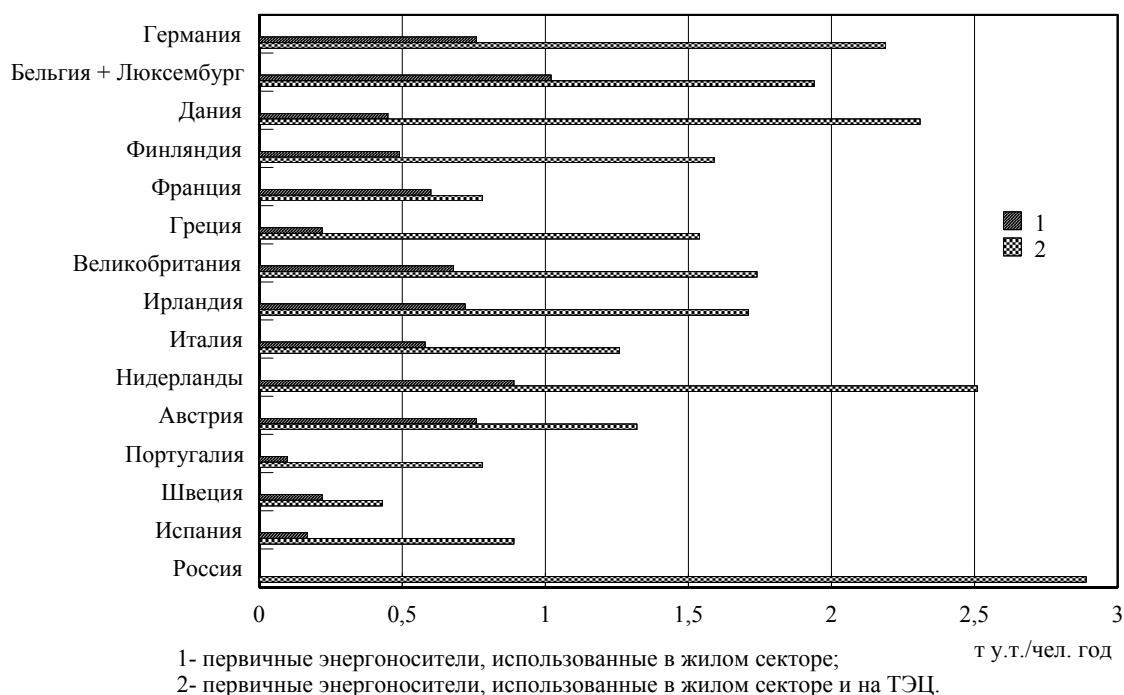
1- тепловые станции и теплоэлектростанции; 3- транспорт;  
2- промышленность; 4- жилой сектор.

где  $T_o$ ,  $T_s$  – температуры приземного воздуха при отсутствии и при наличии парникового эффекта соответственно,  $\tau$ - эффективная оптическая толщина всех компонент атмосферы, создающих парниковый эффект.

Для атмосферы в 1976 году  $T_o=255$  К,  $T_s =280$  К,  $\tau = 0,84$ , вклад углекислого газа в  $\tau$  равен 0,24. При отсутствии  $\text{CO}_2$  в атмосфере температура приземного воздуха была бы на 8 К ниже современной. Оптическая толщина  $\text{CO}_2$  растет не пропорционально его количеству и удвоение современной (на 1976 год ) концентрации  $\text{CO}_2$  приводит к значению  $\delta\tau = 0,024$  и вызванное этим потепление климата, определенное по формуле (9) составит всего 0,7 К от уровня 1976 года.

Экономия энергии 250 млн.т у.т./год даст снижение концентрации  $\text{CO}_2$  на  $0,056 \text{ млн}^{-1}$ , за 100 лет это составит  $5,6 \text{ млн}^{-1}$  .





Удельное количество первичной энергии, потребленной в европейских странах для производства тепла в 1995 году.

### Оценка удельного потребления тепловой энергии в жилых зданиях.

Страна	Первичная энергия потребленная в жилом секторе, млн. т у.т. (табл.8)	Суммарное количество первичной энергии потребленной для производства тепла, млн. т у.т. (табл.8)	Число жилищ, тыс. (данные [4] за 1994-96г.)	Общая площадь жилищ, млн.м <sup>2</sup> . (расчет по данным [4] за 1994-96г.)	Жилая площадь, приходящаяся на 1 жителя, м <sup>2</sup> /чел.	Удельное потребление тепловой энергии, кг у.т./м <sup>2</sup> год
1	2	3	4	5	6	7
Германия	62,0	178,4	36492	3054,4	37,2	20,2-58,4
Бельгия	10,8 <sup>*)</sup>	20,4 <sup>*)</sup>	3892	340,9	33,5	31,7-59,8
Дания	2,4	12,0	2413	257,9	48,9	9,3-46,5
Финляндия	2,5	8,1	2352	171,0	33,3	14,6-47,4
Франция	34,6	45,4	27493	2347,9	40,5	14,7-19,3
Великобритания	39,9	101,9	24249			
Ирландия	2,6	6,1	1085	79,2	21,8	32,8-77,0
Австрия	6,1	10,5	3072	261,7	32,5	23,3-40,1
Россия (оценка табл.8)		261,2-427,0		2649,0 <sup>**)</sup>	17,9	? - (98,6-161)
Россия (оценка для всех отапливаемых зданий)		261,2-427,0		5000 <sup>***)</sup>		? - (52,2-85,4)



### Прогноз и анализ потребления энергии.

**Общее уравнение:**  $\mathcal{E} = P_1 \cdot (P_2/P_1) \cdot (P_3/P_2) \cdots (\mathcal{E}/P_n)$

**Телеологический подход:**

Для страны:  $\mathcal{E} = H \cdot (ВВП/H) \cdot (\mathcal{E}/ВВП)$

$\mathcal{E} = ВВП \cdot (\mathcal{E}/ВВП)$

$(\mathcal{E}/H) = (ВВП/H) \cdot (\mathcal{E}/ВВП)$

Для мира:  $\mathcal{E} = H \cdot (\Sigma ВВП/H) \cdot (\mathcal{E}/\Sigma ВВП)$

$\mathcal{E} = \Sigma ВВП \cdot (\mathcal{E}/\Sigma ВВП)$

$(\mathcal{E}/H) = (\Sigma ВВП/H) \cdot (\mathcal{E}/\Sigma ВВП)$

Предположения А.А.Шкуты: ВВП в ближайшие 10 –15 лет будут изменяться в интервале 2,0 –2,6%, принимается 2,3%;  $\mathcal{E}/\Sigma ВВП \approx const$ . Тогда через N лет:  $\mathcal{E}_N = \mathcal{E}_{1996} \cdot (1,023)^{N-1996}$

Прогнозная оценка структуры мирового энергопотребления А.А.Шкуты:

	1996		2000		2010	
	млн. т у.т.	%	млн. т у.т.	%	млн. т у.т.	%
Потребление, всего	12068	100	13300	100	16600	100
<i>в т. ч.</i>						
Жидкое топливо	4770	39,6	5370	40,4	6650	40,0
Природный газ	2839	23,5	3020	22,7	3970	23,9
Твердое топливо	3250	26,9	3645	27,4	4580	27,7
Гидроэнергия	314	2,6	345	2,6	440	2,6
Атомная энергия	895	7,4	920	6,9	960	5,8

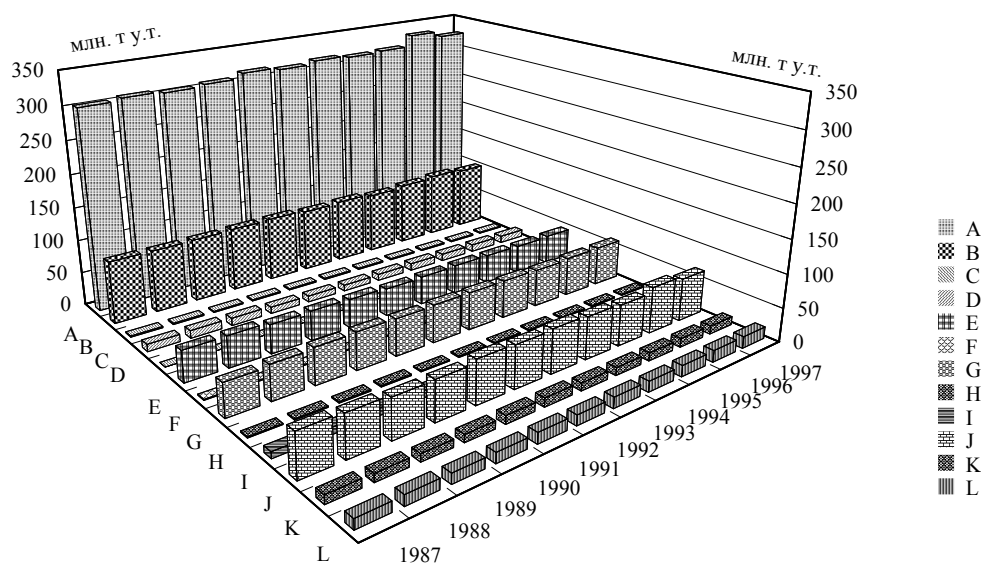
Показатели потребления энергии для нескольких стран по данным В.В. Бушуева.

Страна	Энергоемкость социальных расходов [9], $(\mathcal{E}/CP)$ , т у.т./ тыс. дол.	ВВП на душу населения [9], $(ВВП/H)$ , тыс. дол./чел.	Социальные расходы на душу населения [9], $(CP/H)$ , тыс. дол./чел.	Потребление энергии на душу населения, $(\mathcal{E}/H)$ [9], т у.т./чел.	Энергоемкость ВВП, $(\mathcal{E}/ВВП)$ (расчитано по данным [9]), т у.т./ тыс. дол.
1	2	3	4	5	4
Франция	0,84	21,6	7,6	6,4	0,296
Израиль	1,46	12,7	3,0	4,4	0,346
Финляндия	1,78	23,7	5,0	8,9	0,376
США	4,13	22,6	3,0	12,4	0,549
Индия	4,17	0,6	0,06	0,25	0,417
Болгария	7,80	2,0	0,5	3,9	1,95
Россия	20,7	4,0	0,3	6,2	1,55
Россия, при условии экономии 250 млн. т у.т. в год (расчет)	15,0	4,0	0,3	4,5	1,125

**Генетический подход:**

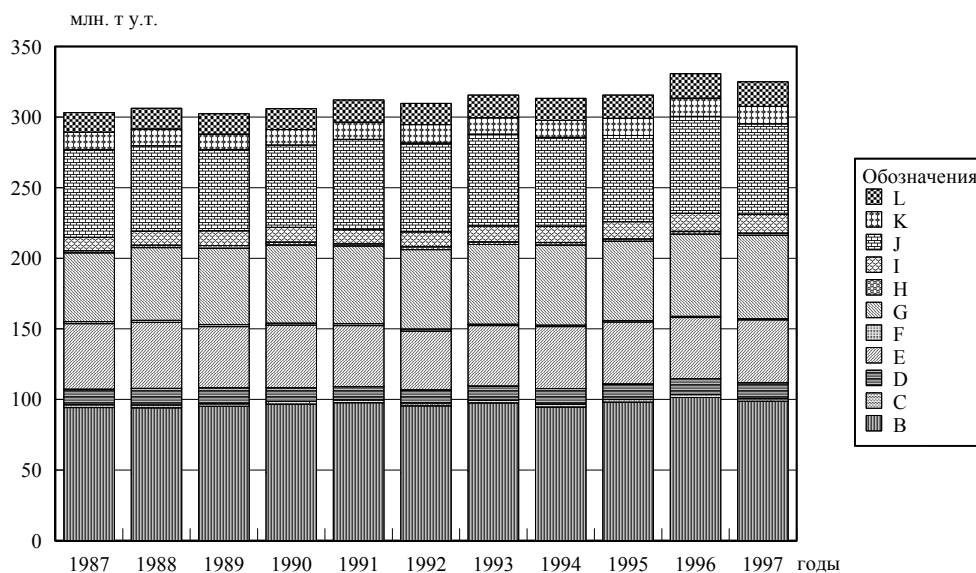
Для страны:  $\mathcal{E} = e \cdot H$ .

Для мира:  $\mathcal{E} = \sum_{i=1}^5 \left( \sum e \cdot H \right)_i$ .



Структура потребления энергии в Великобритании.

- |   |                                    |
|---|------------------------------------|
| A - общее потребление энергии;                  | H - водный транспорт;              |
| B - потерянная при превращении и распределении; | I - воздушный транспорт;           |
| C - сельское хозяйство;                         | J - жилой сектор;                  |
| D - черная металлургия;                         | K - общественная администрация;    |
| E - остальная промышленность;                   | L - торговля и другие потребители. |
| F - железнодорожный транспорт;                  |                                    |
| G - автотранспорт;                              |                                    |



Структура потребления энергии в Великобритании.

- |   |                                    |
|---|------------------------------------|
| B - потерянная при превращении и распределении; | H - водный транспорт;              |
| C - сельское хозяйство;                         | I - воздушный транспорт;           |
| D - черная металлургия;                         | J - жилой сектор;                  |
| E - остальная промышленность;                   | K - общественная администрация;    |
| F - железнодорожный транспорт;                  | L - торговля и другие потребители. |
| G - автотранспорт;                              |                                    |

$$\begin{cases} Y = C + I + G + Exp - Imp + P \\ \frac{\Delta Y}{Y} = \frac{\Delta I}{I} \end{cases}$$

$$\Delta Y = m \cdot \Delta I = \frac{1}{1 - \frac{C + G + Exp - Imp + P}{Y}} \cdot \Delta I$$