

# Банк энергетических и экономических данных МАГАТЭ

---

Жан-Пьер Шарпентье и Джон Э. Расселл

В целях выяснения роли, которую могла бы играть ядерная энергетика в развивающихся регионах земного шара, МАГАТЭ проводило в прошлом обзоры рынка для ядерной энергетики в ряде развивающихся стран. В 1976 году МАГАТЭ создало банк энергетических и экономических данных на базе ЭВМ не только для ядерной энергии, но также для других видов энергии. Банк данных предназначен для предоставления в унифицированном и систематизированном виде энергетических и соответствующих экономических данных, необходимых для долгосрочного планирования энергетики. В настоящее время Агентство собрало имеющиеся данные по производству и потреблению энергии в большинстве своих государств-членов, а также базовую информацию о ситуации в мире в области энергии и связанных с нею экономических параметров.

Теперь можно быстро и автоматически получать данные, необходимые для анализа роли ядерной энергетики в государствах-членах для официальных докладов Агентства и национальных, региональных или всемирных обзоров. Гибкая программа ЭВМ позволяет получать ряд таблиц и графиков с самыми последними данными. Объединение результатов на региональной или всемирной основе, требовавшее раньше отдельных продолжительных расчетов, в настоящее время осуществляется легко и быстро.

Три основных события предопределили создание банка данных на базе ЭВМ. Первым явился значительный рост объема собираемой информации. В течение ряда лет Агентство собирало и классифицировало ряд энергетических и экономических данных, при этом работа с постоянно растущим объемом базовой информации становилась все более и более трудной.

Вторым, и по-видимому, наиболее важным явлением была необходимость более быстрого отбора и поиска базовой информации. Банк данных на базе ЭВМ в настоящее время дает возможность давать быстрый ответ на многие вопросы о производстве и потреблении энергии и энергетических ресурсов, а также о связанных с энергией экономических аспектах.

В-третьих, ощущалась потребность в данных для прогнозов потребления и производства энергии на базе экстраполяций тенденций, взаимосравнений между странами, а также посредством более сложных моделей. Тем не менее, следует иметь в виду, что банк данных будет не новой математической моделью энергетики, а системой энергетических данных с простым доступом, которую можно использовать в любой модели, а также в более общих целях.

---

Г-н Шарпентье является инженером-экономистом в Секции экономических исследований, Отдел ядерной энергетики и реакторов. Г-н Расселл является программистом-аналитиком в Секции ЭВМ, Отдел научной и технической информации.

## ОРГАНИЗАЦИЯ БАНКА ДАННЫХ

Для создания банка данных на базе ЭВМ необходимы в основном четыре элемента:

1. Входные данные;
2. ЭВМ и соответствующая магнитная запоминающая система для хранения этих данных (аппаратная часть);
3. Система ЭВМ (программное обеспечение), которая позволяет осуществлять организацию и классификацию необработанных входных данных и упрощает поиск выходных данных в системе магнитного запоминающего устройства.
4. Ряд дополнительных подпрограмм ЭВМ для обработки необработанных выходных данных и выдачи их в виде таблиц, графиков, статистических анализов и т.д.

Пункты 1 и 3, сбор данных и приспособление программы ЭВМ для классификации и поиска необработанных входных данных, были ключевыми моментами в разработке банка данных. Программное обеспечение ЭВМ уже имелось в Агентстве (IBM 370/158), и разработка подпрограмм для окончательного использования данных была "относительно" легкой задачей.

Сбор данных: Как показано на рис.1, имеется два источника данных для банка энергетических данных МАГАТЭ: данные или направляются в Агентство непосредственно международными организациями на магнитной ленте, или же Агентство создает собственные файлы.

Что касается данных, получаемых Агентством из посторонних источников, то было достигнуто хорошее сотрудничество со Статистическим управлением ООН в Нью-Йорке, Статистическим отделом АЯЭ/ОЭСР в Париже, Всемирным банком в Вашингтоне, федеральный округ Колумбия, и Статистическим энергетическим отделом ЕЭС в Люксембурге; это сотрудничество осуществляется в области предоставления магнитных лент для ЭВМ и методик пересмотра данных с учетом последних результатов.

В целях унификации методики были также установлены контакты с другими национальными и международными органами, такими как Всемирная энергетическая конференция. Целью этих внешних контактов является в основном сбор неядерной информации. Данные, относящиеся к ядерной области, собираются в целом непосредственно Агентством через специальные организации, в результате анализа литературы с результатами работы совещаний, а также сотрудниками, выезжающими в командировки.

На рис.2 показана структура содержания банка данных. Жирная линия на рисунке означает данные, которые в настоящее время уже собраны и имеются в наличии, а тонкие линии означают те данные, которые все еще собираются.

Система ЭВМ: Объем базовой информации в банке данных в настоящее время приближается к трем миллионам единиц. В этот показатель не включены оцененные данные, такие как темпы роста или потребление на душу населения, и т.д., которые рассчитываются с помощью подпрограмм. Обработка такого большого объема данных, даже с помощью ЭВМ, представляет собой нелегкую задачу. Вначале банк данных был основан на использовании программы, разработанной Агентством для нужд библиотеки (программа ЛИПСИ). Но было ясно, что, даже с учетом модификаций, эту программу очень трудно приспособить для достаточно гибкой обработки информации, имеющей в основном численный характер.

После анализа нескольких возможностей было решено использовать общую систему управления банком данных, недавно предоставленную Агентству Федеративной Республикой Германии. Эта система для программ ЭВМ, названная АДАБАС, специально предназначена для обработки данных. Она организует входные данные таким образом, чтобы их можно было легко и быстро запросить при отсутствии у пользователя точной информации о расположении данных в банке данных. Имеется простой язык, позволяющий составлять простейшие команды и запрашивать данные из очень больших и сложных банков данных.

Данные сгруппированы по тематическому признаку, и они хранятся отдельно на магнитной ленте, называемой файлом. В настоящее время используют шесть различных файлов.

Рис.1: Источники данных Банка энергетических данных МАГАТЭ

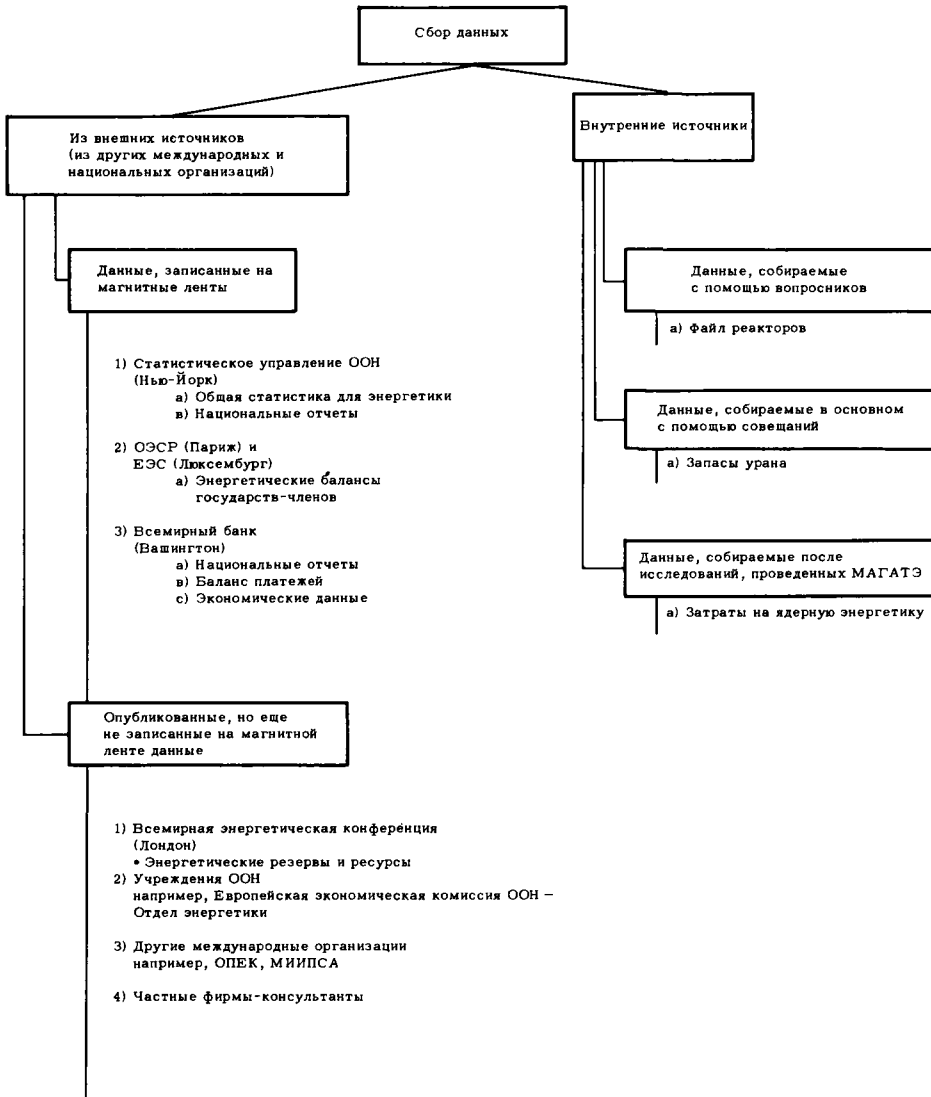
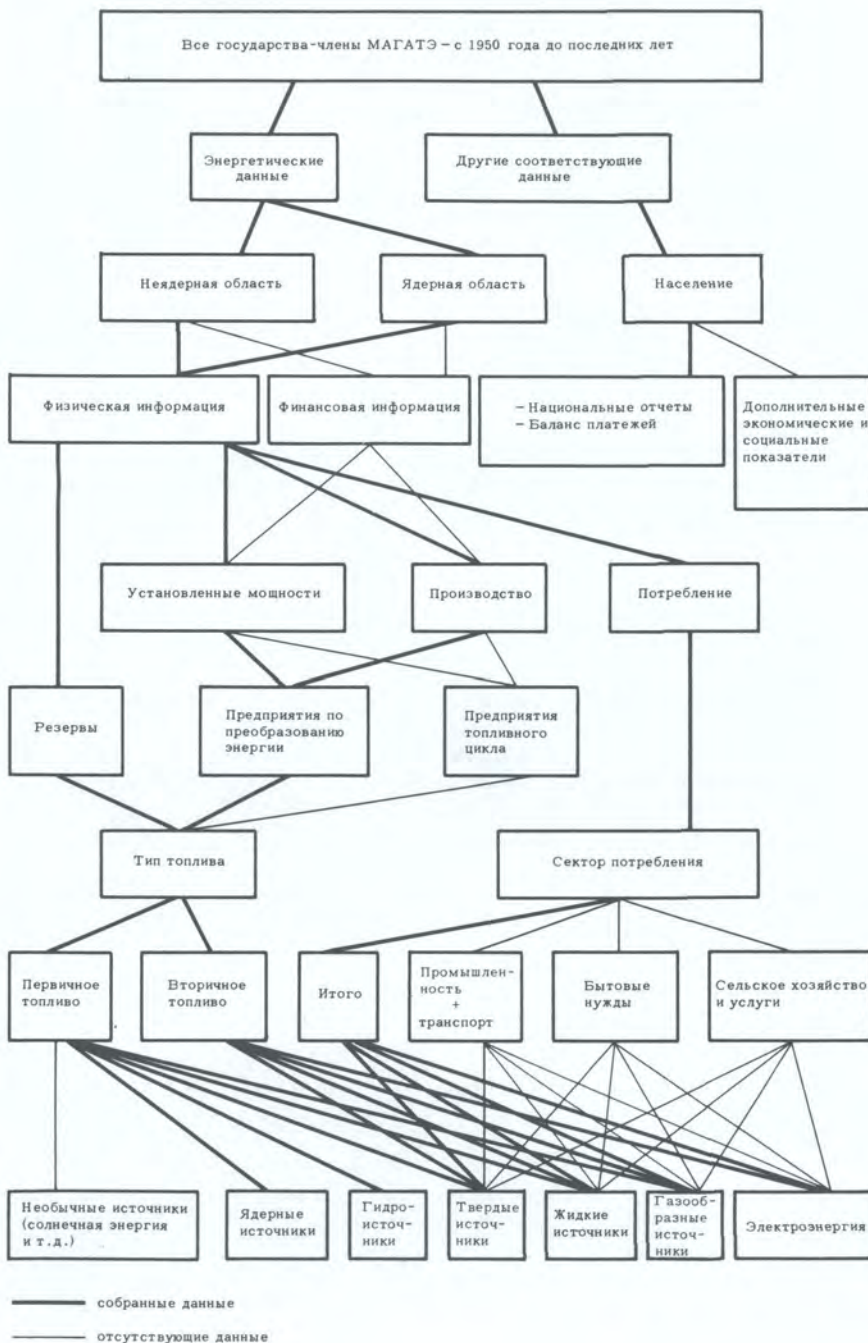


Рис.2: Структура содержания банка данных



- Общая энергетическая информация о получении, потреблении, торговле и производственных мощностях
- Энергетические ресурсы
- Ядерные реакторы и предприятия топливного цикла
- Информация о капиталовложениях и расходах на эксплуатацию энергетических установок
- Национальные отчеты
- Прогнозы

Внутренняя структура АДАБАС имеет особенности, позволяющие легко стыковать файлы, содержащие, по крайней мере, одно общее ключевое слово. Например, поскольку все данные в каждом файле всегда содержат название страны, то это название можно использовать в качестве ключевого слова. Эта особенность также дает возможность стыковать файл с общими данными об энергетике с файлом национальных отчетов в целях определения потребления энергии во всех странах, где валовой продукт страны на душу населения имеет определенное значение.

## УСЛУГИ, ПРЕДОСТАВЛЯЕМЫЕ БАНКОМ ДАННЫХ

Структура банка данных выбиралась с таким расчетом, чтобы он выполнял три основные функции:

1. "Рутинные" услуги, означающие возможность быстро отвечать на любой вопрос по потреблению и производству энергии, торговле, ресурсам и другим экономическим вопросам, связанным с энергией.

В ближайшем будущем будут введены видеотерминалы в режиме "он-лайн" с тем, чтобы пользователи банка данных имели возможность самостоятельно делать простые запросы и получать ответы прямо на экране.

Пример простого запроса: "Найти все страны, в которых в 1975 году средний коэффициент загрузки электростанций был больше 50%."

Запрос для ЭВМ формулируется следующим образом: "FIND ALL RECORDS IN WORLD-ENERGY. STATISTICS WITH YEAR EQUAL 1975, IF ELEC-CAP NOT EQUAL 0 THEN COMPUTE  $\neq$  UTIL = ELEC-PROD \* 114/ELEC-CAP ELSE SET  $\neq$  UTIL = 0. END IF  $\neq$  UTIL LT 500 THEN REJECT RECORD END DISPLAY COUNTRY ELEC-PROD ELEC-CAPA  $\neq$  UTIL 10 'LOAD/FACTOR /%'"

Список стран и выходные данные появились на экране, из которых были отобраны следующие данные в порядке уменьшения производства электроэнергии.

СТРАНА	ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ (ГВт-ч)	МОЩНОСТЬ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ 1(МВт)	КОЭФФИЦИЕНТ ЗАГРУЗКИ (%)
СССР	1 038 625	217 484	54,4
Канада	272 624	59 886	51,8
Польша	97 168	20 057	55,2
Германская Демократическая Республика	84 505	16 929	56,9
Норвегия	77 564	17 090	51,7
Южная Африка	74 914	13 990	61,0
Румыния	53 720	11 577	52,8
Югославия	40 040	9 043	50,4
Венесуэла	21 179	4 705	51,3
Венгрия	20 465	4 291	54,3

Рис.3: Основная энергетическая и экономическая информация для ВЕНЕСУЭЛЫ - ситуация в области энергии

COMMODITY	1950	1960	1970	1973	1974	1975	AVERAGE ANNUAL	
							1950 TO 1970	1973 TO 1975
								GROWTH RATE
ENERGY CONSUMPTION - TOTAL	7.88	17.83	33.39	40.66	38.94	45.21	7.49	5.46
- SOLID FUELS	0.00	0.43	1.49	3.05	2.81	2.44	39.69	-10.51
- LIQUID FUELS	6.19	10.77	17.85	19.69	17.60	25.01	5.44	12.69
- GAS	1.63	6.60	12.73	15.94	16.19	15.07	10.83	-2.77
- PRIMARY ELEC.	0.06	0.03	1.31	1.97	2.34	2.70	17.12	16.88
PRIMARY ENERGY PRODUCTION - TOTAL	104.51	204.57	272.89	254.36	228.46	183.17	4.92	-15.14
- SOLID FUELS	0.00	0.03	0.04	0.05	0.05	0.06	20.25	9.54
- LIQUID FUEL	102.82	197.91	258.80	236.40	209.87	165.35	4.72	-16.37
- GAS	1.63	6.60	12.73	15.94	16.19	15.07	10.83	-2.77
- URANIUM	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
- HYDRO + GEO	0.06	0.03	1.31	1.97	2.34	2.70	17.12	16.88
ENERGY BALANCE (EXP-IMP) - TOTAL	96.62	183.45	235.08	208.71	186.03	135.89	4.55	-19.31
- PRIM. SOLID	-0.00	0.0	-0.03	-0.01	-0.00	-0.00	0.0	0.0
LIQUID	85.09	138.11	168.40	146.40	122.03	101.27	3.47	-16.83
GAS	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
- SEC. SOLID	0.0	-0.40	-1.42	-2.99	-2.75	-2.39	0.0	0.0
LIQUID	11.54	45.75	68.13	65.32	66.75	37.01	9.28	-24.72
GAS	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ELEC.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ELECTRICITY PRODUCTION - TOTAL	0.39	1.49	4.07	5.14	5.89	6.78	12.43	14.78
- THERMAL	0.33	1.46	2.75	3.17	3.55	4.08	11.11	13.45
- HYDRO-ELECTRIC	0.06	0.03	1.31	1.97	2.34	2.70	17.12	16.88
- NUCLEAR	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
- GEOTHERMAL	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CAPACITIES OF ELEC. PLANTS - TOTAL	350.00	1353.00	3172.00	3357.00	4391.00	4705.00	11.65	18.39
- THERMAL	315.00	1220.00	2264.00	2390.00	3043.00	3137.00	10.36	14.57
- HYDRO	35.00	133.00	908.00	967.00	1348.00	1568.00	17.68	27.34
- NUCLEAR	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
- GEOTHERMAL	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
TOTAL ENERGY CONSUMPTION PER CAPITA	1.48	2.37	3.21	3.60	3.35	3.77	3.96	2.28
TOTAL ELEC. CONSUMPTION PER CAPITA	0.07	0.19	0.39	0.46	0.51	0.57	8.74	11.31
REFINERY CAPACITIES	12990.00	46310.00	67720.00	68015.00	62450.00	44950.00	8.61	-18.71

ALL ENERGY VALUES IN MILLION KILOWATT-YEAR THERMAL  
ALL PER CAPITA VALUES IN KILOWATT-YEAR THERMAL PER HEAD  
ELECTRICAL CAPACITIES IN MEGAWATTS

REFINERY CAPACITY IN MEGATONNES  
ALL GROWTH RATES IN PER CENT

0.0 INDICATES VALUE NOT AVAILABLE  
0.00 INDICATES VALUE LESS THAN 0.005

Рис.4: ВЕНЕСУЭЛА - Дополнительная энергетическая информация

```

*****
*
*
* LATEST AVAILABLE ESTIMATED FOSSIL ENERGY RESERVES *
*
* MILLION KILOWATT-YEAR THERMAL *
*
*****
*
* SOLID * LIQUID * GAS * URANIUM * TOTAL *
*
*****
* 10.53 * 8854.55 * 1504.80 * 0.0 * 10369.88 *
*
*****

```

```

*****
*
*
* LATEST AVAILABLE ESTIMATED HYDRO-ELECTRIC RESERVES *
*
* MEGAWATTS *
*
*****
*
* UNDER CNSTR * PLANNED * POSS. SITES * TOTAL *
*
*****
* 2620.0 * 13565.0 * 0.0 * 16185.0 *
*
*****

```

```

*****
*
*
* ENERGY RATIOS *
*
*****
*
* 1950 * 1960 * 1970 * 1975 *
*
*****
* RESERVES/CURRENT CONSUMPTION * 1316.5 * 581.6 * 310.6 * 229.3 *
*
*****
* ENERGY DENSITY KW-YR/SQ KM * 8.6 * 19.6 * 36.6 * 49.6 *
*
*****

```

2. Регулярное распространение статистических бюллетеней и брошюр, содержащих краткое обобщение стандартизованных в таблицах и графиках ситуаций в области энергии в прошлом и настоящем в различных государствах-членах МАГАТЭ. На рис. 3, 4, 5 и 6 приведены четыре стандартизованные таблицы энергетических и экономических данных для Венесуэлы.

На рис. 3 показано производство и потребление энергии, торговля в области энергетики и мощности электростанций. Вся информация дается в унифицированных единицах – кВт-год тепловой. Кроме того, приводятся два темпа роста и два отношения: темпы долгосрочного роста энергетики и электроэнергетики, то есть темпы, рассчитанные после 1950 г., и новые темпы роста после энергетического кризиса в конце 1973 г.; два указанных отношения представляют собой потребление энергии и электроэнергии на душу населения.

На рис. 4 показаны резервы энергии в стране, также в стандартизованных единицах энергии. Рис. 5 посвящен населению, его исторической эволюции, а также его распределению по возрастам и географическим зонам. Рис. 6 дает картину макроэкономической ситуации в стране: валовой продукт страны (ВПС) и его распределение по различным экономическим секторам.

3. Обеспечение прогнозов в области энергии. Было разработано несколько математических моделей и была сделана серия систематических прогнозов на основе имеющейся в ЭВМ связи между данными и моделями. На рис. 7 приведен пример экстраполяции, основанных на данных для Японии. Для этого примера была осуществлена подгонка логистической функции (также называемой насыщающей функцией) к данным производства электроэнергии на душу населения с 1950 г., и была произведена экстраполяция до 2000 г.

Как известно, логистическая функция имеет следующий вид:

$$y = \frac{L}{1 + \exp - (at+b)}$$

где  $y$  – потребление электроэнергии на душу населения,

$L$  – фиксированный асимптотический предел, который в данном случае будет 15 000 кВт-ч. на душу населения

$t$  – время

$a$  и  $b$  – константы, рассчитываемые с помощью регрессии. Коэффициент регрессии для Японии очень хороший: 0,99. Результаты даны с уровнем достоверности 95%.

Полученные таким образом прогнозы для Японии были следующими:

ГОДЫ	ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ НА ДУШУ НАСЕЛЕНИЯ (кВтч)
1985	между 7875 и 9198
1990	между 9756 и 10 974
2000	между 12 600 и 13 350

## ВЫВОДЫ

Создан всемирный банк энергетических данных. Можно надеяться, что услуги этого банка помогут отдельным государствам и международным организациям в планировании будущих энергетических систем. Однако еще предстоит много сделать. Само собой разумеется, что создание банка энергетических данных является долгосрочной задачей, требующей постоянных дополнений и усовершенствований.



Рис.5: ВЕНЕСУЭЛА - Информация о населении

	1950	1960	1970	1975	AVERAGE ANNUAL GROWTH RATE 1970 - 1975
POPULATION IN MILLIONS	5.3	7.7	10.4	12.0	2.9
POPULATION DENSITY PER SQ KM	5.8	8.5	11.4	13.1	----
PRESENT POPULATION GROWTH RATE					3.4
SURFACE AREA IN 1000 SQ KM					912.0

POPULATION STRUCTURE IN 1970								
BY AGE			BY LIVING AREA			BY EDUCATION		
0-14	15-64	65+	TOTAL	% URBAN	URB GROWTH	SEC ENROL	LITERACY	
47.0	50.5	2.5	100.0	76.0	5.0	33.0	77.0	

Рис. 6: ВЕНЕСУЭЛА - Экономическая информация

COMMODITY	1950	1960	1970	1973	1974	1975	AVERAGE ANNUAL GROWTH RATE
GNP IN BILLIONS OF 1975 \$	3.95	8.89	16.28	18.53	19.74	21.25	6.23
GNP PER CAPITA IN 1975 \$	796.48	1213.11	1584.44	1642.83	1697.37	1771.49	2.71
BREAKDOWN OF GNP IN %							
SUPPLIED BY :							
- INDUSTRY	39.43	23.11	42.08	47.27	57.81	0.0	12.80
- AGRICULTURE	6.81	6.47	7.42	6.55	5.33	0.0	7.69
- TRANSPORT	0.0	0.0	10.62	10.57	8.26	0.0	0.0
- OTHERS	59.94	77.83	45.16	40.73	30.86	0.0	0.61
CONSUMED BY :							
- INVESTMENT	30.87	22.10	29.39	30.80	22.27	27.66	9.30
- PRIVATE EXPEND.	56.58	56.50	56.24	49.28	41.34	50.85	6.19
- GOVERNMENT EXPEND.	14.66	14.94	14.05	14.02	11.79	13.10	5.58
- TRADE BAL. (EXP - IMP)	10.21	13.86	5.60	11.02	26.86	9.31	-2.97
EXPORTS IN BILLIONS OF 1975 \$	1.34	3.05	4.18	5.79	9.13	7.35	3.20
IMPORTS IN BILLIONS OF 1975 \$	0.94	1.82	3.27	3.75	3.83	5.38	6.04

Рис.7: Прогнозы производства электроэнергии в Японии

