

Проблемы и перспективы развития топливно-энергетического комплекса России

Макаров А.А.

Институт энергетических исследований РАН, Москва, Россия

Рассмотрен постсоветский опыт разработки и реализации программных документов по развитию топливно-энергетического комплекса России и используемые для этого методы и модели. Охарактеризованы основные проблемы и возможные пути их решения в рамках формируемой Энергетической стратегии России на период до 2030 г. Основная задача Энергетической стратегии России — найти правильное сочетание экономического роста с развитием энергетики и охраной окружающей среды и, главное, создать механизмы ее реализации.

Ключевые слова: топливно-энергетический комплекс России, Энергостратегия России.

Розглянуто пострадянський досвід розробки та реалізації програмних документів щодо розвитку паливно-енергетичного комплексу Росії та методи і моделі, що використовувалися для цього. Дано характеристику основних проблем та можливі шляхи їх вирішення у рамках Енергетичної стратегії Росії на період до 2030 р. Основна задача Енергетичної стратегії Росії — знайти правильне поєднання економічного росту з розвитком енергетики та охороною навколишнього середовища, а головне, створити механізми її реалізації

Ключові слова: паливно-енергетичний комплекс Росії, Енергостратегія Росії.

Экономика и топливно-энергетический комплекс (ТЭК) России, как и других стран СНГ, пережили тяжелый кризис при распаде СССР и переходе от плановой системы к рынку. Даже в 2007 г. валовой внутренний продукт России составил 90 % от уровня 1990 г., а промышленное производство восстановилось менее, чем до 80 %. И хотя основные отрасли ТЭК пострадали меньше экономики, но и они едва достигли 90–95 % от уровня производства в 1990 г. (лишь добыча газа превзошла его после 2005 г.).

В апогей кризиса в 1994 г. Минтопэнерго РФ организовало разработку Энергетической стратегии Российской Федерации, основные положения которой были одобрены постановлением Правительства РФ № 1006 от 13.10.95 и утверждены указом Президента России № 472 от 07.05.95 [1]. Как показано в табл.1 ([2], табл. 3.1), фактическая реализация большинства ее показателей в контрольные годы совпала или оказалась лучше прогнозных значений и только по добыче и экспорту природного газа произошло негативное отставание.

С началом выхода из кризиса в 2000 г. правительство приняло решение о разработке Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2020 г. и после нескольких циклов рассмотрения утвердило ее (Распоряжение № 1234-р от 28.08.03). Пять лет, прошед-

ших после утверждения Энергостратегии, внесли существенные изменения в представления о развитии экономики и ТЭК России. Основной причиной этого стало непредвиденное ведущими международными центрами беспрецедентное повышение мировых цен топлива. Оно существенно повысило темпы социально-экономического развития страны: фактический рост ВВП в 2000–2007 гг. составил 56 % вместо принятых при разработке Стратегии 35–40 %. Однако уточненные прогнозы по развитию экономики ([3] и прогнозы Института энергетических исследований РАН) сближаются с показателями Энергостратегии уже к 2010 г. (табл.2).

Ускорение экономики сопровождалось более быстрым снижением энергоемкости ВВП, и эта благоприятная тенденция сохранится в перспективе. Это сохраняет, несмотря на ускорение экономики, уточненные прогнозы общего потребления энергоресурсов в диапазоне Энергостратегии (табл.2). Но при этом новые прогнозы потребления электроэнергии заметно выше показателей Энергостратегии.

Кратное превышение фактических мировых цен нефти и газа над принятыми в Энергостратегии существенно увеличило российский экспорт энергоресурсов, в основном за счет нефти и нефтепродуктов, а также угля. Но достигнутое к 2007 г. превышение экспорта над прогнозами Энергостратегии, по-видимому, уменьшит-

Таблица 1. Реализация первой Энергетической стратегии России (ЭС-95)

Показатели	1995 г.	2000 г.		2005 г.	
		ЭС-95	Факт	ЭС-95	Факт
ВВП, % к 1990 г.	62	62–70	<u>71,9</u>	84–107	96,8
Внутреннее потребление:					
энергоресурсов, млн т у. т.	930	920–955	<u>903</u>	1010–1080	<u>950</u>
электроэнергии, млрд кВт.ч	841	845–890	864	970–1025	<u>941</u>
Экспорт энергоресурсов, млн т у.т.:	480	438–510	<u>534</u>	452–570	<u>801</u>
нефть, млн	122	91–120	<u>148</u>	91–120	<u>255</u>
нефтепродукты, млн	40	23–28	<u>45</u>	23–32	<u>77</u>
природный газ, млрд м ³	191	215–237	<i>194</i>	215–282	256
Производство энергоресурсов, млн т у.т.:	1388	1410–1505	1416	1470–1650	<u>1733</u>
нефть и конденсат, млн т	307	260–305	<u>324</u>	260–320	<u>470</u>
природный газ, млрд м ³	596	670–690	<i>584</i>	728–785	<i>641</i>
уголь, млн т	263	250–280	258	270–310	299
Электроэнергия, млрд кВт.ч	860	875–925	878	1000–1060	<u>953</u>

Примечание. Обозначения: жирным — соответствует ЭС; подчеркнутое — лучше ЭС; курсивом — хуже ЭС.

Таблица 2. Реализация Энергетической стратегии РФ на период до 2020 г. (ЭС-20)

Показатели	2002 г.	2007 г.		2010 г.	
		ЭС-20	Факт	ЭС-20	прогноз
ВВП, % к 2000 г.	110	135–140	<u>156</u>	153–170	165–173
Внутреннее потребление:					
энергоресурсов, млн. т у. т.	912	974–1018	997	1022–1097	1012–1025
электроэнергии, млрд. кВт ч	878	943–958	<u>1003</u>	995–1035	<u>1040–1055</u>
Экспорт энергоресурсов, млн т у. т.:	631	702–746	<u>886</u>	728–796	<u>885–900</u>
нефть, млн т	191	235–257	251	248–277	<i>235–245</i>
нефтепродукты, млн т	74	62–67	<u>118</u>	56–61	<u>115–120</u>
природный газ, млрд м ³	194	206–210	<u>243</u>	217–230	<u>260–265</u>
Производство энергии, млн т у. т.:	1514	1637–1714	<u>1788</u>	1700–1825	1800–1815
нефть и конденсат, млн т	380	433–466	<u>491</u>	447–489	480–488
рпприродный газ, млрд м ³	595	614–630	<u>654</u>	635–665	<u>675–680</u>
уголь, млн т	256	284–294	<u>315</u>	309–335	307–315
Электроэнергия, млрд кВт ч	891	961–982	<u>1035</u>	1015–1070	1055–1070

Примечание. Обозначения: жирным — соответствует ЭС; подчеркнутое — лучше ЭС; курсивом — хуже ЭС.

ся в предстоящий период. Увеличение экспорта привело к росту по сравнению с прогнозами Энергостратегии общего производства первичной энергии. Как показано в табл.2, уточненные прогнозы добычи нефти и угля полностью соответствуют оценкам Энергетической стратегии, объемы переработки нефти выше прогнозов Энергостратегии и достигнутый разрыв сохраняется до конца периода. Большое превышение ожидается в экспорте и добыче природного газа.

Уточненные прогнозы дают намного более интенсивное развитие электроэнергетики и меняют ее структуру (относительно показателей Энергостратегии) в пользу преимущественно тепловых и отчасти гидроэлектростанций при замедленном развитии атомной энергетики до 2010 г.

Таким образом, даже шоковые отклонения основного рыночного фактора — цен топлива — и обусловленное этим ускорение экономики не нарушили базовых тенденций развития ТЭК России и изменили его основные параметры в пределах точности прогнозов.

С 2007 г. развернулась работа над Энергетической стратегией России на период до 2030 г., организованная Минэнерго РФ с участием Министерства экономического развития, Минприроды, основных энергетических компаний, которая ведется силами академических, отраслевых и независимых институтов и организаций. Учитываются большие изменения в геополитике, мировой энергетике, социально-экономическом развитии страны и определяются пути ре-

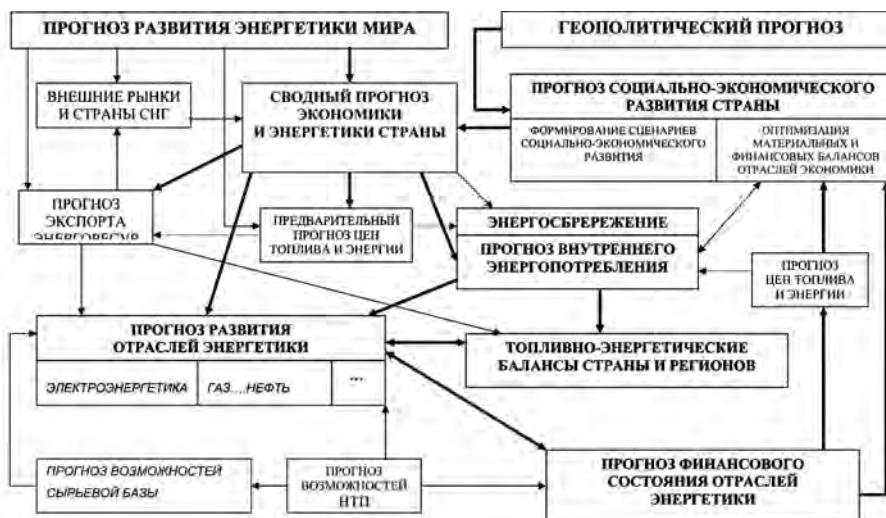


Рис.1. Общая схема прогнозирования энергетики России.

шения в новых условиях основных проблем развития ТЭК России.

Для решения всего многообразия задач научного обоснования энергетической политики страны нашим Институтом разработана уникальная научно-методическая база для прогнозирования развития энергетики с комплексом оптимизационных и имитационных математических моделей и распределенных баз данных [3, приложение 1, 4]. Он включает модели экономики (позволяющие детализировать выполняемые экономистами макропрогнозы развития экономики до показателей, необходимых для расчета энергопотребления, то есть по отраслям и территории страны), человеко-машинные системы для прогнозирования энергопотребления, оптимизационные модели развития основных отраслей ТЭК (электроэнергетики, газовой, нефтяной и угольной) производственной структуры и финансового состояния (вплоть до источников инвестиций) этих отраслей (рис.1). Сводная оптимизационная модель топливно-энергетического баланса (размерностью сотни тысяч уравнений и переменных) дает картину энергоснабжения регионов страны с прогнозами цен на энергоресурсы и объемов капиталовложений в энергетику. Эти данные корректируют модель экономики, и при необходимости запускается следующая итерация расчетов.

Дальше приводятся полученные на этом комплексе результаты исследований, выполненных в 2008 г. при разработ-

ке Энергетической стратегии России на период до 2030 г.

Согласно прогнозам Министерства экономического развития РФ (с которым мы тесно взаимодействуем в этой работе), валовой внутренний продукт России до 2030 г. в зависимости от сценария возрастет в 3,5–4,2 раза, а расход энергии на 45–55 % (рис.2). Это потребует быстрого снижения энергоемкости ВВП.

Самая главная проблема российской энергетики — высокая энергоемкость экономики. В 1990 г. Россия почти в 6 раз превышала по энергоемкости ВВП среднемировой уровень, и в 1996–1998 гг. разрыв стал семикратным. С подъемом экономики после 1998 г. началось быстрое снижение энергоемкости ВВП — темпами, которые до этого имел только Китай. За 10 лет мы почти на треть сократили отставание от среднемировых показателей, но и сегодня превышаем их в 4,5 раза. На снижение энерго-

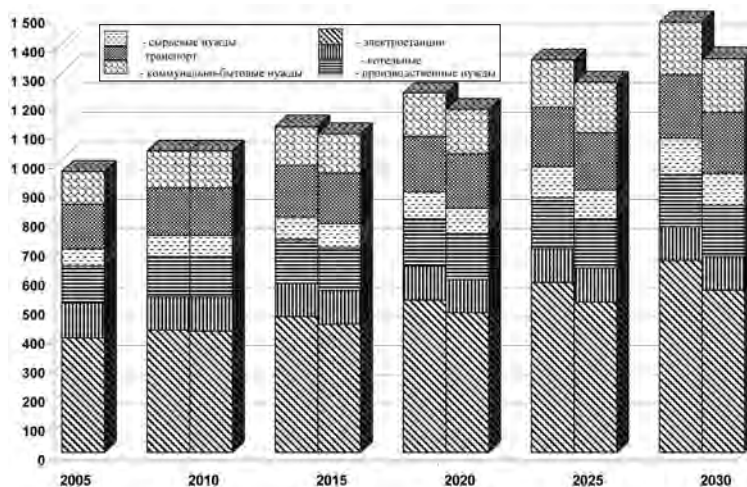


Рис.2. Направления использования первичной энергии, млн т у.т.

Таблица 3. Эмиссия парниковых газов, млн т CO₂

Показатели	1990 г.	2005 г.	2010 г.	2015 г.	2020 г.	2025 г.	2030 г.
Парниковые газы:							
всего	2466	1776	1864–1865	1925–1995	1995–2150	2055–2280	2090–2425
от газа	992	931	1016	1060–1090	1120–1185	1140–1225	1165–1280
от нефти	681	301	299–300	303–310	305–320	330–355	330–375
от угля	792	544	549	562–594	570–650	585–705	595–770
% к 1990 г.	100	72,0	75,6	78,1–80,9	80,9–87,2	83,3–92,5	84,8–98,3
В том числе CO ₂ :							
всего	2212	1583	1661–1662	1708–1770	1765–1905	1820–2025	1850–2150
от газа	852	813	891	923–950	973–1032	995–1065	1015–1115
от нефти	683	299	297–298	301–307	302–317	325–350	330–375
от угля	692	471	473	485–510	490–557	500–605	510–660
% к 1990 г.	100	71,6	75,1	77,2–80	79,8–86,2	82,3–91,6	83,7–97,3

емкости экономики должны быть направлены наши главные усилия.

Россия располагает пятой частью мировых ресурсов органического топлива, но существенно отстает в последнее десятилетие в их разведке. Если удастся интенсифицировать процесс разведки и перевода прогнозных ресурсов в запасы, то производство энергии можно будет увеличить на 30–35 %. При этом уголь, атомная энергия и ГЭС станут замещать нефть и газ, но доля последнего в традиционных сценариях снизится несущественно: с 42,5 % в настоящее время всего до 41 % в 2030 г. (рис.3).

Одна из главных задач оптимизации ТЭК — определить эффективную динамику добычи газа с учетом выбытия действующих и возможности освоения новых месторождений. По нашим расчетам, она соответствует выходу в 2030–2050 гг. на максимальный уровень добычи (около 950 млрд м³/год) с последующим ускоряющимся снижением добычи традиционного газа, частично компенсируемой освоением огромных ресурсов газогидратов. Рассмотрены также варианты более интенсивного освоения ресурсов традиционного газа, но тогда еще более интенсивный спад добычи не удастся «подхватить» газогидратами.

Вторая задача оптимизации ТЭК — эффективное развитие электроэнергетики страны. При том росте экономики и энергопотребления, которые рассматриваются в Энергетической стратегии, мощность электростанций с 2005 по 2030 г. должна увеличиться в 1,75–1,85 раза (в основном с приоритетом атомных станций, ГЭС и уголь-

ных КЭС) при утроении развития электрических сетей.

При всех этих усилиях экспорт энергоресурсов из России увеличится только на 15–20 % (до 1000–1050 млн т у.т.) к 2020 г., после чего ожидается его снижение, то есть пресловутое «проклятие экспорта» будет постепенно ослабевать (рис.4).

Однако при рассмотренных сценариях сильно вырастает нагрузка энергетики России на окружающую среду. В частности, выбросы парниковых газов около 2020 г. превысят уровень 1990 г., который взят за эталон на первом этапе киотского процесса регулирования парниковых выбросов. Естественно, такие параметры не обеспечивают устойчивое развитие страны.

Наш институт предлагает для Энергетической стратегии России сценарий стабилизации эмиссии парниковых газов [5] для уяснения того, во что это может обойтись экономике и

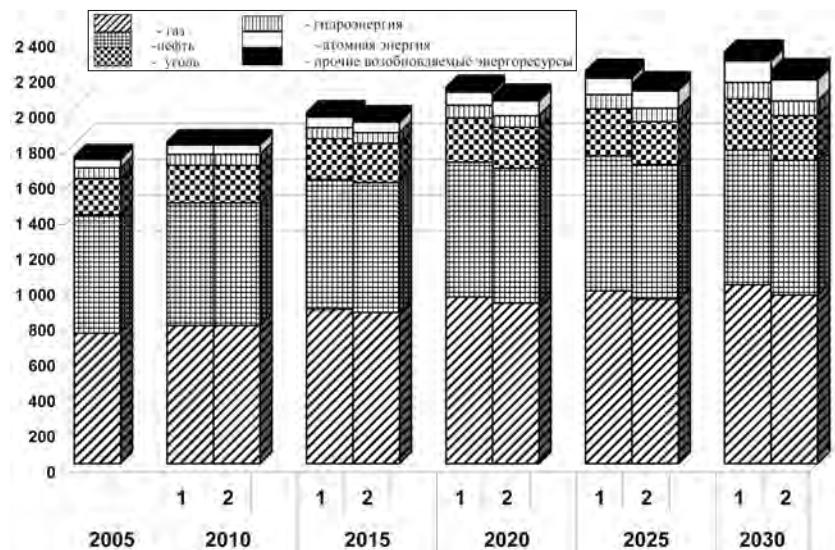


Рис.3. Динамика производства энергоресурсов в России, млн т у.т.

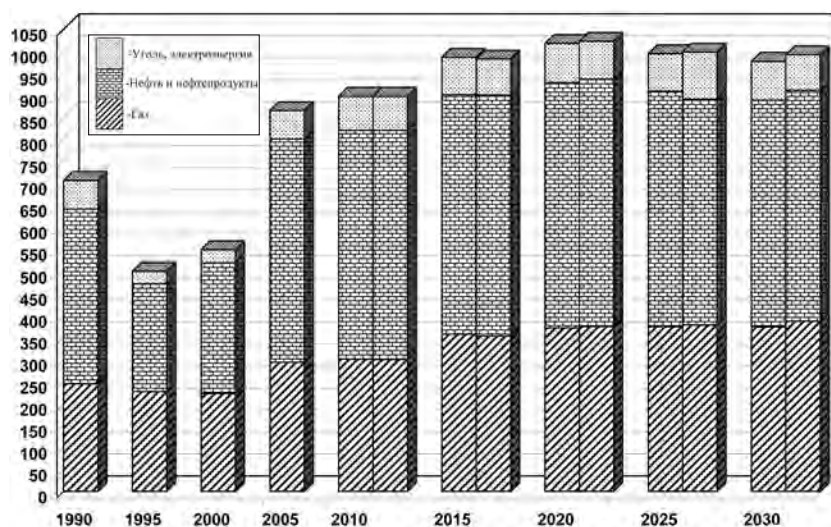


Рис.4. Экспорт энергоресурсов, млн т у.т.

энергетике страны. В экологическом сценарии аналогично западным исследованиям ожидается замедление темпов роста экономики на 0,4–0,5 % ежегодного годового прироста; за период с 2005 по 2030 г. это означает задержку развития на полтора года. Но прирост энергопотребления должен сократиться с 55 до 35 % при том, что прогнозируемая динамика снижения энергоёмкости ВВП будет все же медленнее реализованной за последние 10 лет.

Такой сценарий радикально меняет электроэнергетику страны. Приоритетными остаются АЭС и ГЭС, но вместо угольных электростанций должны интенсивно развиваться современные парогазовые технологии. Кратно возрастает экономически обоснованное использование возобновляемых энергоресурсов, особенно биомассы. Несмотря на увеличение доли использования газа на электростанциях его абсолютное потребление в экологическом сценарии будет меньше, чем в традиционном, из-за уменьшения потребности страны в электроэнергии.

Снижение расхода газа электростанциями позволит стабилизировать его добычу без снижения экспорта газа (это принципиально важно), а после 2020 г. практически стабилизируется и добыча угля. В результате обусловленная ТЭК эмиссия парниковых газов в течение всего периода не превысит 83–84 % от уровня 1990 г. (табл.3). Это увеличит капиталовложения в энергосбережение (что хорошо, поскольку обеспечит технологическое переустройство всей

сферы производства и потребления), но уменьшит капиталовложения в ТЭК из-за сдерживания добычи и транспортировки газа и угля, а также из-за удешевления электроэнергетики при ее развитии на газе, а не на угле.

Следующая проблема российского ТЭК — очень большая его нагрузка на экономику. По данным Мирового энергетического агентства, за прошедшие 20 лет мир вкладывал в энергетику 1,5 % от всего ВВП, оно же прогнозирует до 2030 г. капиталовложения в энергетику в размере 1,3–1,5 % от ВВП, что составляет колоссальные объемы — 21–22 трлн долл., но относительная нагрузка энергетики на экономику не меняется или даже снижается. Хотя другие эксперты дают менее оптимистичные прогнозы, приписывая названные капиталовложения только нефтяной и газовой отраслям.

В России капиталовложения в ТЭК по нашим традиционным сценариям составят около 6 % ВВП против 5 %, которые фактически тратились в последнее пятилетие. Это на пределе возможностей экономики.

Таким образом, Россия имеет реальные возможности выйти на путь устойчивого развития, но предстоит еще найти правильные сочетания экономического роста с развитием энергетики и охраной окружающей среды и, главное, создать механизмы их реализации. Это основная задача Энергетической стратегии России.

Список литературы

1. Новая энергетическая политика России. — М. : Энергоатомиздат, 1995. — 512 с.
2. Институт энергетических исследований — 20 лет. — М. : ИНЭИ РАН, 2005. — 80 с.
3. Энергетика России. Стратегия развития 2000–2020. — М. : МЭ России, 2003. — 800 с.
4. Макаров А.А. Системный анализ перспектив развития энергетики // Изв. РАН. Энергетика. — 2003. — № 1. — С. 42–49.
5. Макаров А.А. Средства и следствия сдерживания эмиссии парниковых газов в энергетике России // Там же. — 2008. — № 5. — С. 3–18.

Поступила в редакцию 22.08.08

The Problems and Prospects of Russian Fuel and Energy Complex

Makarov A.A.

The Energy Research Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow

The postsoviet experience of program documents development and realization of fuel and energy complex of Russia development and the methods and models are considered. The basic problems and their decision probable trends are characterized in Russia Power Strategy for the period till 2030. The basic aim of the Strategy is to consider the economic growth and environment protection correct combination with the Strategy realization mechanisms creation.

Key words: fuel and energy complex of Russia, the Power Strategy of Russia.

Received August 22, 2008

УДК 662.61+523.036.7

Энергоэкологический анализ эффективности использования топлива и энергии с применением математического и компьютерного моделирования. 1. Методика расчета энергетической эффективности и ее теплофизическое обоснование

Сорока Б.С., Кудрявцев В.С., Карабчиевская Р.С.

Институт газа НАН Украины, Киев

Предложена методология и процедуры ее реализации, а также программные продукты для расчета энергетической эффективности использования топливо-окислительных смесей произвольного состава. «Идеальная печь» принята как модельный объект, где в качестве теплоносителя рассматривается смесь равновесных продуктов сгорания, уровень рабочих температур оценивается температурой уходящих газов T_{fl} , а критериями совершенства являются энтальпийные КПД использования топлива η_f и теплоты η_H . Учтено образование конденсированной фазы (воды и сажистых частиц) при стандартной температуре $T_0 = 298,15$ К, а также по мере приближения температуры T_{fl} к T_0 .

Ключевые слова: анализ и расчет термодинамического равновесия, идеальная печь, теоретическая температура горения, удельная полная энтальпия, эффективность использования топлива.

Запропоновано методологію та процедури її реалізації, а також програмні продукти для розрахунку енергетичної ефективності використання паливо-окислювальних сумішей довільного складу. «Ідеальна піч» прийнята як модельний об'єкт, де як теплоносії розглядається суміш рівноважних продуктів згорання, рівень робочих температур оцінюється температурою викидних газів T_{fl} , а критеріями досконалості є ентальпійні ККД використання палива η_f та теплоти η_H . Враховано утворення конденсованої фази (води та сажистих часток) при стандартній температурі $T_0 = 298,15$ К, а також по мірі наближення температури T_{fl} до T_0 .

Ключові слова: аналіз та розрахунок термодинамічної рівноваги, ідеальна піч, теоретична температура горіння, питома повна ентальпія, ефективність використання палива.