

Созданная людьми (антропогенная) энергетика охватывает заселённые территории нашей планеты и обеспечивает всю их жизнедеятельность. Она уже составила 5% энергии фотосинтеза, питающей на Земле всё живое, но не достигла и двух десятитысячных долей потока солнечной энергии, то есть в космических масштабах пока практически неразличима. Современные тенденции и прогнозы развития мировой энергетике обсуждались в июле 2008 г. на одном из заседаний Президиума РАН. Научное сообщение, прозвучавшее на этом заседании, как и материалы состоявшейся затем дискуссии, публикуются ниже.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ РОССИИ

А. А. Макаров

Развитие энергетике России существенно определяется мировыми трендами. В 90-е годы XX в. завершился второй 50-летний цикл развития мировой энергетике: с середины 40-х годов в 5 раз выросло общее энергопотребление и удвоилось душевое потребление энергии, однако разброс его значений по странам был большим. В последней трети этого цикла стабилизировалось среднедушевое потребление энергии в мире, что вселяло надежды на будущее [1].

Одновременно изменилась и другая мировая закономерность: доминировавшие в энергетике XIX столетия дрова (биомасса) уступили место углю, доля которого в 1910–1920 гг. достигла двух третей в мировом производстве энергии. Через 50 лет на смену углю пришла нефть, доля которой поднялась до 45–47%, и вместе с газом углеводороды достигли того же доминирования, как ранее уголь. А последние 10–15 лет доли основных энергоресурсов медленно двигались к выравниванию, демонстрируя негэнтропийный процесс повышения устойчивости антропогенной энергетике.

Пять основных игроков – США, ОПЭК, Китай, Россия, Европейский союз – формируют в настоящее время около двух третей спроса и предложения на мировом энергетическом рынке, и Россия среди них занимает четвёртое место по

обоим параметрам. Энергетике СССР в последние годы его существования приближалась к энергетике США, теперь второе место твёрдо занял Китай, а энергетике России уверенно выходит из провала 1990-х годов.

ПРОГНОЗЫ РАЗВИТИЯ МИРОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

В XXI столетии рождается новая энергетике [2–6]. Она призвана обеспечить всё медленнее растущее население планеты (и прогнозы его роста регулярно снижаются), которое увеличится с 6.5 млрд. в настоящее время до более 8 млрд. в 2030 г. (на 25%). Это население будет жить всё лучше по мере увеличения валового внутреннего продукта (ВВП) в 2.5 раза с 2005 по 2030 г. (прогнозы в последние 15 лет постоянно повышались, но текущие кризисные явления в мировой экономике могут сделать их менее оптимистичными).

Замедляющийся рост населения при ускоряющемся ВВП формирует линейный тренд увеличения потребностей в энергии – на 60% к 2030 г. (рис. 1). Прогнозы спроса на энергию систематически повышаются, то есть в последние годы осознание опасности высокого энергопотребления не обостряется, а притупляется. Стабилизация среднемирового потребления энергии на душу населения – многообещающее и стратегически важное явление конца прошлого цикла перестройки энергетике – уже сменилась ростом душевого энергопотребления, и этот опасный процесс прогнозируется на будущее по базовым сценариям основных международных организаций. Столь же неблагоприятна динамика энергоёмкости валового внутреннего продукта – главного показателя энергетической эффективности экономики. Он тоже отклоняется от тренда в худшую сторону, то есть в базовых сценариях до 2030 г. снижение энергоёмкости мировой экономики замедляется.

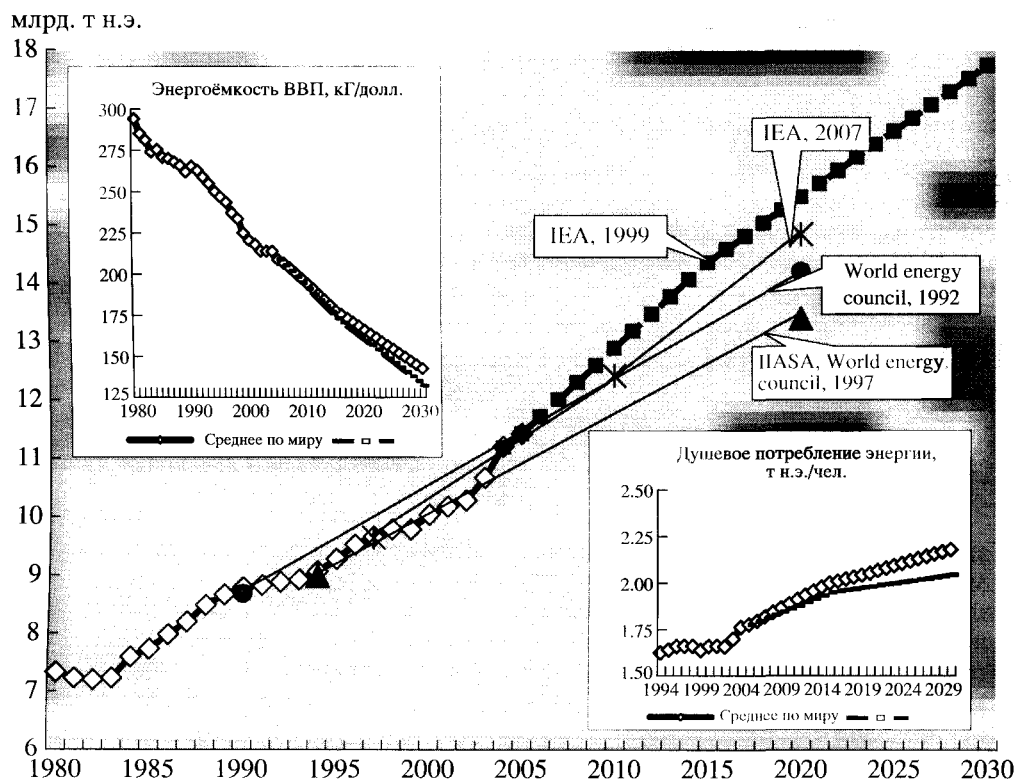


Рис. 1. Прогнозы мирового энергопотребления, энергоёмкости ВВП и душевого потребления энергии

Источники: Мировое энергетическое агентство (IEA), Мировой энергетический совет (WEC), Международный институт системного анализа (IIASA)

Спрос на энергию и её производство сильно сегментированы, единый энергетический рынок ещё не сложился. Наибольшие требования к качеству используемого топлива предъявляют химия (доля в общем потреблении энергии 6–7%) и транспорт (27–28%). В этих отраслях доминирует нефть, и заменить здесь нефтепродукты другими энергоносителями весьма трудно. Следующая группа потребителей со снижающейся долей в общем расходе энергии (29% в настоящее время, 17–18% в 2030 г.) – коммунальное хозяйство и промышленность. Здесь газ интенсивно вытесняет как нефтепродукты (бытовое жидкое топливо и мазут), так и твёрдое топливо и вскоре станет доминировать. Наконец, самая быстрорастущая сфера – электроэнергетика – поле широкой взаимозаменяемости и конкуренции большинства природных энергоресурсов. Её расширение с 37% общего расхода энергии в настоящее время до 47–48% в 2030 г. создаёт реальные предпосылки для улучшения ситуации с энергообеспечением человечества и перехода к устойчивому развитию.

Спрос на энергию перемещается из Европы и США (их доля сократится с 49% сегодня до 38–36% к 2030 г.) в Юго-Восточную Азию, страны бывшего СССР и Южную Америку. Их доля в общем расходе энергии вырастет с нынешних 41%

до 52–58%, и они станут доминирующими потребителями энергоресурсов в мире.

Ожидаемый довольно быстрый рост спроса на энергию не ограничен запасами энергоресурсов: за прошедшие полтора века (для которых есть достаточно надёжная статистика) добыто только 8% традиционных и 2% общих ресурсов органического топлива (табл. 1). Сверх того ядерная энергия при использовании реакторов-размножителей и замкнутого топливного цикла имеет энергетический эквивалент, превышающий ресурсы органического топлива. Наконец, технологически освоенный (но экономически ещё сомнительный) потенциал возобновляемых источников в разы превышает ресурсы органического топлива и ядерной энергии, вместе взятых.

Таким образом, угрозы общей нехватки энергоресурсов для человечества нет, но существует реальная проблема исчерпания запасов дешёвой нефти. За прошедшие полтора века использована треть ресурсов традиционной (самой дешёвой) нефти. В последнее десятилетие растёт отставание подготовки запасов нефти от объёмов её добычи, к тому же отрасль в целом недостаточно финансировалась. На очереди в ряду ресурсов, которым грозит проблема исчерпания, – природный газ, традиционные запасы которого использованы к настоящему времени на 14% (см. табл. 1).

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ РОССИИ

Таблица 1. Ресурсы органического топлива и ядерного горючего, млрд. т нефтяного эквивалента

Энергоресурсы	Нефть и конденсат	Естественный газ	Газовые гидраты	Уголь	Итого топливо	Уран и др.	Реакторы-размножители	Всего
Извлечённые	146	66		159	371	27		398
Доказанные	150	141		606	897	57	3390	4344
Возможные	145	279		2800	3224	203	12150	15577
Итого традиционные	441	486	0	3565	4494	287	1540	20319
Использовано, %	33	14		4	8	9		2
Нетрадиционные	525	850	18650		20025	150	8900	29075
Всего ресурсов	966	1336	18650	3565	24519	437	4440	49396
Использовано, %	15	5		4	2	6		1

Источники: Energy Information Administration US 2007. British Petroleum, 2007.

Несмотря на высокий процент извлечения, сложившийся тренд добычи нефти, согласно прогнозам, сохранится: при большом разбросе прежних оценок в последние базовые прогнозы закладывается рост на 40% – с 4.1 млрд. т в 2007 г. до 5.8 млрд. т в 2030 г. Предусматривается ускоренный рост добычи природного газа – с 3 трлн. м³ в 2007 г. до 4.8 трлн. м³ в 2030 г. (увеличение на 70%). Следует, однако, заметить, что прогнозы добычи нефти и газа периодически корректируются в сторону снижения.

Ожидания дальнейшего удорожания углеводородов (особенно нефти) в сочетании с политическими рисками “оторвали” цены нефти от их фундаментальных показателей. Действительно, даже с учётом девальвации доллара в 2007–2008 гг. цена нефти существенно превысила ценовой пик нефтяного кризиса 1980 г. Но при этом реальные затраты на добычу и распределение нефти у основных производителей, хотя и утроились за последние четыре года, составляют менее 40% нынешней цены нефти, которая к тому же, по мнению ряда экспертов (например, [5]), вдвое выше цены равновесия спроса и предложения.

За нефтью следуют цены газа и угля, затем цена металлов, а теперь и продовольствия, то есть по состоянию на 2007 г. в мире переоценены почти все основные природные ресурсы. В результате экономическая база для прогнозирования нарушена. Прежние прогнозы Международного энергетического агентства (20–30 долл. за баррель в 2020 г.) дискредитированы, а новые (около 60 долл. за баррель до 2030 г.; декабрь 2007 г.) дезориентируют энергетиков и экономистов.

В начале XXI в. возникли объективные предпосылки для спекулятивного роста цены нефти. Во-первых, производители существенно отстали

в подготовке сырьевой базы от роста добычи¹ и недостаточно инвестируют все фазы передела в отрасли. Во-вторых, спрос на нефть всё больше перемещается в химическую промышленность и на транспорт (в 1990–е годы они потребляли 60–65% нефти, а в 2007 г. – уже 82%), где потребители готовы платить высокие цены за нефтепродукты и не противостоят их спекулятивному росту. Получается, что самые конкурентные и глобализованные сектора мировой экономики – нефтяной как предлагающая сторона и автомобильный как потребительская – при содействии финансового рынка создали гигантский спекулятивный пузырь. Этот парадокс рыночной экономики пока недостаточно осмыслен, но явно подрывает веру в “невидимую руку рынка”, по меньшей мере, в тех секторах экономики, где вложения средств намного опережают во времени получаемые результаты.

Текущий мировой финансовый кризис и порождённые им опасения, связанные с замедлением общего экономического роста, уже оказывают отрезвляющее действие на биржевые котировки нефти, но одним из фундаментальных условий, если не ликвидации, то уменьшения “спекулятивной ренты”, является развитие технологий. Наиболее важны в этом отношении инновации в электроэнергетике и на транспорте.

За последние 10 лет резко сблизились цены производства электроэнергии на передовых традиционных и новых технологиях (рис. 2). Геотермальные электростанции, комбинированные технологии с газификацией угля, атомные и особенно ветровые электростанции, хотя и с государствен-

¹ Если в 60-х и 70-х годах XX в. прирост запасов нефти соответственно в 4.5 и 1.6 раза превышал её добычу, то в 80-х годах добыча опередила увеличение запасов на 15% и в 90-х – уже на 60%.

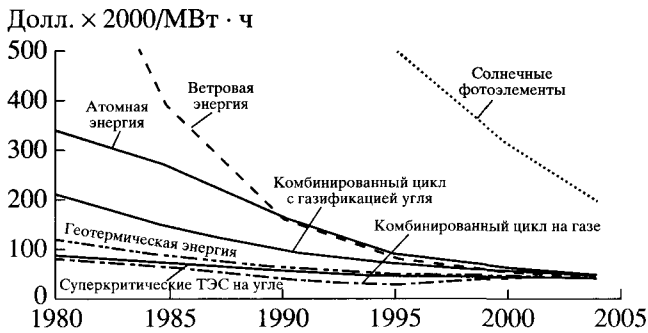


Рис. 2. Динамика затрат на производство электроэнергии традиционными и новыми технологиями
 Источник: Cambridge Energy Research Associates. 2004

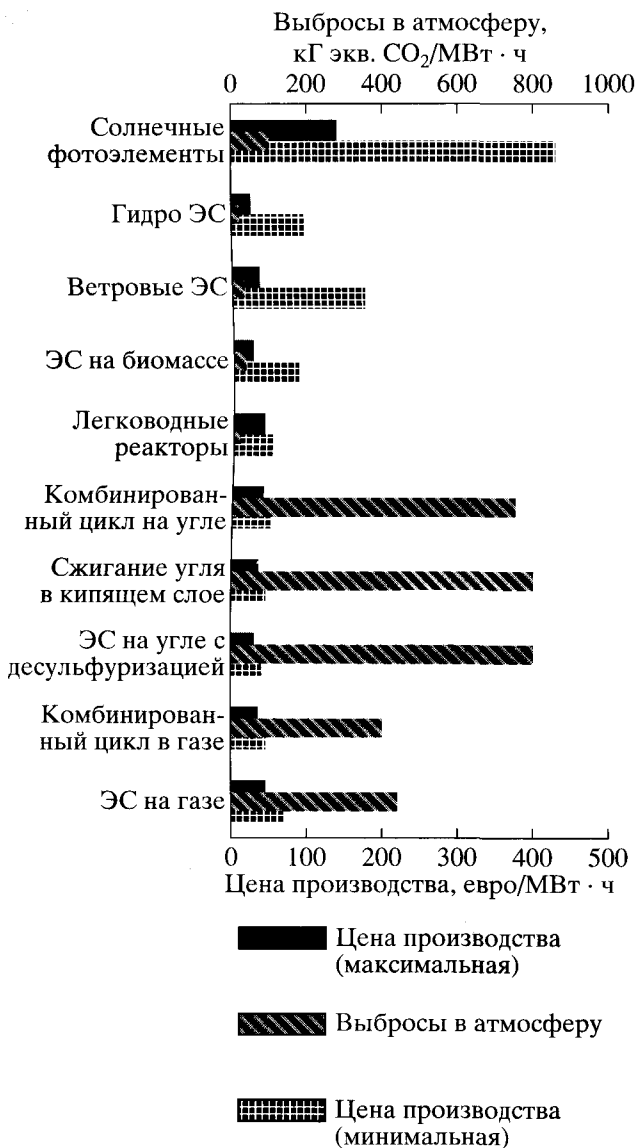


Рис. 3. Экономические и экологические характеристики перспективных технологий в электроэнергетике
 Источник: Energy Technology Perspectives. IEA. Paris, 2006

ными субсидиями, но вошли в область экономической сопоставимости с уже освоенными угольными и парогазовыми технологиями. Несколько отстаёт солнечная энергетика, хотя прогресс в ней тоже идёт быстро. Если мы сопоставим цену производства электроэнергии и количество выбросов вредных веществ в атмосферу, то станет явным противоречие между уже освоенными и потому относительно дешёвыми электростанциями на органическом топливе и новыми, возобновляемыми технологиями – дорогими и экологически более чистыми (рис. 3). Выбор между дешёвыми, но “грязными” и “чистыми”, но дорогими составляет главную проблему в развитии мировой электроэнергетики. И только атомная технология удачно совмещает цену и качество, однако ценой дополнительных радиационных рисков. В результате, несмотря на быстрый технологический прогресс, рост цен топлива и требований экологии, по меньшей мере, удвоят цену электроэнергии в период до 2030 г.

Достаточно бурно развивается производство и использование моторных топлив (рис. 4). Высокие цены нефти уже оправдывают добычу её нетрадиционных ресурсов (нефтеносные пески Канады и Венесуэлы) и производство синтетического жидкого топлива из газа. Становятся вполне конкурентными этанол и биодизельное топливо, получаемые из органики (сахарный тростник, кукуруза, сахарная свёкла и даже древесина). Этот прогресс способен разрушить монополию нефти на транспорте, и моторные топлива, по нашим оценкам, будут соответствовать цене нефти менее 100 долл. за баррель.

Если в определении стоимости энергии достигнуты некоторые успехи, то вопросы охраны окружающей среды, хотя и активно обсуждаются, эффективных решений пока не имеют. Половинчатый (по составу участников) Киотский протокол и предстоящий тяжёлый протектиотский процесс поиска соглашений по абсолютному снижению эмиссии парниковых газов пока сопровождаются её ростом на 55% в базовом сценарии Международного энергетического агентства (с 28.1 млрд. т CO₂ в 2007 г. до 42 млрд. т в 2030 г.) при увеличении мирового энергопотребления на 60% [2].

Если наблюдаемые изменения климата планеты действительно вызваны увеличением антропогенной эмиссии парниковых газов и с ней нужно бороться, то основные меры состоят в следующем: сдержать рост эмиссии относительно уровня 2005 г. можно на 40–45% за счёт дополнительной интенсификации энергосбережения, ещё на 20% – за счёт прямого улавливания CO₂ и на 10–12% – благодаря изменению структуры производства электроэнергии. Остальные 30–25% сдерживания эмиссии парниковых газов могут

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ РОССИИ

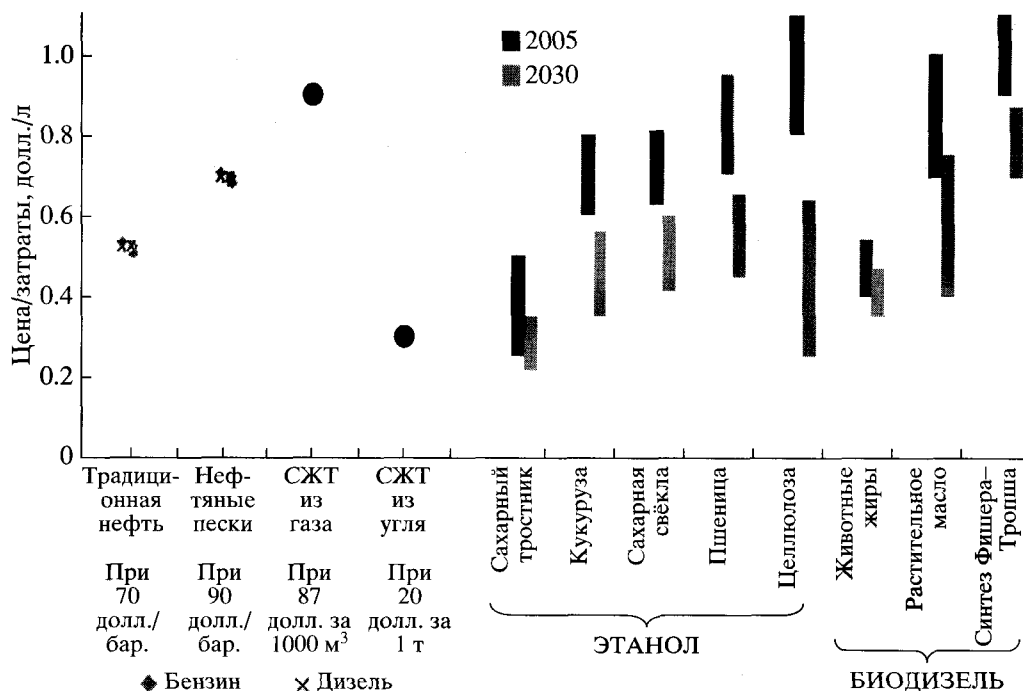


Рис. 4. Цена производства моторных топлив традиционными и новыми технологиями
СЖТ – синтетическое жидкое топливо

дать более широкое использование возобновляемых энергоресурсов и атомной энергии, а также применение водорода и топливных элементов.

Стоимость этих мер сильно зависит от темпов, которыми они проводятся. Если попытаться добиться упомянутых выше показателей за 10 лет (а Европейский союз заявил амбициозные цели снижения эмиссии парниковых газов на 25% к 2020 г.), то потребуются в 8 раз больше средств, чем при растягивании процесса на 40 лет. Выбор рациональных темпов реализации противоэмиссионных мер (если подтвердится, что именно парниковые газы порождают опасную ситуацию) – дело сложных экономических расчётов и, естественно, политической воли.

ПРОБЛЕМЫ И СЦЕНАРИИ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ РОССИИ

Начатая в 2007 г. разработка Энергетической стратегии на период до 2030 г. ведётся в настоящее время применительно к инновационному сценарию социально-экономического развития России, сформированному Министерством экономического развития РФ (МЭР) по поручению Правительства РФ от 21 мая 2008 г. Этот сценарий исходит из умеренных мировых цен нефти² и

² В инновационном сценарии цена нефти Urals (в долларах США 2007 г.) увеличивается с 69 долл./бар. в 2007 г. до 78 долл./бар. в 2015 г. с последующим ростом до 85 и 95 долл./бар. соответственно к 2020 и 2030 г.

предусматривает использование с 2010 г. инновационных источников роста как в традиционных (энергетика, транспорт, аграрный сектор), так и в новых наукоёмких секторах экономики. По расчётам МЭР, годовые темпы роста ВВП в 2011–2015 гг. составят в среднем 6.2%, в 2016–2020 гг. – 6.6%, и в целом с 2005 по 2030 г. ВВП увеличится в 4.4 раза.

Вместе с тем Энергетическая стратегия России не может игнорировать главные неопределённые факторы развития мировой энергетики – возможность сохранения высоких мировых цен на сырьё и принятие мировым сообществом согласованных мер по снижению эмиссии парниковых газов для предотвращения изменений климата планеты. Поэтому из инновационного сценария МЭР на межотраслевой макроэкономической модели Института энергетических исследований РАН [7, 8] сформированы два дополнительных сценария.

В благоприятном сценарии сохраняются высокие мировые цены не только на энергетические³, но и на другие сырьевые ресурсы. В нём реализуются преимущества инновационного развития с возможностями превращения России в мирового лидера по производству наукоёмких материалов разного назначения (подробнее см. [9]).

³ В благоприятном сценарии цена нефти Urals увеличивается до 100 долл./бар. в 2015 г., 110 долл./бар. в 2020 г. и 120 долл./бар. в 2030 г.

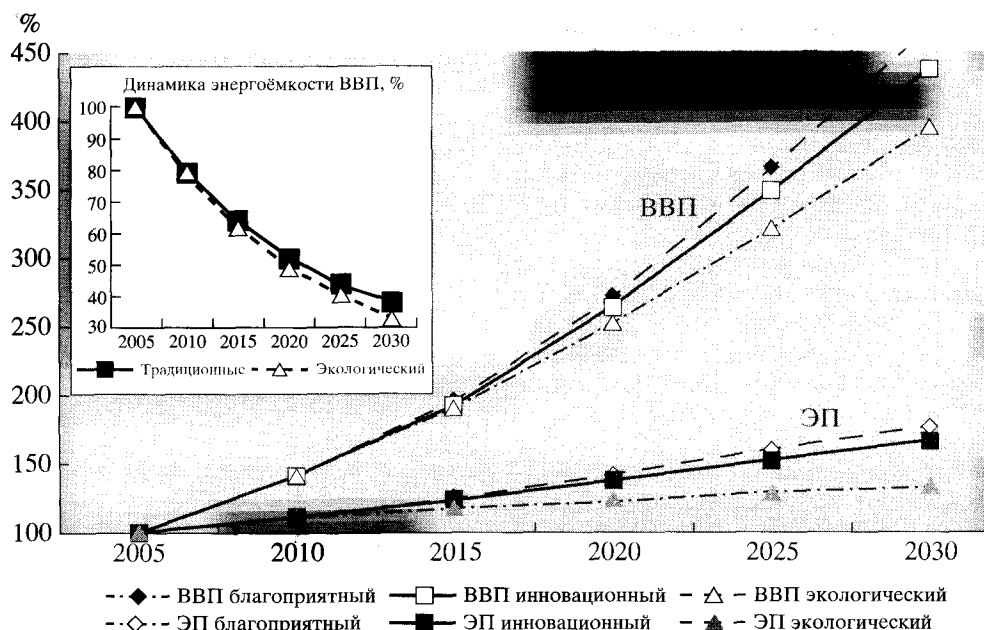


Рис. 5. Динамика энергопотребления (ЭП) России, роста ВВП и его энергоёмкости в различных сценариях социально-экономического развития

Высокие мировые цены на сырьё в этом сценарии ускорят развитие экономики уже в ближайшее пятилетие, а затем основным двигателем повышения темпов роста станет расширение производства (на базе местных энергоресурсов, в основном ГЭС) высококачественных материалов с большой долей добавленной стоимости. *Экологический* сценарий, предусматривающий меньшую нагрузку на природу, корреспондирует с умеренными мировыми ценами нефти (приняты в инновационном сценарии) и замедлением развития экономики из-за дополнительных затрат на охрану окружающей среды.

Модельные расчёты показали, что темпы роста ВВП в благоприятном сценарии будут на 0,3–0,4% больше, чем в инновационном, а в экологическом – примерно настолько же меньше. В целом до 2030 г. экономика России вырастет, согласно инновационному сценарию, в 4,7 раза, а согласно экологическому – в 4 раза (рис. 5). При этом во всех рассматриваемых сценариях чувствительность экономического роста к колебаниям нефтяных цен значительно ослабевает, поскольку усиливается значение инфраструктурных и технологических факторов развития.

Насущной проблемой российской энергетики является экстраординарно высокая энергоёмкость нашей экономики: ещё в 1990 г. она почти в 6 раз превышала среднемировую уровень, а в 1996–1998 гг. разрыв стал семикратным. С подъёмом экономики началось быстрое снижение энергоёмкости ВВП (темпами, которые до этого в мире имел только Китай), и за 10 лет Россия по-

чти на треть сократила отставание от среднемировых показателей, однако и сегодня превышает их в 4,5 раза, а показатели США и Европейского союза – почти десятикратно (см. [9]). Поэтому снижение энергоёмкости экономики – главный приоритет Энергетической стратегии России.

Тем не менее в инновационном и благоприятном сценариях снижение энергоёмкости ВВП замедлится по сравнению с рекордными темпами последнего десятилетия. Тому есть две основные причины. Во-первых, от четверти до трети прошедшего снижения обусловил рост мировых цен на экспортируемые Россией ресурсы: при умеренно растущих затратах энергии на физический вывоз топлива вклад его экспорта в ВВП сильно вырос из-за скачка мировых цен. Во-вторых, закончился восстановительный период развития нашей экономики, а инвестиционное развитие всегда более энергоёмко. В результате потребление энергии в инновационном и благоприятном сценариях Энергетической стратегии России увеличится с 2005 по 2030 г. соответственно на 65% и 75% (см. рис. 5).

Заметим, что экологический сценарий попросту нереализуем без сохранения темпов снижения энергоёмкости ВВП, достигнутых в 1998–2007 гг. Это потребует выполнения комплекса административных и особенно экономических мер, главные из которых – вывод внутренних цен газа на равную эффективность с экспортными ценами⁴ и

⁴ В 1998–2007 гг. газ обеспечивал более половины энергопотребления страны по ценам, кратно заниженным относительно цен нефтепродуктов и даже угля.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ РОССИИ

Таблица 2. Показатели топливно-энергетического комплекса России в различных сценариях социально-экономического развития страны

Показатели	2005	2010	2015			2020			2030		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3
Расход энергоресурсов, млн. т у.т.	949	1062–1055	1180	1195	1115	1315	1355	1175	1585	1680	1270
в том числе											
газ	495	561–555	607	618	590	650	670	610	695	730	610
нефтепродукты	181	207–209	245	245	235	270	275	245	325	345	270
твёрдое топливо	167	180–178	205	210	165	235	250	155	300	320	135
нетопливные ресурсы	106	115–113	125	122	125	160	160	165	270	285	255
Экспорт энергоресурсов, млн. т у.т.	865	926–935	1000	1060	1015	1035	1125	1055	1025	1090	1075
в том числе											
в страны СНГ	177	170	170	170	170	170	170	170	130	130	135
европейские страны	613	641–647	675	710	680	650	730	655	650	695	690
азиатские страны	75	115–118	155	180	165	215	225	230	245	265	250
Добыча (производство) энергоресурсов, млн. т у. т.	1733	1890–1898	2080	2155	2030	2250	2360	2135	2525	2645	2270
в том числе											
газ, млрд. м ³	641	700–707	800	830	790	880	895	850	940	970	870
нефть, млн. т	470	507–510	530	560	530	535	595	535	560	600	560
уголь, млн. т	299	343–335	385	387	330	440	450	320	525	545	300
гидроэнергия, млрд. кВт · ч	175	183	200	200	202	245	255	247	330	390	325
атомная энергия, млрд. кВт · ч	149	172–168	225	225	225	330	330	330	600	600	580
возобновляемые ресурсы, млн. т у.т.	2	4–5	9	9	15	15	15	28	35	35	70
Импорт энергоресурсов, млн. т у.т.	80	99	100	105	115	100	120	125	90	130	130

Примечание: 1 – инновационный сценарий, 2 – благоприятный, 3 – экологический.

плата за выбросы парниковых газов⁵. При энергичном их проведении потребление энергии в экологическом сценарии возрастёт до 2030 г. только на 35%, то есть вдвое меньше, чем в инновационном и благоприятном сценариях (табл. 2).

Россия располагает пятой частью мировых ресурсов органического топлива, но уже почти два десятилетия прирост их разведанных запасов существенно отстаёт от добычи. Если удастся интенсифицировать процесс разведки и перевода прогнозных ресурсов в запасы (для этого Энергетическая стратегия предлагает специальный комплекс мер), то экономически оправданное (при соответствующих ценах топлива) производство первичной энергии в инновационном и благоприятном сценариях увеличится с 2005 по 2030 г. соответственно на 45 и 55%. (см. табл. 2). Произойдут также положительные сдвиги в структуре топливно-энергетического комплекса: в полтора раза увеличится совместная доля угля, атомной

энергии и возобновляемых энергоресурсов, которые будут интенсивно замещать нефть, и доля последней в общем производстве энергии уменьшится с 38,6 до 32%. Однако доля газа в этих сценариях вплоть до 2030 г. сохранится примерно на современном уровне (42–43%), то есть стране не удастся в должной мере диверсифицировать производственную структуру энергетики и освободиться от доминирования газа.

Одна из главных задач оптимизации топливно-энергетического комплекса – определить эффективную стратегию добычи газа с учётом выбытия действующих и возможности освоения новых месторождений. Она предусматривает выход в 2030–2050 гг. на уровень добычи около 950 млрд. м³ в год с последующим ускоряющимся снижением добычи природного газа, частично компенсируемой освоением огромных ресурсов газогидратов. Рассмотрены также варианты более интенсивного освоения ресурсов природного газа, но тогда ещё более интенсивный спад добычи не удастся компенсировать газогидратами (рис. 6).

Вторая задача оптимизации топливно-энергетического комплекса – эффективное развитие

⁵ Предварительные оценки показывают, что даже умеренная плата (10–15 евро за тонну CO₂) существенно повышает коммерческую привлекательность многих мер энергосбережения и использования нетопливных энергоресурсов.

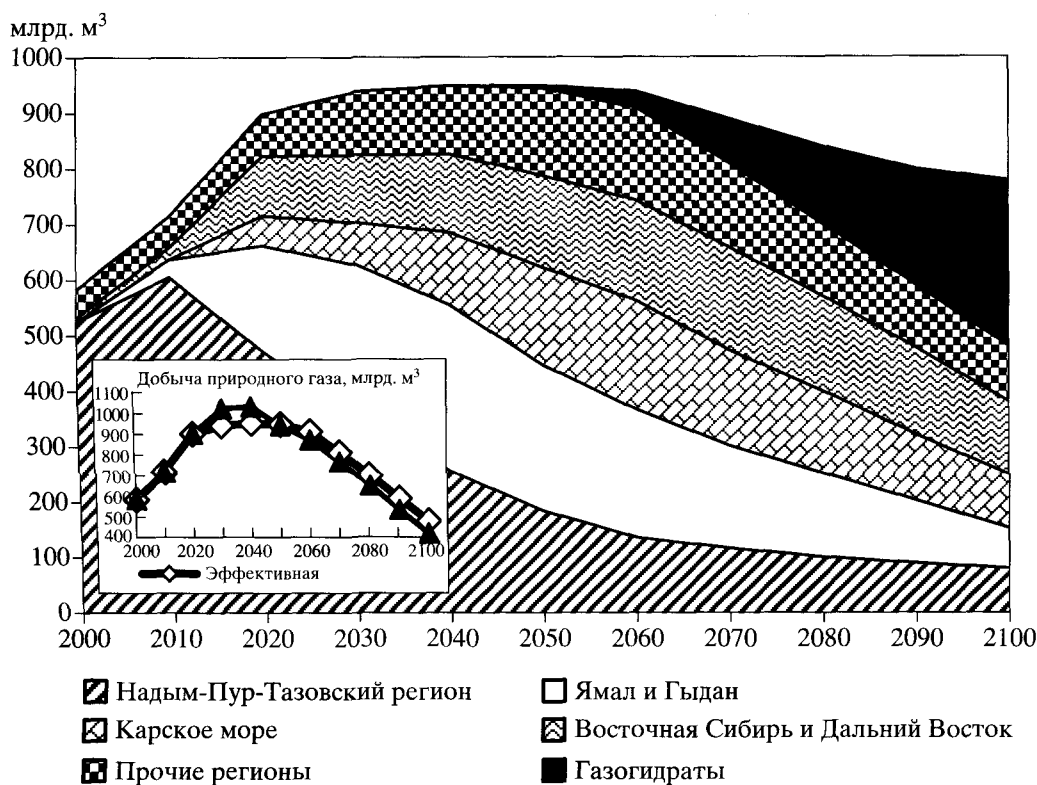


Рис. 6. Динамика добычи газа в газоносных провинциях России

электроэнергетики страны. При том росте экономики и энергопотребления, которые рассматриваются в Энергетической стратегии России, мощность электростанций в инновационном и благоприятном сценариях увеличится с 2005 по 2030 г. в 2.1 и 2.3 раза. Приоритет будет отдан АЭС, ГЭС и угольным электростанциям (табл. 3) при утроении развития электрических сетей⁶. Если производство электроэнергии вырастет в 2.4–2.6 раза, перестройка структуры электроэнергетики и применение новых технологий замедлят рост потребления ею энергоресурсов (в 1.9–2 раза) и расхода органического топлива (в 1.7–1.85 раза), особенно газа, использование которого увеличится только на 42–50% (при этом его доля в общем расходе топлива электростанциями уменьшится с 68.6% в 2005 г. до 56–57% в 2030 г.; см. табл. 3).

Экономически оправданный (при прогнозируемых ценах топлива) экспорт энергоресурсов из России возрастёт на 20–30% к 2020 г., после чего будет медленно снижаться в основном за счёт экспорта нефти (см. табл. 2). Российская экономика постепенно ослабит зависимость от энергетического экспорта. Устойчивости экономики и топ-

ливо-энергетического комплекса будет способствовать также диверсификация рынков сбыта российских энергоресурсов, благодаря которой будет преодолено абсолютное доминирование европейского рынка и увеличится доля экспорта в Азиатско-Тихоокеанский регион с 8.7% в 2005 г. до 23–24% в 2030 г.

Однако в рассмотренных сценариях сильно возрастает нагрузка энергетики России на окружающую среду. В частности, эмиссия парниковых газов в 2020-х годах превысит уровень 1990 г. (который взят за эталон на первом этапе киотского процесса регулирования парниковых выбросов) и к 2030 г. превзойдёт его на 11–17% (рис. 7). Естественно, такие параметры не обеспечивают в широком смысле устойчивое развитие страны.

Более благоприятная картина складывается в экологическом сценарии. В нём радикально меняется прежде всего электроэнергетика страны (см. табл. 3). Приоритет по-прежнему остаётся за АЭС и ГЭС, но вместо угольных электростанций должны интенсивно развиваться современные парогазовые технологии. Это намного уменьшит общее потребление энергоресурсов по сравнению с другими сценариями. Кратно возрастает экономически обоснованное использование возобновляемых энергоресурсов, особенно биомассы, в результате ещё заметнее снизятся расходы

⁶ Это соответствует принятой Правительством РФ Генеральной схеме размещения электростанций до 2020 г., в разработке которой участвовал и Институт энергетических исследований РАН.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ РОССИИ

Таблица 3. Показатели электроэнергетики России в различных сценариях социально-экономического развития страны

Показатели	2005	2010	2015			2020			2030		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3
Потребление электроэнергии, млрд. кВт · ч	941	1120–1126	1355	1390	1320	1640	1720	1520	2220	2420	1890
Экспорт электроэнергии, млрд. кВт · ч	12	16	35	35	40	60	60	40	80	80	40
Мощность электростанций, ГВт	219	245–247	290	297	280	350	365	320	475	500	395
в том числе											
гидравлические	46	51	56	57	57	70	70	70	90	110	93
атомные	24	26	32	35	35	48	48	49	88	88	85
тепловые	143	162–164	195	196	182	220	235	190	280	290	205
Производство электроэнергии, млрд. кВт · ч	953	1135–1142	1390	1425	1360	1700	1780	1560	2300	2500	1930
в том числе											
гидравлические	175	183	200	200	202	245	255	247	330	390	327
атомные	149	172–168	225	225	225	330	330	330	600	600	580
тепловые	620	775–780	955	985	925	1110	1185	975	1350	1480	1105
Расход энергоресурсов электростанциями, млн. т у.т.	392	437–438	490	495	455	575	595	470	740	795	505
в том числе											
органическое топливо, включая	283	323–324	365	370	335	410	430	325	485	520	305
газ	194	221–222	240	245	238	255	265	235	275	290	225
твёрдое топливо	75	85	110	112	80	140	150	75	195	215	65

Примечание: 1 – инновационный сценарий, 2 – благоприятный, 3 – экологический.

органического топлива. Несмотря на увеличение доли использования газа электростанциями до 73–74%, его абсолютное потребление в экологическом сценарии будет меньше, чем, например, в инновационном.

Уменьшение расхода газа электростанциями позволит стабилизировать его добычу без снижения экспорта газа (это принципиально важно), а после 2015 г. может сократиться и добыча угля (см. табл. 2). В результате обусловленная топливно-энергетическим комплексом эмиссия парниковых газов в 2015–2020 гг. стабилизируется в пределах 80–82% от уровня 1990 г., а к 2030 г. уменьшится до 78–80% (см. рис. 7). Капиталовложения в энергосбережение увеличатся (что обеспечивает технологическое переустройство всей сферы производства и потребления), но уменьшатся капиталовложения в топливно-энергетический комплекс из-за сдерживания добычи и транспортировки газа и угля, а также из-за удешевления электроэнергетики при её развитии на газе, а не на угле.

Одна из главных проблем российского топливно-энергетического комплекса состоит в том, что он создаёт гораздо большую, чем во всём мире (кроме Саудовской Аравии), нагрузку на отечественную экономику. Действительно, по данным Мирового энергетического агентства [2, 6], за прошедшие 20 лет мир вкладывал в энергетику 1.5% всего ВВП, оно же прогнозирует до 2030 г.

капиталовложения в энергетику в размере 1.3–1.5% ВВП. Это колоссальные инвестиции – 21–22 трлн. долл. Однако относительная нагрузка

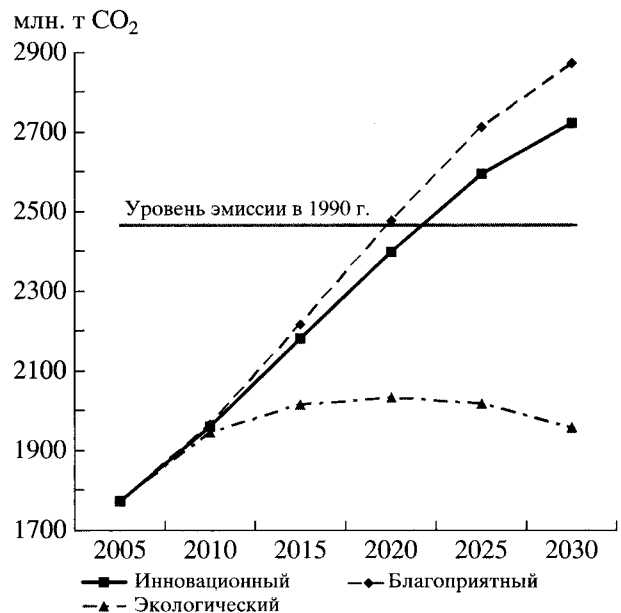


Рис. 7. Динамика эмиссии в атмосферу парниковых газов в различных сценариях социально-экономического развития России

энергетики на экономику, по прогнозу Мирового энергетического агентства, не изменится или даже снизится. Между тем другие эксперты дают менее оптимистичные прогнозы, приписывая упомянутые капиталовложения только нефтегазовому сектору.

В соответствии с инновационным сценарием социально-экономического развития, Россия должна ежегодно вкладывать в топливно-энергетический комплекс от 6 до 8% ВВП против 4%, которые фактически тратились в последнее пятилетие. Это, конечно же, на пределе возможностей российской экономики. Пока ещё неясно, удастся ли в экологическом сценарии сделать это бремя приемлемым для страны. Однако уже выполненные исследования показали, что ценой умеренного замедления темпов роста ВВП и благосостояния населения (задержка на полтора года за 25 лет) экономика России может получить сильный дополнительный импульс для инновационного развития благодаря обновлению на передовых технологиях всей сферы энергообеспечения при сдерживании роста традиционных сырьевых отраслей промышленности, в частности нефтяной, газовой и особенно угольной.

Таким образом, наша страна имеет реальные возможности стать на путь устойчивого развития, но предстоит ещё найти правильное соотношение между экономическим ростом, развитием энергетики и охраной окружающей среды и, главное, создать механизм его реализации. Это основная задача Энергетической стратегии России.

ЛИТЕРАТУРА

1. Макаров А.А., Фортвов В.Е. Тенденции развития мировой энергетики и энергетическая стратегия России // Вестник РАН. 2004. № 3.
2. World Energy Outlook 2007. International Energy Agency. Paris, 2007.
3. International Energy Outlook 2008. DOE/EIA-0484(2008). Washington; U.S. Department of Energy. 2008.
4. Energy Policy Scenarios 2050. World Energy Council. Rome, 2007.
5. Yergin D. Oil at the Break Point: Prepared Testimony before the US Congress Joint Economic Committee. Special Report. Washington, DC, 2008. June 25.
6. Energy Technology Perspectives. International Energy Agency. Paris, 2006.
7. Модельно-компьютерный комплекс для разработки энергетической стратегии и мониторинга её реализации // Энергетика России – стратегия развития. М.: Минэнерго РФ, 2003. С. 677–750.
8. Шапот Д.В., Лукацкий А.М., Малахов В.А., Макаров А.А. Инструментальные средства для количественного исследования взаимосвязей энергетики и экономики // Экономика и математические методы. 2002. № 1.
9. Макаров А.А. Электроэнергетика России в период до 2030 года: контуры желаемого будущего. М.: ИНЭИ РАН, 2007.

После выступления А.А. Макаров ответил на вопросы участников заседания.

Академик А.Д. Некипелов: Каким образом вы определили, что в настоящее время цены на нефть носят спекулятивный характер и в два раза больше равновесной цены, соответствующей, как я понимаю, равенству спроса и предложения?

А.А. Макаров: Это определили не мы. Мы берём информацию из чужих рук, в данном случае из публикаций Cambridge Energy Research Associates.

А.Д. Некипелов: Вы сослались на спекулятивный “пузырь”, который раздувается в трёх сферах – финансовой, энергетической и автомобильной. Но для финансовых “пузырей” характерно, что кривая спроса из убывающей становится возрастающей, то есть чем больше цена, тем больше спрос до определённого момента, потому что начинают покупать товар, так как ожидают дальнейшего роста цены. Может ли нечто подобное происходить на рынке нефти, то есть нефть покупают ради запасов с целью перепродать её дороже? Или речь идёт о каком-то другом понимании спекулятивного “пузыря”?

А.А. Макаров: Элементы этого процесса присутствуют, но только в краткосрочных фьючерсах. На мой взгляд, нефть вообще стала второй валютой. При слабом долларе нефть рассматривают как иное средство измерения всего происходящего.

Академик Д.В. Рундквист: Вы прогнозируете развитие энергетики до 2030 г., но в ваших прогнозах не фигурирует водородная энергетика. Между тем, когда мы говорим о водородной энергетике, мы не имеем в виду водород, искусственно получаемый. Есть возможность извлекать его из недр, то есть водород – это природный источник энергии. Ещё один из резервов энергетики будущего – газовые гидраты, и сегодня США и Япония опережают нас в разработке методов их извлечения. Почему, давая прогноз до 2030 г., вы не используете эти нетрадиционные дополнительные источники энергии, которые могут стать важными в будущем?

А.А. Макаров: Вы даёте мне возможность осветить ещё один аспект деятельности нашего института. Член-корреспондент РАН С.П. Филиппов завершает работу по сопоставлению всех видов нетрадиционных способов производства электроэнергии, в том числе водородной энергетики и топливных элементов. Я знаю о работах, связанных с прямой добычей водорода из недр, например в Тункинской долине Бурятии. В наших прогнозах эти источники энергии не игнорируются, просто я не мог обо всём рассказать за 30 минут, что отведены мне для выступления.

Что касается газовых гидратов, то они составят основу газовой промышленности после 2050–2060 гг. До этого времени можно обходиться более дешёвыми источниками.

Академик Э.М. Галимов: У меня два вопроса. Во-первых, хотелось бы знать ваше мнение о структуре атомной энергетики в обозримом будущем. Это важная часть любого прогноза. Второй вопрос связан с энергоёмкостью нашего ВВП, которая существенно выше, чем средняя, и гораздо больше, чем в развитых странах. Нужно ли этот факт воспринимать как некую неустроенность нашей экономики или он естествен для России, экономика которой ориентирована на развитие добывающих отраслей? Совершенно понятно, что “добывающая” экономика потребляет очень много энергии, ведь добыча нефти, угля, алмазов – всё это очень энергоёмкие вещи по сравнению с производством компьютеров или электроники. Должны ли мы стремиться к той энергоёмкости ВВП, что существует в развитых странах, или у нас другой уровень ВВП, но тогда – какой он?

А.А. Макаров: Академик Н.Н. Пономарёв-Степной только что выпустил работу по Концепции развития ядерной энергетики России до 2050 г. В ней изложена следующая реакторная стратегия: в 2023–2025 гг. переход на быстрые реакторы с воспроизводством ядерного топлива, в дальнейшем перспективным будет термоядерный синтез.

Второй вопрос очень интересный. В своих прогнозах мы ориентируемся на Канаду – страну, которая близка России по климатическим характеристикам и имеет ту самую сырьевую ориентацию, от которой нас так упорно гонят. Согласно прогнозам, в 2030 г. энергоёмкость нашего ВВП будет выше среднемирового показателя именно в силу сырьевой ориентации экономики России.

Академик С.М. Алдошин: По вашим словам, решение проблемы парниковых газов может привести к снижению энергоёмкости ВВП, при этом, как вы сказали, будет снижаться потребление энергии. Казалось бы, наоборот, улавливание и утилизация парниковых газов должны привести к увеличению потребления энергии. Проблема парниковых газов – энергетически затратная.

А.А. Макаров: Мы не включаем в наши прогнозы технологии прямого улавливания углекислого газа, расчёты делались без использования этих наиболее энергоёмких технологий. Эффект снижения энергоёмкости достигается за счёт того, что на потребителя накладывается дополнительная нагрузка в виде штрафов, квот на выбросы и т.д.

Академик В.Н. Чарушин: Учитывались ли при разработке Энергетической стратегии России

планы по реализации таких крупных национальных проектов, как “Урал промышленный – Урал полярный”?

А.А. Макаров: Прогнозы до 2015 г. делались с учётом практически всех крупных потребителей и производителей энергии, до 2020 г. – с учётом многих из них, до 2030 г. – путём экстраполяции. Но проект “Урал промышленный – Урал полярный” рассматривался нами конкретно.

Академик С.Н. Багаев: Вы говорили о высокой интенсивности импорта нефти и не касались возможностей наших сырьевых источников – где предел их добычи?

А.А. Макаров: Проблему обеспеченности ресурсами я проиллюстрировал на примере природного газа. На графике было показано, на какой уровень его добычи имеет смысл выходить. Мы участвовали в работе академика А.Э. Конторовича, который делал прогнозы предельного уровня добычи нефти. Наша общая оценка: предельный уровень добычи, на который можно будет выйти примерно с 2020 г. и поддерживать его 10–15 лет, – это 560–600 млн. т нефти при идеальной организации разведочной работы.

Академик Н.П. Лавёров: При каком коэффициенте нефтедобычи?

А.А. Макаров: 42, сейчас он 28%.

Академик В.Т. Калинин: Вы говорили, что в своих прогнозах базировались на зарубежных информационных источниках. В 1970-е годы, когда разразился энергетический кризис, в США был разработан национальный энергетический план, в котором детально рассматривались вопросы энергосбережения, нетрадиционные источники энергии и т.п. Выполняя его пункт за пунктом, США достигли громадного прогресса в деле энергосбережения и использования нетрадиционных источников энергии. Нельзя ли нам взять этот план и как-то его коррелировать с нашей действительностью?

А.А. Макаров: Да, мы внимательно изучали Национальную энергетическую стратегию США, причём не только официальные документы с конкретными нормативно-правовыми действиями, о которых вы говорили, но и материалы расчётов. Более половины из того, что делалось в США, могло бы применяться в России. Не применяется потому, что нет необходимых механизмов в виде конкретных нормативно-правовых актов и средств их осуществления.

Академик Ж.И. Алфёров: Недавно я прочитал книгу “Нефть” одного французского журналиста. В ней приведены цифры, которые произвели на меня очень большое впечатление. Оказывается, в 1960-е годы мировое потребление нефти состав-

ляло 4,6 млрд. баррелей в год, а открывалось источников для производственного освоения на 30 млрд. баррелей в год. Сейчас мы потребляем 30 млрд. баррелей в год, а открываем для производственного освоения всего 4–5 млрд. баррелей в год. Если всё это абсолютно правильно, тогда ассигнациями будет топить дешевле, чем нефтью. В связи с этим огромное значение приобретают возобновляемые источники энергии. Между тем Россия, судя по вашим прогнозам, занимает одно из последних мест в ряду ведущих стран мира по производству и потреблению возобновляемых источников энергии.

А.А. Макаров: Динамика разведки и добычи нефти с 1970 по 2000 г. качественно соответствует тому, что сказано в книге французского журналиста, в количественном отношении ситуация не столь драматичная. Хочу лишь подчеркнуть, что возникла реальная опасность для нефтяной промышленности России.

Ж.И. Алфёров: Поэтому цены на нефть будут не падать, а расти?

А.А. Макаров: Согласно нашему прогнозу, они стабилизируются около 70–80 долларов за баррель. Дело в том, что уже сейчас прирост запасов нефти в мире выходит на экономически обоснованные объёмы, в частности, за счёт нефтеносных песков Канады и Венесуэлы. Их выгодно разрабатывать, хотя и дорого. Канада с этих месторождений в 2007 г. добыла 170 млн. т нефти, в 2012 г. планирует добыть 210 млн. т, что составляет более трети добычи нефти в России.

Что касается вашего замечания о возобновляемых источниках энергии, то я с ним полностью согласен.

Академик О.А. Богатиков: Если я правильно понял, то себестоимость биотоплива примерно в полтора раза меньше, чем нефти в настоящее время. Сейчас многие страны вырабатывают биотопливо, в том числе и США. Но мне кажется, что это всё-таки тупиковый путь в глобальном масштабе, ведь биотопливо производят из сахарного тростника, кукурузы, зерна. Уже сейчас хлеб дорожает, и будет дорожать, если всё больше и больше зерна будут переводить в биотопливо.

А.А. Макаров: Мы рассматриваем путь, по которому сейчас развивается производство биотоплива, как тупиковый, за исключением переработки сахарного тростника в Латинской Америке, но и там остаётся проблема занятия земель под плантации сахарного тростника. Мы связываем ближайшее будущее биотоплива с отходами лесопереработки, а дальше – с производством биомассы в морях.

Академик Д.С. Павлов: Насколько я понял, приоритет вы отдаёте атомной энергетике и гидроэнергетике. Были ли сделаны оценки экологических рисков и цены, которую мы должны заплатить за развитие каждого из этих направлений?

А.А. Макаров: Сразу скажу, что нет, но такая работа нами поставлена, и мы надеемся выполнить её вчерне в течение года. Хочу обратить ваше внимание на то, что вклад атомной энергетике в производство электроэнергии составит 20–25%, не более.

Д.С. Павлов: То есть раскручивается гидроэнергетика? Но она тоже имеет очень крупные негативные последствия, так что оценку экологических рисков, видимо, надо производить вместе с экологами.

А.А. Макаров: Согласен.