

Научно-технологические прогнозы развития энергетики России

Рассмотрены базовые условия научно-технологического прогресса в энергетике, ожидаемые его прорывные направления, содержание процесса и способы выбора приоритетов НТП, а также возможные результаты инновационного развития энергетики в ближайшее двадцатилетие с перспективой до 2050 года.

Ускоряющаяся глобализация экономики и общества настоятельно требует изучения возможностей и стратегических приоритетов инновационного развития антропогенной энергетики — охватывающего всю населённую территорию планеты механизма преобразования энергии, созданного человеком для своей жизнедеятельности. Сегодня антропогенная энергетика в 15 раз превышает совокупную энергию живущих на Земле людей и в 60 раз — их мощность; уже заметна в биосфере планеты, достигая 5% энергии процессов фотосинтеза, обеспечивающих жизнь на Земле; пока неразличима на космическом уровне, составляя менее двух десятитысячных поступающей на Землю энергии Солнца.

В [1] на основе анализа современных тенденций и прогнозов развития антропогенной энергетики и конъюнктуры мировых рынков топлива были рассмотрены предпочтительные сценарии развития топливно-энергетического комплекса мира и России на период до 2030 года. В рамках этих прогнозов здесь показаны мировые тенденции технологического прогресса в энергетике, их обусловленность достижениями других областей знаний и особенности проявления в энергетике России. При этом горизонт прогнозирования расширен до 2050 года, видение которого требуется в энергетике (как одной из самых инерционных сфер человеческой деятельности) для своевременной подготовки фундаментального научного задела по всему фронту наращивания знаний.

Инновации в энергетике имеют ярко выраженный интернациональный характер и глобальные тренды. Рассмотрим их на основе последнего технологического прогноза Международного энергетического агентства (МЭА) (Центр прогнозирования развития мировой энергетики и обеспечения энергетической безопасности 29 развитых стран Организации экономического сотрудничества и развития — ОЭСР) [2], а затем обсудим особенности инновационного развития энергетики России, задачи их учёта и способы отображения в энергетической политике страны. Научно-технологический прогресс в энергетике ассимилирует достижения и является одним из важнейших каналов практической реализации результатов практически всех наук, которые и создают базовые условия (предпосылки) для инновационного развития энергетической основы человечества.

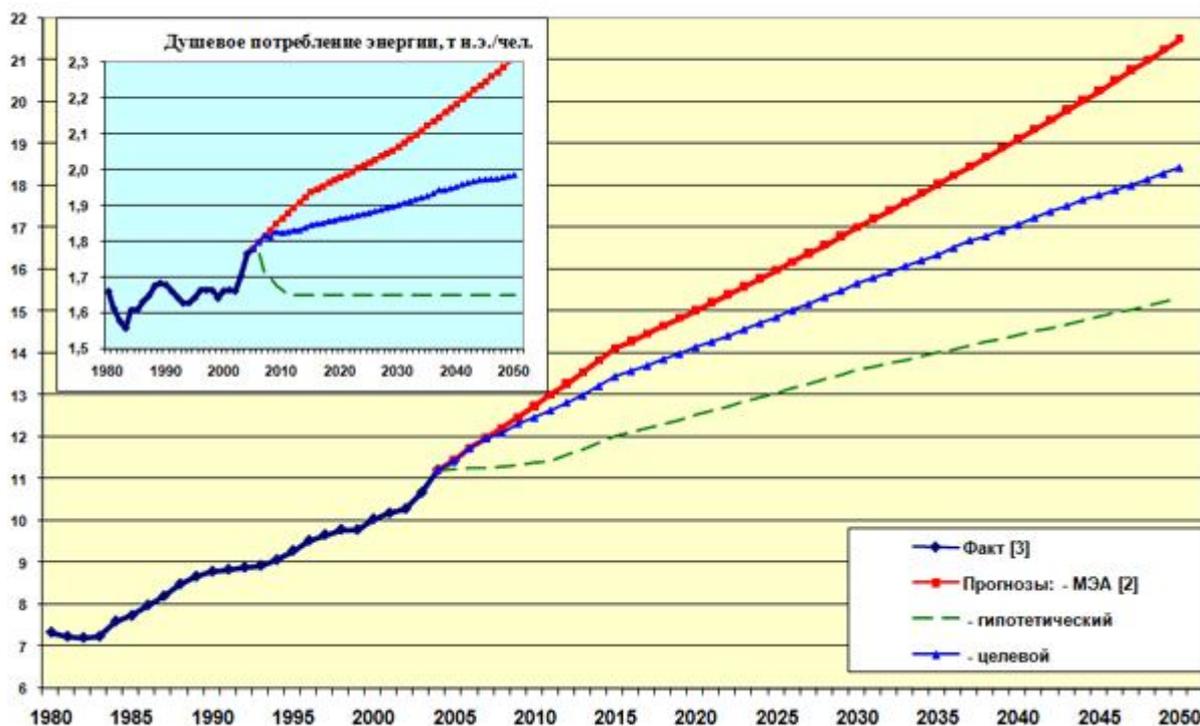
Рисунок 1 - НТП в энергетике ассимилирует результаты всех наук



На рис. 1 многообразии областей человеческих знаний условно представлено принятым в РАН составом отделений наук. Результаты одних наук (прежде всего об экономике и экосфере) влияют на требования общества к развитию энергетики, другие (геология, биология, физика) определяют доступные энергоресурсы, третьи (физика, химия, механика) создают предпосылки для энергетических инноваций, четвёртые (математика, информационные технологии, процессы управления) обеспечивают управляемость создаваемых энергетических технологий и энергосистем. Пройдём коротко по этому кругу.

Требование роста благосостояния общества во многом определяет динамику энергетики. Как показано на рис. 2, в базовом сценарии МЭА [2] спрос на энергию увеличится с 2005 г. более чем в полтора раза к 2030 г. и почти удвоится к 2050 г. И хотя мировой финансово-экономический кризис явно понизит эти прогнозы, такой тренд роста энергопотребления является заведомо тупиковым.

Рис. 2 - Прогнозы энергопотребления, млрд. т н.э.



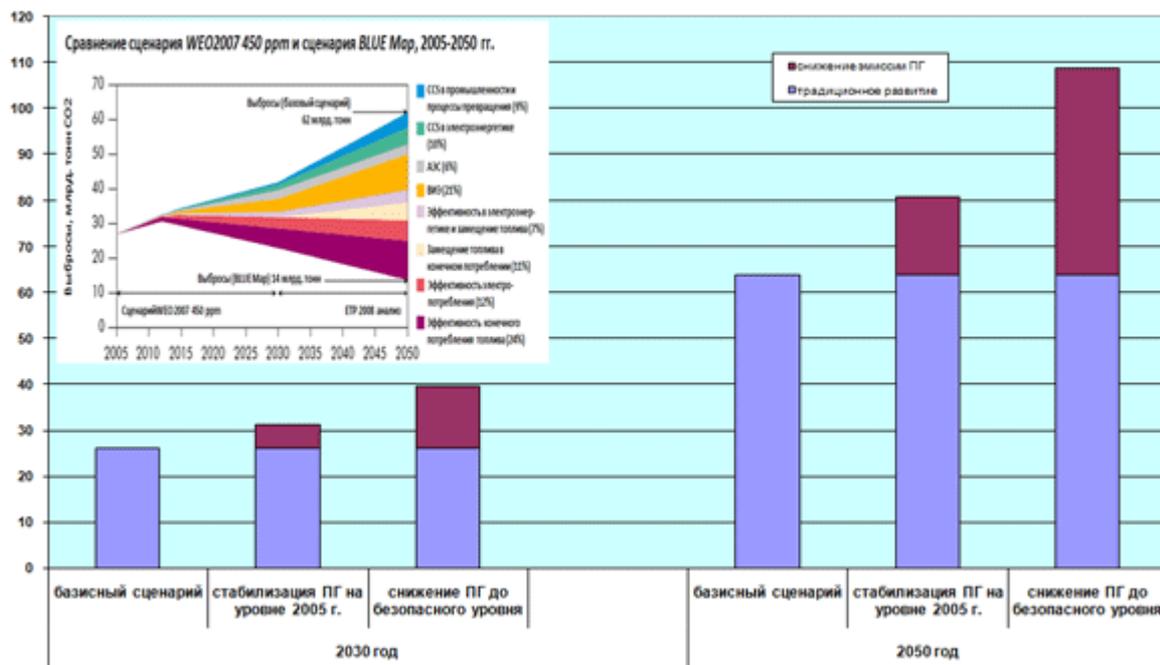
Действительно, за первые три четверти XX века среднее по миру потребление энергии на душу населения увеличилось в 2,5 раза, а после нефтяного кризиса конца 1970-ых годов возникла обнадеживающая тенденция стабилизации душевого потребления [3, 4]. Но буквально за последние годы душевое энергопотребление по миру в целом опять быстро выросло и восходящая тенденция продолжается в базовом прогнозе МЭА (см. вставку на рис. 2). Сохранение душевого потребления на среднем уровне конца XX века (гипотетический сценарий рис. 2) уменьшило бы прирост спроса на энергию втрое, что, наверное, утопично. Но представляется достаточно реалистичным (с учётом необходимого повышения благосостояния и энергообеспеченности населения развивающихся стран) показанный на рис. 2 целевой сценарий с двойным замедлением роста душевого энергопотребления. Это потребует снижения потребительских устремлений так называемого «золотого миллиарда» в развитых странах и замедления их роста в развивающихся странах.

От общественных наук хотелось бы получить экономические и социальные меры ухода от потребительской парадигмы развития общества, но без существенной потери напряженности и продуктивности деятельности людей, которые сегодня всемерно поощряются в развитых странах доступностью потребительских кредитов и наказываются жёсткими мерами по их возвращению. Из рис. 2 видно, что это позволило бы замедлить рост энергопотребления примерно в полтора раза, облегчая нагрузку на энергетику и окружающую среду.

Требование экологической безопасности человечества на планете определяет не только динамику, но и структуру энергетики. Как показано на построенном по данным [2] рис. 3, в базовом сценарии МЭА порождаемая энергетикой эмиссия парниковых газов вырастет с 28 млрд. тонн CO₂ в 2005 г. до 62 млрд. тонн в 2050 г. (что повысит температуры Земли на 6°С от сегодняшнего уровня)

и на развитие мировой энергетики потребуется 65 трлн. долларов. Для уменьшения эмиссии в 2050 году более чем вдвое с возвращением к уровню 2005 г. (зелёная линия на вставке рис. 3) потребуется дополнительно 17 трлн. долларов капиталовложений, а для её сокращения ещё наполовину (до 14 млрд. тонн CO₂, что по существующим оценкам обеспечит стабилизацию климата планеты) нужны почти вдвое большие капиталовложения.

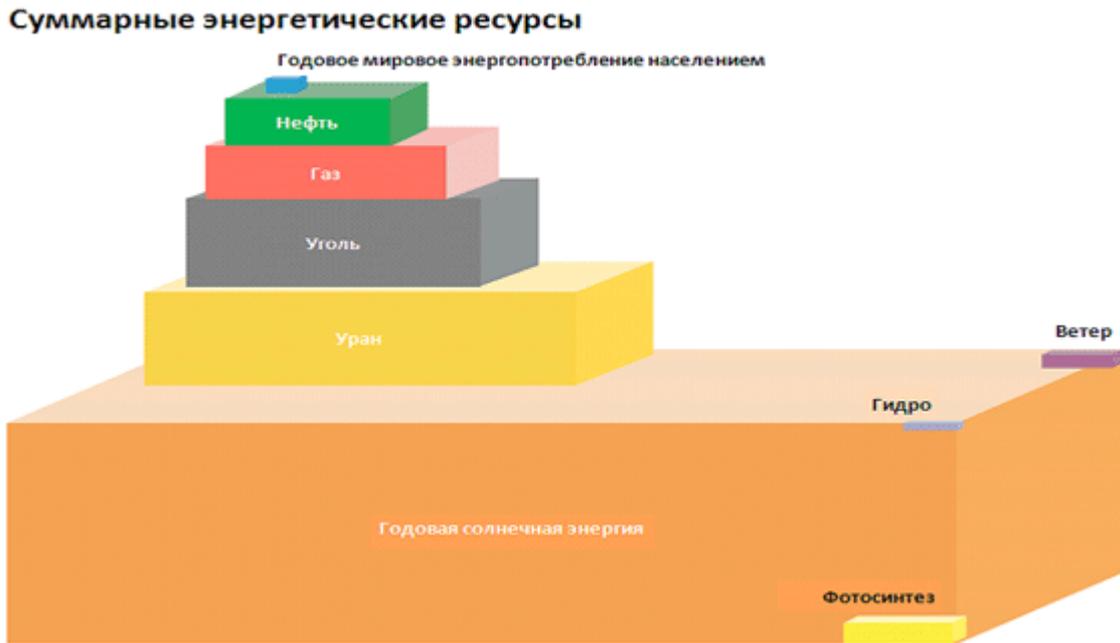
Рисунок 3 - Капиталовложения в развитие мировой энергетики по сценариям снижения эмиссии парниковых газов (ПГ), трлн.долл.



Очень важно, чтобы науки о Земле в части климатологии и экосферы определились с реальностью угрозы климату от эмиссии парниковых газов и при необходимости выработали эффективные противодействия, включая научные основы и методы геоинженерии. В противном случае сохранение климата путём снижения эмиссии парниковых газов почти удвоит капиталовложения в энергетику – с 65 до 115 трлн. долларов.

Энергоресурсы: количество и качество. Человечество обеспечено технологически доступными ресурсами энергии на века и Россия – тем более. Как показано на рис. 4 (и хорошо согласуется с данными [1] табл. 1), современный ежегодный расход природных энергоресурсов человечеством составляет 5 десятитысячных от ресурсов органического топлива (нефти, газа и угля, вместе взятых) или 3 десятитысячных от ресурсов урана. Однако эти исчерпаемые энергоресурсы в сумме не составляют и пятой части годового потока солнечной энергии на Землю, который порождает энергию ветра, гидроэнергию и энергию фотосинтеза. А ведь имеется ещё и огромная геотермальная энергия Земли, крупномасштабное освоение которой только начинается.

Рисунок 4 – Современный расход и прогнозные запасы энергетических ресурсов



Source: National Petroleum Council, 2007 after Craig, Cunningham and Saigo.

Раньше или позже технологический прогресс в энергетике сделает эти ресурсы доступными, а пока реальная проблема состоит в исчерпании экономически приемлемых запасов нефти и газа. За 150 лет статистических наблюдений из недр извлечено 33% экономически доступной части разведанных запасов нефти, 14% газа и 9% урана, но только 4% углей. Доступность эффективных ресурсов углеводородов действительно станет определять развитие антропогенной энергетики в ближайшие десятилетия..

От наук о Земле в части геологии нужны новые методы разведки и освоения месторождений углеводородов на суше и шельфе (включая подлёдную добычу), которые позволили бы за 20 лет увеличить их экономически приемлемые запасы в 1,7 раза к 2030 году и втрое к 2050 году. Без этого рост добычи нефти остановится и перейдёт в падение через 10–15 лет и газа через 20–25 лет, что резко повысит требования к технологической перестройке энергетики и вероятно замедлит развитие мировой экономики.

Хорошие перспективы имеет использование геотермальной энергии. Особую проблему составляет создание методов промышленного освоения газогидратов, ресурсы которых в зонах вечной мерзлоты и на морском глубоководье на порядок больше ресурсов природного газа.

Биологические науки могут в предстоящий период также способствовать расширению ресурсной базы энергетики созданием способов получения дешёвой биомассы.

Новые энергетические технологии на период до 2050 года подробно описаны и систематизированы в [2] по результатам двухлетних исследований почти 2000 специалистов из стран OECD (других не приглашали). По целям, масштабу и методологии они близки к энергетическому разделу разработанной в 1980-ые годы под руководством сначала академика В.А. Котельникова и затем академика А.И. Анчишкина «Комплексной программы научно-технического прогресса СССР». Эти исследования конечно же нужно возобновить в России на новом уровне знаний и методологии.

Приоритетными МЭА назвало 8 классов ключевых технологий производства энергии в составе более 120 новых технологий и 9 классов (почти 170 новых технологий) использования энергии. Для каждого класса технологий подготовлены достаточно подробные «дорожные карты» их включения в инновационную энергетику со сроками и объёмами научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР), размерами использования и требуемыми на это капиталовложениями.

В табл. 1 приведен состав выделенных классов ключевых технологий и необходимые для их реализации затраты только на исследования и разработки. Для возвращения в период до 2050 г. эмиссии парниковых газов к уровню 2005 г. потребуется от 4,5 до 5,5 трлн. долл., причём главным образом на технологии производства электроэнергетики. Сокращение же эмиссии ещё вдвое для

стабилизации климата планеты утроит эти затраты, что в основном связано с транспортными технологиями.

Таблица 1 – Затраты на исследования и разработки по основным классам ключевых технологий в энергетике, трлн. долл. США 2007 г.

Ключевые технологии в энергетике	Исследования и разработки	
	1	2
Производство электроэнергии	3,2-3,8	3,9-4,5
Атомные электростанции	0,6-0,75	0,6-0,75
Ветровые электростанции	0,6-0,7	0,6-0,7
Угольные установки с <u>суперсверхкритическими параметрами пара</u>	0,35-0,4	0,35-0,4
Парогазовые электростанции с внутри цикловой газификацией угля	0,35-0,4	0,35-0,4
Парогазовые электростанции с газификацией биомассы	0,1-0,13	0,1-0,13
Преобразователи солнечной энергии в <u>электрическую</u>	0,2-0,24	0,2-0,24
Концентраторы солнечной энергии	0,3-0,35	0,3-0,35
Улавливание и захоронение CO ₂ на тепловых электростанциях	0,7-0,8	1,3-1,5
Сооружения, здания	0,32-0,42	0,32-0,42
<u>Энергоэффективные здания и бытовые приборы</u>	<u>н/д</u>	<u>н/д</u>
Тепловые насосы	0,07-0,12	0,07-0,12
Солнечное отопление и нагрев воды	0,25-0,3	0,25-0,3
Транспорт	0,26-0,3	7,6-9,2
<u>Энергоэффективные транспортные средства</u>	<u>н/д</u>	<u>н/д</u>
<u>Биотопливо второго поколения</u>	0,09-0,12	0,09-0,12
Электрический и подключаемый к сети транспорт	0,17-0,2	4-4,6
Транспорт на водородных топливных элементах	н/д	3,5-4,5
Промышленность	0,7-0,9	1,4-1,7
Улавливание и захоронение CO ₂ в промышленности, производство водорода, синтетического топлива	0,7-0,9	1,4-1,7
<u>Энергоэффективные промышленные двигатели</u>	<u>н/д</u>	<u>н/д</u>
Итого	4,5-5,4	13,2-15,8

1 – сокращение эмиссии парниковых газов в 2050 г. до уровня 2005 г. (28 млн. т эквивалента CO₂);
2 - сокращение эмиссии парниковых газов в 2050 г. до безопасного уровня (14 млн. т эквивалента CO₂)

Источник [2] табл.

Таким образом, «парниковая угроза» сулит мировому научному сообществу 15 трлн. долларов, что почти вдвое больше затрат на исследования и разработки в военных целях (в случае сохранения их текущих годовых объёмов). Не удивительно, такие приманки встречают горячий отклик в определённых кругах.

В прогнозе МЭА сделан вывод, что технологии, уже доведенные до стадии опытно-промышленной проверки, способны решить стоящие перед энергетикой задачи как минимум до 2030 года. Казалось бы, проблема инновационного развития энергетики на данном этапе решена.

Но следует подчеркнуть, что этот технологический пакет МЭА целиком ориентирован на конъюнктуру западных энергетических рынков, причём две трети этих технологий (по стоимости) направлены на агрессивное снижение эмиссии парниковых газов. Как будет показано ниже, приоритеты и, главное, технико-экономические характеристики этих технологий в значительной мере нерациональны для энергетики России.

В этой связи необходимо хотя бы кратко рассмотреть критерии и методы определения приоритетных направлений научно-технологического прогресса в энергетике.

Энергетика представляет собой ярко выраженную междисциплинарную науку. Она формирует новые знания о методах преобразования энергии, создаёт средства таких преобразования интеграцией достижений практически всех других областей знаний, исследует закономерности развития антропогенной энергетики в целом.

Объектами и результатами энергетических исследований являются:

1) Нарастающий поток возможных энергетических технологий. Они создаются на базе фундаментальных заделов физики, химии, а теперь и биологии такими физико-техническими дисциплинами, как электрофизика и электротехника, теплофизика и теплотехника, гидравлика и гидротехника, атомная физика и техника. В этом существе исследований и основа технологического прогресса в энергетике и по грубым оценкам на них приходится до 70% научных усилий в этой области.

Назовём отнюдь не полный состав многообещающих технологических возможностей. Из области физики это: фотоэлементы третьего поколения с к.п.д. до 40–60%, которые обеспечат широкое использование солнечной энергии; суперконденсаторы высокой ёмкости и освоение сверхпроводимости обещают революцию в накоплении и передаче электроэнергии с массовой электрификацией транспорта и заменой нефтетоплива; быстрые реакторы с замкнутым топливным циклом сделают атомную энергетику воспроизводимой по ядерному горючему даже при высоких темпах развития. Опытно-промышленное освоение термоядерной энергии особенно с прямым преобразованием радиационной энергии в электрическую даёт надежду устранить проблему ограниченности энергоресурсов.

На достижениях химии и наук о материалах разрабатываются технологии получения жидкого топлива из газа, угля, сланцев и особенно из биомассы, а также методы и средства прямого преобразование химической энергии в электрическую. Использование электроэнергии, как известно, началось с гальванических элементов, сейчас мощность химических аккумуляторов превышает мощность всех электростанций Земли, а впереди — развитие топливных элементов для транспорта и распределённой энергетики.

Понятно, что материализовать физические явления и химические процессы невозможно без материаловедения и машиностроения.

Достижения биологии и химии дают научную основу для конверсии биомассы разных видов в высококачественное жидкое и газовое топливо с помощью ферментации, для создания новых видов целлюлозосодержащих культур повышенной продуктивности, не конкурирующих с пищевыми культурами, и других технологий биоэнергетики.

2) Из числа возможных технологий энергетическая наука отбирает эффективные энергетические технологии. Это делается по критериям экономической эффективности (вклад общественных наук) и экологической приемлемости (формируется науками о Земле) с учётом всех аспектов надёжности и управляемости технологий — их обеспечивают достижения математики, информационных технологий и процессов управления. Этому посвящено 10–15% энергетических исследований. Казалось бы, они и определяют приоритеты НТП в энергетике.

Но, во-первых, названные критерии выбора эффективных технологий весьма неоднозначны и очень противоречивы: понятно, чем надёжнее и «экологичнее» технологии, тем они дороже. Во-вторых, энергетические технологии обычно не работают изолированно, а в комплексах или системах, где сумма локальных оптимумов по определению не соответствует глобальному.

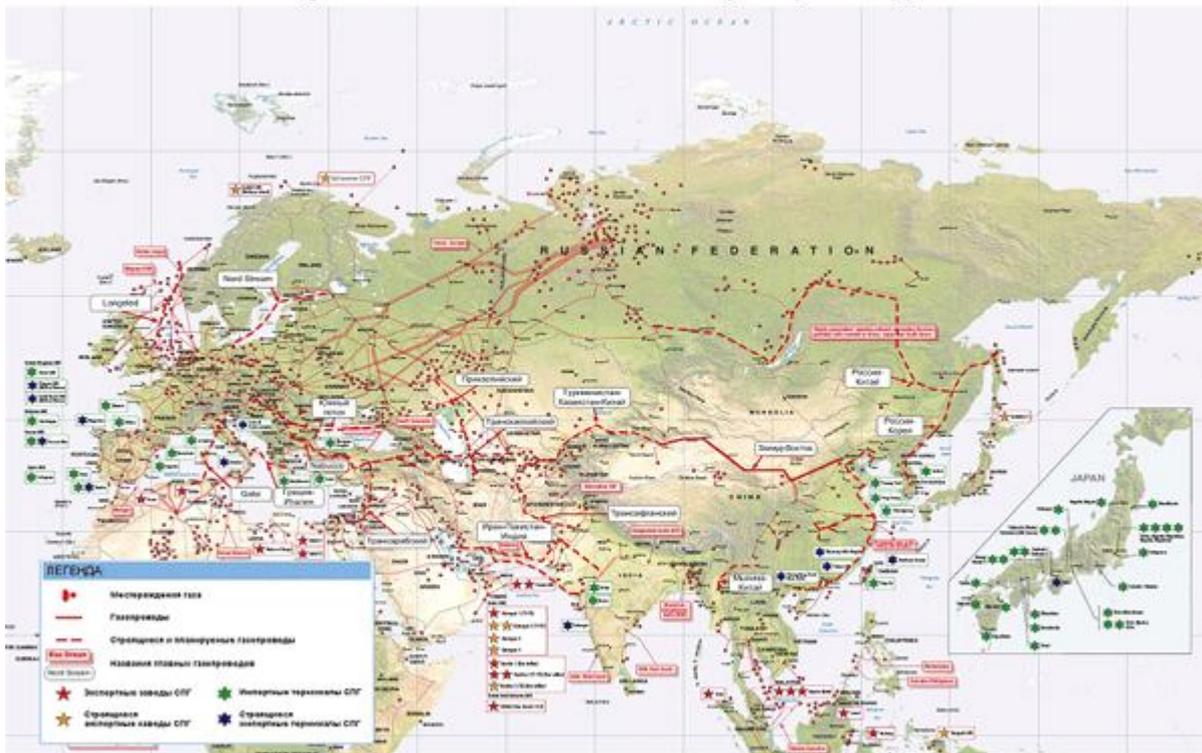
3) Поэтому важным направлением энергетической науки является исследование и конструирование энергетических систем, на что приходится ещё 10–15% её усилий. Системные исследования в энергетике на базе математического моделирования и ЭВМ широко развернулись с 60-ых годов [5] и советская школа основателя нашего института академика Л.А. Мелентьева (В декабре 2008 года мы отметили столетие его рождения) занимала лидирующие позиции в мире. Но неопределённость будущего так велика, а научно-технологический процесс настолько спонтанен, что и эта методология не обеспечивает достаточно надёжного предвидения инноваций.

4) Поэтому для определения эффективных направлений и приоритетов научно-технологического прогресса ко всему сказанному приходится привлекать исследования тенденций эволюции пространственного и производственного развития энергетики, то есть квинтэссенцию того, «как это было на самом деле» в прошлом. На это направлено до 5% энергетических исследований.

Пространственное развитие энергетики следует тенденции создания межстрановых, трансконтинентальных и глобальных систем. Они имеют мощную физико-техническую основу в виде трубопроводных и электрических сетей и одновременно выступают как всё более сложные производственные системы, а теперь и как энергетические рынки. Сформированную в 1980–90-ые годы глобальную нефтяную систему в ближайшие 10–15 лет дополнит (и интегрируется с ней) глобальная система газоснабжения (на рис. 5 показаны результаты наших исследований [6, 7] возможной конфигурации её ядра — Евразийской газоснабжающей системы в период до 2030 года).

Позднее, вероятно после 2030 года для широкого использования космической и термоядерной энергетики потребуются глобальная интеграция региональных электроэнергетических систем.

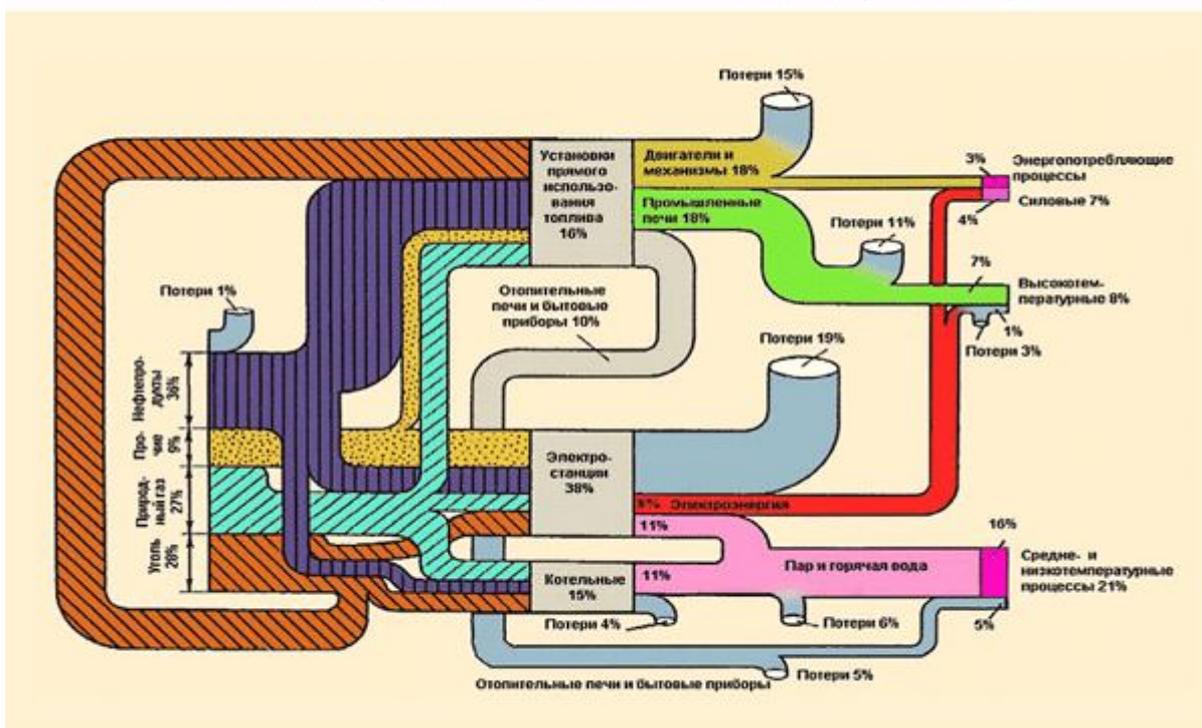
Рисунок 5 – Система газоснабжения Евразии, 2030 год



Источник [6, 7]

Эффективная технологическая и производственная структура энергетики гармонизирует все стадии и технологии преобразования энергии от её источников в природной среде (первичная энергия) до использования у потребителей (конечная энергия). На рис. 6 показаны только основные потоки преобразования энергии (и возникающие при этом потери), в действительности они на порядок более многообразны и быстро усложняются во времени.

Рисунок 6 – Производственно-технологическая структура энергетики



Источник: [5] рис. 2-3.

С середины XX века в большинстве индустриальных стран и по миру в целом конечная энергия составляет 37–39% от первичной, что даже меньше коэффициента использования энергии

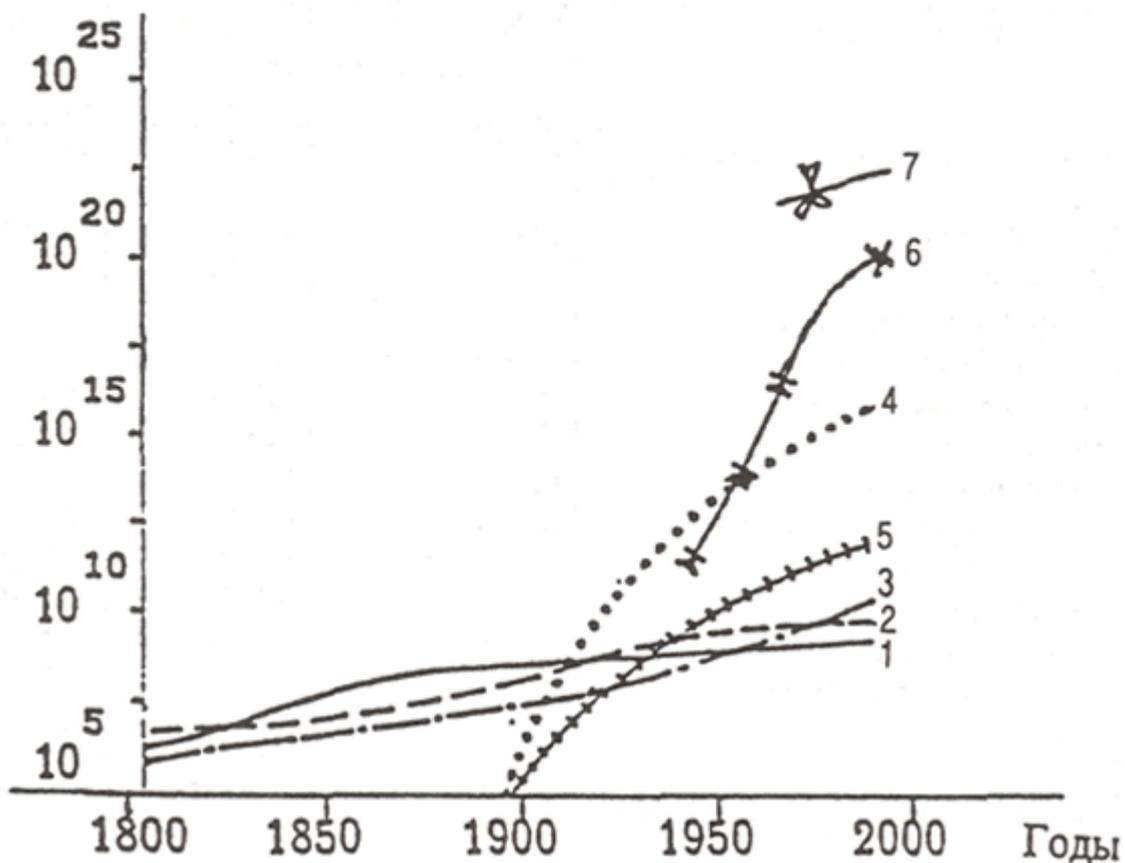
первобытного костра в пещере. Этот парадокс получил объяснение как результат действия разно направленных тенденций, главная из которых — быстрый рост разнообразия конечного потребления и перестройка его структуры в пользу энергии всё более высокой ценности.

Ценность энергии можно измерить как произведение плотности потока энергии на управляемость — величину, обратную среднеквадратичному отклонению фактического режима энергетического процесса от целевого. Табл. 2 и рис. 7 из [8] показывают, что за XX век ценность используемой человеком энергии увеличилась на 15 порядков — с 105–107 Вт/м² в его начале (упряжка лошадей, водяное колесо, сталеплавильная печь) до 1020–1024 Вт/м² в конце века (ядерная бомба, лазер, транзистор в интегральной схеме).

Рисунок 7 – Динамика максимальных значений ценности энергии по основным энергетическим процессам, Вт/ м²

1 - водяное колесо; 2 - плавка металлов; 3 - паровая машина; 4 - электрогенератор;
5 - двигатель внутреннего сгорания; 6 - ядерная бомба; 7 – элементы микроэлектроники

Ценность энергии



Источник: [7] рис. 1.1

Таблица 2 - Управляемость и ценность энергии для некоторых энергетических преобразователей (показатели степени n)

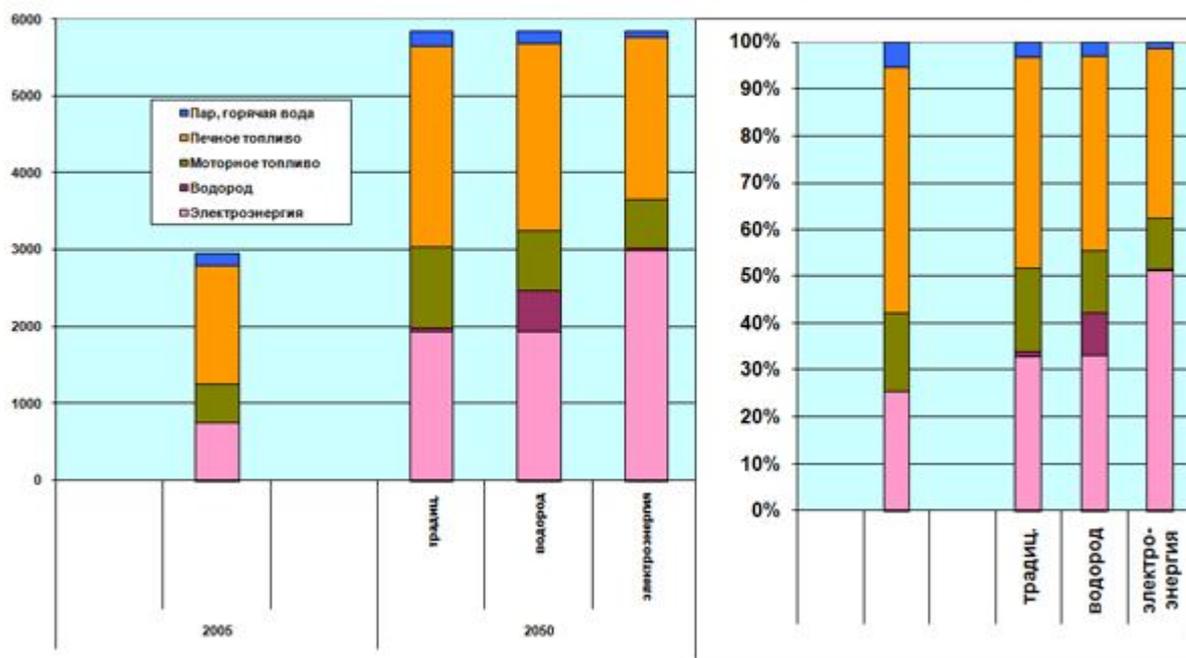
Энергетический преобразователь	Управляемость $\gamma \cdot 10^n$	Плотность потока энергии $P, 10^n \text{ Вт/м}^2$	Ценность энергии $P \gamma, 10^n \text{ Вт/м}^2$
Человек:			
- как механический привод	1	2...3	3...4
- операции режущие-колющим инструментом	2...3	8	10...11
Парус	<1	1...2	2...3
Упряжка лошадей	1	2...4	3...5
Водяное колесо	2...3	3...4	5...7
Бытовая газовая плита	2	4	6
Центральное отопление	2	3	5
Печь для плавки стали	2	5...7	7...9
Паровая машина	2...3	5...6	7...9
Пороховой взрыв:			
- бомба	<1	11	11...12
- огнестрельное оружие	4	12	16
Двигатель внутреннего сгорания	2...3	7...8	9...11
Газовая турбина	3...4	9	12...13
Электродвигатель	3...4	7...8	10...12
Высоковольтные электропередачи	4	7...11	11...15
Атомный реактор	6...7	6...7	12...14
Термоядерная бомба	1...2	15...18	16...20
Лазер	4...10	18...14	20...24
Транзистор в интегральной схеме	16...18	4...6	20... 24
Реплика ДНК в клетке	15...18	3	18... 21

Источник: [7] табл. П.-1 с уточнениями

Между тем, чем выше ценность энергии, тем ниже КПД её получения. Знание этих тенденций позволяет ставить целью достижение к середине века не менее 50% для основного индикатора НТП в энергетике – общего коэффициента использования энергии – и соответственно строить технологическую политику и средства достижения этой цели. Но для этого нужно видеть возможные направления изменения структуры конечного энергопотребления.

На рис. 8 показано, что при прогнозируемом МЭА двойном росте мировой энергетики с 2005 по 2050 годы доля электроэнергии в обеспечении конечной энергии увеличится по сложившимся тенденциям с 25 до 33% при уменьшении доли прямого сжигания топлива (в сумме печного и моторного) с 69 до 63% и тепла (пар, горячая вода) с 6 до 4%.

Рисунок 8 - Размеры (ТВт.год) и структура (%) конечного потребления энергии



От этой традиционной траектории в соответствии с «водородной инициативой Буша» США, Евросоюз, Япония намечают уйти на сценарий водородной энергетики. Даже по оптимистическим оценкам водород обеспечит не более 10% конечного потребления, что потребует создания инфраструктуры по производству, транспортировке, хранению и распределению (до автозаправок) до 3 трлн. кубометров этого сверхлетучего и взрывоопасного газа (для сравнения ныне в мире добывается почти в полтора раза меньше природного газа). Это почти не изменит доли электроэнергии в конечном энергопотреблении, а долю топлива (в основном жидкого) уменьшит до 55% и тепла до 3%. Но даже при широком замещении нынешнего электролиза воды термохимическими технологиями получения водорода его использование потребует большого расхода электроэнергии. Между тем, нефтетопливо он будет замещать на топливных элементах с получением опять же электроэнергии – автомобиль на водороде это по сути электромобиль. В итоге получим как бы особый накопитель электроэнергии, но с КПД цикла менее 20%.

Альтернативой служит сценарий электрического мира, когда более половины конечного потребления обеспечит электроэнергия. На качественно новых аккумуляторах она уменьшит прямое сжигание топлива до 47%, прежде всего, на транспорте и в распределённой энергетике, а при освоении сверхпроводимости облегчит к тому же использование возобновляемой энергии, особенно солнечной и приливной.

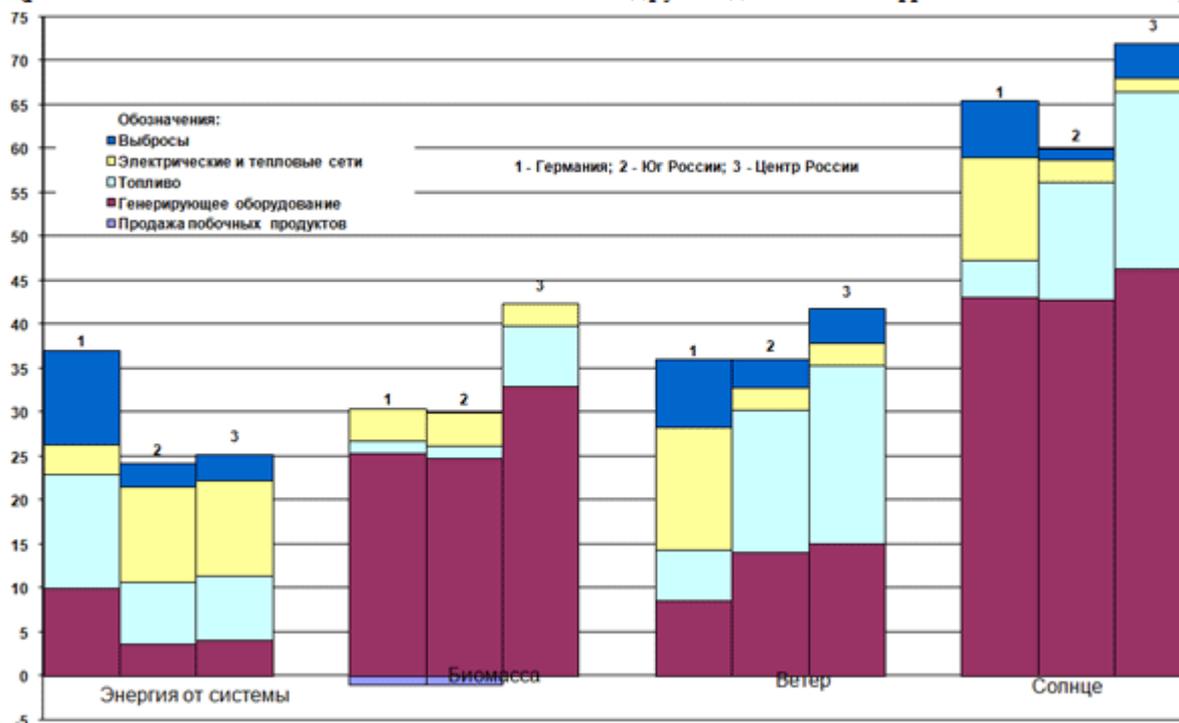
Это одна из важнейших развилок инноваций в энергетике. От того, кто выиграет гонку идей и технологий в области эффективного аккумулирования электроэнергии, сильно зависит востребованность других направлений НТП и вообще конфигурация энергетике будущего. В прогнозах МЭА ясность по этой проблеме пока отсутствует.

Перейдём к энергетике России, которая имеет важные особенности. Прежде всего, это высокая обеспеченность сравнительно дешёвыми энергоресурсами – мы располагаем 15% мировых разведанных запасов при менее 3% населения. Это важная особенность всех энергоэкспортирующих стран.

А теперь о специфических особенностях. Прежде всего, Россия самая холодная и протяжённая (11 часовых поясов) страна с очень низкой плотностью населения и энергетической инфраструктуры – соответственно в 4 и 7 раз меньше, чем в США. Далее, энергетическая эффективность российской экономики в 5 раз хуже среднемировой, а нагрузка энергетике на экономику в 4 раза выше: капиталовложения в нашу энергетике составляют 6% от ВВП при 1,5% по миру в целом. Наконец, Россия по меньшей мере нейтральна к потеплению климата, а возможно и выигрывает от этого.

Влияние этих особенностей на приоритеты НТП проиллюстрируем на примере энергоснабжения условного посёлка из 100 домов (или сельхозфермы, рыбозавода и тому подобное) в Германии (номер 1), на юге (2) и в центре (3) России. Для этого на рис. 9 показаны затраты на получение на эти цели энергии от энергосистемы, за счёт использования биомассы, ветра и солнца.

Рисунок 9 - Затраты на энергоснабжение распределённых потребителей, млн. долл.
(расчёты выполнены в ИНЭИ РАН и ИСЭМ СО РАН под руководством член-корр. РАН С. П. Филиппова)



В Германии затраты на биоэнергетику уже стали меньше, а затраты на ветровую энергетику практически сравнялись с затратами на энергию от энергосистемы (если в ней учесть плату за выбросы парниковых газов), хотя солнечная энергетика и там требует пока 100-процентных дотаций. На юге России энергоклиматические характеристики практически идентичны германским и все возобновляемые энергоресурсы стоят почти столько же. Но энергия от энергосистемы из-за дешёвого топлива даже с учётом втрое больших затрат на её доставку стоит в полтора раза меньше. Это откладывает применение новых источников, пока цены топлива не достигнут современных европейских. В центральной же России сдвигка во времени будет ещё больше: из-за худших климатических условий возобновляемые энергоресурсы здесь на 20–40% дороже, чем на юге.

Названные особенности энергетики меняют приоритеты НТП. Для России это прежде всего энергосбережение и технологический пакет МЭА в этой части для нас вполне интересен. Далее, при относительно дешёвом топливе нам нужны менее капиталоемкие технологии даже с несколько худшими КПД. Особенно важны для нас технологии дальнего транспорта энергии и распределённая (децентрализованная) энергетика. Кроме того, в своей технологической политике России целесообразно проявлять умеренность в сдерживании эмиссии парниковых газов.

До сих пор речь шла о направлениях НТП в энергетике. Но ещё важнее масштабы его применения, которые определяются прогнозом развития энергетики. В этом отношении в последние полтора года сделан хороший задел при разработке Энергетической Стратегии России на период до 2030 года. Развернувшийся мировой кризис заставил существенно скорректировать приведенные в [1, 9] её основные сценарии и теперь согласно расчётам нашего института ожидается рост относительно 2005 года:

— потребления энергии в зависимости от сценария на 37–55% к 2030 г. и в 1,6–2 раза к 2050 г. (рис. 10),

— производства энергоресурсов соответственно на 25–35% и 33–50% при существенном замещении нефти и газа атомной энергией, возобновляемыми ресурсами и углем (рис. 11),

— экспорта топлива на 18–20% в период до 2020 года с последующим снижением к 2050 г. до 85–98% от величины экспорта в 2005 г. (рис. 12).

Рисунок 10 - Направления использования первичной энергии, млн. т у. т.

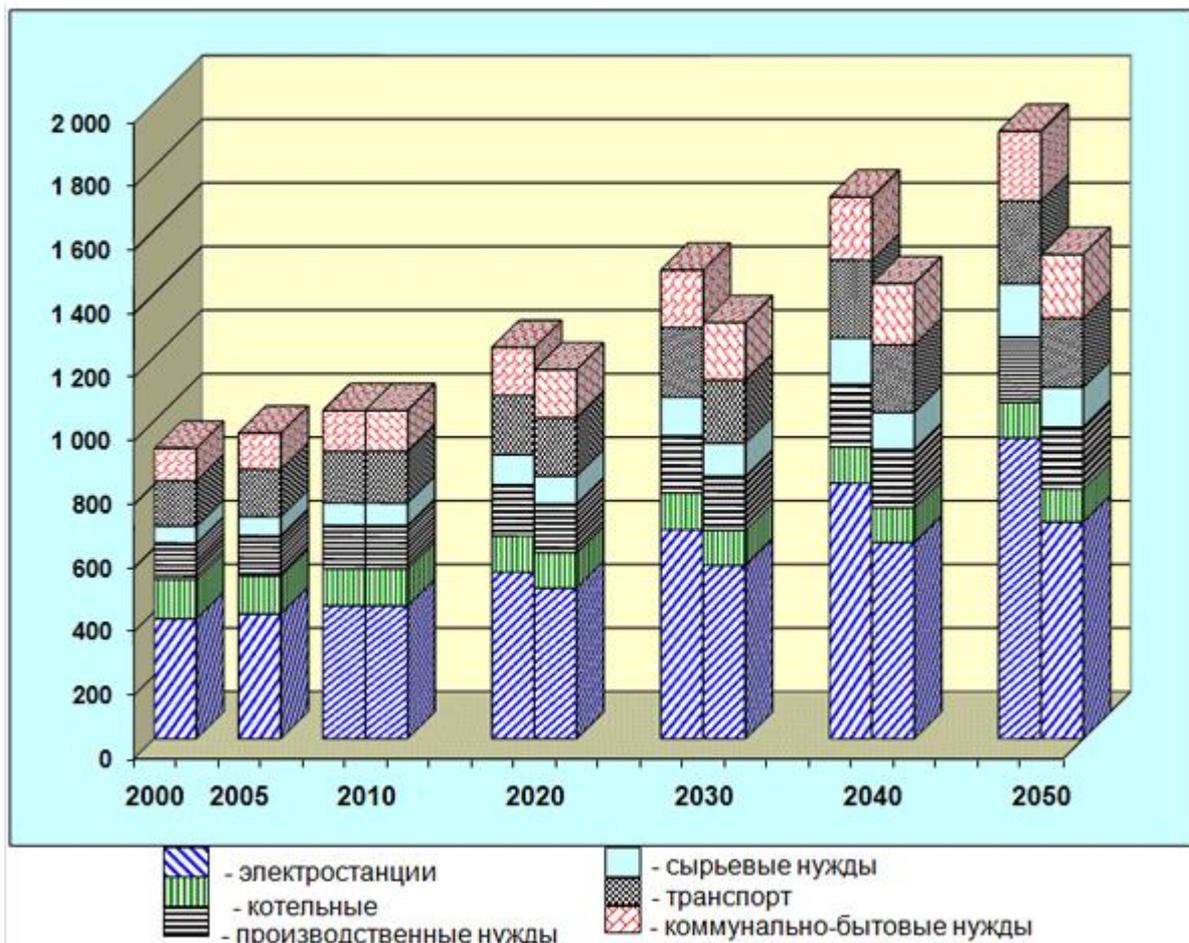


Рисунок 11 - Производство первичной энергии, млн. т у. т.

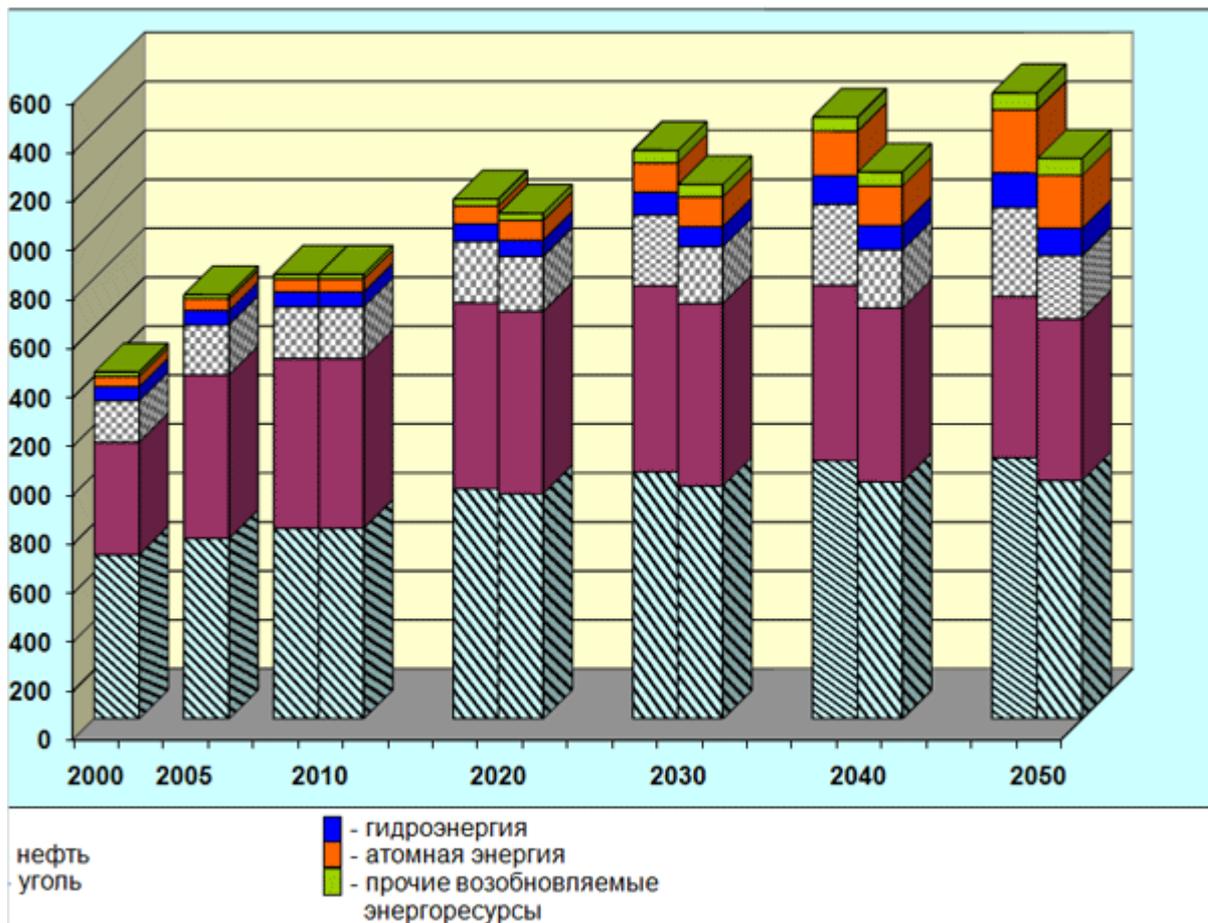
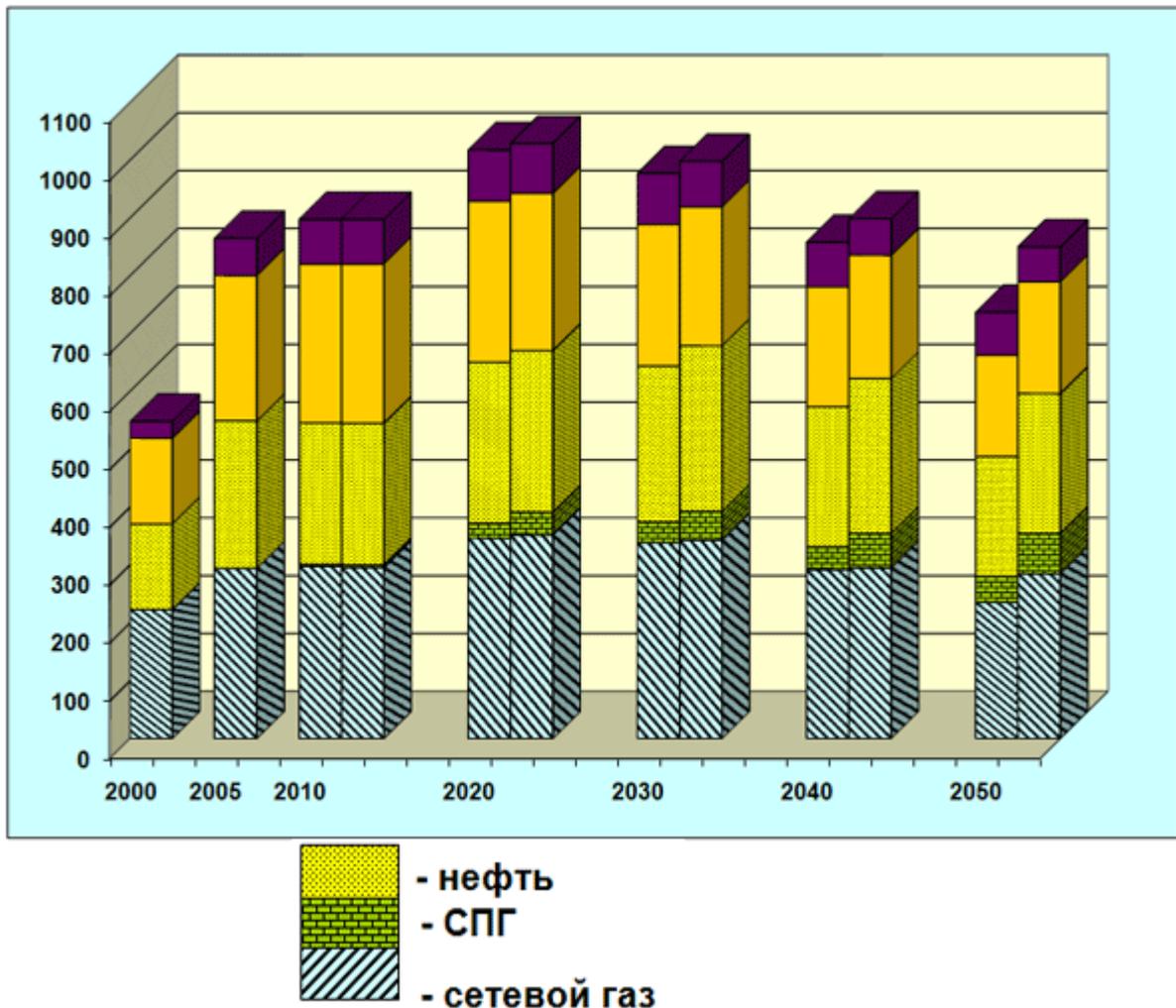


Рисунок 12 - Экспорт энергоресурсов, млн. т у. т.



Перед нашей энергетической наукой стоит задача определить с учётом мировых тенденций свои приоритеты НТП и создать технологии с параметрами, отвечающими российским условиям. Соответствующие работы уже ведутся, но главное ещё предстоит сделать. Важно определить и закрепить документами Энергетической стратегии состав, параметры, сроки и размеры применения приоритетных энергетических технологий с необходимым их финансированием.

Литература

- Макаров А.А. Перспективы развития энергетики России // Вестник РАН. 2009 №3.
 Energy Technology Perspectives. Scenarios & Strategies to 2050. International Energy Agency. Paris. 2008.
 Energy Balances of Non-OECD Countries 2004–2005. International Energy Agency. Paris. 2006.
 Макаров А. А., Фортов В.Е. Тенденции развития мировой энергетики и энергетическая стратегия России // Вестник РАН. 2004 № 3.
 Мелентьев Л.А. Системные исследования в энергетике. М.: Наука, 1983
 Митрова Т.А. Появится ли евразийский газовый рынок? // Нефть России. 2008 №2.
 Макаров А.А. Энергетика будущего: экономические проблемы // Научные труды Международного союза экономистов. М.-С.П.: том 94 (23) 2008.
 Макаров А.А. Мировая энергетика и Евразийское энергетическое пространство. М.: Энергоатомиздат, 1998.
 Макаров А.А. Возможности сдерживания эмиссии парниковых газов в энергетике России. // Академия энергетика. 2008 № 5.

нТП, прогноз, энергетика

16 сентября 2009 г., 09:11

МАКАРОВ Алексей Александрович – Директор Института энергетических исследований РАН, академик РАН, профессор, д.э.н. Институт энергетических исследований РАН