ВЛАДИМИР АРУТЮНОВ

НЕФТЬ XXI

МИФЫ И РЕАЛЬНОСТЬ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Невероятная наука

В. С. Арутюнов

Нефть XXI. Мифы и реальность альтернативной энергетики

«Алисторус»
2016

УДК 620.9
ББК 31

Арутюнов В. С.

Нефть XXI. Мифы и реальность альтернативной энергетики / В. С. Арутюнов — «Алисторус», 2016 — (Невероятная наука)

ISBN 978-5-906861-06-1

Ни одна из областей науки, пожалуй, не связана с российской экономикой в такой мере, как поиск альтернативных источников энергии. Конечно, человечество не может вечно рассчитывать на ископаемое углеводородное топливо, но как долго это будет продолжаться, когда закончится «углеводородная цивилизация» и что придет ей на смену — в этих вопросах мнения общественности и ученых сильно расходятся. В книге, предложенной вашему вниманию, доктор химических наук Арутюнов В.С. анализирует как разработки, так и оптимистические прогнозы энтузиастов альтернативной энергетики и показывает реальные контуры ее среднесрочных перспектив. Можно ли уповать на такие источники энергии, как биотопливо, солнце, ветер и пр.? Что реально ограничивает объем производимого на Земле биотоплива и почему опасно и недопустимо его производство, например, за счет стимулирования роста зеленой массы быстро размножающихся водорослей в открытых водоемах и морских акваториях? Помимо ответов на эти вопросы, особое внимание автор уделяет происходящим в традиционной энергетике фактически революционным изменениям.

УДК 620.9
ББК 31

ISBN 978-5-906861-06-1

© Арутюнов В. С., 2016
© Алисторус, 2016

Содержание

Введение 7
Глава 1. Энергия, производительные силы и рост населения 9
1.1. Энергия и общество 9
1.2. Структура мировой энергетики 12
1.3. Тенденции развития энергетики 16
1.4. Долгий путь к термояду 20
Конец ознакомительного фрагмента. 22

Владимир Арутюнов
Нефть XXI. Мифы и реальность альтернативной энергетики

© Арутюнов В.С., 2016
© ООО «ТД Алгоритм», 2016

Введение

Уже более двух столетий тому назад, после появления известной работы Мальтуса, стало понятно, что продолжающийся рост населения и потребляемых им ресурсов, в том числе энергии, при сохранении характера цивилизации со временем неизбежно придет в противоречие с ограниченными возможностями нашей планеты. Но по-настоящему широкое внимание к проблеме природных ресурсов и источников энергии для будущего развития человечества привлекли исследования, инициированные в конце 60-х годов прошлого века группой известных промышленников, общественных и политических деятелей, обеспокоенных перспективами развития человечества и создавших для анализа ситуации авторитетную общественную организацию, получившую название Римский клуб (Форрестер, 1978; Медоуз и др., 1994). Нефтяные кризисы конца прошлого века добавили проблеме остроты и актуальности, спровоцировав рост интереса к тому, что теперь принято объединять терминами «альтернативная» или «возобновляемая» энергетика.

Сейчас сообщения о глобальных энергетических проблемах, источниках и запасах энергоресурсов и ценах на энергоносители на мировом рынке как основных факторах, определяющих геополитическую ситуацию и состояние мировой экономики, прочно закрепились на ведущих позициях в новостных сводках средств массовой информации. В конце прошлого века была осознана роль энергетики и как глобального экологического фактора. Хотя до сих пор связь наблюдаемых климатических изменений с развитием мировой энергетики остается дискуссионной, экологические и климатические вопросы уже оказывают огромное влияние на развитие энергетики.

Проблемы с поставками традиционных энергоносителей и значительные колебания цен на них на мировом рынке подогревают интерес к альтернативным источникам энергии. Этот интерес то ажиотажно повышается, то несколько затухает синхронно с колебаниями мировых цен на нефть. Его поддерживает постоянное шумное давление различных «зеленых» движений и организаций, а также элементы технологического шантажа со стороны стран-потребителей нефти, пытающихся убедить нефтедобывающие страны в своей способности обойтись и без их ресурсов. Немалую роль в спекуляциях на эту тему играет и интерес к дотациям и грантам сельскохозяйственного и научного лобби развитых стран, а также спекулятивный интерес прессы к всевозможным «научным» сенсациям, постоянно генерируемым «неофициальной наукой» и энтузиастами-любителями. Все это способствовало тому, что «альтернативная энергетика» прочно заняла одно из ведущих мест в популярных публикациях на околонаучные темы.

Конечно, то, что человечество не может вечно рассчитывать на ископаемое углеводородное топливо, создавшее нашу техногенную цивилизацию и до сих пор остающееся основой ее существования, совершенно очевидно. Но как долго это будет продолжаться, когда закончится «углеводородная цивилизация» и что придет ей на смену – в этих вопросах мнения публики и различных групп специалистов сильно расходятся.

К сожалению, при анализе тенденций развития энергетики, этой сугубо материальной сферы человеческой деятельности, эмоции, «житейский опыт» и даже фантастические представления всегда играли и продолжают играть не меньшую роль, чем в других областях, вызывающих массовый интерес. И иногда эти эмоции и представления, порой даже противоречащие законам природы и здравому смыслу, оказывают серьезное влияние на развитие отдельных отраслей энергетики, а также связанных с ней областей науки и технологии.

Являясь одним из главных потребителей самых современных достижений мировой науки и постоянно аккумулируя все наиболее передовые и перспективные технологические решения, энергетика, в силу своих масштабов, остается одной из наиболее консервативных технологических отраслей. Массовая смена базовых технологий в энергетике, как правило, требует

десятилетий. Поэтому в отличие, например, от информационных технологий, в которых новые идеи и технические решения захватывают рынок буквально за один-два года, в энергетике даже последствия крупнейших технологических революций реализуются в массовом масштабе лишь годы, а то и десятилетия спустя. Именно этот консерватизм позволяет давать достаточно надежный прогноз будущего состояния энергетики, по крайней мере, на ближайшие 20–30 лет.

В предлагаемой вашему вниманию книге мы хотим рассказать о базовых тенденциях развития мировой энергетики, используемых и перспективных мировых энергетических ресурсах, обратить внимание на часто игнорируемые даже специалистами реальные ограничения, накладываемые фундаментальными законами природы на чрезмерно оптимистические прогнозы энтузиастов, и попытаться очертить реальные контуры среднесрочных перспектив развития энергетики.

Мы расскажем о ресурсах традиционной энергетики, происходящих в ней сейчас очень важных, фактически революционных изменениях и связанных с этим новых перспективах. Покажем причины все возрастающей роли природного газа в мировом энергобалансе и в производстве базовых нефтехимических продуктов, огромный потенциал развития газовой отрасли, в том числе в России. Расскажем об основных альтернативных источниках энергии, их современном состоянии, реальном потенциале и том месте, которое они могут и должны занять в энергетике. Объясним, почему «бесплатная» и «экологически чистая» энергия солнца и ветра обходится потребителю дороже дорогой энергии нефти, а в течение своего жизненного цикла солнечные и ветровые энергоустановки часто выбрасывают в окружающую среду больше загрязнений, чем «грязные» угольные ТЭЦ. Объясним, почему до сих пор нет промышленных предприятий, работающих на энергии солнца и ветра. Покажем, почему широко рекламируемая «зеленая» энергетика, основанная на массовом производстве технических сельскохозяйственных культур и получаемом из них «биотопливе», на самом деле не является альтернативным источником энергии. Решая некоторые экологические, а также экономические и внешнеполитические проблемы, с глобальной точки зрения такая схема лишь трансформирует один вид энергии в другой. Расскажем, что реально ограничивает объем производимого на Земле биотоплива и почему опасно и недопустимо его производство, например, за счет стимулирования неконтролируемого роста зеленой массы быстро размножающихся водорослей в открытых водоемах и морских акваториях. Рассмотрим, почему без активно осуждаемой различными «экологическими движениями» ядерной энергетики «экологически чистая» водородная энергетика не может стать альтернативой энергетике углеводородной. Обсудим принципиальную, не обусловленную парниковыми газами связь между мировым потреблением энергии, тепловым балансом нашей планеты и ее климатом, из-за которой независимо от типа используемых источников неизбежное увеличение общего объема производимой человечеством на Земле энергии все равно приведет к росту температуры ее поверхности. Это накладывает серьезные ограничения на пути и характер развития Человечества, поэтому глобальные энергетические проблемы не могут быть решены в отрыве от всех остальных проблем нашей цивилизации.

Книга рассчитана на массового читателя и не требует каких-либо специальных знаний.

Глава 1. Энергия, производительные силы и рост населения

1.1. Энергия и общество

Энергия является движущей силой эволюции природы и основой развития цивилизации. Если отбросить детали, то можно утверждать, что уровень развития общества и количество потребляемых им благ определяется, прежде всего, уровнем его энерговооруженности. В течение многих веков человек мог рассчитывать только на свою мускульную силу и мускульную силу домашних животных. Для обеспечения своих жизненных потребностей первобытный человек располагал только собственной энергетической мощностью примерно в 150 Вт. При переходе к традиционному земледелию и скотоводству энергетические возможности человечества возросли до 500 Вт на человека. Следующий качественный скачок в развитии цивилизации, открывший современный период истории и получивший название «научно-техническая революция», стал возможен лишь в начале XIX века после освоения человечеством ископаемых источников энергии. В наше время средняя мощность душевого энергопотребления в развитых странах достигает уже нескольких киловатт, а установленная мощность всех источников энергии на земном шаре превысила 3,65 ТВт (1 тераватт = 10^{12} Вт).

На протяжении всего исторического периода темпы роста глобального потребления энергии опережали темпы роста населения, увеличиваясь пропорционально квадрату числа жителей Земли $E \sim N^2$, то есть скорость роста потребления энергии в два раза превышала скорость роста населения. За 140 лет с 1850 по 1990 г., когда население Земли увеличилось в 4,3 раза, потребление энергии возросло в 17 раз (Капица, 1999). Особенно тесная корреляция роста населения и мирового производства энергоресурсов наблюдалась в течение последнего столетия (рис. 1).

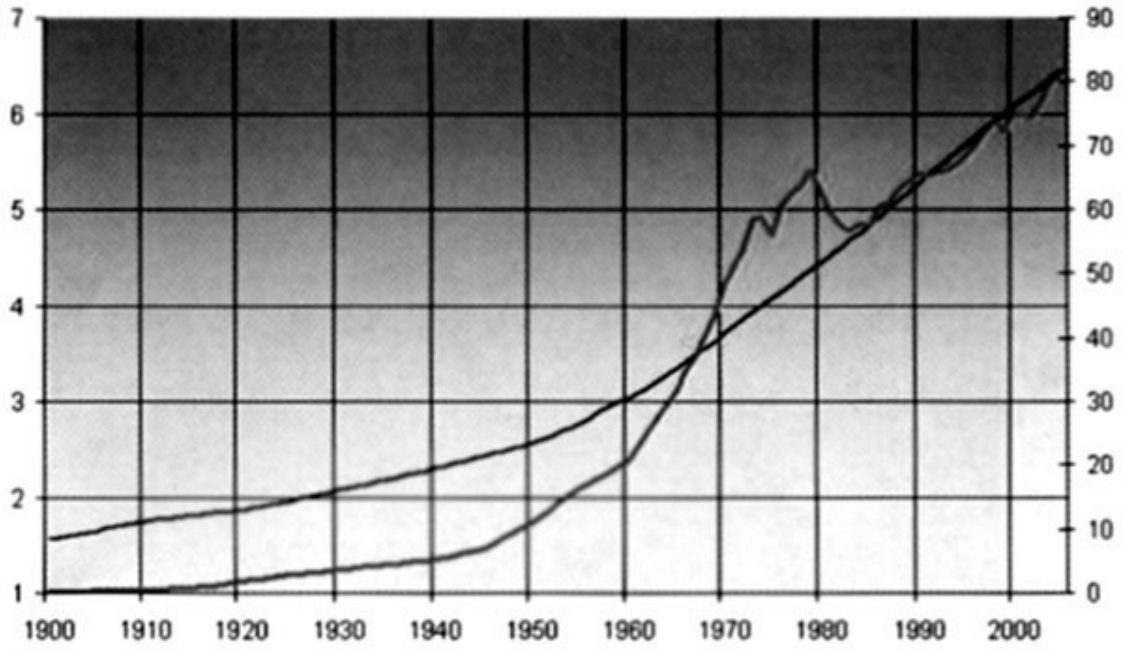

Рис. 1. Рост населения Земли и мировой добычи нефти за последние 100 лет

Причина в том, что энергия является основным ресурсом, обеспечивающим условия для существования современной цивилизации, а производство энергии на душу населения – один из основных показателей уровня развития общества. Сопоставление потребления энергоресурсов на душу населения и уровня экономического развития (уровня жизни) различных стран, выражаемого объемом валового внутреннего продукта (ВВП), приходящегося на душу населения, показывает пропорциональную зависимость между этими величинами. Точно так же, как показывают приведенные на рис. 2 примеры, для каждой конкретной страны рост благосостояния ее населения повышался пропорционально росту душевого потребления энергии. То есть энергетика не метафорически, а абсолютно реально является фундаментом и материальным источником нашего благосостояния, определяя его реальный уровень.

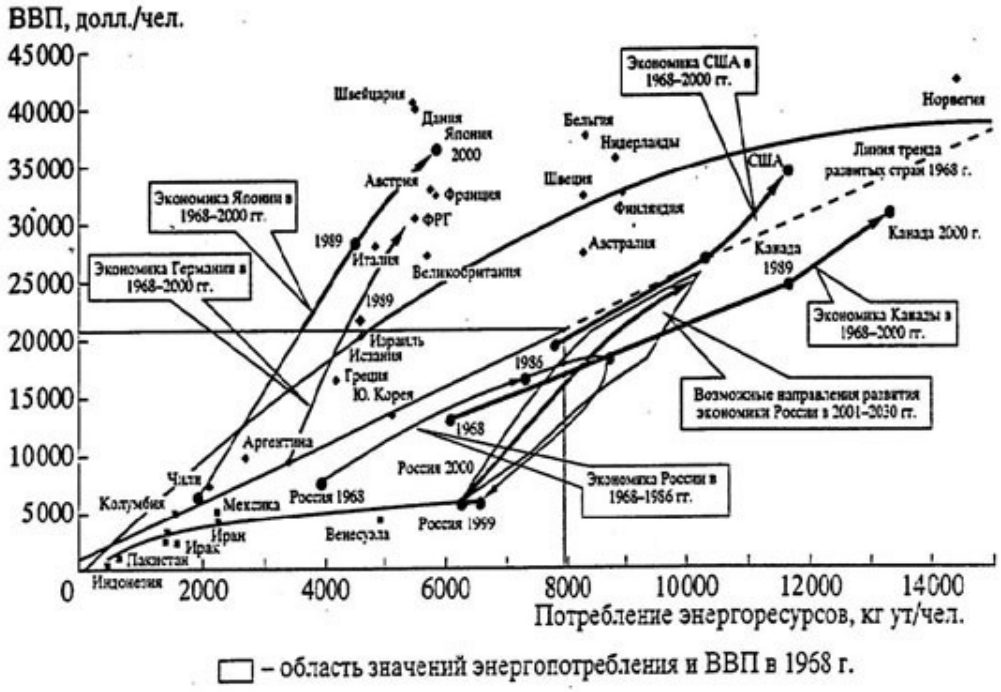

Рис. 2. Связь ВВП с потреблением энергоресурсов в мире (Добрецов, Конторович, Кулешов, 2001)

Однако помимо уровня жизни на потребление энергии влияют и другие факторы, прежде всего климатические условия. Более высокое удельное потребление энергии в странах СНГ и Восточной Европы по сравнению с азиатскими и африканскими странами связанно именно с этим обстоятельством. Особенно актуальна проблема обеспечения энергоресурсами для России, имеющей по своему географическому положению наиболее суровый климат среди всех стран мира, и соответственно, наиболее высокий уровень потребления энергии на единицу производимого в стране ВВП (рис. 3). Это существенный фактор геополитики, объясняющий более низкую конкурентоспособность многих отраслей отечественной экономики по сравнению со странами Западной Европы и Юго-Восточной Азии.

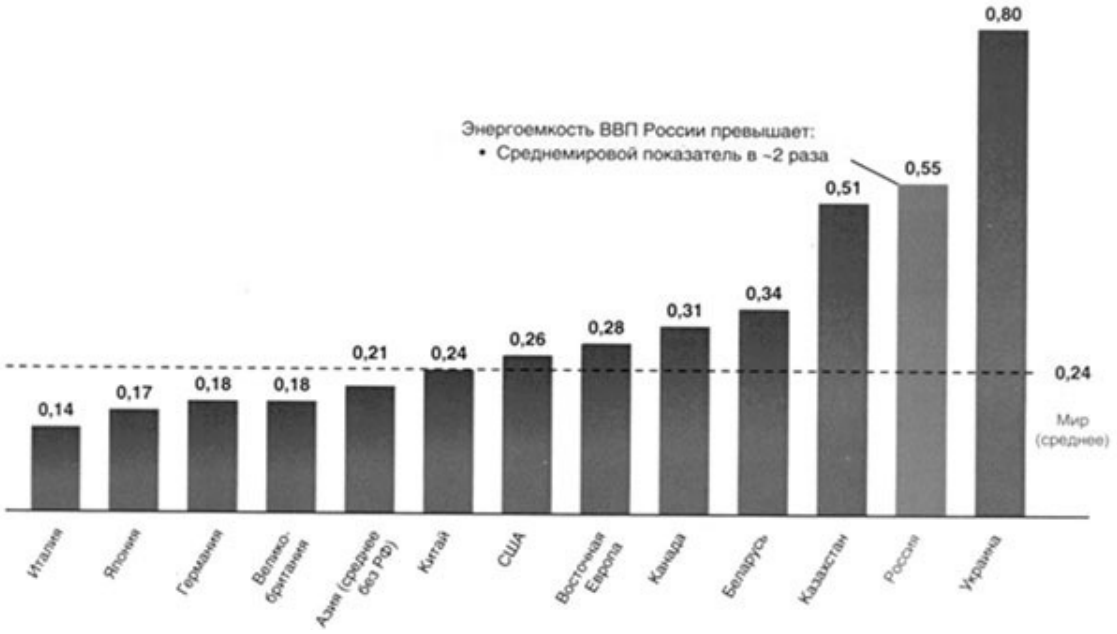

Рис. 3. Энергоемкость ВВП различных стран мира по паритету покупательной способности валют, тнэ/1 тыс. долл. (тнэ – тонна нефтяного эквивалента) (Источник: Минэнерго)

При изобилии энергоресурсов, в принципе, могут быть найдены практические решения для многих кризисных тенденций современного общества. Неудивительно, что еще 40 лет назад казалось, что освоение нового и практически безграничного источника энергии – управляемого термоядерного синтеза, промышленное использование которого тогда прогнозировалось на начало нынешнего века, позволит решить не только все энергетические, но и ресурсные и экологические проблемы человечества. Ведь в конце концов, и уровень доступных ископаемых ресурсов, и уровень утилизации и переработки отходов определяются прежде всего теми затратами энергии, которые человечество может позволить себе выделять на эти цели. Однако проблема использования энергии управляемого термоядерного синтеза оказалась значительно более сложной, чем это представлялось в середине прошлого века. Несмотря на объединение для решения этой задачи усилий всего мирового сообщества, ее практическое решение прогнозируется не ранее середины текущего столетия. А с другой стороны, дальнейший безудержный рост потребления энергии невозможен и по другим причинам, которые мы рассмотрим позже.

1.2. Структура мировой энергетики

Основу современной энергетики составляют пять основных первичных источников: нефть, уголь, природный газ, гидроэнергетика и атомная энергетика, к которым в будущем могут прибавиться и возобновляемые источники энергии (ВИЭ) (рис. 4). Производство подавляющей части потребляемой человечеством энергии обеспечивают сейчас ископаемые энергоресурсы, доля которых в мировом энергобалансе превышает 85 % (табл. I).

Таблица I. Доля основных источников в мировом производстве первичной энергии в 2014 г.

Источник энергии	Доля в мировом энергобалансе, %
Нефть	32,6
Уголь	30,0
Природный газ	23,7
Гидроэнергетика	6,8
Атомная энергетика	4,4
Прочие, в т.ч. ВИЭ*	2,5

* ВИЭ — возобновляемые источники энергии

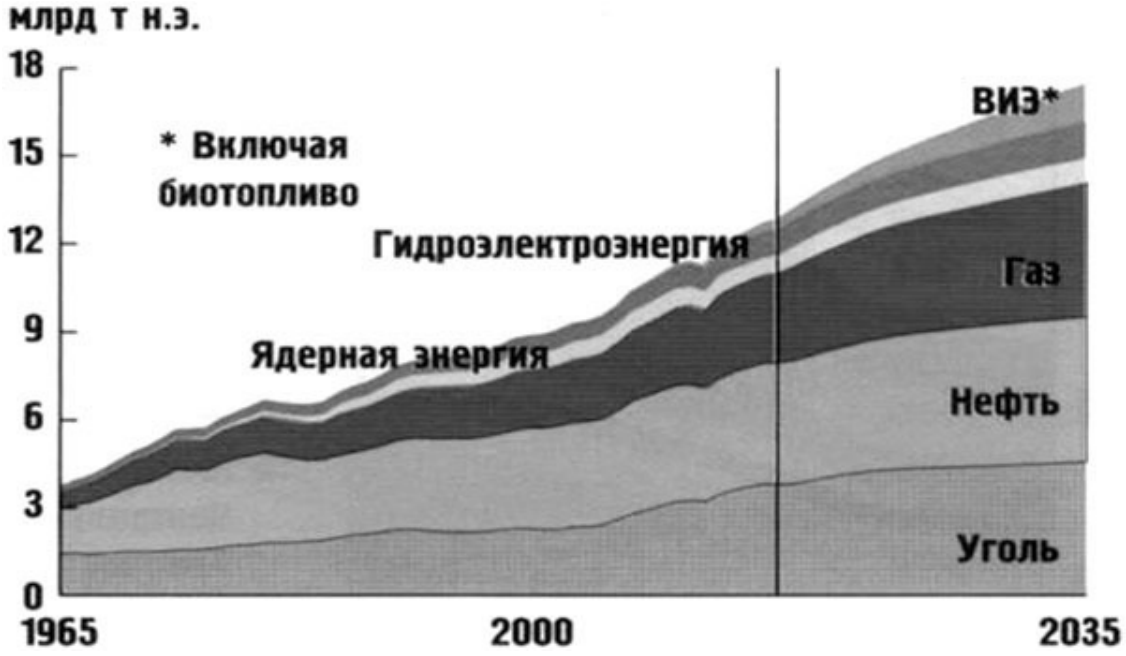

Рис. 4. Текущее и прогнозное потребление различных видов первичных энергоресурсов в мировой энергетике (Источник: BP Statistical Review of World Energy, 2015)

Как видно из прогноза, представленного на рис. 4, в течение ближайших десятилетий в энергетике не ожидается каких-либо драматических изменений. Производство энергии на базе всех существующих ныне источников будет увеличиваться, в том числе выше, чем в настоящее время, будут объемы потребления нефти, угля и природного газа, хотя будет происходить определенное перераспределение их относительного вклада в мировую энергетику (рис. 5). В основном это будет связано с постепенным снижением доли нефти за счет повышения доли природного газа.

По прогнозам Международного энергетического агентства (МЭА) (Перспективы энергетических технологий…; 2007), общий объем потребления энергии будет расти в среднем на 1,6 % в год: с 10 579 млн тнэ в 2003 г. до 22 112 млн тнэ в 2050 г. (рис. 6). Это заметно ниже темпов роста мировой энергетики в 1971–2003 гг., составлявших в среднем 2,1 % в год, тем не менее по сравнению с началом века к его середине мировое потребление энергии удвоится.

Из-за сокращения доступных ресурсов нефти ее доля в мировом энергобалансе будет постоянно снижаться, а доля природного газа – расти. Прогнозируется, что к 2035 г. вклад трех основных источников ископаемых энергоресурсов практически сравняется, достигнув уровня примерно по 25 % для каждого из них (рис. 5). То есть и через 20 лет на долю традиционных ископаемых источников будет приходиться не менее 3/4 производимой на Земле энергии. А по базовому сценарию МЭА доля ископаемых видов топлива и в 2050 г., несмотря на рост атомной энергетики и использование возобновляемых источников, будет составлять не менее 85 %, что может вызвать проблемы, связанные с энергетической безопасностью и ростом выбросов CO_2 (Перспективы энергетических технологий…; 2007).

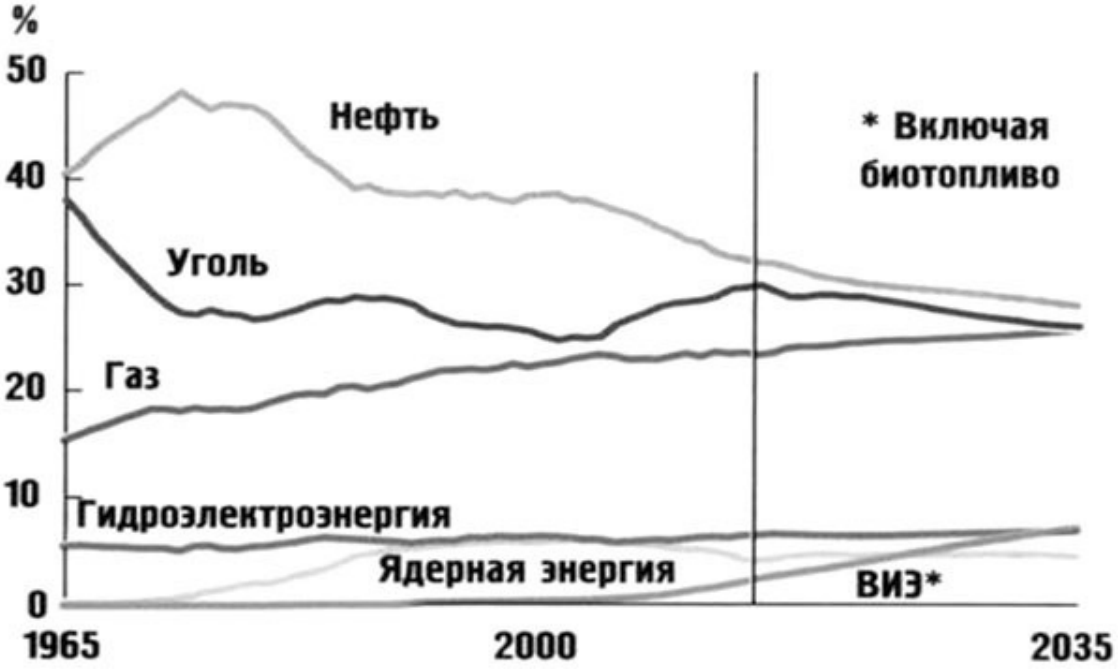

Рис. 5. Текущие и прогнозные доли различных видов первичных энергоресурсов в мировой энергетике (Источник: BP Statistical Review of World Energy, 2015)

Снижение в мировом энергобалансе доли жидких углеводородов (рис. 6), являющихся важнейшим и наиболее удобным ископаемым энергоресурсом, создает много проблем для мировой экономики. Производимые из них продукты, прежде всего моторные топлива, составляют основу современной цивилизации. Именно они придают ей ту гибкость и мобильность, без которой мы уже не можем представить наше существование. Кроме того, нефть служит исходным сырьем для производства огромного ассортимента нефтехимических продуктов, прежде всего полимерных материалов, обеспечивающих такой уже привычный комфорт нашему образу жизни. Однако ресурсы нефти в земной коре ограничены, и видимо, уже не так далеко время, когда они станут дефицитом. Фактически закат нефтяной эпохи уже начался, и можно даже четко указать время начала этого процесса. В 1985 году впервые объем мировой добычи нефти превысил объем ее вновь открываемых ресурсов, т. е. началось безусловное сокращение доступных нам запасов нефти. К сожалению, политики осознали последствия

этого важнейшего для мировой экономики события лишь двадцать лет спустя, уже в ходе энергетического кризиса 2008 года.

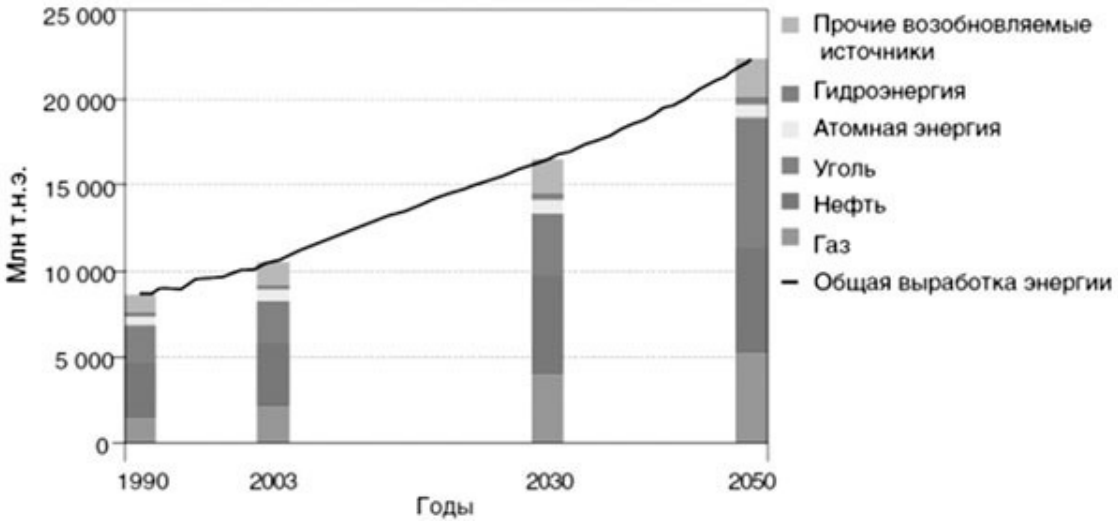

Рис. 6. Глобальное потребление первичных энергоресурсов в период до 2050 г. по прогнозу МЭА (2007)

Сейчас вся производимая в мире энергия потребляется в достаточно близких долях 4-мя основными областями: промышленностью, транспортом, коммунальным сектором и в производстве электроэнергии (рис. 7).

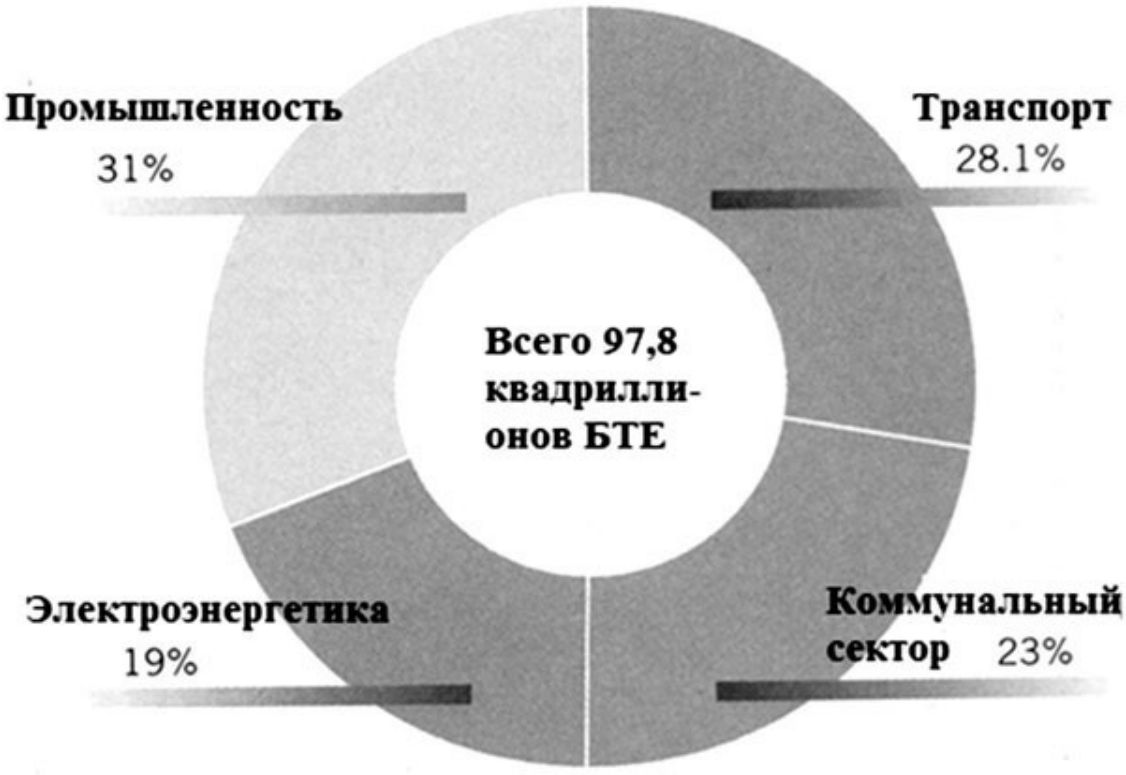

Рис. 7. Области потребления энергии в США в 2010 г. (БТЕ – британские тепловые единицы. 1 БТЕ ≈ 252 кал)

Однако вклад различных источников в различные сферы потребления энергии очень сильно различается (рис. 8). Наиболее универсальными источниками энергии являются нефть и природный газ, используемые во всех секторах, что и обуславливает их особую потребительскую ценность. Правда, и для них распределение по сферам потребления сильно различается. Нефть безоговорочно доминирует в транспортном секторе, обеспечивая более 90 % его потребности в энергии, на что уходит более 70 % добываемой нефти. Доля же газа в транспортном секторе пока невелика, всего несколько процентов. Зато газ обеспечивает значительную долю энергетических потребностей промышленного и коммунального секторов и производства электроэнергии. Такие же источники, как уголь, атомная энергетика и возобновляемые источники, в том числе гидроэнергетика, используются почти исключительно для производства электроэнергии.

Рис. 8. Источники и области потребления первичной энергии в США в 2010 г.

1.3. Тенденции развития энергетики

Уже сейчас производимая человечеством энергия **достигла** почти 0,02 % от потока солнечной энергии, **достигающей** земной поверхности. Однако население мира обеспечено этой энергией крайне неравномерно. Подавляющая часть потребляемой на Земле энергии приходится на развитые страны. Только на долю США, где проживает всего 4 % населения планеты, сейчас приходится 20 % потребления мировых сырьевых и энергетических ресурсов. В то же время, согласно данным, опубликованным в Перспективах развития мировой энергетики, подготовленных Международным энергетическим агентством (International Energy Agency), в современном мире 1,6 млрд человек все еще не имеет доступа к электроэнергии, а 2,4 млрд человек используют в основном биомассу, т. е. дрова, для отопления и приготовления пищи. И в течение ближайших тридцати лет эти цифры практически не изменятся.

В зависимости от уровня экономического развития страны ежегодное потребление энергии (в пересчете на нефть) изменяется от 65 баррель/чел. в США до 50 баррель/чел. в Западной Европе, 33 баррель/чел. в Японии, 10 баррель/чел. в Мексике (среднемировой уровень), 0,8 баррель/чел. в Бангладеш и 0,7 баррель/чел. в Нигерии. Таким образом, разрыв между наиболее бедными и наиболее богатыми странами достигает почти 100 раз. По прогнозам к концу текущего столетия население планеты удвоится, достигнув уровня 12–13 млрд человек, после чего оно, возможно, стабилизируется. Поскольку потребление энергии подавляющей частью жителей Земли в сто раз отстает от современного уровня развитых стран (свыше 10 кВт установленной мощности на человека), даже после стабилизации населения экономическая и политическая стабилизация в мире невозможна без хотя бы частичного сокращения разрыва в уровне жизни. А это потребует сокращения разрыва в энергопотреблении между богатыми и бедными странами.

В связи с необходимостью ускоренного развития слаборазвитых стран в течение первой половины текущего столетия прогнозируется быстрый рост мирового потребления энергии на уровне 1,7 % в год, и до конца века глобальное потребление энергии, видимо, увеличится еще в несколько раз, вплотную приблизившись к 0,1 % от падающего на Землю потока солнечной радиации. Для того же, чтобы обеспечить всему человечеству современный уровень жизни, мировое производство энергии должно увеличиться почти в сто раз, т. е. превысить 1 % от потока солнечной радиации. Но если это реально произойдет, нарушится тепловой баланс планеты, и средняя температура поверхности (~300 К) может увеличиться тоже примерно на 1 %, т. е. на ~2–3°С, что неизбежно вызовет климатическую катастрофу глобального масштаба.

Пока же мировая энергетика продолжает развиваться очень высокими темпами. Согласно данным Energy Information Administration (EIA) ожидается, что за два десятилетия этого века мировое потребление энергии увеличится на 59 %. Это увеличение произойдет, несмотря на ожидаемое значительное увеличение эффективности использования энергии в расчете на единицу производимого Валового Внутреннего Продукта (ВВП). Половина ожидаемого к 2020 г. прироста придется на развивающиеся страны, включая Китай, Индию, Южную Корею, Центральную и Южную Америку. При этом основным источником энергии для современной цивилизации по-прежнему остается ископаемое топливо.

Учитывая обостряющуюся ситуацию с ископаемыми энергоносителями, их растущий дефицит и стоимость, а также обострение связанных с энергетикой глобальных экологических и климатических проблем, повышение эффективности использования энергоресурсов и снижение удельных затрат энергии на единицу производимой продукции становится ведущей тенденцией мировой энергетики. Например, США при постоянном росте ВВП в последние годы сумели практически стабилизировать потребление энергии. Это было достигнуто в основном

за счет того, что за 40 лет было почти вдвое снижено удельное потребление энергии на единицу производимого в стране ВВП (рис. 9).

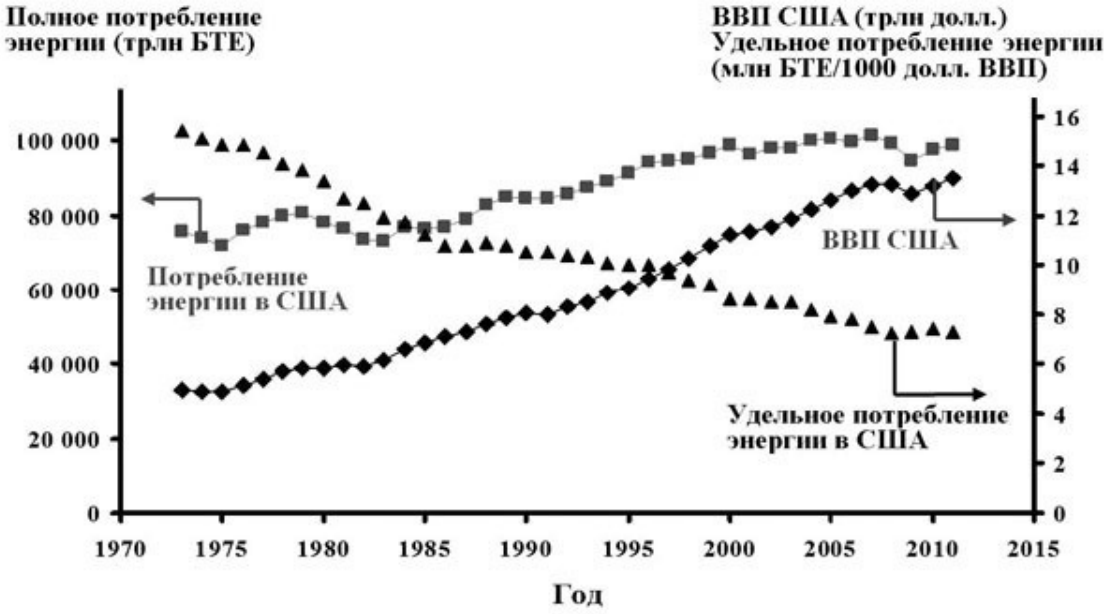

Рис. 9. Показатели эффективности использования энергоресурсов в США: ВВП (трлн долл.), полное потребление энергии (трлн БТЕ) и удельное потребление энергии (млн БТЕ/1000 долл: ВВП)

Тенденция заметного снижения темпов роста энергопотребления на единицу прироста ВВП характерна сейчас для всех ведущих стран мира. Особенно впечатляющие успехи в этом демонстрирует КНР (рис. 10).

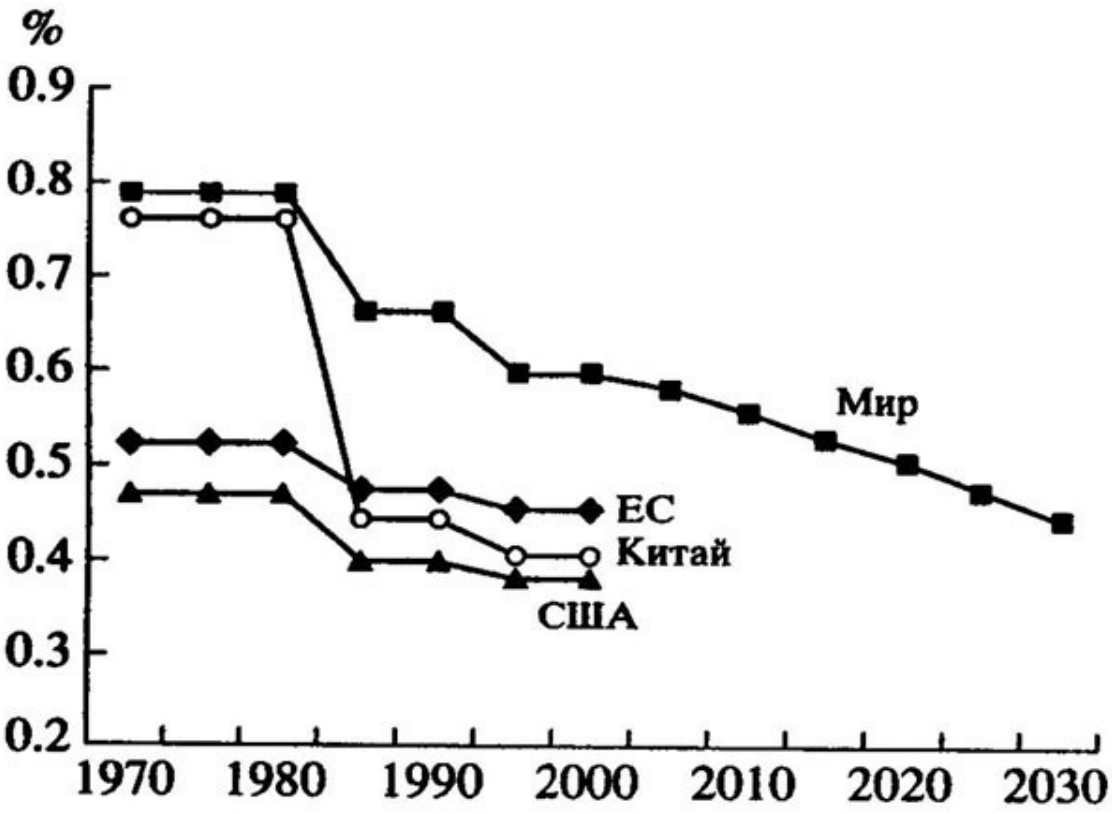

Рис. 10. Изменение темпов роста энергопотребления на 1 % прироста ВВП (Источник: Прогноз Института энергетических исследований РАН)

К сожалению, обладая огромными природными энергоресурсами, Россия менее рачительно относится к проблеме их рационального использования. Удельное потребление газа в нашей экономике в 10–20 раз превосходит аналогичные показатели европейских стран (рис. 11), хотя, конечно, климатическая ситуация также играет в этом определенную роль.

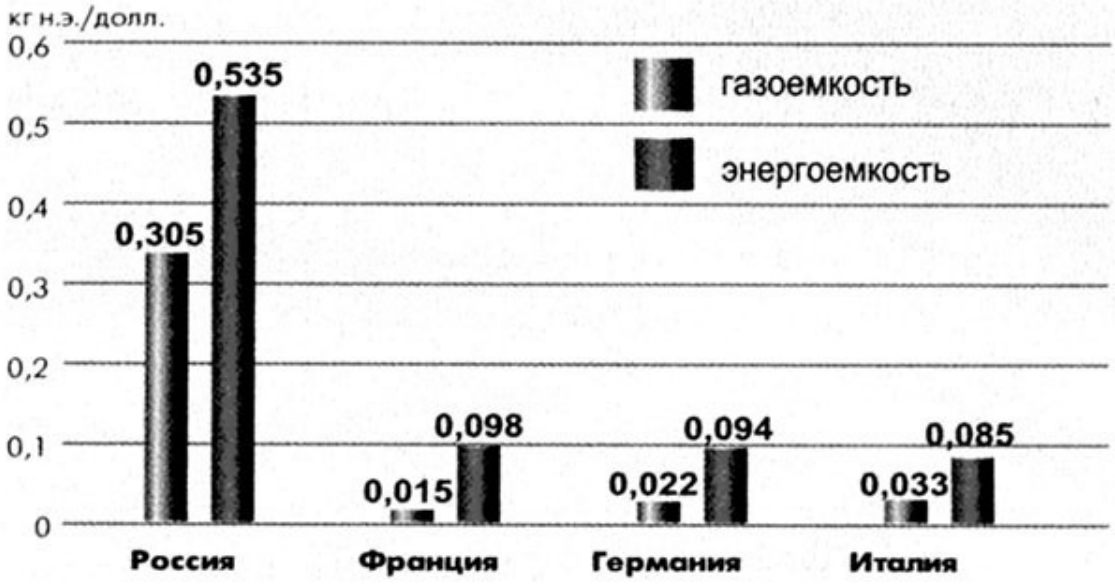

Рис. 11. Соотношение удельного потребления энергии и газа на единицу ВВП (кг н. э./долл.) в России и странах Западной Европы (Карпель, 2010)

Повышение энергоэффективности современной энергетики позволяет ослабить текущую зависимость мировой экономики от поставок энергоресурсов и реально снизить воздействие энергетики на климатические процессы. Но в целом это лишь отдаляет неизбежное наступление периода истощения ископаемых ресурсов, давая нам дополнительное время для более глобального решения энергетических проблем.

1.4. Долгий путь к термояду

Парадоксальность современной ситуации в энергетике в том, что прогнозировать ее отдаленное будущее сейчас легче, чем более близкие перспективы. Мало кто из специалистов сомневается в том, что к концу текущего века, ну может быть чуть позже, основным источником энергии для человечества станет термоядерная энергетика. Просто в распоряжении человечества даже в перспективе нет других альтернативных источников энергии такого же масштаба, и мы будем вынуждены решить эту проблему. Это именно тот первичный источник, который обеспечивает энергией все процессы на нашей планете за счет потока падающего на нее солнечного излучения. И, в конце концов, этот источник в принципе уже технически нами освоен, правда, пока еще в неуправляемом режиме, на уровне термоядерной бомбы. Мы понимаем основные закономерности этого процесса, и хотя проблема оказалась гораздо сложнее, чем это представлялось на начальном этапе, вряд ли можно сомневаться, что она со временем будет решена и практически.

Освоив управляемый термоядерный синтез, человечество на тысячелетия получило бы практически неисчерпаемый источник энергии. Однако решение этой проблемы, еще тридцать лет назад казавшейся практически уже решенной, отодвигается все в более далекое будущее. По своей сложности проблема управляемого термоядерного синтеза превзошла все научно-технические проблемы, с которыми столкнулось естествознание в XX веке. Для того чтобы осуществить реакцию синтеза в дейтерий-тритиевой плазме, необходимо нагреть ее до температуры порядка 100 млн градусов и удерживать в течение определенного времени, зависящего от ее плотности. В настоящее время разрабатываются два основных направления реализации управляемого термоядерного синтеза: на основе удержания плазмы с помощью магнитных полей и инерционное удержание. Наиболее перспективными устройствами для удержания плазмы с помощью внешних и собственных магнитных полей остаются магнитные ловушки тороидального типа, получившие название «токамак», которые были предложены и разработаны отечественными учеными. К настоящему моменту в мире построено более 100 токамаков различных размеров и конструкции. Другое направление вместо попыток удержать неустойчивые плазменные сгустки предполагает создание таких условий, при которых основная часть термоядерного топлива сгорала бы быстрее, чем оно разлетится. То есть проблема удержания плазмы заменяется проблемой ее быстрого нагрева, например, интенсивным лазерным импульсом.

Исследования по термоядерной проблеме были рассекречены еще в 1956 г. после знаменитого доклада И.В. Курчатова в английском атомном центре Харуэлле. С 1986 г. при участии стран Европейского сообщества, Японии, России и США ведется проектирование Международного термоядерного экспериментального реактора (ИТЭР). Позднее к проекту присоединились Китай, Южная Корея и Индия. В 2001 г. разработка проекта была завершена, а в 2005 г. завершились переговоры о выборе места для его строительства. Крупнейший в истории человечества научный проект стоимостью около 15 млрд евро будет реализован во Франции в районе Марселя. Ориентировочный срок окончания строительства – 2020 год. Финансовый вклад Европейского союза составит 45,5 %, а всех остальных участников, в том числе и России, по 9,1 %.

Размер спроектированного реактора (рис. 12) – более 20 метров в диаметре при 30-метровой высоте. Ток в плазме должен достигать 15 млн А, а температура дейтерий-тритиевой плазмы должна достигать ~150 млн градусов, что почти в десять раз выше температуры в центре Солнца. Магнитное поле, удерживающее плазму, будет создаваться самым большим в мире сверхпроводящим магнитом. Термоядерная мощность установки 1000 МВт будет поддерживаться в течение 400 секунд, а со временем – в течение 3000 секунд. Это даст возможность

проводить первые реальные исследования физики термоядерного горения в плазме. Считается, что после создания и проведения в течение 12–15 лет исследований на ИТЭР следующим шагом станет строительство в 40-х годах уже демонстрационной термоядерной установки.

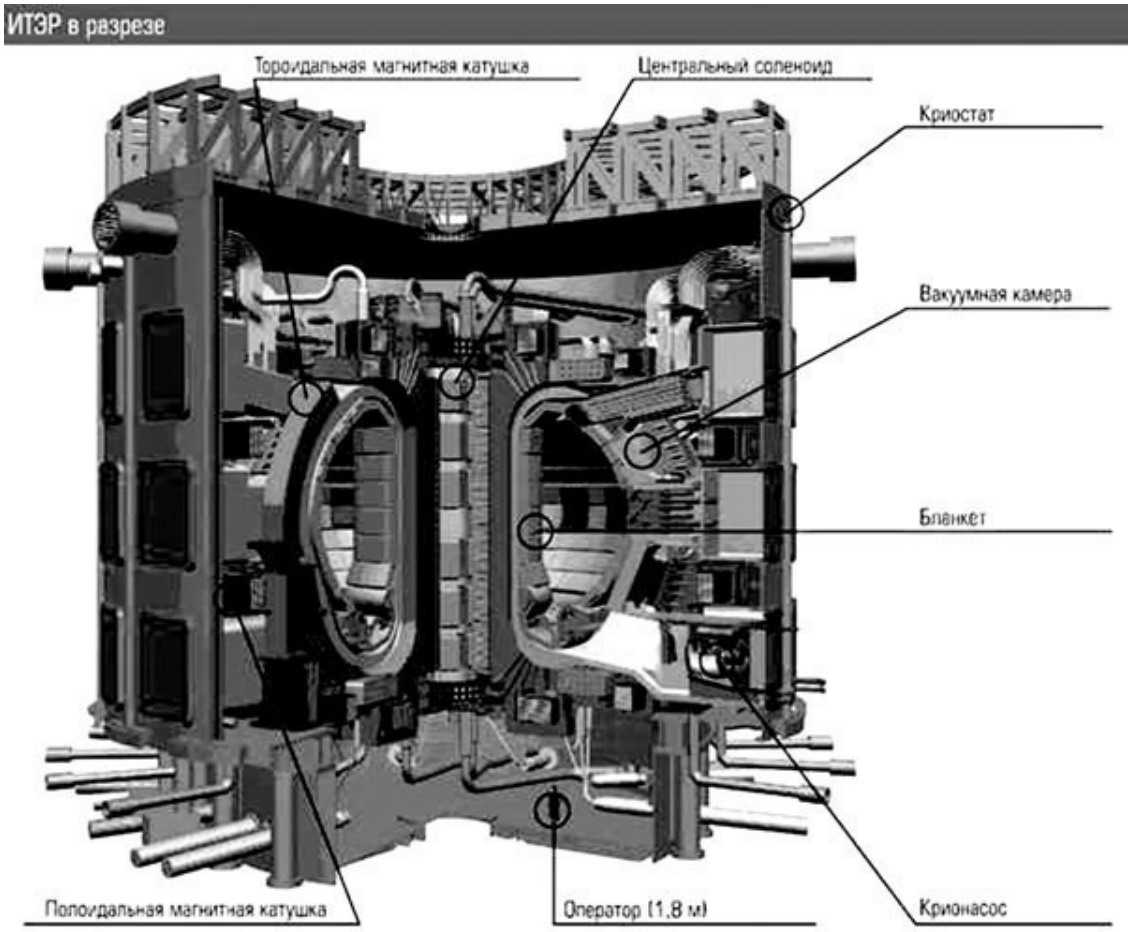

Рис. 12. Международный термоядерный реактор

Также будет построена и начнет работать международная лаборатория для испытания материалов, используемых в термоядерном реакторе. Затем появится демонстрационная энергетическая установка для производства электроэнергии (DEMO). Программа испытаний материалов должна быть запущена параллельно с ИТЭР, чтобы своевременно были получены характеристики материалов для демонстрационной установки.

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, купив полную легальную версию на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.