

НЕВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

Наибольшая часть электрической энергии, потребляемой в нашей стране, получается за счет сжигания топлив, добываемых из недр земли – уголь, газ, мазут (продукт переработки нефти). При их сжигании химическая энергия топлив превращается в тепловую.

Электростанции, преобразующие получающуюся при сжигании топлива тепловую энергию в механическую, а эту последнюю в электрическую, называются *тепловыми электрическими станциями*.

Отдельная отрасль энергетики, которая занимается использованием топлив для получения тепловой энергии при их сжигании и преобразованием ее в механическую как для прямого использования, так и для дальнейшего преобразования в электрическую, называется *теплоэнергетикой*.

Перспективные изменения условий развития электроэнергетики России приведут к изменениям технологической структуры генерирующих мощностей (см. табл. 1).

К 2050 г. можно ожидать существенного роста доли АЭС в структуре мощностей – от 10 до 19–21 %. Установленная мощность АЭС в 2050 г. может составить 75–95 млн кВт при 21 млн кВт в 2000 г. Суммарная мощность ГЭС вырастет примерно в полтора раза относительно современного уровня и составит ~62–63 млн кВт, однако их доля сократится от 22 до 14–18 % к 2050 г. Возможно некоторое снижение доли теплоэлектростанций (ТЭС) от 37 в 2000 г. до 32–34 % к 2050 г. при росте абсолютных значений мощностей от 76,1 до 115–145 млн кВт в 2050 г. Доля конденсационных электростанций в структуре мощностей мало изменится и составит 28–32 % в 2050 г. при 31 % в настоящее время.

Таблица 1.

Основные показатели развития электроэнергетики России до 2050 г.

Годы	2020	2030	2040	2050
Электропотребление, млрд кВт·ч	1200–1545	1380–1745	1560–1955	1700
Установленная мощность, млн кВт,				
в т. ч.: ГЭС	246–320	285–360	320–405	350–450
АЭС	52–54	57–58	61–62	62–63
ТЭС	37–51	48–61	61–77	75–95
КЭС	89–108	99–127	109–138	115–145
	67–106	79–116	90–130	100–130
Потребление топлива на электростанциях, млн т. у. т.	330–393	347–409	360–420	370–400

Мир располагает крупными ресурсами углеводородного сырья, в первую очередь, угля, нефти и природного газа. Согласно имеющимся прогнозам в XXI веке ископаемые виды топлива – нефть, уголь и газ – останутся основными источниками первичной энергии и будут обеспечивать ~ 80 % мирового энергопотребления.

Не так давно на ТЭС относительно широко применяли мазут и природный газ. В настоящее время происходит перестройка топливно-энергетического баланса во всем мире и в нашей стране. Она обусловлена все возрастающей потребностью в жидком и газообразном топливе промышленности, транспорта и быта. Вследствие этого ограничивается потребление жидкого топлива на ТЭС. Основными видами органического топлива на ТЭС становятся твердое топливо (уголь) и газообразное топливо (природный газ).

Несколько десятилетий назад многие специалисты считали, что человечество стоит на пороге огромной катастрофы – угольного голода.

Как оцениваются ресурсы органического топлива нашей планеты в настоящее время?

Большинство ученых оценивают запасы органического топлива (угля, нефти, природного газа, горючих сланцев) огромной цифрой порядка 10^{13} тонн условного топлива

(т.у.т.), $Q_H^p = 29330 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$, причем доля твердого топлива составляет 80 %.

Оказывается, что на практике не все это топливо может быть использовано. Существует так называемый коэффициент извлечения, представляющий собой отношение того количества топлива, которое в действительности может быть извлечено из данного его месторождения, ко всему запасу топлива данного месторождения. Величина коэффициента извлечения зависит от вида топлива, характера месторождения и средств добычи. Больше всего он для газа, меньше – для нефти. В среднем коэффициент извлечения можно оценить величиной 0,5. Отсюда следует, если запас органического топлива составляет 10^{13} т.у.т., то извлекаемый запас составит $5 \cdot 10^{12}$ т.у.т., т.е. 5 трлн т.у.т.

Много это или мало?

В 1980 г. потребление всех энергетических ресурсов (угля, нефти, атомного сырья, гидроресурсов и некоторых других) всеми странами мира составляло примерно 10 млрд т.у.т. Если бы потребление энергоресурсов оставалось неизменным и если бы мы приняли в расчет

только органическое топливо, то запасов его хватило бы на $\frac{5 \cdot 10^{12}}{10 \cdot 10^9} = 500$ лет.

Потребление энергетических ресурсов пока что с каждым годом увеличивается. Однако многие ученые полагают, что оно, достигнув к 2000 г. 13–17 млрд т.у.т. в год, далее расти не будет и начнет снижаться.

Таким образом, если принять годовое потребление энергоресурсов неизменным, равным 20 млрд т.у.т. и по-прежнему учитывать только запасы органического топлива, то человечеству хватит органического топлива на $\frac{5 \cdot 10^{12}}{20 \cdot 10^9} = 250$ лет. Эта цифра скорее занижена, чем завышена полагают ученые.

Перспективы использования твердого топлива.

Основные месторождения ископаемого твердого топлива РФ

Уголь – второй после нефти по важности источник первичной энергии, в настоящее время угольное топливо обеспечивает около четверти мировой потребности в энергоресурсах. Объемы мировой добычи углей в 2000 г. составили ~5 млрд тонн (~3,1 млрд т.у.т.), что почти равно энергетическому эквиваленту мировой добычи природного газа.

Значение угля как одного из важнейших видов энергоносителей обусловлено рядом факторов:

- стабильная и обширная ресурсная база;
- удобство и простота хранения запасов у поставщиков и потребителей;
- относительная дешевизна угля по сравнению со стоимостью прямых его заменителей и стабильность цен на уголь;
- сравнительно низкая степень монополизации предложения. Возможность для экспортеров угля выходить на различные рынки сбыта.

Однако значение угля – важнейшего энергоресурса XX века, особенно в последние его десятилетия, изменилось. Если в начале века на долю угля приходилось свыше 60 % мирового потребления первичных энергоресурсов, то уже в 80-е годы его доля снизилась до минимальной величины 23 %. В последнее десятилетие за счет бурного экономического роста развивающихся стран доля угольного топлива в мировом энергопотреблении поднялась до 25% и стабилизировалась на этом уровне. Ожидается, что в ближайшей перспективе эта доля сохранится.

В балансах первичных энергоресурсов разных стран удельный вес угля различен и колеблется от 1–2 до 76 %. Доля угля в балансе энергоресурсов России чрезвычайно низка – < 20 %, к 2001 г. она составила 17,8 % и продолжает снижаться.

Из многих десятков стран-обладателей угля, по количеству разведанных запасов (всего 981 млрд тонн) впереди США – 250, Россия – 157, Китай – 114, Индия – 84, Казахстан – 84, Украина – 84, Австралия – 82, ЮАР – 49, Польша – 21, Бразилия – 12.

Распределение разведанных запасов угля по странам мира с разделением на два типа

углей приводится в табл. 2.

Обеспеченность запасами углей составила на 2001 г. ~230 лет, тогда как открытые запасы нефти и газа оцениваются в 100 лет при эксплуатации их на сегодняшнем уровне добычи.

Таблица 2

Распределение запасов угля по некоторым странам мира, млрд тонн

Страна	Антрациты и каменные	Бурые и лигниты	Всего	Доля в мировых, %	Обеспеченность, лет
В целом в мире, в т.ч.	509,5	474,7	984,2	100,0	227
страны	206,5	240,6	447,1	45,4	223
ОЭСД	111,3	135,3	246,6	25,1	253
США	49,1	107,9	157,0	15,9	более 500
РФ	62,2	52,3	114,5	11,6	116
Китай	47,3	43,1	90,4	9,2	297
Австралия	72,7	2,0	74,7	7,6	223
Индия	24,0	43,0	67,0	6,8	333
Германия					
Южная Африка	55,3	–	55,3	5,6	247
Остальные страны	87,5	91,1	178,6	18,2	

Из всех мировых запасов угля только 7 % пригодны для открытой разработки, из них большая часть (~70%) приходится на бурые угли. Россия занимает второе место в мире по запасам и прогнозируемым ресурсам угля в недрах. Для долгосрочного прогноза положителен факт, что запасы и ресурсы углей разведаны в районах, где нет значительных месторождений нефти и газа: на юге Западной Сибири, в Забайкалье, в Приамурье, Приморье и на Северо-Востоке страны.

По данным ЕЭК (Евразийская экономическая комиссия) в большинстве углепотребляющих стран в производстве электроэнергии используется уголь: в Польше на угле вырабатывается 96% электроэнергии; в Дании – 93 %; в ЮАР – 90 %; в Австралии – 86 %; в Чешской Республике – 75 %; в Китае – 70 %; в Германии – 58 %; в США – 56 %.

В России из общего объема поставляемых углей в 2001 г. использовались: на нужды электроэнергетики – 39,6 %, населению и на коммунально-бытовые нужды > 10 %, на коксование – 16,4 %, остальным потребителям – ~ 17 %, на экспорт – 16,6 % от суммарного потребления углей.

Вытеснение угля из топливного баланса ТЭС связано в первую очередь с неконкурентоспособностью угля по сравнению с природным газом и нефтью. В настоящее

время в России соотношение цен на нефть, природный газ и уголь составляет 1:0,2:0,3. До повышения цен на нефть и нефтепродукты 1998 г. цена на уголь была выше, чем цены на мазут. В мировой же практике цены на газ, как правило, превышают цены на уголь на 30–40 % (в расчете на т.у.т.).

Огромные запасы углей в России и анализ складывающейся конъюнктуры ископаемых видов топлива на мировых энергетических рынках и рынках страны позволяют предполагать, что в перспективе целесообразно более широкое использование в топливно-энергетическом балансе России угольного топлива, особенно на ТЭС (см. табл. 2).

Имеющиеся ресурсы углей России позволяют обеспечить объемы добычи 1,5 млрд т./г. В табл. 3 приведены потенциально возможные уровни добычи углей.

Таблица 3

Потенциально возможные уровни добычи углей в России, млн тонн

Угли	Годы		
	2020	2030	2050
Всего	780	1050	1400
кузнецкие	250	300	350
восточно-сибирские	340	540	730
в т.ч. канско-ачинские	240	400	600
дальневосточные	80	100	130

Из трех крупнейших угольных бассейнов, расположенных за Уралом – Кузнецкого, Экибастузского и Канско-Ачинского, два последних относятся к категории бассейнов низкосортного угля: Экибастузский – вследствие высокой зольности угля (до 55 %), Канско-Ачинский – вследствие высокой влажности (до 45 %). Но эти угли являются самыми дешевыми, в основном благодаря возможности их открытой добычи (рис. 1).



Рис. 1. Открытая добыча угля на Назаровском угольном разрезе (Канско-Ачинский топливно-энергетический комплекс)

К низкосортным энергетическим топливам относятся также отходы углеобогащения

(шлам, промпродукт), горючие сланцы, торф, растительные отходы и др.

В перспективе низкосортное топливо станет основным сырьем твердых органических топлив, сжигаемых на электростанциях нашей страны.

Основания для этого?

Во-первых, наша страна обладает весьма большими запасами низкосортного топлива, в первую очередь, бурого угля. На территории РФ бурые угли залегают в Центрально – Европейской части, на Урале, в Забайкалье, на Дальнем Востоке, в Якутии. Велики также запасы горючих сланцев, торфа, биомассы.

Во-вторых, достижения современной топочной техники, разработки и внедрение новых технических решений при сжигании высокозольных и высоковлажных топлив, таких, как сжигание в кипящем слое, сжигание в виде водо-угольных суспензий и др., открывают перспективы высокоэффективного использования топлив низкой калорийности.

Основными поставщиками энергетических углей является Донецкий, Кузнецкий, Экибастузский, Канско-Ачинский бассейны. Угли каждого месторождения различаются по маркам и качеству. Каждая марка имеет свои особенности. Их необходимо учитывать при выборе схемы сжигания, конструктивном оформлении котлов, определении их режимов работы.

Угли Донецкого бассейна являются базовым топливом для многих регионов европейской части России. Запасы в бассейне составляют 100 млрд тонн; общие геологические запасы всех углей 141 млрд тонн натурального топлива (119 млрд т.у.т.).

На электрических станциях Урала и Западной Сибири используется преимущественно Экибастузский уголь. Балансовые запасы Экибастузского и Майкюбенского бассейнов оцениваются примерно в 8 млрд тонн. В настоящее время на данном топливе работает большое количество котлов энергоблоков 300, 500 МВт, а также котлов средней мощности.

В Канско-Ачинском бассейне в настоящее время разрабатываются три месторождения: Ирша-Бородинское, Назаровское, Березовское.

Березовская государственная районная электрическая станция (ГРЭС) знаменита нетрадиционной схемой поставки топлива (рис. 2). Бурый уголь поступает на станцию непосредственно с Березовского месторождения Канско-Ачинского бассейна с разреза «Березовский-1» двумя 14-километровыми открытыми конвейерами. Проектная производительность разреза – 55 млн тонн угля в год. Всего за один час на ГРЭС может поступать до 4,5 тыс. тонн угля. За год на золоотвал станции поступает 250–300 тыс. тонн сухой золы. Удаление золы осуществляется системой гидрозолоудаления.



Рис. 2. Подача угля с разреза Березовский -1 на Березовскую ГРЭС конвейерами

Перспективным является Кузнецкий угольный бассейн. На базе кузнецких углей в настоящее время вырабатывается около 17 % электрической энергии. Однако дальнейшее его развитие с учетом использования в отдаленных регионах сопряжено с большими социальными, экологическими и транспортными трудностями. Практически не решены вопросы потери топлива в пути при транспортировке его по железной дороге.

Чисто региональное значение имеют другие угольные бассейны, например, Карагандинский, Итатский, Воркутинский и др. Их развитие определяется промышленной и социальной инфраструктурой регионов.

Основной прирост угледобычи в период 2030–2050 гг. ожидается на новых угольных базах Сибири и Дальнего Востока.

В США предполагается постоянный рост добычи угля. По оптимистическому прогнозу до 2200 г. абсолютная максимальная добыча твердого топлива в США составит 2,3–4 млрд т.у.т.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ НЕФТЯНОГО КОМПЛЕКСА И СИСТЕМ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ. МЕСТОРОЖДЕНИЯ НЕФТИ И ГАЗА

В первой четверти XXI века нефть и продукты ее переработки играют важную роль в энергетическом балансе мира. В первую очередь это обусловлено отсутствием у человека альтернативного экономического источника энергии для мобильной энергетики. В табл. 4 приведены данные о формировании потенциала ресурсов и потребления нефти.

По запасам нефти (175 млрд тонн) лидируют Саудовская Аравия – 35,5, Канада – 24,5, Иран – 17,2, Ирак – 15,7, Объединённые арабские эмираты (ОАЭ) – 13,4, Россия – 8,2, Ливия – 5,3, Нигерия – 4,8, США – 3,0, Китай – 2,5.

Запасы, добыча и потребление нефти по регионам мира
по состоянию на начало 2001 г.

Регионы мира	Запасы	Добыча	Потребление
Страны – члены ОЭСР	10,4	29,5	60,3
Северная Америка	8,8	19,7	30,4
Европа	1,4	8,9	20,3
Тихий океан	0,2	0,9	9,6
Страны – не члены ОЭСР	83,8	59,2	32,2
Латинская Америка	7,2	8,5	5,6
Европа	0,2	0,4	2,0
Африка	7,0	10,3	2,9
Ближний и Средний Восток	65,3	30,2	6,1
Азия	6,7	5,2	11,1
Китай	2,4	4,6	4,5
бывший СССР	5,8	11,3	7,5
Мир в целом	100,0	100,0	100,0

В России промышленная нефтегазоносность установлена во всех регионах Восточной Сибири, Республике Саха и на морском шельфе о. Сахалин. Оценка потенциальных ресурсов нефти и газа, проведенная в конце 80-х гг. прошлого века, подтвердила гипотезу о наличии надежной сырьевой базы для нефтедобычи в восточных регионах России. Однако до начала 90-х годов развитие нефтедобычи сдерживалось из-за слабой геологической изученности этих районов. В настоящее время запасы на Сибирской платформе оцениваются в 1303 млн тонн нефти, на Сахалинском шельфе – 263 млн тонн.

Природный газ добывается и используется сегодня на всех материках планеты, кроме Антарктиды. Доказанные мировые запасы газа оцениваются, примерно, в 171 трлн м³. Их распределение по регионам мира крайне неравномерно.

По запасам газа (171 трлн м³) впереди Россия – 47,6, Иран – 26,6, Саудовская Аравия – 6,6, ОАЭ – 6,0, США – 5,3, Нигерия – 5,0, Ангола – 4,5, Венесуэла – 4,3, Ирак – 3,1, Индия – 2,6.

В европейской части России в последние годы уменьшается потребление газа отраслями промышленности и энергетики. Коммунально-бытовой сектор имеет некоторую потенцию к росту потребления газа в перспективе. Объективно в России существует относительно высокая «насыщенность» потребителей природным газом.

В Сибири и на Дальнем Востоке сложилась нерациональная по экономическим и экологическим показателям структура топливо- и энергоснабжения. Это вызывает необходимость газификации Сибири и Дальнего Востока в короткие сроки.

В странах ближнего зарубежья российский газ используется главным образом на Украине, в Белоруссии, Прибалтике и Молдавии. Средняя Азия и Казахстан обеспечиваются туркменским и узбекским газом, который идет и в южные районы России и в Закавказье.

В России имеются уникальные запасы природного газа. Разведанные запасы превышают 47 трлн м³ (~34 % от мировых), а потенциальные составляют ~236 трлн м³. В главном газоносном регионе – Западной Сибири сосредоточено ~85 % разведанных запасов, вторые по значению месторождения Восточной Сибири и Якутии – 5–10 %, их степень разведанности не превышает нескольких процентов. Основные запасы газа в России сконцентрированы в десятке уникальных месторождений газа, расположенных в Надым-Пур-Тазовском районе, на Ямале и на шельфе Арктических морей. Эти запасы имеют общемировое значение.

Сырая нефть является смесью органических соединений и включает в себя небольшое количество жидких сернистых и азотных соединений, парафинов и смол. После извлечения легких фракций и масел (бензина, лигроина, керосина, газойля, солярового масла) остаются сильновязкие тяжелые фракции – мазут, который и используется как энергетическое жидкое топливо. При этом минеральные примеси, входящие в нефть, концентрируются в мазуте.

Природные газы образуются одновременно с нефтью либо получаются в результате синтеза в присутствии воды и карбидов металлов на больших глубинах под воздействием высокого давления и температуры.

В отличие от твердого и жидкого топлива газовое топливо представляет собой механическую смесь горючих и негорючих газов. Природные газы в основном (до 90–96 %) содержат метан CH₄, в небольшом количестве тяжелые углеводороды (этан C₂H₆, пропан C₃H₈, бутан C₄H₁₀ и др.), которые часто записываются в виде общей формулы C_mH_n (1–6 %). Кроме того, природный газ содержит негорючие компоненты: немного азота N₂ (1–4 %) и двуокись углерода CO₂ (0,1–0,2 %).

Месторождения газа делят на чисто газовые и газоконденсатные. Газ первых состоит почти из одного метана. Газ вторых, кроме метана содержит значительное количество высших углеводородов, в основном пропана и бутана, которые легко конденсируются при повышении давления и охлаждении газа.

Природный газ некоторых месторождений Средней Азии и Оренбургского газоконденсатного месторождения содержит до 5–6 % сероводорода H₂S и некоторое количество сероорганических соединений, в основном сероуглерода CS₂, серооксида углерода

СОS и меркаптанов. При добыче нефти получают попутный газ. При выходе нефти из скважины давление ее снижается и из нефти выделяются растворенные газы в количестве 10–15 % расхода нефти. Для попутного газа характерно наибольшее содержание углеводородов по сравнению с другими видами газового топлива.

Использование газообразных и жидких топлив по сравнению с углем не только повышает общую культуру эксплуатации электрических станций, но и приводит к ощутимому снижению стоимости основного оборудования, росту КПД установок. Так, при сооружении электрических станций, сжигающих газ и мазут, удельные капиталовложения по сравнению с электростанцией равной мощности на угле снижаются на 20–24 %, а экономичность газомазутных станций по отпуску электрической энергии на 4 % выше, чем работающих на угле. Однако разведанные запасы природных газов и нефти ограничены и составляют около 6 % всех мировых запасов органических топлив. Кроме того, природные газы и нефть являются ценнейшим сырьем для народного хозяйства.

По прогнозам Европейской комиссии, Мирового энергетического совета и Международного энергетического агентства до 2020 г. в условиях ожидаемого развития мировой экономики и прироста населения до 8 млрд человек, в мире предполагается увеличение потребления электроэнергии на 50–100 %, по сравнению с уровнем девяностых годов XX ст. При этом считается, что в следующие десятилетия главным источником энергии будут невозобновляемые ископаемые виды органического топлива – уголь, нефть и естественный газ. С учетом значительного прогнозируемого возрастания объемов потребления, общих разведанных мировых ресурсов ископаемого топлива всех видов хватит соответственно: угля – на 250–300, нефти – на 30–40, естественного газа – на 50–70 лет. Уже во второй половине XXI века только запасы углей будут достаточные для компенсации снижения разведанных ресурсов топлива, тогда как запасы нефти и газа сократятся настолько, что уже через 30 лет для нефти и 40–50 лет для газа через предельное истощение запасов придется существенно ограничить их добычу. Снизятся до критических границ и объемы их потребления. То обстоятельство, что сегодня приходится все более возрастающими темпами расходовать невозобновляемые запасы органических топлив – это трагедия нашей цивилизации.

