

# СОДЕРЖАНИЕ

|  |     |
|--|-----|
| ПРЕДИСЛОВИЕ .....  | 5   |
| ВВЕДЕНИЕ .....   | 7   |
| Контрольные вопросы .....  | 32  |
| 1. ЭНЕРГИЯ СОЛНЦА .....  | 33  |
| 1.1. Общие сведения о солнечной энергетике .....                             | 33  |
| 1.2. Солнечное теплоснабжение .....  | 44  |
| 1.3. Солнечная электроэнергетика .....                                       | 56  |
| 1.3.1. Термодинамические технологии получения<br>электрической энергии ..... | 57  |
| 1.3.2. Солнечная фотоэнергетика .....  | 67  |
| 1.4. Состояние и перспективы развития солнечной энергетики .....             | 89  |
| Контрольные вопросы .....  | 101 |
| 2. ЭНЕРГИЯ ВЕТРА .....   | 103 |
| 2.1. Общие сведения о ветроэнергетике .....                                  | 103 |
| 2.2. Ветроэлектростанции .....   | 111 |
| 2.3. Состояние и перспективы развития ветроэнергетики .....                  | 122 |
| Контрольные вопросы .....  | 130 |
| 3. ЭНЕРГИЯ БИОМАССЫ .....  | 132 |
| 3.1. Энергетические ресурсы биомассы .....                                   | 132 |
| 3.2. Биоэнергетические технологии .....                                      | 137 |
| 3.3. Состояние и перспективы развития биоэнергетики .....                    | 153 |
| Контрольные вопросы .....  | 161 |
| 4. ЭНЕРГИЯ ВОДЫ, ВОЛН, ПРИЛИВОВ .....  | 162 |
| 4.1. Общие сведения о малой гидроэнергетике .....                            | 162 |
| 4.2. Установки малой гидроэнергетики .....                                   | 166 |
| 4.3. Приливные электростанции .....  | 171 |
| 4.4. Использование гидравлической энергии течений .....                      | 180 |
| 4.5. Волновые электростанции .....   | 183 |
| 4.6. Перспективы развития энергетики водотоков, приливов и волн .....        | 188 |
| Контрольные вопросы .....  | 193 |
| 5. ЭНЕРГИЯ НЕДР ЗЕМЛИ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ .....                               | 195 |
| 5.1. Общие сведения о геотермальной энергии .....                            | 195 |

|   |            |
|---|------------|
| 5.2. Использование энергии окружающей среды.....  | 203        |
| 5.3. Перспективы геотермальной энергетики.....  | 208        |
| 5.4. Перспективы использования тепловых насосов.....                                      | 212        |
| Контрольные вопросы .....   | 214        |
| <b>6. ЭФФЕКТИВНЫЕ И ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ<br/>В ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ .....</b>       | <b>216</b> |
| 6.1. Распределенная энергетика .....  | 216        |
| 6.2. Микросети на основе ВИЭ .....  | 226        |
| Контрольные вопросы .....   | 234        |
| <b>7. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭНЕРГЕТИКИ .....</b>  | <b>235</b> |
| 7.1. Традиционная энергетика и ее влияние на экологию планеты .....                       | 240        |
| 7.1.1. Экологические проблемы тепловой энергетики.....                                    | 244        |
| 7.1.2. Экологические проблемы гидроэнергетики .....                                       | 248        |
| 7.1.3. Экологические проблемы ядерной энергетики .....                                    | 252        |
| 7.1.4. Некоторые пути решения проблем<br>современной традиционной энергетики .....        | 256        |
| 7.2. Экологические аспекты возобновляемой энергетики .....                                | 258        |
| 7.2.1. Солнечная энергетика и окружающая среда .....                                      | 258        |
| 7.2.2. Ветроэнергетика и окружающая среда .....   | 264        |
| 7.2.3. Биоэнергетика и ее влияние на окружающую среду.....                                | 276        |
| 7.2.4. Малая гидроэнергетика и окружающая среда.....                                      | 279        |
| 7.2.5. Приливная и волновая энергетика и ее влияние<br>на окружающую среду.....           | 280        |
| 7.2.6. Энергия недр Земли и окружающей среды .....  | 284        |
| Контрольные вопросы .....   | 288        |
| <b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>   | <b>290</b> |
| <b>ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ТЕКСТОВЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ .....</b>                                  | <b>294</b> |
| <b>КРАТКИЙ СЛОВАРЬ ПО ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ,<br/>ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ И ЭКОЛОГИИ.....</b> | <b>296</b> |
| <b>ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ОСВОЕНИЯ<br/>ИЗУЧЕННОГО МАТЕРИАЛА.....</b>               | <b>300</b> |
| <b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>   | <b>321</b> |

# ПРЕДИСЛОВИЕ

Четыре закона экологии:

1. Все связано со всем.
2. Все должно куда-то деваться.
3. Природа знает лучше.
4. Ничто не дается даром.

*Американский биолог и эколог  
Барри Коммонер*

Сегодняшний уровень развития энергетической отрасли экономики характеризуется тем, что она, являясь важнейшей составляющей научно-технического прогресса и развития общества, выступает вместе с этим и одним из основных загрязнителей окружающей среды. Окружающее нас пространство ощущает на себе все аспекты влияния энергетики: атмосфера и влияние на нее проявляется в потреблении кислорода, выбросах газов, влаги и твердых частиц; гидросфера – в потреблении воды, изменении естественных водотоков, создании искусственных водохранилищ, сбросах загрязненных и нагретых вод, а также жидких отходов разнообразных технологических процессов; литосфера – в потреблении ископаемых топлив, изменении ландшафта и среды обитания, выбросах токсичных веществ.

По информации Аналитического центра при Правительстве Российской Федерации 17,3 млн т загрязняющих веществ, попавших в 2016 г. в атмосферу от стационарных источников, складывались из выбросов от: обрабатывающей промышленности – 33%; добычи полезных ископаемых – 28%; производства и распределения электроэнергии, газа и воды – 21%; транспорта и связи – 11%.

Основными источниками выбросов являются предприятия черной и цветной металлургии, топливно-энергетического комплекса, машиностроения, лесной, деревообрабатывающей, угольной, горнодобывающей, целлюлозно-бумажной, химической и нефтеперерабатывающей промышленности.

По данным государственного мониторинга атмосферного воздуха, за последние десять лет на территориях с предприятиями цветной металлургии, нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности наблюдается снижение уровня загрязнения воздуха на 26–37%; химической и алюминиевой промышленностями – 9–12%; черной металлургии – 13%. В то же время на территориях, где размещены крупные предприятия топливно-энергетического комплекса, за последние десять лет уровень загрязнения воздуха повысился на 6%.

В энергетике основными загрязнителями окружающей среды, бесспорно, являются предприятия теплоэнергетического комплекса, о чем свидетельствуют следующие цифры негативного влияния: 27% загрязнённых стоков; 48% выбросов вредных веществ; 70% объёма парниковых газов; 30% вредных отходов; 72% выделения оксида азота.

Организация бесперебойного и гарантированного снабжения потребителей энергией с требуемым качеством для нормального функционирования обо-

рудования, обеспечения производственной деятельности и жизни людей – именно эти условия являются основными стратегическими приоритетами XXI в., важнейшим фактором эффективного функционирования всех сфер экономики любой страны мира. В условиях существенного роста мирового потребления энергии, а, по прогнозам экспертов, по сравнению с 2000 г. только потребление электрической энергии к 2030 г. возрастет в 2 раза, а к 2050 – в 4, будет наблюдаться процесс вовлечения в энергобаланс новых ее источников и осуществляться поиск технологических решений по эффективному использованию ископаемых энергетических ресурсов и сырья.

Сегодня во всем мире совершенствуются технологии выработки энергии, проектируется и внедряется современное энергетическое оборудование, растет мощность и эффективность функционирования электростанций, использующих различные первичные энергоносители. За последние годы более интенсивно выросли масштабы применения возобновляемых источников энергии (ВИЭ), функционирующих на первичной энергии ветра, Солнца, теплоты Земли, рек, морей и океанов, биомассы. Так, в странах Европейского союза к 2020 г. планируется увеличить до 20% потребление энергии за счет ВИЭ.

Серьезное влияние на интенсивность развития и использования возобновляемой энергетики оказывает растущее потребление населением планеты продуктов питания, основой для производства которых является продукция сельского хозяйства. Так, в докладе «Продовольствие, учитывающее энергетический фактор для людей и климата» ФАО, сделанном 29 ноября 2011 г. на Конференции по изменению климата ООН (Дурбан, Южная Африка, Рим), говорится: «Использование местных возобновляемых энергетических ресурсов по всей производственной цепи поможет улучшить доступ к энергии, диверсифицировать доходы фермеров и перерабатывающей индустрии, минимизировать продовольственные отходы, снизить зависимость от органического топлива и уменьшить выбросы парниковых газов, помогая тем самым достигнуть целей устойчивого развития».

В связи с этим сегодня, как никогда остро, стоит вопрос о перспективах повышения энергообеспеченности промышленности, сельского хозяйства и улучшения условий жизни и быта населения планеты за счет поиска оптимального сочетания темпов роста энергетической отрасли и ее влияния на экологию окружающего пространства. Именно сочетание таких понятий, как энергетика и экология, на наш взгляд, определяет основу будущего существования человечества на планете Земля.

Сегодняшнему состоянию традиционной и возобновляемой энергетики, перспективам развития возобновляемой энергетики и влиянию ее на окружающую среду и экологию посвящен этот учебник.

# ВВЕДЕНИЕ

Исторический опыт развития общества свидетельствует о том, что научно-технический прогресс определяется тремя основными составляющими факторами: энергией, знаниями (информацией) и материалами. Наличие доступной для использования человеком энергии всегда было необходимым условием удовлетворения его потребностей, увеличения продолжительности жизни, улучшения условий существования и среды обитания. Как отметил академик П. Л. Капица: «Если люди будут лишаться энергетических ресурсов, их материальное благосостояние будет падать». Именно поэтому вся история человеческой цивилизации неразрывно связана с поиском источников энергии, начиная от костра первобытного человека и заканчивая овладением энергией ядерного синтеза.

Современное толкование понятия «энергия» принадлежит Ф. Энгельсу, который писал: «...энергия – это общая скалярная (т. е. независимая от направления, не векторная) мера различных форм движения материи (механической, электрической и т. п.)». Энергия не исчезает и не появляется вновь, а только лишь переходит из одной формы в другую. Так, например, энергия движения может быть преобразована в тепловую, тепловая – в световую или электрическую, и наоборот. Также известно, что общее количество энергии, участвующее в процессе, не меняется. Это достаточно легко проследить на примере воды: в тот момент, когда вода замерзает, она превращается в лед, а когда закипает – в пар. Напрашивается вопрос: больше или меньше становится воды при переходе из одного состояния в другое? Однозначный ответ – ее количество остается одинаковым. То же самое можно сказать и про энергию.

Первый серьезный скачок в энергопотреблении следует отнести на тот исторический период, когда человек уже научился добывать огонь и стал его использовать при приготовлении пищи и для обогрева жилища. Основными источниками энергии были дрова и мускульная сила самого человека. Последующий этап роста энергопотребления связан с изобретением колеса, созданием разнообразных орудий труда, а также развитием кузнечного производства. К середине XV в. человек, используя рабочий скот, энергию воды и ветра, дрова и некоторое количество угля, начал потреблять приблизительно в десять раз больше энергии, чем при первобытном строе. За последние двести лет произошло существенное увеличение потребления энергии на планете, так, с начала индустриальной эпохи оно возросло в 30 раз и достигло в 1998 г. значения 13,7 Гт условного топлива (т.у.т.) в год. Это характеризует тот факт, что человек индустриального общества потребляет в 100 раз больше энергии, чем первобытный.

Наглядное представление об изменении энергопотребления дают данные о суточных тратах энергии человеком в различные исторические эпохи, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1. Суточное потребление человеком энергии в различные эпохи

| Эпоха                  | Исторические даты         | Население, млн чел | Энергия на человека, МДж/сут |
|------------------------|---------------------------|--------------------|------------------------------|
| Палеолит               | 50–280 тыс. лет до н. э.  | 2                  | 12                           |
| Бронзовый век          | 3500 лет до н. э.         | 6                  | 27                           |
| Античное время         | 200 лет до н. э. – 200 г. | 200                | 50                           |
| Средние века           | 1200 г.                   | 360                | 110                          |
| Промышленная революция | 1650 г.                   | 470                | 200                          |
| Новое время            | 1860 г.                   | 1000               | 320                          |
| Современность          | 1970 г.                   | 3692               | 960                          |
| Наши дни               | 2011 г.                   | 7000               | 1300                         |

Энергетика сегодня является основой для интенсивного развития базовых отраслей промышленности, а темпы ее развития опережают темпы развития многих других отраслей экономики.

Энергетика – это совокупность естественных, природных и искусственных, созданных человеком систем, предназначенных для получения, преобразования, распределения и использования энергетических ресурсов всех видов. Энергоресурсами являются все материальные объекты, в которых сосредоточена энергия для возможного использования ее человеком.

Производство или, как сейчас говорят, выработка энергии чаще всего происходит в несколько стадий:

- первая стадия – получение и концентрация энергетических ресурсов, например добыча, переработка и обогащение ядерного топлива;

- вторая стадия – транспортировка топливно-энергетических сырьевых ресурсов к энергетическим установкам, например, доставка газа, угля, мазута на тепловую электростанцию;

- третья стадия – преобразование с помощью электростанций различных видов первичной энергии в конечную – во вторичную, например преобразование химической энергии угля в электрическую и тепловую энергию;

- четвертая стадия – передача вторичной энергии потребителям, например по воздушным и кабельным линиям электропередач.

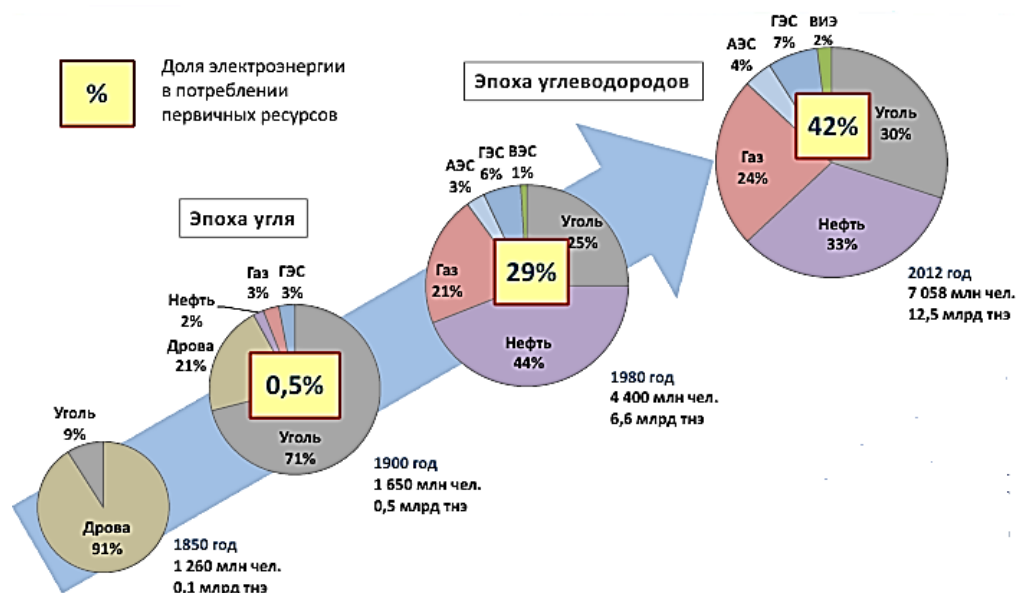
Эффективность использования энергоресурсов определяется глубиной или степенью преобразования заложенного в них энергетического потенциала в конечную продукцию или потребляемые конечные виды энергии (механическая энергия движения; теплота для систем отопления или технологических нужд; электрическая энергия и т. д.), что в первую очередь характеризуется КПД полезного использования энергоресурсов  $\eta_{\text{эр}}$ , который можно оценить следующим образом:

$$\eta_{\text{эр}} = \eta_{\text{д}} \cdot \eta_{\text{п}} \cdot \eta_{\text{и}}, \quad (1)$$

где  $\eta_{\text{д}}$  – КПД добычи, извлечения потенциального запаса энергоресурса (отношение добытого ко всему количеству ресурса);  $\eta_{\text{п}}$  – КПД преобразования (отношение полученной энергии ко всей подведенной энергоресурсом);  $\eta_{\text{и}}$  – КПД использования энергии (отношение использованной энергии к подведенной к потребителю).

Для оценки значения КПД ( $\eta_{\text{эп}}$ ) следует определить количественные показатели компонентов, входящих в выражение (1). КПД добычи или извлечения равен для нефти  $\eta_{\text{д}} = 30\text{--}40\%$ , газа –  $80\%$ , угля –  $40\%$ . Современные топочные устройства при получении тепловой энергии из химической путем сжигания топлив позволяют получить КПД преобразования  $\eta_{\text{п}} = 94\text{--}98\%$ ; при передаче тепла потребителю через системы теплоснабжения это значение  $\eta_{\text{п}}$  снижается до  $70\text{--}80\%$ . Если же из тепловой энергии продуктов сгорания получается механическая энергия с целью выработки электрической на тепловых электростанциях (ТЭС), то КПД преобразования уже составляет  $\eta_{\text{п}} = 30\text{--}40\%$ , а для двигателя внутреннего сгорания  $\eta_{\text{п}} = 20\text{--}30\%$ . КПД использования  $\eta_{\text{и}}$  зависит от типа конкретного потребителя и условий эксплуатации, например для отопительных систем –  $50\%$ . Учтя все значения КПД составляющих компонентов, можно отметить, что в среднем коэффициент полезного использования энергоресурсов равен  $\eta_{\text{эп}} = 36\%$ .

Если говорить о первичных энергетических ресурсах и их потреблении, то основными эпохами энергоносителей в мире в конце XIX и в XX в. считаются: эпоха угля и эпоха углеводородов (рис. 1).



**Рис. 1. Исторические эпохи энергоносителей через призму: значения их потребления, доли электроэнергии в потреблении первичных ресурсов, соотношения численности населения Земли и потребляемой им энергии в 1850, 1900, 1980 и 2012 гг. (источник: <http://www.atomic-energy.ru/>; BP Statistical Review of World Energy 2013)**

Как же в ходе XX в. развивалась энергетика? Если оперировать официальными статистическими данными, то в 1900 г. мировое производство топлива определялось значением 780 млн т.у.т. в угольном эквиваленте, а к середине 1990-х гг. этот показатель уже увеличился более чем в 15 раз. За этот же период

население Земли возросло в 4 раза. В целом же хронологически развитие энергетики в XX в. можно разделить на четыре периода.

*Первый период* (1900–1910) являлся продолжением тенденций, существовавших в мировой энергетике в последней трети XIX в. Так, доля потребности в угле составляла не менее 71% в 1900 г. и 92% в 1910 г. Вместе с этим в эти годы прослеживалось увеличение потребления нефти с 2 до 6%, в то время как на природный газ и гидроэнергию в 1900 г. суммарно приходилось 6%, а доля использования в качестве энергоносителей дров составляла 21%. В целом же это был период относительно быстрого роста энергетики с темпом в 150%, достаточно равномерного, но скромного по абсолютным значениям, составляя всего 4 млн т/год.

Наблюдалось территориальное различие в добыче разных видов топлива. Традиционно большое значение имели навоз, дрова и прочие источники. Уголь в Англии начали добывать в раннем Средневековье, поэтому именно эта страна длительное время занимала лидирующую позицию по его извлечению и использованию, и лишь в начале XX в. Англия уступила лидерство США, Франции, Германии и Бельгии. Структура добычи угля в эти годы была следующей: страны Западной Европы – 56% от мировых показателей, США – 34%, страны Восточной Европы и Россия – 7%, Япония – 1%. Именно эти страны стали ведущими производителями угля с высокими темпами роста в 4–5% в год. В этот же исторический период совсем немного добывалось газа, например в США. История же современной нефтяной отрасли с 1859 г., когда в США в штате Пенсильвания была найдена нефть, на фоне того, что ее добычу кустарно вели в Европе – в Италии, Румынии, России, Германии и других странах еще с XV–VI вв. К началу XX в. в мире уже добывали почти 21 млн т нефти, из них почти половину – в России и 42% – в США. Развитие нефтяной отрасли отличалось высокими темпами роста, с удвоением объемов добычи каждые 10 лет.

Началом развития электроэнергетики следует считать 1882 г., когда в Нью-Йорке была запущена в строй первая в мире электростанция общего пользования мощностью 500 кВт. До конца XIX в. были введены в эксплуатацию: первая в Англии ТЭС мощностью 2000 кВт; сооружены в Петербурге первые в мире плавучие, размещенные на баржах электростанции, а также две ТЭС наземного базирования мощностью по 200 кВт каждая; введена первая в Москве ТЭС мощностью 400 кВт. Все перечисленные станции были оснащены паровыми машинами, и выработка электрической энергии полностью зависела от выработки пара. В конце XIX в. в Германии, Швейцарии, США и России были сооружены первые небольшие ГЭС с трехфазными генераторами. Однако до начала XX в. электрическая энергия была еще «экзотическим» видом и не оказывала существенного влияния на топливно-энергетический баланс.

В конце XIX в. было проведено кольцевание электростанций, так первая в мире энергосистема вошла в строй в США в 1892 г. В начале XX в. началось создание автономных энергосистем напряжением до 200–220 кВ, но все они работали без связи друг с другом, а район их обслуживания охватывал небольшой радиус потребителей.



В начале XX в. из 10 млн кВт·ч произведенной электроэнергии более 40% приходилось на Западную Европу, а к концу рассматриваемого периода ее производство увеличилось в четыре раза. При этом уже более половины ее вырабатывалось в США, которые именно в этот период стали лидером в мировой электроэнергетике. Доля же Западной Европы уменьшилась до 30%. Кроме этого, электроэнергию производили также в России, странах Восточной Европы и Южной Америки.

*Второй период* развития энергетики продолжался с 1910 г. до середины XX в., и именно на него пришлось две мировые войны и крупнейший мировой экономический кризис. Эти геополитические процессы привели к снижению среднегодовых темпов роста в энергетической отрасли вдвое по сравнению с первым периодом. Однако при этом в энергетике произошли существенные структурные изменения, как в территориальном, так и в производственном плане, что сделало ее одним из важнейших факторов, влияющих на развитие мирового экономического хозяйства.

В начале второго этапа развития энергетики (1910–1920-е гг.) в мире производили 1,3 млрд т.у.т., при этом добыча угля составляла 84%, нефти – 11%, природного газа – 2%, гидроэнергии – 3%, и именно в этот период угольная составляющая топливно-энергетического баланса неуклонно уменьшалась в пользу нефти и газа. Наблюдался рост добычи нефти, который сопровождался развитием автомобильной и авиационной промышленности. В 1930–1950-е гг. Мексика и Венесуэла добывали 20% мировой нефти, а с 1930-х гг. ее экспорт наладили и в СССР. После Второй мировой войны начался интенсивный рост добычи нефти на Ближнем и Среднем Востоке (Иран, Саудовская Аравия и другие страны).

Второй этап развития энергетической отрасли характеризовался повышением значимости транспортировки сырьевых и энергетических ресурсов как внутри стран, так и за их пределами. Во второй половине 40-х гг. XX в. наблюдался всплеск строительства трубопроводов, а США стали безоговорочными лидерами по производству энергии.

Добыча природного газа в этот период практически целиком была сосредоточена в Северной Америке в США и составляла 96–98% мирового производства. Так как природный газ являлся побочным продуктом нефтедобычи, то ареалы добычи нефти и газа совпали.

Доля электрической энергии в топливно-энергетическом балансе постоянно возрастала и достигла в этот период 15–20%, из которой третья часть вырабатывалась на ГЭС. Электрическая энергия в мире вырабатывалась следующим образом: на Северную Америку приходилось около 40%, на Западную Европу – 32, на СССР – более 8, на Восточную Европу – около 6, на Азию и Африку – более 4, на Австралию и Японию – по 4%. В электроэнергетике существенно выросли темпы роста, составив в последние годы второго периода значение 7–8%.

*Третий период* развития энергетики относится на период с начала 50-х до середины 70-х гг. XX в. В целом для этого периода характерны высокие (5–6% в год) темпы роста. По сравнению с предыдущим периодом ежегодные аб-

солютные приросты производства энергии намного увеличились. Это был серьезный скачок в развитии отрасли, производство первичной энергии увеличилось с 2,8 до 9 млрд т.у.т.

В 1954 г. в СССР введена в эксплуатацию первая атомная электростанция, а в 1957 г. – в США. Начиная с 1960-х гг. в структуре топливно-энергетического баланса появился новый компонент – атомная энергия. Мировая добыча урана составляла 2%, из которых на энергетику шло порядка 0,2–0,3%.

Рост энергетики в этот период опирался, во-первых, на интенсивную разработку крупнейших запасов нефти на Ближнем Востоке и в Северной Африке, во-вторых, запасов природного газа и нефти в СССР и США, а также добычи угля в СССР, Китае и Восточной Европе. Несмотря на увеличение количества добываемого угля, его доля в топливно-энергетическом балансе уменьшалась из-за роста добычи нефти и природного газа (соответственно 30, 44 и 18%). На этом фоне продолжала снижаться и доля гидроэнергии (до 6%). Годовое потребление нефти в этот период на душу населения в отдельных странах существенно отличалось: США – 41,0 барреля нефти; Канада – 40,0; Саудовская Аравия – 34,0; Швеция – 31,0; СССР – 24,0; Англия – 19,0; Япония – 16,0; Испания – 11,0; Китай – 3,5; Нигерия – 2,5. Несмотря на высокую долю углеродосодержащих энергоносителей в общем топливно-энергетическом балансе, наблюдалось резкое повышение роли применения в энергетике экологически более чистых и качественных видов топлива.

Этот период в истории планеты ознаменован серьезнейшим кризисом энергетической отрасли, который начался 17 октября 1973 г., когда все арабские страны – члены ОПЕК отказались от поставок нефти странам, поддержавшим Израиль в Октябрьской войне с Сирией и Египтом, и в первую очередь это коснулось США и их союзников в Западной Европе. Энергетический кризис 1970-х гг. перерос в острейшую проблему для всех промышленно развитых мировых держав. Четырехкратное повышение цен на нефть привело к потрясению и вызвало существенные изменения в структуре мирового топливно-энергетического рынка. В противовес странам – экспортерам нефти, ведущие промышленные державы создали Мировое энергетическое агентство (МЭА) для осуществления согласованной политики на случай новых энергетических потрясений. Основными его задачами стали: обеспечение мер безопасности, связанных с поставками нефти, финансовая взаимопомощь при закупках нефти, выработка и принятие коллективных мер по снижению риска в кризисных ситуациях. Именно после этих потрясений на энергетическом рынке развитые страны начали вкладывать огромные средства на развитие собственных энергетических мощностей и реализации мероприятий по энергосбережению.

Для реализации обозначенных задач экономически развитые страны сформировали политику интенсивного продвижения мероприятий по энергосбережению и внедрению энергосберегающих технологий на фоне эффективно-го использования вторичных энергоресурсов. Косвенно оценить уровень энергосбережения в некоторых странах стало возможным, используя такой показа-

тель, как удельный расход 1 кВт энергии на 1 \$ валового национального продукта (ВНП). Для ведущих стран он оказался равным, кВт/\$: Канада – 1,00; СССР – 5,00; Швеция – 0,70; США – 0,60; Япония – 0,36; Англия – 0,35. Следует заметить, что необычно высокий уровень удельного расхода энергии в СССР был обусловлен не уровнем энерговооруженности промышленности и быта, а чрезвычайно низкими ценами на энергоносители, директивно установленными в условиях плановой экономики, следствием чего явилось весьма неэффективное и нерациональное использование энергии в сочетании с низкой производительностью труда.

Практика показала, что экономически развитым странам удалось в последующее десятилетие на 30–50% снизить удельное энергопотребление, как в промышленности, так и быту населения. В результате чего в этих странах в последующие годы рост производства происходил при неизменном значении энергопотребления.

Возможность выхода из энергетического кризиса также была связана с использованием нетрадиционных технологических решений в энергетической отрасли и внедрением возобновляемых источников энергии. Именно в это время (с 1973 г.) термин «возобновляемые источники энергии» и его аббревиатура ВИЭ получили широкое распространение.

*Четвертый период* развития энергетики (с середины 1970-х гг. до конца XX в.) характеризовался значительным снижением темпов роста в отрасли, резким ростом цен на ресурсы, сокращением доли импорта нефти многими странами, значительным увеличением роли атомной энергетики. В 1980-е гг. существенно поменялась картина в атомной энергетике – Юго-Восточная и Восточная Азия прочно укрепили свои позиции энергетических лидеров в мире, вводя новые мощности, эффективно их эксплуатируя и совершенствуя технологии.

К началу 1990-х гг. мировое сообщество преодолело последствия энергетического кризиса, а рынок энергии стал более диверсифицированным, приобрел четко выраженный региональный аспект. В настоящее время можно говорить, что именно в то время сформировались три крупнейших энергетических рынка: европейский, североамериканский и восточноазиатский, а южноамериканский и южноазиатский стали формироваться. Все эти структуры, особенно азиатские, перспективны и имеют тенденцию к сращиванию, что становится возможным благодаря интернационализации мировых экономических отношений и прогрессу в области транспортирования энергии на дальние и сверхдальние расстояния.

Если остановиться на выработке энергии по странам, то общая картина получится очень разрозненной, так как разброс между ними составляет огромную величину – в сотни и тысячи раз. Крупнейшими производителями энергии к концу XX в. стали, млн т.у.т.: США – 2448, Россия – 1384, Китай – 1143, Саудовская Аравия – 656, Канада – 482, Великобритания – 348, Иран – 318, Индия – 297, Мексика – 283, Венесуэла – 261, Индонезия – 255, Норвегия – 241, Австралия – 237 и Германия – 201. Все отмеченные страны поставляют на мировой рынок более 70% всей сгенерированной энергии.

Рассматривая данные о производстве энергии совместно с показателем ее потребления на душу населения, то этот показатель составляет, кг: в Северной Америке – 7906, в Океании – 5658, в Европе – 4700, в Южной Америке – 1184, в Азии – 1009, в Африке – 436. Анализируя данные можно сделать вывод, что территориальный разрыв между производством и потреблением энергии, приведший в 1970-е гг. к энергетическому кризису, сохраняется, хотя и в меньшей мере. Вместе с этим благодаря усилившемуся международному сотрудничеству и реформированию мировой энергетической системы влияние этого разрыва на страны значительно уменьшилось.

Именно во время последнего периода развития энергетической отрасли мировое сообщество осознало необходимость поиска нетрадиционно используемых путей, ориентируясь на развитие экологически чистых производств и возобновляемую энергетику.

Говоря о сегодняшнем дне, следует сказать, что потребление энергии в ближайшие 25 лет в мире прогнозируется с ростом на 48% и это будет осуществлено в основном за счет интенсивного развития экономики азиатских стран. Именно такой прогноз был озвучен в докладе Информационного управления при Минэнерго США 11 мая 2016 г.

В докладе говорится, что ежегодные темпы прироста потребления энергии в мире вплоть до 2040 г. составят 1,4% и при этом более 50% этого прироста обеспечат азиатские страны, не входящие в Организацию экономического сотрудничества и развития (ОЭСР). Здесь в первую очередь следует иметь в виду активно растущую экономику Индии и вторую по номинальному объему ВВП в мире экономику Китая. Эти страны останутся главными мировыми потребителями нефти, а вот на долю развитых стран, входящих в ОЭСР, к 2040 г. будет приходиться всего 35% от всего потребления энергии в мире.

Основные затраты энергии придется на промышленное производство, которое к 2040 г. будет потреблять более 50% от всей энергии в мире, а кроме этого центральными ее потребителями также станут транспорт – 26% и здания – 21%.

Основным источником энергии в мире до 2040 г. все же останется нефть, но при этом доля потребления жидких видов топлива будет сокращаться с 33% в 2012 г. до 30% к 2040 г.

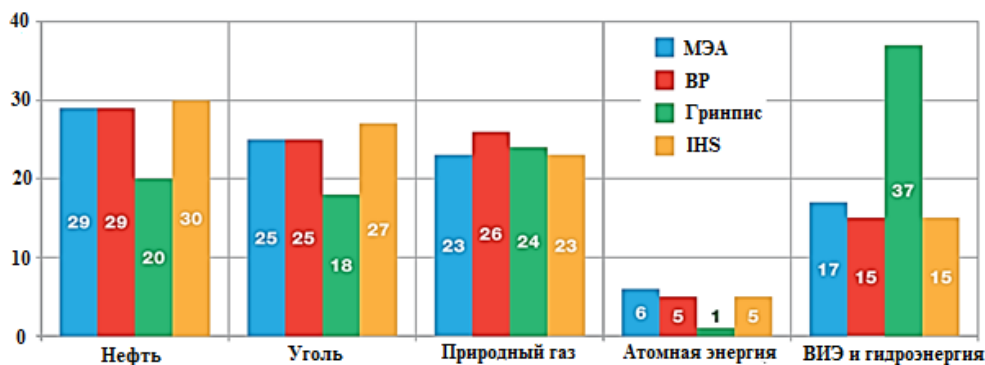
Самыми высокими темпами среди углеводородов будет расти потребление природного газа, которое к 2040 г. достигнет 26%, так что газ станет вторым после нефти источником энергии.

Доля угля в структуре потребления энергоносителей сократится к 2040 г. с 28 до 22%. И это на фоне того, что в 2016 г. уголь в США уже перестал быть доминирующим первичным источником для выработки энергии, уступив свое место природному газу.

За рассматриваемый период небольшой прогнозный рост будет иметь атомная энергетика – с 4% в 2012 г. до 6% в 2040 г.

Существенную роль в росте потребления энергии также сыграют внедрение энергосберегающих технологий и повышение энергоэффективности производства.

Определенная часть объема энергопотребления будет снижена за счет использования возобновляемых источников энергии, доля которых вырастет с 12% в 2012 г. до 16–17% к 2040 г. Инвестиции в возобновляемую энергетику в мире уже в 2015 г. достигли рекордного уровня – \$367 млрд против \$263 млрд инвестиций в ископаемое топливо.



Примечание: BP - данные представлены на 2035 г.; Гринпис - перспективный сценарий энергетической революции (Advanced energy [r]evolution scenario); IHS - головокружительный сценарий (Vertigo scenario)

**Рис. 2. Прогнозируемая структура спроса на первичную энергию в 2030 г.**  
(источник: BP (2016) BP Energy Outlook. 2016 edition; OECD/IEA (2016c) World Energy Outlook 2016. Paris: International Energy Agency; IHS (2015) IHS Long-term Planning and Energy Scenarios. IHS Energy)

Поэтому можно утверждать, что одним из приоритетных направлений развития энергетики в XXI в. является широкое и повсеместное использование возобновляемых источников энергии, опирающихся в своей работе на имеющиеся огромные естественные возобновляемые ресурсы, позволяя тем самым минимизировать отрицательное влияние энергетики на окружающую среду, повысить энергетическую и экологическую безопасность.

Если говорить об энергетике, то сегодня это прежде всего использование первичных ее источников – традиционных и нетрадиционных.

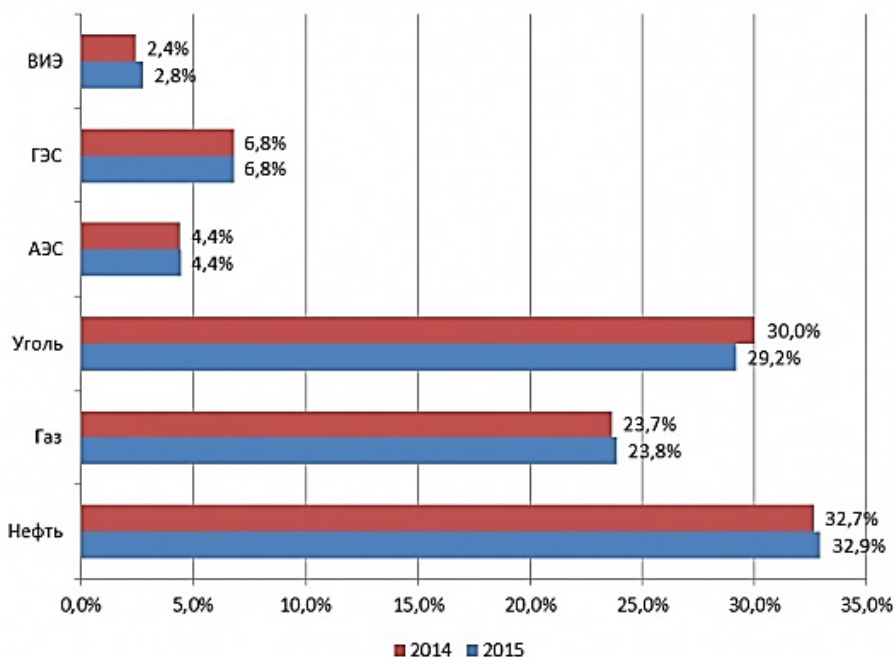
К традиционным источникам энергии сегодня относят: невозобновляемые, такие как уголь, природный газ, нефть, уран; и возобновляемые – вода, биоресурсы (например, древесина).

Традиционная энергетика в основном базируется на невозобновляемых источниках энергии, которые, имея ограниченные запасы, по своей сути являются исчерпаемыми и не могут гарантировать устойчивое развитие энергетики на длительную перспективу, а последствия их длительного использования – один из главных факторов, приводящий к глобальному ухудшению состояния окружающей среды и ее кризисному состоянию.

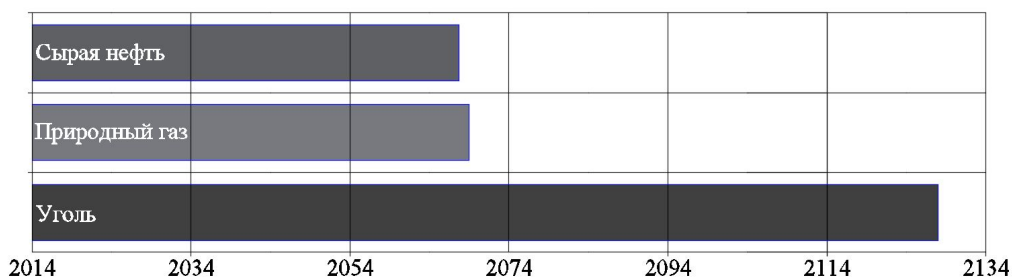
Существующие темпы извлечения доступных глобальных запасов углеводородного сырья позволяют прогнозировать их скорое исчерпание: угля – через 109 лет, природного газа – через 54, сырой нефти – через 53 (рис. 4).

Указанный период может меняться как в большую, так и в меньшую сторону под воздействием таких внешних факторов, как разведка новых место-

рождений, появление новых технологий добычи, введение «углеродного налога», ужесточение природоохранного законодательства и др. Таким образом, динамика развития энергетического тренда представляет собой значительный фактор неопределенности. Если верить прогнозам и расчетам, то для поиска новых источников энергии и широкомасштабного внедрения альтернативных энергетических технологий осталось около 50 лет.



**Рис. 3. Структура общего спроса на первичную энергию в мире в 2014 и 2015 гг.**  
(источник: <http://доллара.рф/>)



**Рис. 4. Сроки исчерпания ископаемых видов топлива (годы)**  
(источник: BP (2016) BP Energy Outlook. 2016 edition)

К нетрадиционным источникам относятся возобновляемые источники энергии (ВИЭ), которые используют потоки энергии Солнца, энергии ветра, теплоты Земли, биомассы, морей и океанов, рек, которые существуют постоянно или периодически в окружающей среде и в обозримой перспективе практически неисчерпаемы.

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

[e-Univers.ru](http://e-Univers.ru)