

Быстрицкий В.С. Эколого-экономическая характеристика различных видов энергетических ресурсов [Электронный ресурс] // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования: Научный интернет-журнал. 2014. – № 2(18). Режим доступа http://iea.gostinfo.ru/files/2014_02/2014_02_07.pdf

УДК 338.012

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

Быстрицкий В.С., кандидат экономических наук, заместитель директора филиала ОАО МРСК Центра - «Ярэнерго» по развитию и реализации услуг

Высокая энергоёмкость национальной экономики, производственной и социальной сферы обходится дорого государству, но особенно это чувствительно и актуально в период экономического кризиса, а также в ракурсе общемировых тенденций и перспектив. Решение задач, направленных на сокращение использования светового оборудования, модернизацию и переход на современные технологии, новые нормы регулирования и учета энергии, невозможно без знания и учета основных характеристик энергетических ресурсов. В статье автором приводится эколого-экономическая характеристика различных видов энергии: механической, тепловой, химической, электрической, электромагнитной, ядерной, гравитационной.

Ключевые слова: энергия, энергетические ресурсы, энергетика, топливо

UDC 338.012

ECOLOGICAL ECONOMIC CHARACTERISTIC OF DIFFERENT TYPES OF ENERGY RESOURCES

Bystritsky V.S., Candidate of Economic Sciences, the deputy director of IDGC of Centre branch of JSC – «Yarenergo» on development and realization of services

High power consumption of national economy, the production and social sphere costs much to the state, but especially it is sensitive and actual in the period of an economic crisis, and also in a foreshortening of universal tendencies and prospects. The solution of the tasks directed on reduction of use of the light equipment, modernization and transition to modern technologies, new norms of regulation and the accounting of energy is impossible without knowledge and the accounting of the main characteristics of energy resources. In article the author provides the ecological economic characteristic of different types of energy: mechanical, thermal, chemical, electric, electromagnetic, nuclear, gravitational.

Keywords: energy, energy resources, power, fuel

Общей количественной мерой движения и взаимодействия различных видов материи является энергия, которой присущи следующие основные свойства:

- способность переходить из одной формы в другую;
- способность производить полезную для человека работу;
- энергию можно объективно определить и количественно измерить.

В настоящее время человечеству известно о существовании следующих видов энергии: механической, тепловой, химической, электрической, электромагнитной, ядерной, гравитационной.

Единицей измерения энергии является 1 Дж (Джоуль). В то же время для измерения определенных видов энергии используются следующие единицы:

- для измерения тепловой энергии используется калория, $1 \text{ кал} = 4,189 \text{ Дж}$;
- для измерения электрической энергии используется $1 \text{ кВт}\cdot\text{ч} = 3,6 \text{ МДж}$;
- для измерения механической энергии используется $1 \text{ кг}\cdot\text{м} = 9,8 \text{ Дж}$.

Механическая энергия – это энергия, характеризующаяся взаимным расположением тел или частей тела. В энергетике на электростанциях первичная механическая энергия вырабатывается на паровых, газовых и гидротурбинах, поршневых двигателях внутреннего сгорания. У потребителя вторичная механическая энергия вырабатывается преимущественно асинхронными электродвигателями.

Тепловая энергия – это энергия, характеризующаяся хаотическим движением молекул и атомов веществ. Чем выше скорость такого движения, тем выше температура тела. В энергетике тепловую энергию получают преимущественно путем сжигания органического топлива, концентрацией солнечного излучения, использованием теплоты земных недр или путем

распада тяжелых ядер (урана, плутония и т.д.). Тепловая энергия вырабатывается в виде энергии пара, горячей воды, воздуха или продуктов сгорания топлива.

Электрическая энергия – это энергия движущихся по электрической цепи электронов или ионов. В энергетике электрическая энергия в виде трехфазного переменного тока промышленной частоты вырабатывается на синхронных, асинхронных генераторах, частотных преобразователях. Трехфазный ток удобен для передачи механического вращающегося момента посредством вращающегося электромагнитного поля, передаваемого по проводам трехфазной цепи. Число фаз «три» было взято из экономических соображений как наименьшее число фаз по условиям устойчивого и однозначного запуска трехфазных асинхронных двигателей, которые расходуют около 90% всей электроэнергии, идущей на все электродвигатели или, другими словами, около 40% всей вырабатываемой электрической энергии.

Химическая энергия – это энергия, проявляющаяся при химических реакциях. В энергетике используются экзотермические реакции окисления топлива, протекающие с выделением теплоты.

Электромагнитная энергия – это энергия взаимно порождающих друг друга электрических и магнитных составляющих электромагнитного поля, проявляющаяся в виде электромагнитных волн.

Атомная (ядерная) энергия – это энергия, выделяющаяся при распаде тяжелых ядер или при синтезе легких ядер веществ. В энергетике пока используется только первый вариант, т.е. распад в атомных реакторах тяжелых ядер урана, плутония.

Гравитационная энергия – это энергия взаимодействия (притяжения) массивных тел. В энергетике гравитационная энергия используется в гидроэнергетике путем притяжения масс воды к Земле, Луне и Солнцу.

Под энергетическими ресурсами понимаются носители энергии, которые при данном уровне техники или в предвидимой перспективе ее

развития используются либо могут быть использованы для получения необходимой энергии [1]. Различают природные (первичные) и побочные (вторичные) энергетические ресурсы.

Природные энергетические ресурсы образовались в результате геологического развития земли и других природных процессов. К их числу относятся уголь, нефть, природный газ, сланцы, торф, ядерное топливо, древесина, геотермальное тепло, энергия рек, ветра, приливов и отливов, солнечная энергия.

Побочные энергетические ресурсы получают в качестве побочного продукта или отходов основного производства. Побочными энергоресурсами являются в частности горючие и горячие газы, отработанный производственный пар, а также те, которые связаны с избыточным давлением газов и жидкостей.

Энергетические ресурсы классифицируются на топливные и нетопливные. К топливным относятся такие энергоресурсы, которые выделяют энергию при их сжигании (уголь, нефть, природный газ, сланцы, торф, древесина), к нетопливым – энергия рек, приливов и отливов, ветра, геотермальное тепло, солнечная энергия. Ядерное топливо условно может быть отнесено к топливным, хотя энергия при его использовании выделяется в результате цепной реакции, а не сжигания. Топливные энергоресурсы имеют органическую, углеродную основу (поэтому они называются также органическими) и энергия высвобождается в них, главным образом, в процессе образования двуокси углерода.

Энергоресурсы могут классифицироваться на ископаемые и неископаемые. Такие ископаемые энергоресурсы, как уголь, нефть и природный газ образовались из органического вещества растений и микроорганизмов, живших миллионы лет назад. Различие встречающихся в земной коре видов природного органического топлива обусловлено особенностями исходных органических остатков, из которых они сформировались.

Природные топливные ресурсы могут быть классифицированы на твердое, жидкое, газообразное. К твердому топливу относятся бурый уголь, каменный уголь, антрацит, торф, сланцы, дрова. К жидкому топливу относится нефть, к газообразному – газы природный и попутный. На базе природных энергоресурсов могут быть получены искусственные. Для твердого топлива это древесный уголь, кокс, полукокс, брикеты и др. Для жидкого топлива – это мазут, бензин, керосин, дизельное топливо, бензол, спирт и др. Для газового – это газы доменный, коксовый, светильный, генераторный и др.

В зависимости от характера использования топлива оно подразделяется на энергетическое и технологическое. Первое используется на электростанциях для производства электрической и тепловой энергии. Второе – в плавильных и нагревательных установках, сушилках и других, а также для химической переработки в различные виды искусственного топлива.

Энергоресурсы могут быть классифицированы на возобновляемые и невозобновляемые. Возобновляемыми считаются энергия рек, приливов и отливов, ветра, солнечная энергия, древесное топливо. К возобновляемым может быть отнесен и торф – единственное возобновляемое в природе органическое топливо. Ежегодный рост торфяников составляет 1-2 мм, что увеличивает запасы торфа на 1 га в среднем на 2 т. Однако надо заметить, что далеко не везде из-за проводимого осушения болот обеспечивается возобновление торфяного топлива. Остальные виды энергоресурсов относятся к невозобновляемым.

Не все энергетические ресурсы и не всегда потребляются в их непосредственном виде. Чаще всего, прежде чем поступить к потребителю, они подвергаются облагораживанию (обогащению), переработке и преобразованию. В первом случае энергоресурсы не меняют своей физико-химической основы, во втором и третьем меняют. Например, сортировка угля, брикетирование торфа относятся к облагораживанию. К

облагораживанию может быть отнесено также обогащение ядерного топлива. Получение из нефти мазута и светлых нефтепродуктов, переработка сланцев в сланцевое масло – это переработка, а получение электроэнергии на тепловой электростанции – преобразование энергоресурсов.

Наряду с термином «энергетические ресурсы» широко используется термин «энергоноситель», который в ряде случаев применяется как синоним первого. Однако необходимо делать различие между ними. Под энергоносителем понимается непосредственно используемый на стадии конечного потребления облагороженный, переработанный, преобразованный и побочный энергоресурс. Энергоносителем может быть также и природный энергоресурс, потребляемый в непосредственном виде у конечного потребителя энергии.

Все виды топлива содержат в себе горючую и негорючую части. Горючая часть твердого и жидкого топлива представляет собой в основном органический материал, включающий пять химических элементов – углерод, водород, сера, кислород и азот. Последние два элемента не участвуют в тепловыделении при горении и поэтому являются внутренним топливным балластом. Горючая часть твердого топлива включает в себя также некоторое количество минеральных соединений, называемых железным колчеданом. Балласт твердого и жидкого топлива состоит из влаги и негорючей минеральной части, образующей при сгорании топлива золу. Основу горючей части природного газа составляет метан.

Следует отметить, что различают рабочую, сухую и горючую массы топлива. Топливо в том виде, в котором оно поступает к потребителю, характеризуется рабочей массой. При полном отсутствии влаги масса топлива называется сухой. Безводная и беззольная масса топлива называется горючей массой. Если же из состава горючей массы твердого топлива удалить колчеданную серу, то получается органическая масса топлива.

Топливные энергетические ресурсы разных видов имеют различные качественные характеристики: теплота сгорания, сернистость, зольность,

влажность и др. [2]. Важнейшей характеристикой является теплота сгорания. Этот показатель характеризует энергетическую ценность топлива и он существенно колеблется по видам топлива. Иногда этот показатель называют энергосодержанием топлива или теплотворной способностью. Для измерения энергосодержания (теплоты сгорания топлива) используют такие единицы, как калория или джоуль. Между ними существует соотношение 1 калория = 4,189 Дж.

Удельная теплота сгорания для различных видов топлива представлена ниже:

Сырая нефть – 43 000 кДж/кг (10260 ккал/кг), природный газ – 35 000–37 000 кДж/м³ (8 350–8 830 ккал/м³), каменный уголь – 25 000–28 000 кДж/кг (5 970–6680 ккал/кг), бурый уголь – 12 000–15 000 кДж/кг (2860–3560 ккал/кг), сланцы – 10 000–12 000 кДж/кг (2390–2860 ккал/кг), торф – 6000–10 000 кДж/кг (1430–2400 ккал/кг), мазут – 38 000–40 000 кДж/кг, бензин – 45 000 кДж/кг, газовый конденсат – 35 000 кДж/кг [3].

Различают высшую и низшую теплоту сгорания. Она называется высшей Q_V , если включает в себя теплоту конденсации Q_{H_2O} водяного пара, входящего в состав продуктов сгорания. Тепловой эффект сжигания топлива получается меньше высшей теплоты сгорания на величину Q_{H_2O} . Разность $Q_V - Q_{H_2O} = Q_H$ называется низшей теплотой сгорания. Соотношение между значениями теплоты сгорания Q_V^P и Q_H^P зависит прежде всего от влажности топлива: при высокой влажности (до 50 %) высшая теплота отличается от низшей на 20 % и более, при небольших значениях (10-15 %) разница существенно снижается. В качестве основного показателя энергетической ценности органического топлива в странах СНГ принято использовать низшую теплоту сгорания Q_H^P топлива. В связи с различным содержанием балласта в топливе даже одного вида теплота сгорания рабочей массы может колебаться в значительных пределах. Поэтому показатели теплоты сгорания обычно даются в справочных данных не для рабочей, а для горючей массы топлива. Таким образом, в располагаемое количество энергии, которое

можно получить от 1 кг топлива, не включают теплоту конденсации образующихся водяных паров.

Для соизмерения топливно-энергетических ресурсов различных видов в странах СНГ используется такое понятие, как условное топливо. Под условным топливом понимается такое, которое имеет теплоту сгорания 29 330 кДж/кг (7 000 ккал/кг). Натуральное топливо приводится к условному по формуле:

$$B_y = B_H \frac{Q_H}{Q_y},$$

где: B_H – количество натурального топлива, Q_H – теплота сгорания натурального топлива, Q_y – теплота сгорания условного топлива.

В остальном мире используется такое понятие условного топлива, как нефтяной эквивалент. Под ним понимается топливо, которое имеет теплоту сгорания, равную $Q_{HЭ} = 41\,900$ кДж/кг (10 000 ккал/кг). Перевод из натурального топлива в нефтяной эквивалент осуществляется по формуле:

$$B_{HЭ} = B_H \frac{Q_P^H}{Q_{HЭ}}$$

Таким образом, 1 кг условного топлива = $7000/100000 = 0,7$ кг н.э. Перевод условного топлива в топливо в нефтяном эквиваленте можно осуществить по формуле:

$$B_{HЭ} = B_y \frac{29330}{41900}.$$

Приведение всех видов топлива к условному или к нефтяному эквиваленту дает возможность сопоставлять технико-экономические показатели работы топливопотребляющих установок, использующих различные виды топлива. Кроме того, это дает возможность сопоставлять запасы и добычу различных видов топлива с учетом их энергетической ценности. [4]

В мировой практике для измерения объема добычи нефти за какой-то

период времени (сутки, месяц, год) широко используется такое понятие как баррель, который равен 195,7 кг у.т. или 137 кг н.э. В практике США и Великобритании иногда применяется британская тепловая единица БТЕ (BTU), равная 0,036 г у.т., или 0,025 г н.э., или 1055 Дж, или 252 кал.

Для перевода природного газа, теплота сгорания которого принимается равной 8500 ккал/м³ в условное топливо можно воспользоваться соотношением:

$$1 \text{ м}^3 \text{ газа} = 8500 \text{ ккал/ м}^3 / 7000 \text{ ккал/кг} = 1,214 \text{ кг у.т./ м}^3.$$

Для перевода природного газа в нефтяное топливо:

$$1 \text{ м}^3 \text{ газа} = 8500 \text{ ккал/ м}^3 / 10000 \text{ ккал/кг} = 0,85 \text{ кг н.э./ м}^3.$$

Качество топлива определяется также содержанием в нем различных вредных примесей, таких как: сера, зола и др. Наличие значительного балласта и вредных примесей ухудшает технико-экономические показатели топлива. Поэтому, как правило, энергетические ресурсы не используются в том виде, в каком они добываются из недр земли. Уголь перед сжиганием в топках котлов и в печах подвергается обогащению и перерабатывается в кокс, брикеты и другие топливные элементы. Практически полностью прекращено потребление в качестве топлива сырой нефти. В основном используются продукты ее переработки: керосин, бензин, дизельное топливо, мазут и т.п. Перерабатываются также и сланцы для получения бытового газа и сланцевого масла.

подавляющую долю потребляемого в энергетике топлива составляют природный газ, мазут и уголь.

Природный газ, широко используемый в энергетике, представляет собой газовую смесь, основным горючим компонентом которого является метан. К другому виду газового топлива относится попутный газ, который получают при добыче нефти. Его количество составляет 10-15% от массы добываемой нефти. В процессе переработки нефти одним из побочных продуктов является сжиженный газ, используемый главным образом в быту.

Месторождения газа делятся на газоконденсатные и чисто газовые. Газ

газоконденсатных месторождений помимо метана содержит значительное количество пропана и бутана. Газ чисто газовых месторождений состоит почти из одного метана. В незначительном количестве в нем содержатся этан и пропан. К балласту природного газа относятся азот и двуокись углерода, однако их содержание незначительно, всего несколько процентов.

Перед подачей газового топлива в магистральные газопроводы его подвергают переработке, чтобы сделать газ пригодным для транспортировки, повысить его энергетическую ценность, минимизировать выход вредных продуктов сгорания, облегчить обнаружение утечек газа. Переработка газа включает в себя очистку от сероводорода, двуокиси углерода, сушку.

Существенной особенностью газового топлива является трудности его хранения. Основным методом хранения значительных запасов газа является его закачка в подземные пласты. Однако для этого нужны подходящие природные условия, главным образом наличие истощенных нефтяных и газовых месторождений. Создание искусственных хранилищ – очень дорогостоящее мероприятие.

Мазут, получаемый в результате переработки нефти, является основным видом жидкого энергетического топлива. Состав мазута зависит в основном от состава исходной нефти. Органическую часть мазута образуют следующие 5 элементов: углерод, водород, кислород, азот и сера. В значительных количествах в мазуте содержатся асфальто-смолистые вещества, которые переходят в мазут из нефти при ее переработке. Их содержание в составе сырой нефти составляет от 4 до 20% и более. Содержание их в нефти является одним из показателей качества нефти: чем их больше, тем хуже качество нефти.

Топочные мазуты разделяются на три вида в зависимости от содержания серы в них: малосернистые (меньше 0,5 %), сернистые (0,5–2,0 %), высокосернистые (более 2 %). Сера в мазуте входит главным образом в состав органических соединений. Содержание серы в мазуте находится в прямой связи с сернистостью нефти, из которой был получен данный мазут.

Нефть всех месторождений содержит серу от долей процента до 7%.

Зольность топочных мазутов невелика и не превышает 0,1–0,3 %. Зола образуется в результате трансформации в нее минеральных примесей в процессе сжигания. В состав золы входят также окислы кальция, магния, ванадия, железа и других элементов.

Важными показателями качества мазута являются влажность, вязкость, плотность, температуры вспышки и воспламенения, максимальная температура застывания и коксуемость.

Содержание воды в мазуте колеблется от 0,5 до 5%. Значительное обводнение мазута происходит в процессе их доставки, в основном при его разогреве острым паром перед сливом из цистерн.

При этом содержание влаги повышается до 10 %. При сжигании влажного мазута происходит увеличение расхода энергии на собственные нужды электростанций, увеличиваются потери теплоты с уходящими газами, снижается теплоотдача в топке. Следствием этого является снижение коэффициента полезного действия (КПД) котла. Повышенное содержание воды увеличивает коррозионное разрушение мазутопроводов и аппаратуры вследствие растворения в воде некоторых агрессивных сернистых соединений, например сероводорода.

Вязкость характеризует затраты энергии на транспортировку жидкого топлива по трубопроводам, длительность сливных и наливных операций. От вязкости зависит эффективность работы топочных форсунок. Вязкость влияет на скорость осаждения механических примесей при хранении, транспорте и подогреве мазута.

Вязкость мазута зависит от ряда факторов: температуры, давления, предварительной термообработки. При нагревании вязкость снижается. Количественно вязкость определяют в виде коэффициента внутреннего трения μ (Н·с/м²), либо в виде кинематической вязкости ν (м³/сек). При этом $\nu = \mu/\rho$, где ρ – плотность нефтепродукта, кг/м³.

Показателем плотности пользуются для определения вместимости

мазутных резервуаров, расхода энергии на перекачку мазута. На практике пользуются относительной плотностью, которая представляет собой отношение плотности мазута к плотности дистиллированной воды при определенной температуре. Во всех странах эта температура принимается равной 15 °С. Плотность определяет условия отстаивания воды и механических примесей из мазута. При относительной плотности меньше 1,0 происходит отстой и тем быстрее, чем меньше плотность мазута. При плотности выше 1,0 отстой становится невозможным.

Температурой вспышки называют такую температуру, при которой пары нагреваемого жидкого топлива образуют в смеси с воздухом горючую смесь, вспыхивающую при поднесении пламени. Если же горение продолжается, то соответствующая температура называется температурой воспламенения. Температура воспламенения ненамного превышает температуру вспышки, разница между ними составляет не более 60-70 °С. Значительно выше температура самовоспламенения, которая характеризует такую степень нагрева мазута, при которой он воспламеняется без внешнего источника пламени. Ее величина находится в пределах 500-600 °С. При обогащении воздуха кислородом эта температура снижается.

При уменьшении температуры происходит постепенное загустевание мазута. Температура, при которой мазут перестает течь, называется температурой застывания. В зависимости от состава мазута его температура застывания находится в пределах от 15 до 35°С. Она наряду с вязкостью определяет прокачиваемость мазута по трубопроводам.

При нагревании мазута до высоких температур без доступа воздуха происходит его термическое разложение (коксование) с образованием твердого продукта – кокса. Коксуемость мазута характеризуется количеством образуемого кокса и выражается в процентах от исходной массы жидкого топлива.

Уголь, используемый на электростанциях и в котельных, составляет свыше 90 % всех мировых запасов органического топлива. Угли могут быть

классифицированы на три вида: бурые, каменные и антрацит.

Бурые угли отличаются повышенной зольностью (до 30 %), склонностью к самовозгоранию, большим выходом летучих веществ. Содержание влаги может достигать 40 %. Каменные угли имеют влажность 7–10 %, зольность 5–20 %. Удельная теплота сгорания составляет более 20 000 кДж/кг. Каменные угли делятся на марки, при этом основными классификационными признаками являются выход летучих веществ и толщина пластического слоя, который образуется при нагревании угля до высоких температур без доступа воздуха. Предусматривается также деление углей на классы по размеру кусков.

К антрацитам относятся наиболее качественные угли с удельной теплотой сгорания 25000–27 000 кДж/кг. Выход летучих веществ составляет менее 9 %.

К твердым видам топлива помимо угля относятся также торф и горючие сланцы. Торф образуется в результате разложения растительных остатков под водой без доступа воздуха. Он имеет высокую влажность (до 40–50%), высокий выход летучих веществ (до 70%) и низкую теплоту сгорания (8 000–11 000 кДж/кг). Торф поставляется потребителям в виде кускового и фрезерного (торфяной крошки). В незначительном количестве он используется в небольших котельных, а также в виде брикетов в быту. Кроме того, торф широко используется не как топливо, а в качестве удобрения и сырья для химической промышленности.

Горючие сланцы, как и торф, представляют собой продукт разложения растительной массы без доступа воздуха. Минеральной основой их являются известняки, глина и песок. Они характеризуются небольшой влажностью (12–17 %) по сравнению с торфом, значительным содержанием золы (40–50 %), большим выходом летучих веществ (80–90 %) и низкой теплотой сгорания – 7 000–10 000 кДж/кг. В качестве энергетического топлива они используются путем газификации и для получения сланцевого масла, а также в качестве сырья для химической промышленности.

Все виды твердого топлива способны удерживать в себе влагу. Различают несколько видов топливной влаги: гидратная, сорбционная,

капиллярная, поверхностная.

Гидратная вода содержится главным образом в минеральных примесях топлива. Ее удаление возможно в результате химических реакций. Это возможно при температурах 150–200 °С. Полное выделение гидратной воды может происходить в течение нескольких секунд при температуре выше 700 °С. Доля гидратной воды в общем содержании ее в топливе составляет несколько процентов.

Наличие сорбционной влаги обусловлено способностью удерживать влагу за счет сил межмолекулярного взаимодействия, которое имеет место как на поверхности, так и внутри топливной массы. Такая влага называется иногда гигроксопической.

Капиллярная влага обусловлена пористой структурой топлива. При соприкосновении топлива с влагой последняя проникает в глубь пор и при наличии достаточной влажности окружающей среды может обеспечить их полное затопление. При выдерживании топлива в атмосфере с влажностью менее 100 % происходит полное испарение влаги.

Вода может проникать не только в поры внутри кусков топлива, но и заполнять пространство между кусками. Влага, накапливающаяся снаружи кусков топлива, называется поверхностной. Длительность существования данной влаги зависит от температуры и влажности окружающего воздуха.

Наличие влаги в топливе неблагоприятно сказывается на его технологических характеристиках, снижает тепловую экономичность электростанций. Наличие повышенной влаги в твердом топливе может приводить к потере его сыпучести и к смерзанию, что приводит к трудностям с использованием топлива на электростанциях и в котельных.

При сжигании топлива большая масса газообразных и твердых продуктов сгорания поступает в окружающую среду. Наряду с продуктами сгорания в окружающую среду поступают примеси топлива – зола, окись углерода, окислы серы и азота, многие элементы таблицы Менделеева, продукты неполного сгорания топлива и др.

Наличие указанного балласта вызывает загрязнение окружающей среды и поэтому возникает проблема ее защиты.

При сжигании угля образуется значительное количество золы и шлака. Большую часть золы можно уловить, но не всю. О содержании минеральных примесей в твердом топливе можно судить по его зольности, негорючему остатку, образующихся при окислении горючих компонентов топлива. Зольность варьирует в широких пределах, от 2–3 % до 60–70 %.

Потенциально вредны даже выбросы паров воды и двуокиси углерода. Последняя, накапливаясь в атмосфере, приводит к парниковому эффекту, вызывающему глобальные климатические изменения. Вредны для окружающей среды выбросы в атмосферу различных твердых частиц.

Сбросная теплота аккумулируется путем повышения температуры водного и воздушного бассейнов и этот процесс может привести к повышению температуры на Земле, что может вызвать серьезные изменения климата.

Извлечение из недр земли топлива оказывает негативное воздействие на окружающую среду. Известно, что подземная и открытая разработка угля приводит к загрязнению окружающей территории отвалами, выводит из сельскохозяйственного оборота значительные площади земли. Добыча нефти и газа приводят к оседанию поверхности земли, так как нефть и газ являются своеобразной подушкой для лежащей сверху породы.

Ядерное топливо. Основой для производства ядерного топлива является урановая руда, которая содержит 99,3 % урана 238 (^{238}U) и 0,7 % урана 235 (^{235}U). В современных реакторах на тепловых нейтронах основной «горючей» массой является ^{235}U , на базе которого происходит цепная реакция деления. Изотоп урана ^{238}U является неделящимся материалом. Таким образом, лишь малая доля естественного урана может быть использована для получения энергии в реакции деления. При полном делении 1 кг ^{235}U выделяется энергия $8 \cdot 10^{13}$ Дж = $1,91 \cdot 10^{13}$ кал = $1,91 \cdot 10^{10}$ ккал = $1,91 \cdot 10^4$ Гкал. Легко подсчитать, что эта энергия эквивалентна

$1,91 \cdot 10^{10} / 7\,000 = 2,73 \cdot 10^6$ кг у.т. = 2730 тонн у.т. и равна энергии примерно 3000 тонн каменного угля. Поэтому 1 кг естественного урана по своему энергетическому потенциалу эквивалентен примерно 21 тоннам угля. При оценках мировых запасов уранового «топлива» обычно исходят из содержания в урановой руде изотопа ^{235}U . Однако энергетический потенциал естественного урана может быть увеличен в сотни раз, если неделящийся изотоп ^{238}U будет конвертирован в другой делящийся изотоп ^{239}U . Это связано с созданием реактора на быстрых нейтронах по сравнению с ныне эксплуатируемыми реакторами на тепловых нейтронах. Этот вопрос может быть предметом отдельного изучения.

Следует заметить, что в настоящее время в реакторах атомных электростанций используется обогащенный уран, то есть такой природный уран, в котором искусственным путем содержание урана ^{235}U увеличено, например, до 5 %. При такой концентрации делящегося материала обеспечивается возможность осуществления цепной реакции деления ядер урана. По степени обогащения урановый материал классифицируется на три вида: слабообогащенный (до 5 %), среднеобогащенный (от 5 до 20 %), высокообогащенный (от 20 до 80 %). По мере увеличения степени обогащения урана снижаются затраты на доставку уранового топлива от места его производства до атомной электростанции. Затраты на транспортировку даже природного урана, равноценного по своей энергетической ценности количеству традиционного топлива, несопоставимо меньше (на 3-4 порядка) по сравнению с обычным топливом. Одного вагона-контейнера уранового топлива достаточно, чтобы обеспечить годовую работу АЭС мощностью 1000 МВт.

Список использованных источников и литературы:

1. Мелентьев Л.А., Штейнгауз Е.О. Экономика энергетики СССР. – М.: ГЭИИ. – 1963.
2. Белосельский Б. С., Соляков В. К. Энергетическое топливо. – М.:

Энергия. – 1980.

3. Гулбрандсен Т.Х. Энергоэффективность и энергетический менеджмент: учебно-методическое пособие / Т.Х. Гулбрандсен, Л.П. Падалко, В.Л. Червинский. – Минск: БГАТУ. – 2010. – 240 с.

4. Коршунова Л.А., Кузьмина Н.Г. Экономика энергетических предприятий: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2006.

© Быстрицкий В.С.