

УДК 622.7:658.512; 622.7.017.2; 622.7.09

**В.А. Козлов, М.Ф. Пикалов**

## **ВЛАГА В УГЛЯХ – ВАЖНЫЙ ПАРАМЕТР КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ**

Рассмотрены современные представления о видах влаги в углях. Приведены действующие в РФ стандарты определения влаги в углях.

*Ключевые слова:* влага в угле, внешняя влага, воздушно-сухое состояние топлива, адсорбционная вода, капиллярная вода, свободная вода.

---

**В**лажность угля является важным параметром его качества, так как непосредственно учитывается при формировании контрактной цены. Влага, содержащаяся в углях, снижает теплоту их сгорания, и тем самым снижается их стоимость на рынке угля. При повышенной влаге создаются проблемы с транспортировкой углей в зимнее время года, они смерзаются в вагонах и штабелях. Поэтому потребители обычно устанавливают требование к общей влаге концентратов каменных углей средней и высшей стадий метаморфизма в зимнее время года не более 7 %. В летнее время допускаются более высокие значения общей влаги продукции в пределах 8–10 %. Для каменных углей низшей стадии метаморфизма (марка Д) минимальные значения общей влаги продукции, без термической сушки угля, имеют значения 13–15 %, что обусловлено высокими значениями внутренней влаги в этих углях.

Влага в углях подразделяется на: внешнюю, внутреннюю, гигроскопическую, влагу воздушно-сухого состояния и пр. Возникает вопрос, как соотносятся эти виды влаги между собой? Попытаемся разъяснить смысл этих терминов.

82

Уголь, погруженный в воду и извлеченный из нее, теряет свободную влагу (влагу смачивания), находящуюся на внешней поверхности куска. Эта вода легко удаляется, стекая с поверхности куска угля под действием силы тяжести, и более интенсивно при вибрационном встряхивании угля на сите грохота. После этого в угле остается так называемая «связанная» влага, количество которой определяется химической природой угля, петрографическим составом, степенью углефикации и гранулометрическим составом.

В углях ранних стадий метаморфизма содержится много полярных групп и наблюдается разветвленная система крупных пор со средним диаметром  $>5\times10^{-8}$  м. Площадь внутренней поверхности пор в этом случае составляет около  $1\text{ м}^2/\text{г}$ .

С ростом метаморфизма содержание полярных групп и крупных пор уменьшается, образуется новая система микропор размером  $\sim5\times10^{-10}$  м, которые имеют внутреннюю поверхность  $\sim200\text{ м}^2/\text{г}$  [1].

Вода в угле находится в различных состояниях: в свободном виде; связанная в трещинах, капиллярах и порах; в виде пленок адсорбированных на поверхности. Все эти виды влаги различны по прочности связей.

Различают наиболее прочно удерживаемый мономолекулярный слой и последующие слои молекул воды, связь которых ослабевает с увеличением расстояния от поверхности угля. Это адсорбционная влага, которая образует пленку на стенках трещин и пор. При обводнении пласта угля водой происходит заполнение трещин и пор водой за счет действия сил поверхностного натяжения — капиллярной силы. Свободная влага имеет слабую связь с углем и ее свойства сопоставимы со свойствами обычной воды.

Адсорбционная влага связана с внешней и внутренней поверхностями угля силами молекулярного взаимодействия и обладает физическими особенностями, отличающими ее от свободной воды. Адсорбционная влага, ближних слоев молекул воды, может быть удалена из углей только термической сушкой. Так, содержание адсорбционно-связанной влаги в углях составляет: в бурых — до 17 %, в длиннопламенных — 7-10 %, в коксующихся — 2-4 %.

Гидратная влага входит в состав минеральной части угля и имеет наиболее прочную химическую связь. Она не удаляется при высушивании и поэтому не входит ни в один из параметров, характеризующих влажность угля.

Поверхностная и большей частью капиллярная влага может удалиться методами механического обезвоживания. Содержание ее находится в пределах 4-7 % в зависимости от крупности углей.

Общая влага —  $W_t$  складывается из влаги внешней  $W_{ex}$  и влаги воздушно-сухого топлива  $W_h$ .

Обычно уголь в пласте насыщается водой в процессе всего периода углефикации, поэтому в куске угля

имеются как открытые, так и закрытые поры, содержащие в себе воду. Из закрытой системы пор воду можно удалить только после дробления и измельчения угля. Эта влага также относится к внутренней влаге угля.

Влага внешняя это доля общей влаги угля, которая удаляется при высушивании его до воздушно-сухого состояния. Достигнуть это состояние можно при длительном высушивании открытой пробы угля на воздухе в лаборатории или сушкой угля на поддоне в сушильном шкафе при температуре  $50 \pm 5$  °С в течении не более 8 часов для каменных углей при ускоренном методе определения влаги (ГОСТ 11014-2001). Под влагой воздушно-сухого топлива понимают долю общей влаги, которая остается в топливе после его высушивания до воздушно-сухого состояния. Ее можно интерпретировать как внутреннюю влагу угля.

Влага воздушно-сухого состояния является неустойчивой и зависит от температуры и влажности атмосферы в лаборатории. Содержание влаги в измельченном угле зависит от природы и степени измельчения. Для получения сравнимых результатов влажности необходимо было унифицировать условия доведения угля определенной крупности до равновесного состояния с атмосферой лаборатории. Для этого введены понятия «гигроскопическая влага» и «максимальная влагоемкость». Эти показатели также используются для определения положения угля в классификационном ряду углефикации.

Гигроскопическая влага — это влага определенная в пробе угля аналитической крупности (0,2 мм), находящейся в равновесии с атмосферой, относительная влажность которой составляет  $60 \pm 2$  % при температуре

$20\pm5$  °C (ГОСТ 8719-90). Гигроскопическая влага зависит только от свойств конкретного угля и не зависит от атмосферы лаборатории.

Максимальная влагоемкость – это содержание общей влаги в угле в состоянии полного насыщения его водой в установленных стандартом условиях (ГОСТ 8858-93). Это состояние когда уголь извлечен из воды и с него удалена свободная влага, анализ проводится в атмосфере с относительной влажностью 96 %. Таким образом, это максимальное возможное значение внутренней влаги угля.

Гигроскопическая влага в генетическом ряду каменных углей имеет определенную закономерность изменения [2]. Наиболее высоким содержанием влаги характеризуются угли низкой степени зрелости — длиннопламенные, затем оно снижается до тощих углей, а в антрацитах вновь возрастает:

Марка угля W <sup>н</sup> , %	Д	Г	Ж	К	ОС	Т	А
10,0	7,0	5,0	3,5	2,0	1,0		2,4

По Эттингеру И.Л., повышение гигроскопической влаги у антрацитов связано с характером их пористости, а именно — возрастанием системы микропор, что обуславливает повышение развитости внутренней поверхности и повышенную адсорбцию паров воды.

Из макрокомпонентов угля наименьшей гигроскопической влагой обладает фюзен, а самое высокое содержание гигроскопической влаги имеет витрен.

Для определении общей влаги исходного угля или влаги угля, высушенного до воздушно-сухого состояния, пробу угля сушат при темпера-

туре  $105\text{--}110$  °C в атмосфере воздуха или азота, что является стандартным методом. Существует ускоренный метод сушки при температуре  $160\pm5$  °C, который используется для внутреннего контроля технологических процессов.

Чтобы определить внутреннюю влагу, уголь необходимо измельчить до аналитической крупности. При этом раскрываются внутренние поры и вода, в них содержащаяся, испаряется при сушке.

Существуют прямые и косвенные методы определения влаги в углях. В прямых методах измеряется вес влаги, извлеченной из угля (ГОСТ 9516-92). В косвенных методах влага определяется по потере массы пробы после высыпывания угля (ГОСТ 11014-2001).

В процессе сушки угля до влажности материала, соответствующей максимальной гигроскопической влажности, происходит испарение поверхностной и капиллярной влаги. При влажности материала ниже максимальной гигроскопической, уменьшение влаги сопровождается ростом удельной теплоты испарения влаги, что свидетельствует об изменении физического состояния системы. При испарении связанный влаги, тепло расходуется не только на фазовое превращение воды, но и на разрушение связи с материалом.

В Российской Федерации в настоящее время действуют ГОСТ Р 52911-2008 «Топливо твердое минеральное. Методы определения общей влаги», который является также арбитражным методом, ГОСТ Р 52917-2008 «Топливо твердое минеральное. Методы определения влаги в аналитической пробе» и ГОСТ 11014-2001 «Угли бурые, каменные, антрацит и

горючие сланцы. Ускоренные методы определения влаги».

По методам определения влаги по ГОСТ Р 52911-2008 проба дробится до 11,2(13) мм или до 2,8(3) мм. Для методов определения влаги по ГОСТ Р 52917-2008 проба дробится до аналитической крупности менее 0,2 мм. Для методов определения влаги по ГОСТ Р 52911-2008 проба дробится до 20 мм, сушится до воздушно-сухого состояния, затем дробится до 3 мм для определения влаги воздушно-сухого состояния ускоренным методом сушится при температуре 160 °С.

Если исходное состояние пробы угля, его влажность позволяют разделать ее механическим способом, то после измельчения угля определяют его влагу одноступенчатым методом. Если это не возможно, то применяют двухступенчатый метод с определением внешней влаги и последующим измельчением угля и определением влаги воздушно-сухого состояния.

В заключение можно сказать, что при определении внутренней влаги угля крупность пробы является важным фактором, который существенно

влияет на значение влаги. Эту связь крупности угля и доли влаги, содержащейся в закрытом поровом пространстве угля, особенно важно знать при разработке технологии обогащения каменного угля длиннопламенной марки. Для этого угля требуемое значение низшей теплотворной способности концентрата ~6000 ккал/кг, определяющей высококачественную продукцию, может быть недостижимо без термической сушки угля. В случае применения в схеме обогатительной фабрики сушки угля необходимо рассматривать вопрос крупности материала, подвергаемого сушке. Возможно, что сушка угля марки Д крупностью более 1 мм, будет нерациональной, так как в этом угле еще не раскрыты внутренние поры, содержащие внутреннюю влагу, и даже при сушке угля эту влагу будет трудно извлечь из закрытого порового пространства. В этом случае сушка крупного длиннопламенного угля будет предполагать его перегрев, что в условиях высокого содержания летучих, может представлять опасность по взрыву сильной установки.

---

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авгушевич И.В., Броновец Т.М. и др. Стандартные методы испытания углей. Классификации углей. // М.: НТК «Терек», 2008.
2. Глушенко И.М. Теоретические основы технологии горючих ископаемых. Учебник для вузов.//М.:Металлургия,1990. ГИАБ

---

#### КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

---

Козлов Вадим Анатольевич – кандидат технических наук, доцент, инженер технолог, Пикалов Михаил Федорович – инженер-технолог, Угольный департамент Коралайна Инжиниринг – CETCO, info@cetco.ru

