

УДК 622.331

**А.В. Михайлов, А.В. Большунов, Э.А. Кремчеев, К.В. Епифанцев**  
**ТРЕБОВАНИЯ К ТОРФЯНОМУ СЫРЬЮ**  
**ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ОКУСКОВАННОГО ТОПЛИВА**

*Рассмотрены основные характеристики торфяного сырья для производства окускованного топлива в заводских условиях методом экструзии. Проведен анализ параметров торфяного сырья, определяющих критерии формованности и конечную прочность получаемого торфяного окускованного топлива.*

*Ключевые слова: торфяное топливо, переработка торфяного сырья, формование, прочность кускового топлива.*

---

**С**очетание новых технологий добычи торфяного сырья и способов его обогащения и переработки, позволяют обеспечивать заданное качество продукции и существенно расширить спектр торфяного сырья пригодного для производства торфяной продукции различного назначения.

Такие подходы в полной мере соответствуют получению окускованного топлива на основе торфа, как одного из приоритетов, имеющего хорошие перспективы в силу возрастающих потребностей распределенной энергетики [1].

Торф – сложное природное образование органического происхождения. С позиций физико-химии он представляет собой многокомпонентную, многофазную, полидисперсную, полукolloидно-высокомолекулярную систему, различные соединения которой придают ей признаки полиэлектролитов и микромозаичной гетерогенности [2]. Основу торфа составляют растительные остатки твердых полимеров целлюлозной природы и продукты их биохимического распада, находящиеся в равновесии с водным раствором низко- и высокомолекулярных веществ. Неорганическая

часть представлена в торфе неорганическими компонентами торфяной воды, нерастворимыми минералами различного происхождения, адсорбционными образованиями, ионообменными гетерополярными органо-минеральными комплексами и комплексно-гетерополярными производными. Исходный материал (растения-торфообразователи) и широкий диапазон условий торфонакопления являются причиной многообразия состава и свойств торфа [2].

Для полного описания свойств торфяного сырья как массы для экструзии необходим достаточно большой набор различных параметров (значения вязкости в определённых режимах, пластичность, эластичность, период релаксации, индекс течения, критерий формования и т.д.). Эти параметры, как правило, напрямую связаны с другими характеристиками торфяного сырья. Как показывает опыт работы с самыми разнообразными дисперсными системами, зачастую важно не абсолютное значение тех или иных величин, а их соотношение с другими параметрами сырья.

Таким образом, необходимо определить, какие параметры торфяного

сырья можно выделить в качестве критерия формуемости для экструзионного формования торфяного топлива заданной геометрической формы в диапазоне влажности 60—70 %.

В качестве критериев формуемости торфяного сырья можно определить:

1) в торфяной массе должны достаточно легко развиваться пластические деформации, т.е. масса должна в процессе продавливания через фильеры матрицы в точности принять заданную форму;

2) после выхода из фильеры пресса торфяной кусок должен сохранить приданную форму без видимых дефектов и его плотность должна позволять проведение последующих технологических операций (транспортировка, кондиционирование, сушка и т.д.);

3) торфяной кусок не должен иметь макродефектов, снижающих его механическую прочность и ухудшающих товарный вид готового топлива;

4) в процессе последующей сушки не должны возникать дефекты (растрескивание), которые часто возникают в результате фазовых переходов, связанных с объемной усадкой окускованного торфа.

Другой аспект проблемы экструзионного формования торфяной массы заключается в том, что при прохождении массы через шнековый пресс и фильеры матрицы она подвергается воздействию довольно значительных внешних механических напряжений, создаваемых шнеком. Поскольку торфяная масса является неньютоновской жидкостью, то под действием внешних усилий могут резко изменяться ее реологические свойства, в частности, эффективная вязкость.

К качественным характеристикам исходного торфяного сырья, поступающего на переработку с целью получения окускованного топлива, относятся: ботанический состав, степень разложения,

зольность, а также регулируемые в процессе обогащения: влажность, дисперсность и засоренность (древесные включения, куски мерзлоты) [3].

Степень разложения и ботанический состав в значительной мере влияют на свойства торфа, поэтому используются в качестве универсальных показателей для расчета параметров технологических процессов переработки торфяного сырья.

Окускованное торфяное топливо согласно ГОСТ Р 51062-2011 [4] может производиться из торфяного сырья всех типов степенью разложения не менее 15 % и зольностью не выше 23 % (табл. 1). Однако, прочность окускованного топлива в значительной степени зависит от вида торфа, что следует учитывать при выборе месторождений в качестве сырьевых баз для разработки.

С ростом степени разложения и дисперсности торфа изменяется количественный и качественный состав связанной воды. В торфе низкой степени разложения преобладает внутриклеточная и капиллярная вода крупных пор и малой энергии связи. Торф высокой степени разложения содержит в основном иммобилизованную и осмотическую, а также капиллярную воду мелких пор с более высокой энергией связи. Верховые виды торфа из-за высокой влагоемкости содержащихся в нем растительных остатков и гидрофильных коллоидов удерживают много влаги, что затрудняет их обезвоживание и требует больших затрат энергии на его обогащение по сравнению с низинными видами торфа [5].

Органическая часть торфа представлена следующими группами соединений: битумы – Б, водорастворимые – ВР, легкогидролизуемые – ЛГ, гуминовые вещества – ГВ (гуминовые кислоты – ГК), целлюлозу – Ц и негидролизуемый остаток (лигнин) – Л.

Таблица 1

**Торфяное сырье для производства окускованного торфяного топлива**

Вид торфа	Тип торфяной залежи		
	верховой	переходный	низинный
Осоковый		+	+
Осоково-гипновый		+	+
Гипновый		+	+
Сфагновый		+	+
Сосново-сфагновый		+	+
Шейхцериевый	+	+	
Сосново-пушицевый	+		
Пушицевый	+		
Пушицево-сфагновый	+		
Шейхцерицево-сфагновый	+		
Фускум	+		
Магелланикум	+		
Комплексный	+		
Сфагново-мочажинный	+		

Таким образом, из природных факторов на прочность окускованного торфяного топлива влияют степень разложения, содержание гумуса, тип надмолекулярных структур и т. д., из технологических — степень переработки, уплотнение массы, размер куска и др.

Катионный и групповой состав различных видов торфа в значительной мере является следствием торфообразовательных процессов, которые наряду со степенью разложения и дисперсностью торфа определяют структурообразование в ходе получения торфяной продукции. Причем эта взаимосвязь является определяющим фактором в производстве окускованного торфяного топлива [5].

Верховой торф средней и высокой степени разложения более пластичен, чем насыщенный катионами низинный. При десорбции влаги в его объеме отсутствуют условия, вызывающие неоднородное агрегирование и локальные перенапряжения. Низкая диссоциация функциональных групп и повышенная подвижность макромолекул, их звеньев способствует в процессе усадки взаимодиффузии и образованию весьма плотных структур

за счет непосредственного взаимодействия через функциональные группы. В низинном же торфе происходит компактно-коагуляционное структурообразование на основе взаимодействия через поливалентные катионы. Растет способность структуры сопротивляться усадке. Капиллярное давление развивается в центральных зонах сформованного куска, что вызывает неравномерный сдвиг и разрыв слабых связей между частицами и появление микротрещин.

Известно, что при полевой сушке низинный кусковой торф имеет повышенную крошимость по сравнению с верховым. Причиной этого считается состояние коллоидной фракции [6], коагулированной в торфяной залежи ионами Са, которого содержится в 5—10 раз больше, чем в верховом торфе. Коагуляция коллоидной фракции низинного торфа приводит к понижению ее связующей способности и уменьшению прочности торфяного куска. Однако этим объясняются скорее причины меньшей прочности низинного торфа, чем причины его крошимости. Повышенная крошимость низинного торфа зависит от структурных особенностей. Возникновение водопрочных и

истинных агрегатов является следствием необратимой коагуляции коллоидов. Необратимое свертывание их может иметь место при условии насыщения коллоидов фракции катионами трех- или двухвалентных металлов, например *Fe* или *Ca*. Преобладание этих ионов характерно для низинного торфа, вследствие чего при его сушке образуются не растворяющиеся в воде агрегаты. У верхового же торфа содержание ионов этих металлов намного выше, в результате чего при его сушке образуются слабые агрегаты, распадающиеся при увлажнении торфа [7].

Таким образом, свойство образовывать водопрочные и истинные агрегаты является специфической особенностью низинного торфа, коллоидная фракция которого богата кальцием. Увеличение содержания *Ca* в торфе приводит к уменьшению прочности и увеличению крошимости окускованного топлива. Известно, что лесные подтипы торфа, имеющие большую зольность и повышенное содержание *Ca*, подвержены повышенной крошимости.

Г. И. Кужман [8] отмечает, что гуминовые вещества в торфе создают прочные микроагрегаты, и они тем прочнее, чем выше степень разложения. Однако с дальнейшим увеличением степени разложения связь между микроагрегатами уменьшается в силу повышенной и неравномерной усадки и прочность куска падает. При исследовании прочности окускованного торфяного топлива не следует преувеличивать или отрицать роль гуминовых веществ в создании его прочной структуры. Здесь определяющим фактором является соотношение разложившейся и неразложившейся части торфа, а также его химический состав. Поэтому, важное значение приобретает перемешивание торфяного сырья после экскавации, необходимое для равномерного распределения гу-

муса между неразложившимися частицами (арматурой).

Присутствие мелких коллоидных частиц способствует процессу уплотнения торфа, а малоразложившиеся элементы несколько ослабляют их влияние. С увеличением степени разложения залежи прочность кускового торфа повышается до определенного значения степени разложения, а потом резко падает, т. е. в этой зависимости имеется максимум. Поэтому окускованное топливо из верхового торфа средней степени разложения ( $R = 20\text{—}35\%$ ) обладает наибольшей прочностью [9].

В.Е. Раковский и Х.И. Ривкина [10] особое внимание обращают на клеящую способность гуминовых и гидролизующих веществ в формировании прочного куска. Более высокая прочность верхового торфа в сравнении с низинным вызывается повышенным содержанием гидролизующих в их составе, а также тем, что основная часть гуминовых кислот верхового торфа находится в несвязанном состоянии. Превращение высокомолекулярных кислот, входящих в состав торфа, в соли двух- и трехвалентных металлов приводит к понижению клеящей способности этих соединений.

В целом, анализируя зависимость физико-механических свойств окускованного торфа от состава торфяного сырья, можно отметить, что в верховом торфе большое влияние оказывает групповой состав, а в низинном — общетехнические свойства (степень разложения, зольность, рН), где наиболее существенным признаком является рН, а наименее — зольность. На основании этих выводов в табл. 2 приведена классификация сырья по прочности окускованного торфяного топлива [3].

Таким образом, знание особенностей структуры и свойств торфяного сырья позволяет не только научно обоснованно подходить к области его

Таблица 2

**Классификация сырья по прочности при производстве окускованного торфяного топлива**

Индекс	Категория	Отношение ГК/ЛГ	Группа торфа и его характеристики
А	Прочная	менее 1,5	<i>Верховой и переходный:</i> моховая, травяно-моховая, травяная (частично древесно-моховая и травяно-моховая). рН= 2,8 – 3,8; 20 ≤ R ≤ 35. <i>Низинный:</i> травяно-моховая, моховая. рН= 2,8 – 3,8; 10 ≤ R ≤ 20.
Б	Среднепрочная	1,5 – 2,0	<i>Верховой и переходный:</i> древесно-моховая, травяно-моховая, древесно-травяная (частично древесная). рН= 3,8 – 4,5; 35 ≤ R ≤ 50. <i>Низинный:</i> травяная, древесно-моховая, древесно-травяная. рН= 3,8 – 5,0; 20 ≤ R ≤ 30.
В	Низкопрочная	более 2,0	<i>Верховой:</i> древесная, древесно-травяная. рН= 4,5 – 5,2; R ≥ 50. <i>Низинный:</i> травяная, древесно-травяная, древесно-моховая, древесная. рН= 4,5 – 5,5; R ≥ 30

практического использования в определенной энергетике, но и определять перспективные направления инновационного уровня, проектировать различные виды окускованной

продукции с заданными эксплуатационными характеристиками (гранулированные сорбенты, окускованный полупродукт для газификации, коксования, получения активных углей).

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Селеннов В.Г., Михайлов А.В. Торф в малой энергетике. //Академия энергетике, 2009. №1 (27). – С. 48-56.
2. Физико-химические основы технологии торфяного производства / Лиштван И.И. [и др.].– М.: Наука и техника, 1983. – 232 с.
3. Терентьев А.А. Управление структурообразованием в торфяных системах при получении бытового топлива. Автореферат дис. докт. техн. наук. Минск, 1989. – 45 с.
4. ГОСТ Р 51062-2011 «Торф кусковой топливный для коммунально-бытовых нужд». Технические условия.
5. Чураев Н.В. Водные свойства, структура и процессы переноса влаги в торфе. Дисс. докт. техн. наук. Калинин, 1961. – 580 с.
6. Лиштван И.И. Исследование физико-химической природы торфа и процессов структурообразования в торфяных системах: Дис. д-ра техн. наук. Калинин, 1969. – 644 с.
7. Шамбер О.В. Исследование изменений физико-механических свойств торфяного топлива при диспергировании и перемешивании торфяного сырья на залежах верхового типа: Дис.... канд. техн. наук. — Калинин, 1972. – 224 с.
8. Кужман Г.И. Теоретические основы и процесс получения мелкокускового торфяного топлива для энергохимического использования. М. — Л., 1961.
9. Справочник по торфу/Под ред. Лазарева А.В. и Корчунова С.С. М., Недра, 1982. – 760 с.
10. Раковский В.Е., Ривкина Х.И. О природе механической прочности кускового торфа //Торфяная промышленность. 1950. № 1. – С. 29-30. **ИДБ**

**КОРОТКО ОБ АВТОРАХ**

Михайлов А.В., Большунов А.В., Кремчев Э.А., Епифанцев К.В. — Санкт-Петербургский государственный горный университет, e-mail:rectorat@spmi.ru.