

бурого угля, в частности, Бриневского месторождения до 50 % не только не ухудшает, а, наоборот, улучшает качество торфо-буроугольных брикетов: повышается их плотность, значительно увеличивается прочность, повышается теплота сгорания. Кроме того, вовлечение большого количества бурого угля в процесс брикетирования позволяет сохранить торфяные ресурсы Беларуси.

Таким образом, энергетическое направление использования местных видов топлива в виде прессования топливных брикетов из смесей различных горючих материалов является технически возможным и обоснованным, экономически выгодным, что позволит сократить зарубежные поставки углеводородного сырья.

УДК 622.331

Обоснование технологической схемы обогащения высокозольного торфа Украины для производства гранул и брикетов

Гнеушев В.А., Стадник А.С., Рыбак И.И.

Национальный университет водного хозяйства
и природопользования, г. Ровно

Геологические запасы торфа в Украине составляют 2,17 млрд. т условной влажности, а балансовые – около 934,0 млн. т. Годовая добыча торфа достигает 0,7-0,8 млн. т. По ориентировочным расчетам, на торфяных месторождениях и заболоченных землях ежегодно образуется и накапливается около 1,4 млн. т торфа, что свидетельствует о его полной возобновляемости в масштабах страны. Использование торфа в качестве альтернативного топлива стимулируется рядом государственных документов и программ.

Качество торфяных брикетов в Украине регламентируется стандартом ДСТУ 2042–92, согласно которому их зольность не должна превышать 23 %. Зольность торфяных гранул регламентируется техническими условиями, разработанными производителями этой продукции с учетом европейских требований качества согласно CEN 1496:2005. Требования к зольности топлив в этом документе жестче украинских.

Более половины балансовых запасов торфа Украины имеют зольность выше 23 %, что ограничивает возможность их использования для выпуска топливной продукции. Обогащение (снижение зольности) торфа технологией производства топливных гранул и брикетов не предусмотрено.

Исследование обогащаемости торфа осуществлялось Ф.С. Яцевичем [1] в 80-х годах прошлого века в АН БССР. Широкого внедрения в производство эти исследования не получили. В 2010 году исследования по обогащаемости высокозольных торфов Украины возобновлены кафедрой разработки месторождений полезных ископаемых Национального университета водного хозяйства и природопользования. Результаты исследований опубликованы в девяти работах, получено два патента Украины.

Основной задачей этой работы является обоснование технологической схемы «сухого» обогащения высокозольного торфа (Ad свыше 25-35 %) для выпуска кондиционных топливных гранул и брикетов с зольностью до 23 %

На основании анализа химического, элементного и петрографического составов высокозольного торфа задачей его обогащения принято раскрытие и удаление минералов вторичной золы. Соответственно, минимальная зольность концентратов не может быть ниже конституционной зольности торфа.

В процессе полевой сушки частиц высокозольного торфа происходит усадка его органической части и разрушение механической связи на поверхности раздела минерал - органическая часть. Вокруг минеральных частиц возникают пространственные камеры, которые видно при макроскопическом анализе изломов крупных частиц высокозольного фрезерного торфа с увеличением в 25 раз. Процесс сушки обеспечивает селективное раскрытие минералов вторичной золы высокозольного торфа, что приводит к максимальной концентрации этих минералов в классах крупности, соответствующих их размерам. Это подтверждается результатами распределения зольности по классам крупности гранулометрического состава высокозольного торфа месторождений «Старники» и «Засветье-Ситнелюк», где максимальная зольность отмечена в классах крупности -0,5+0,1 и -1+0,1 соответственно. Для расчета распределения зольности по классам крупности торфа получены уравнения регрессии:

$$A = 34,528 \cdot e^{-14,098(d-0,394)^2} + 20,865, \% \quad (1)$$

$$A = 22,889 \cdot e^{-40,426(d-0,222)^2} + 18,281, \% \quad (2)$$

где d – средняя крупность элементарной фракции, мм. Коэффициенты корреляционных отношений этих уравнений равны 0,936 и 0,914.

По результатам фракционирования гранулометрического состава высокозольного торфа месторождений «Старники» и «Засветье-Ситнелюк» в тяжелых жидкостях с плотностями 1300, 1400, 1500, 1600 и 1800 кг/м³ получено уравнение регрессии для определения зольности элементарных фракций:

$$A = 202,99 - 318,21 \cdot \rho + 5,96 \cdot d - 4,22 \cdot \rho \cdot d + 129,30 \cdot \rho^2, \% \quad (3)$$

где ρ и d – плотность и средняя крупность элементарных фракций в т/м³ и мм. Коэффициент корреляции этого уравнения составляет 0,977, дисперсия 5,18 %.

Судя по показателям извлечения зольности с элементарными фракциями, можно утверждать, что основная часть золы высокозольного торфа сосредоточена во фракциях с плотностью больше 1800 кг/м³ и крупностью от -0,5+0,1 мм до -1+0,1 мм. Достаточное раскрытие минералов вторичной золы достигается при измельчении высокозольного торфа до крупности -3+0 мм.

Для оптимизации технологической схемы обогащения высокозольного торфа выполнен фракционный анализ измельченного высокозольного торфа до крупности -3+0 мм. Извлечение золы с элементарными фракциями измельченного высокозольного торфа приведено в таблице 1.

Класс крупности -0,1+0 мм не разделяется в гравитационном поле из-за преобладания силы Стокса. Его содержание незначительное и в опытном образце не превышает 3 %. Также получено уравнение регрессии для определения зольности измельченного торфа

$$A = 187 - 0,28 \cdot \rho + 0,11 \cdot \rho^2, \% \quad (4)$$

где ρ – плотность среды, кг/м³. Влияние крупности частиц в этом случае не значимое. Коэффициент корреляции составляет 0,992, дисперсия 3,42 %.

Поведение частиц при «сухих» методах сепарации определяется их кажущейся плотностью, поэтому границы разделения по плотности каждого класса крупности пересчитаны с использованием формулы проф. Н.В. Кислова для нормальнозольного торфа [2]:

$$\rho_m = \rho_{1R} \cdot R^\alpha \cdot \left(\frac{d}{d_1}\right)^\beta \cdot \left(1 - (1 - k_1) \cdot \frac{w}{100}\right)^\delta, \text{ кг/м}^3. \quad (5)$$

где ρ_{1R} – плотность абсолютно сухих частиц торфа крупностью 1 мм при $R = 1\%$; α , β , и δ – эмпирические коэффициенты; w – влажность частиц торфа, %; R – степень разложения, %; d – размер частиц, мм; $d_1 = 1$ мм; k_1 – коэффициент усадки, который зависит от степени разложения.

Таблица 1 – Извлечение золы с элементарными фракциями высокозольного торфа месторождения «Старники»

Плотность фракции ($\times 10^{-3}$), кг/м ³	Извлечение золы в класс крупности, %			Сумма
	-0,5+0,1 мм	-1+0,5 мм	-3+1 мм	
<1,3	2,21	0,22	1,11	3,54
1,3-1,4	0,76	0,64	7,72	9,12
1,4-1,5	3,88	0,67	3,41	7,96
1,5-1,6	1,29	0,50	2,44	4,23
1,6-1,8	4,00	1,17	5,23	10,40
>1,8	47,86	7,06	9,82	64,74
Сумма	60,01	10,26	29,75	100,00

Кажущаяся плотность сростков определялась по формуле:

$$\rho_{зр} = \frac{100 \cdot \rho_з \cdot \rho_m}{100 \cdot \rho_з - \gamma_з \cdot (\rho_з - \rho_m)}, \text{ кг/м}^3, \quad (6)$$

где $\rho_{жс}$ – кажущаяся плотность частиц нормальнозольного торфа, который соответствует высокозольному, кг/м³; $\rho_з$ – средняя плотность минералов вторичной золы торфа, кг/м³; $\gamma_з$ – массовая доля минералов вторичной золы торфа, которая рассчитывается по формуле

$$\gamma_з = \frac{A - A_0}{100 - A_0} \cdot 100, \% \quad (7)$$

где A – зольность сростка, %; A_0 – зольность нормальнозольного торфа, %.

Для выделения высокозольной фракции выбран метод пневматической сепарации, обеспечивающий разделение по крупности частиц, а также метод вибрационной сепарации, обеспечивающий разделение по плотности выделенного узкого класса. Соответствующие линии разделения операций отображены на рис. 2.

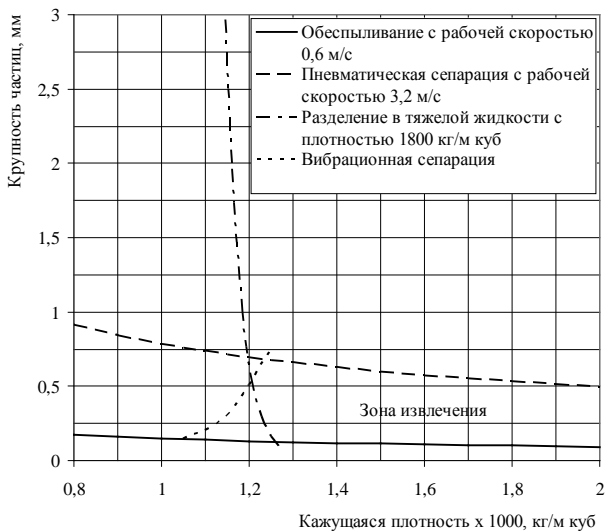


Рис. 2. График линий разделения измельченного торфа

В результате лабораторных испытаний обогащения высокозольного фрезерного торфа месторождения «Старники» с зольностью 29,27 % по технологической схеме, включающей сушку торфа, измельчение его до крупности $-3+0$ мм, обеспыливание, пневматическую сепарацию в сепараторе типа «Зиг-заг» и вибрационную сепарацию легкой фракции пневматической сепарации, был получен концентрат с зольностью 19,46 % и массовым выходом 82,12 %. Извлечение горючей массы составило 93,51 %.

Таким образом, подтверждается возможность использования высокозольного торфа для изготовления кондиционной топливной продукции соответствующей требованиям нормативных документов Украины.

Литература

Яцевич Ф.С. Торф сырье для химической переработки / Ф.С. Яцевич. – Минск: АН БССР, 1981. – 136 с. 2. Кислов Н.В. Аэродинамика измельченного торфа / Н.В. Кислов; под ред. И.И. Лиштвана. - Минск: Наука и техника, 1987. -175 с.