

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

Перспективные технологии комплексной переработки торфа*

Бессмертных А. В., канд. техн. наук, Зайченко В. М., доктор техн. наук,
Коростина М. А., Кузьмина Ю. С., инженеры

Объединенный институт высоких температур РАН, Москва

Рассмотрены перспективные направления использования торфа в региональной энергетике и для производства углеродных материалов. Приведены результаты исследований ОИВТ РАН по пиролизу торфа, получению кокса и активных углей, а также экологически чистого газообразного топлива.

Ключевые слова: торф, газификация, пиролиз, торфяной кокс, активный уголь.

В России учтено и частично разведано около 45 тыс. торфяных месторождений общей площадью 80,5 млн га с запасами торфа, составляющими 47 % общего объема мировых запасов [1]. По сравнению с другими природными энергоносителями (кроме леса) торф имеет ряд преимуществ:

равномерное распределение по территории и доступность, что резко снижает транспортные расходы;

относительная быстрота и комплексность освоения, включая промышленное производство топлива для энергетики, коммунально-бытовых нужд, сельского хозяйства, а также высокоценных угольных материалов, таких, как активированный уголь, кокс и полукокс.

Наряду с этим торф дает возможность производить жидкие и газообразные энергоносители, не уступающие по конкурентоспособности нефти и газу. В декабрьской резолюции Европарламента 2006 г. торф отнесен к возобновляемым источникам энергии в пределах годового прироста. В настоящее время топливно-энергетическая база России сформирована главным образом из невозобновляемых углеводородных ресурсов, но в ближайшие годы большая часть прироста потребности в энергии должна будет обеспечиваться за счет использования альтернативных источников. Поэтому среди традиционных возобновляемых источников энергии торф представляет несомненный интерес.

Стадиями современных технологий энергетического использования торфа являются предварительная механическая переработка в

топливные брикеты и гранулы (пеллеты) и последующая термохимическая конверсия.

Технологии конверсии торфа в топливо и углеродные материалы. Запасы торфа в России и их доступность для большинства регионов позволяют создать мощную региональную энергетику [2]. Для этого целесообразно перерабатывать торф в экологически чистые энергоносители. Современные технологии термохимической конверсии торфа можно разделить на две основные группы: газификацию и пиролиз.

Газификация — это совмещенный процесс сжигания торфа при недостатке кислорода с получением газообразных горючих продуктов, состоящих в основном из монооксида углерода, водорода, метана, легких углеводородов, двуокиси углерода и азота. Продуктами газификации являются также жидкости (деготь, масла и другие конденсаты), уголь и зола. Максимальная температура и, следовательно, интенсивность газификации торфа ограничиваются температурами размягчения золы. В табл. 1 приведены показатели процессов газификации фрезерного и пылевидного торфа [3].

Пиролиз — это технология термической конверсии биомассы без участия кислорода с получением твердых, жидких и газообразных продуктов. Жидким продуктом является пиролизное масло, которое используется напрямую (например, в качестве бойлерного топлива) или перерабатывается в моторное топливо, химикаты, адгезивы и др. Продукты прямого пиролиза могут быть токсичными и вызывать коррозию. После переработки продуктов пиролиза возможен также выход поллютантов, однако в отличие от сжигания и газификации эффективность конверсии в целевые продукты и снижения поллютантов легко

* Работа выполнена в рамках государственного контракта № 16.516.11.6130.

Таблица 1

Разработчик	Содержание исходной влаги, %	Состав газов, % (по объему)							Теплота сгорания, МДж/м ³	Выход газа, м ³ /кг
		CO ₂	CH ₄	O ₂	CO	H ₂	CH ₄	N ₂		
ВНИГИ	36	8,3	0,8	0,2	24	11,8	1,7	53,2	5,7	1,56
ГИАП	11	16,6	0,3	—	13	17,2	2,3	50,6	4,4	2,11
ГИАП (дутье, обогащенное кислородом)	11	19,7	0,1	—	30	30,5	2,3	17,4	7,8	1,27
ИНСТОРФ	6	10,5	0,2	0,3	21	17,4	2,4	48,2	5,9	2,19

Таблица 2

Разработчик	Содержание влаги, %	Состав газа, % (по объему)						Выход, м ³ /кг	Теплота сгорания, МДж/м ³
		CO ₂	CH ₄	CO	H ₂	CH ₄	N ₂		
ВНИИТП	7	30,7	8,6	16,1	28,7	15,4	0,5	0,30	20,3
ВНИИТП	7	23,7	6,9	18,8	32,9	16,7	1,0	0,41	18,9
ЭНИН (газ-кокс)	27	16	3,7	25,3	36,5	13,5	5,0	0,49	15,3

контролируется. В табл. 2 приведены данные о выходе газообразных продуктов пиролиза торфа [3].

Достоинство газификации — довольно высокая степень конверсии энергии исходного торфа в энергию получаемого газа. Недостаток — низкие теплотехнические характеристики газа: теплота сгорания (1300 ккал/м³) и температура горения (максимум 1400 °С). При пиролизе теплота сгорания газа значительно выше (см. табл. 2), но коэффициент преобразования энергии торфа в энергию газа крайне низок (20 — 25 %).

Работы, выполненные ОИВТ РАН [4], направлены на исследование процессов пиролиза с целью получения экологически чистого и безопасного газообразного топлива с высокими теплотехническими параметрами и

твердых углеродных материалов широкого промышленного назначения. Производство газообразного топлива, которое можно непосредственно использовать в энергетических агрегатах, особенно важно для объектов распределенной энергетики в районах, богатых биомассой (торфом, отходами лесозаготовок, валежником и т. д.).

Авторы данной статьи провели экспериментальные исследования пиролиза торфа, одной из целей которых было определить распределение потенциальной энергии торфа по газовой, жидкой и твердой фазам. На рисунке приведены энергетические диаграммы пиролиза торфа при максимальных температурах 700 °С (а) и 800 °С (б).

Эксперименты показали, что основная часть энергии торфа конвертируется в энер-



а)



б)

Таблица 3

Технический состав, % (по массе)					Элементный состав, % (по массе)						
W_a	A_a	V_a	A^d	V^{daf}	N^a	C^a	H^a	N^{daf}	C^{daf}	H^{daf}	S^a
9,7	3	65,5	3,3	75,1	1,48	48,6	6,05	1,69	55,67	6,93	Следы

гию твердой и жидкой фаз. Поэтому одним из направлений наших дальнейших исследований стала разработка технологии максимальной конверсии энергии торфа в энергию газообразного топлива [4].

Получение кокса. По своим свойствам торфяной кокс отличается в выгодную сторону от каменноугольного, так как торф содержит ничтожные количества серы и фосфора, что обуславливает почти полное отсутствие этих вредных для металлургии элементов в коксе. В этом отношении торфяной кокс приближается к древесному углю. Содержание серы в нем, как правило, не превышает 0,2 %, что примерно в 10 – 20 раз меньше, чем в каменноугольном коксе. Зольность торфяного кокса обычно также ниже, чем каменноугольного. При правильном выборе торфа для коксования содержание золы в конечном продукте не превышает 8 – 10 %, в то время как зольность каменноугольного кокса составляет не менее 12 %.

Характеристики торфяного кокса в значительной мере зависят от происхождения и свойств исходного материала. Нами был получен кокс из торфа, состав которого представлен в табл. 3. Здесь использованы следующие обозначения:

W_a — содержание влаги (определяли по ГОСТ 27314–91);

A_a — аналитическая зольность (ГОСТ 11022–95);

A^d — зольность на сухое вещество (ГОСТ 11022–95);

V_a и V^{daf} — выход летучих из аналитической пробы и в пересчете на сухое беззольное вещество (ГОСТ 6382–2001);

C^a , H^a и C^{daf} , H^{daf} — содержание водорода и углерода в аналитической пробе и в пересчете на сухое беззольное вещество (ГОСТ 2408.4–98);

N^a и N^{daf} — содержание азота в аналитической пробе и в пересчете на сухое беззольное вещество;

S^a — содержание серы в аналитической пробе (ГОСТ 2059–95).

Физико-химические свойства полученного торфяного кокса: теплота сгорания —

27,25 МДж/кг, предел прочности на сжатие — 15,5 МПа, содержание углерода — 94,3 %, серы — 0,01 %, фосфора — следы.

Содержание летучих веществ в торфяном коксе зависит от способа коксования и колеблется от 6 до 8 %. Аналогичный показатель каменноугольного кокса составляет около 1,5 %. По механической прочности торфяной кокс уступает каменноугольному и находится на уровне хороших сортов древесного угля.

Специфической особенностью торфяного кокса является его высокая реакционная способность, существенно превышающая этот показатель для минерального кокса. Данное обстоятельство имеет большое значение для доменного процесса. Благодаря высокой реакционной способности углекислота, образующаяся из окиси углерода за счет раскисления окислов железа, будет восстанавливаться быстрее, в результате чего процесс восстановления руды пойдет интенсивнее, чем при применении минерального топлива.

Следует отметить, что для получения кокса высокого качества необходим торф, удовлетворяющий определенным требованиям. Например, для получения малозольного кокса следует использовать малозольные сорта торфа. Если исходить из требования, что зольность кокса не превышает 8 – 10 %, то, учитывая, что зольность конечного продукта примерно в 3 раза превышает данный показатель у исходного сырья, можно сделать вывод, что исходный торф не должен содержать более 2,5 – 3 % золы. Этому требованию удовлетворяют верховые торфы. Другое требование к исходному сырью заключается в том, что степень гумификации торфа, предназначенного для коксования, должна находиться в пределах 35 – 65 %. Малоразложившиеся, а также перезрелые торфы не дают хорошего кокса.

Таким образом, для получения хорошего металлургического кокса должен применяться малозольный сфагновый торф, средне или хорошо разложившийся и хорошо переработанный.

Массивы, пригодные для добычи торфа для коксования. Торф, пригодный для получения хорошего кокса, можно разрабатывать в европейской части России и на Урале. Запасы коксующегося торфа в этих регионах составляют более 500 млн т.

Получение активированных углей. Специальная обработка углеродсодержащих продуктов, приводящая к увеличению поверхности кокса и других богатых углеродом веществ, сопровождается значительным повышением поглощающей способности углей. Активирование углей и получение так называемого активного угля можно осуществлять различными методами, но обязательным в этих процессах является увеличение общей поверхности углеродсодержащего вещества. Несмотря на то, что активные угли могут быть получены из разнообразных веществ, содержащих углерод, практическое значение для производства активных углей имеют относительно немногие виды сырья. Среди них важное место занимает торф.

Пути получения из торфа активных углей. Высокая реакционная способность торфяного кокса позволяет проще, чем у других продуктов (например, каменных углей) увеличить сорбционную способность путем обработки активирующими газами — углекислотой и парами воды. Такая обработка приводит к тому, что внутренняя поверхность кокса значительно увеличивается и одновременно повышается сорбционная способность.

В России существует опыт промышленного производства активных углей из торфа [5].

Нами был получен активный уголь при обработке полученного ранее торфяного кокса с активностью по йодному числу 840 мг/г. Такая активность соответствует требованиям к углям, применяемым для очистки сточных вод и ликвидации последствий аварий, связанных с разливом нефти.

Торф является ценным и широко распространенным возобновляемым источником энергии. Его использование позволит создать распределенную энергетику на местных ресурсах. Исследования ОИВТ РАН показали возможность производства из торфа качественного металлургического кокса и активных углей для широкого применения.

Список литературы

1. **Марков В. Д., Оленин А. С., Оспенникова Л. А.** Торфяные ресурсы мира: Справочник / Под общ. ред. А. С. Оленина. — М.: Недра, 1988.
2. **Марков В. И.** Возможности использования мощностей торфяной промышленности и создания на их базе малой местной энергетики в районах. — Торф и бизнес, 2008, № 3.
3. **Справочник по торфу** / Под ред. А. В. Лазарева и С. С. Корчунова. — М.: Недра, 1982.
4. **Бессмертных А. В., Зайченко В. М., Коростина М. А.** Новые технологии конверсии твердых топлив в газ и углеродные материалы. — Тепловые процессы в технике, 2012, № 5.
5. **Федоров Н. Ф., Михайлов А. В., Колосенцев С. Д.** Перспективы импортозамещения активных углей. — Торф и бизнес, 2009, № 2.

anbessmer@rambler.ru

