

**НАУКИ О ЗЕМЛЕ**

УДК 665.7.032.54

*Академик И. И. ЛИШТВАН, В. М. ДУДАРЧИК, В. М. КРАЙКО***ТВЕРДЫЕ ГОРЮЧИЕ ИСКОПАЕМЫЕ БЕЛАРУСИ И ОСОБЕННОСТИ  
ИХ ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ***Институт природопользования НАН Беларуси, Минск**Поступило 29.04.2015*

**Введение.** В настоящее время в качестве основных источников сырья для химической промышленности рассматривают нефть и природный газ. Вместе с тем для устойчивого развития любой страны сырьевая база промышленности должна быть достаточно гибкой и основываться на применении различных взаимозаменяемых видов органического сырья. В Беларуси имеются такие твердые энергоносители, как торф и потенциальные пока неразрабатываемые бурые угли и горючие сланцы. Для ряда регионов их использование может быть экономически оправдано уже сейчас.

Уголь как альтернативное сырье для органического синтеза приобретает в последнее время все большее значение. Многие научные исследования направлены на разработку новых методов получения различных органических веществ из синтез-газа, образующегося при газификации угля либо горючих сланцев, а также на модернизацию уже существующих процессов. Сегодня топливная система нашей республики зависит от внешних поставщиков и прежде всего от российского газа и нефти, составляющих примерно 70 % от всех потребляемых энергоносителей, и одна из самых актуальных задач республики – это уменьшить энергозависимость от стран-соседей.

В комплексных схемах глубокой переработки белорусских энергоносителей наиболее экономически оправдано предусматривать наряду с топливной составляющей их нетопливное использование, которое предлагает не одно, а ряд направлений. Из них наиболее важными являются следующие: получение химических продуктов при полукоксовании бурых углей, гидрирование и газификация углей, сланцев, торфа и древесных отходов, получение технологических газов, адсорбентов и других продуктов. При этом надо учитывать возможность утилизации минеральных отходов добычи и переработки топлива.

**Бурые угли Республики Беларусь.** В Беларуси прогнозные общие запасы неогеновых бурых углей составляют около 1,5 млрд т: разведанные (балансовые экономически целесообразные) ~160 млн т, в перспективе ~250 млн т; детально разведанные к настоящему времени – 100 млн т. Наиболее перспективными для промышленного освоения являются месторождения бурых углей в западной части Гомельской области – Житковичское, Бриневское и Тонежское. Средняя мощность пластов – 3–4 м, максимальная – 19,9 м, вскрыши – от 21 до 81 м [1; 2]. Влажность углей колеблется в пределах 38–68 %, зольность – 8–42 %, содержание гуминовых веществ составляет 61–68 % и до 9 % битумов, выход летучих веществ – 55–64 %. Низкое содержание серы (0,6–1,5 %) позволяет отнести бурые угли к категории малосернистых, что имеет существенное экологическое значение для термохимической переработки. Низшая рабочая теплота сгорания в зависимости от влажности углей и содержания в них золы составляет 6,3–8,4 МДж/кг сухого вещества [3].

Кроме указанных неогеновых углей, относящихся к классу Б1, выявлено также Лельчицкое месторождение бурых углей класса Б3. В Институте природопользования НАН Беларуси прове-

ден комплекс исследований по составу этих углей, их качественным характеристикам, направлениям использования. Средние показатели качества бурых углей Беларуси приведены в таблице.

Для промышленного освоения неогеновых бурых углей подготовлены 2 залежи Житковичского месторождения – Найдинская и Северная – с общими запасами 46,7 млн т. по категориям А+В+С<sub>1</sub>. На базе этих запасов возможно проектирование и строительство двух разрезов суммарной производственной мощностью 2,2 млн т/год.

#### Основные средние показатели качества бурых углей месторождений Беларуси

Показатель	Месторождения				
	Житковичское		Бриневское	Тонежское Основной пласт	Лельчицкое
	Северная залежь	Найдинская залежь			
	Неогеновые, класс Б1				Класс Б3
Глубина залежи, м	21–60		66–99	26,3–103,3	90–390
Зольность, %	21,2	16,7	25,6	22,0	30,3
Влажность естеств., %	55,8	61,7	55,3	55,1	13,0
Элементный состав, %					
С	64,0	64,5	66,9	65,1	69,0
Н	5,0	4,8	5,0	5,6	4,7
N	0,9	0,6	0,7	1,5	1,1
О (по разности)	29,4	29,3	26,4	27,3	23,2
S	0,7	0,8	1,0	0,5	2,0
Выход летучих веществ, % на ОВ	55,8	61,7	61,3	57,7	43,8
Спирто-бензолные битумы, % на ОВ	6,0 5,5–10,7	Не опр.	8,1 7,5–8,9	4,7 2,8–9,2	1,0
Гуминовые вещества, % на ОВ	77,0	74,2	58,5 50,6–71,0	70	10,0
Выход смолы по Фишеру, % на с. в.	9,0	9,1 4,5–13,8	11,2 9,2–13,3	Не опр.	Не опр.
Нижшая удельная теплота сгорания, МДж/кг	6,7	5,8	5,7	5,4–10,1	14,7–19,4
Высшая удельная теплота, МДж/кг	24,6	24,5	24,6	23,3–29,2	25,8–34,2

Добычу их наиболее целесообразно осуществлять карьерным способом на всех трех месторождениях в следующей последовательности: сначала Житковичское, затем Бриневское и последним Тонежское. Последовательность отработки месторождений позволяет использовать одно горно-добычное и транспортное оборудование на всех месторождениях. Этим экономятся вложения на приобретение оборудования.

Мировые цены на уголь как энергоноситель являются самыми низкими и с учетом этого, а также экологических условий в промышленно развитых странах разрабатывается новая концепция использования угля с целью повышения его удельного веса в топливно-энергетическом балансе государства. Суть ее заключается в глубокой переработке углей, в том числе бурых с получением более дорогих видов продукции. Существует несколько основных вариантов такой переработки. Один из них – получение моторных топлив, цены на которые в разы превышают исходный продукт. По такому пути идут Германия, Южно-Африканская республика и Чехия. Наиболее полно в промышленном масштабе эта проблема решена в ЮАР. Технология производства моторного топлива из бурого угля – технология Фишера–Тропша была освоена в 1930-е годы в Германии в промышленном масштабе и успешно эксплуатировалась. В настоящее время особенно преуспела в реализации данной технологии южноафриканская компания «Сасол». Перерабатывая 33 млн т/год бурого угля, на предприятиях компании производится свыше 4,5 млн т/год жидких топлив (бензин, дизельное топливо, керосин и др.). Технология переработки бурых углей базируется на сочетании двух методов: газификация угля по методу Лурги и превращение синтез-газа в жидкие продукты с применением каталитического процесса Фишера–Тропша.

Жидкие углеводороды представляют собой смесь парафиновых углеводородов (главным образом нормального строения) и олефинов с присутствием ароматических углеводородов, циклопарафинов, смол и других продуктов пиролиза. При применении специальных катализаторов возможно повышенное образование ароматических и циклопарафиновых углеводородов. Полученные жидкие углеводороды предполагается использовать в качестве сырья на нефтеперерабатывающих заводах при производстве моторных топлив с доведением их качества до требуемых параметров. Попутными продуктами термохимической переработки бурых углей являются сульфат аммония, серная кислота и щебень для строительных работ из плавленного шлака печей пиролиза.

Бурые угли Житковичского, Бриневского и Тонежского месторождений по своему составу относятся к гуминовым (таблица), так как основную часть их органической массы составляют гуминовые вещества. С этих позиций они фактически близки к торфу высокой степени разложения и пригодны для получения разнообразной нетопливной продукции, о чем свидетельствуют материалы научных и опытно-промышленных исследований. Уже разработаны технологии получения биологически активных веществ для земледелия в виде стимуляторов роста растений и стимулирующих добавок к минеральным удобрениям, мелиорантов почв, сорбционных материалов для очистки жидких и газовых сред, углещелочных реагентов, применяемых для бурения скважин и других продуктов нетопливного назначения (органоминеральных удобрений различных марок, восков, красителей и др.). Многие из указанных продуктов испытаны в производственных условиях, прошли санитарно-гигиеническую и токсикологическую проверку.

**Лельчицкие бурые угли.** Прогнозные ресурсы бурых углей Лельчицкого месторождения составляют 250 млн т. Пласты имеют толщину 1,2–12,2 м, глубина залегания от 90 до 390 м. Запасы угля на наиболее изученном участке «Северный» около 110 млн т, площадь 14 км<sup>2</sup>. Установлено, что бурые угли Лельчицкого месторождения представляют собой твердые горючие ископаемые с более высокой степенью метаморфизма, чем угли неогенового периода формирования и относятся к углям марки БЗ. По теплотворной способности указанные угли в два раза превосходят неогеновые, что позволяет рекомендовать их для прямого сжигания.

Исследование состава смолы бурых углей Лельчицкого месторождения показало, что суммарное содержание в смоле легкой и средней фракции составило 20–36 %, антраценовой фракции – 38–50 %; элементный состав: С – 82–84 %, Н – 8–10 %, N – 1,5 %, S – 2,2 %, O – 3,5 %. Оценена теплота сгорания смолы, которая составила 30–32 МДж/кг. Фракционный состав смолы лельчицких бурых углей содержит высокое количество полициклических ароматических углеводородов, что указывает на близость ее состава к смоле каменных углей [4].

Возможные пути использования лельчицких бурых углей:

прямое сжигание разными известными способами, разработанными для бурых и каменных углей для крупных энергоисточников, а также целесообразно использование в коммунально-бытовом секторе, на мини-ТЭЦ;

термохимическая переработка с получением газообразных и высококалорийных жидких энергоносителей (котельные и моторные топлива).

Одним из перспективных направлений использования лельчицких бурых углей кроме сжигания и газификации может стать их использование в качестве смесевых топлив совместно с горючими сланцами Беларуси на установке с твердым теплоносителем УТТ–3000 с получением «сланцевой нефти», пригодной для изготовления моторных топлив и других органических материалов. Идея такого подхода к переработке белорусских сланцев состоит в том, что они по качеству (содержанию керогена) уступают перерабатываемым в настоящее время эстонским сланцам и если их обогатить лельчицкими бурными углями в соотношении 8 : 2, то полученная смесь по содержанию органического вещества будет соответствовать горючим сланцам Эстонии, которая успешно и с экономической выгодой десятки лет получает моторные топлива и другие химические материалы на установках УТТ–3000, рекомендуемых также и для переработки белорусских сланцев [5].

Кроме того, в составе золы бурых углей Лельчицкого месторождения обнаружен спектр ценных редкоземельных элементов, которые при детальном изучении в перспективе смогут также стать важным направлением в использовании указанных бурых углей.

**Технологии переработки сланцев.** Белорусские горючие сланцы не соответствуют по своим показателям качеству топлива для сжигания на электростанциях в исходном виде. Использование энергетического, а также химического потенциала органической части горючих сланцев возможно путем их термической переработки в агрегатах соответствующей конструкции [6].

В настоящее время основными промышленными способами термической переработки горючих сланцев с получением высококалорийных энергоносителей являются полукоксование в газогенераторах и пиролиз с твердым теплоносителем. Переработка горючих сланцев в газогенераторах заключается в полукоксовании сланца в потоке газового теплоносителя с температурой 800–900 °С, получаемого за счет сжигания генераторного газа. При термическом разложении сланца образуются следующие продукты: смола, вода и генераторный газ. Остатком переработки является полукок. Недостатком газогенераторов является ограничение размера перерабатываемых кусков сланца до 25–125 мм и содержания мелочи не более 7 %, в то время как с использованием механизированной системы разработки пластов при добыче количество образующейся мелочи достигает 50–60 %.

Из существующих технологий наиболее эффективной и освоенной в промышленном масштабе является технология термической переработки с твердым теплоносителем. Для нагрева сырья по этой технологии в качестве твердого теплоносителя используется собственная горячая зола сланца. На установках с твердым теплоносителем перерабатывают мелкозернистые фракции с размером частиц до 25 мм. Данные фракции составляют до 60 % общего количества сланца при его механизированной добыче.

Технология термической переработки сланцев широко используется в настоящее время для переработки горючих сланцев в Эстонии, Китае. Так, в Эстонии к 2015 г. 90 % сланцев будут перерабатывать этим методом. Установки УТТ–3000, созданные в промышленном масштабе, не имеют аналогов в мире. Опыт их эксплуатации показал, что энерготехнологическая установка в составе двух агрегатов способна обеспечить высококачественным жидким и газообразным топливом энергоблок мощностью около 150 Мвт. При переработке 500 тыс. т/год установка становится рентабельной, а при дальнейшем увеличении количества перерабатываемого сланца – прибыльной.

Указанная технология наиболее эффективна для переработки белорусских горючих сланцев. Технологическая схема установок предусматривает получение сланцевой смолы и полукоксового газа, являющихся альтернативными заменителями нефти и природного газа. Дальнейшая их переработка обеспечивает получение моторного, котельного и газотурбинного топлива, а также ценного сырья для химического производства.

При переработке сланцев Туровского месторождения на УТТ–3000 производительностью 1 млн т/год выход продуктов составит: смолы – около 65 тыс. т, газового бензина – 9,6–10,6 тыс. т, газа – 36–58 млн м<sup>3</sup>, пирогенетической воды – 21–29 тыс. т и золы – 740–800 тыс. т.

Заслуживает внимания и тот факт, что на УТТ возможна переработка со сланцем органических отходов. Эффективность термохимической переработки сланцев можно значительно повысить за счет их совместной переработки с торфом, сапропелем, бурыми углями или полимерными отходами (изношенные автопокрышки, полиэтилен и др.), что позволяет существенно повысить выход целевых продуктов и соответственно снизить их себестоимость.

Промышленное освоение месторождений горючих сланцев будет экономически и экологически оправдано лишь при условии полной утилизации всех продуктов переработки, прежде всего золы, которая может найти применение в производстве стройматериалов, сельском хозяйстве и дорожном строительстве.

В целом можно отметить, что твердые горючие ископаемые Республики Беларусь – важные для страны природные ресурсы и их глубокая комплексная переработка является достаточно эффективной в современных экономических отношениях.

## Литература

1. Полезные ископаемые Беларуси / Под ред. П. З. Хомича. Минск, 2002.
2. Ажгиревич Л. Ф. Закономерности размещения и образования горючих ископаемых. Минск, 1986.
3. Лиштвак И. И., Фалюшин П. Л., Дударчик В. М. и др. // ХТТ. 2009. № 3. С. 20–25.
4. Лиштвак И. И., Фалюшин П. Л., Крайко В. М. и др. // ИФЖ. 2012. Т. 85, № 6. С. 1235–1241.
5. Лиштвак И. И., Дударчик В. М., Крайко В. М. и др. // ХТТ. 2014. № 2. С. 3–7.
6. Горький Ю. И., Лукьянова З. К., Стельмах Г. П. и др. Проблемы комплексного использования горючих сланцев Белорусской ССР. Минск, 1983.

*I. I. LISHTVAN, U. M. DUDARCHYCK, V. M. KRAIKO*

*vvkraiko@gmail.com*

### **FUELS OF BELARUS AND THE PECULIARITIES OF THEIR DEEP PROCESSING**

#### **Summary**

This work presents the data on the existing stock, quality indicators of brown coal and oil shale in Belarus, as well as the most appropriate and cost-effective technologies of their deep and complex processing.