

УДК 338.45:620.9(476)

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БУРЫХ УГЛЕЙ БЕЛОРУССКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

КРАВЧЕНКО В. В.

Институт экономики Национальной академии наук Беларуси

В настоящее время сложились такие условия, что цена газа и нефти, импортируемых в Республику Беларусь, постоянно возрастает, поэтому вовлечение в топливно-энергетический баланс белорусских бурогольных месторождений приобретает важное значение как с точки зрения снижения энергетической составляющей в себестоимости продукции на предприятиях Беларуси, так и с точки зрения энергетической безопасности республики путем диверсификации топливно-энергетического баланса.

Кроме того, Директивой «Экономия и бережливость – главные факторы экономической безопасности государства» от 14 июня 2007 г. № 3 Президент Республики Беларусь А. Г. Лукашенко поставил задачу обеспечить в 2012 г. не менее 25 % объема производства электрической и тепловой энергии за счет использования местных видов топлива, вторичных энергетических ресурсов и альтернативных источников энергии и в 2015 г. вовлечь в топливный баланс бурые угли белорусских месторождений.

Мировой финансовый кризис значительно обострил проблему поиска новых подходов к развитию отечественного топливно-энергетического комплекса (ТЭК). Многие годы энергетика республики базируется на импортируемом высококачественном топливе, из местных видов топлива (МВТ) в энергетический баланс вовлечены лишь нефть, торф и дрова. Эффективность использования бурых углей может быть повышена при комплексном использовании всех продуктов их переработки.

Месторождения бурых углей находятся в Припятском Полесье. Прогнозные запасы бе-

лорусских бурых углей составляют около 1,5 млрд т. Детально разведаны три месторождения – Житковичское (открыто в 1969 г.), Бриневское (Петриковский район) и Тонежское (Лельчицкий район), общие запасы которых по предварительным подсчетам составляют около 152 млн т [1, с. 80]. В последние годы на юге республики открыто относительно большое Букчанское месторождение, которое в будущем может иметь промышленное значение. Разведанные залежи угля пока еще не разрабатываются, так как уголь залегает на большой глубине, имеет малую мощность пластов и невысокое качество. В целом детально разведано около 120 млн т угля.

Основными характеристиками качества углей, определяющими их энергетическую пригодность, являются: низшая удельная теплота сгорания горючей массы топлива $Q_{н}^r$, ккал/кг, низшая теплота сгорания рабочего топлива $Q_{н}^p$, ккал/кг, влажность W^p , зольность A^p , %, и выход летучих веществ V^o , %.

Бурые угли, добываемые на территории СНГ, имеют достаточно широкий диапазон значений данных качественных показателей: $Q_{н}^r = 5560–6900$ ккал/кг; $W^p = 14–13$ %; $A^p = 7,2–38,4$ %; $Q_{н}^p = 1500–4350$ ккал/кг; $V^o = 34–60$ %.

По техническим условиям и внутриведомственным нормам средняя зольность бурого угля, подлежащего брикетированию, не должна превышать 30 %, а для нужд энергетики – 35 %, рабочая влажность исходного угля должна быть не более 55–59 %, выход летучих веществ должен быть не менее 55–59 %, а удельная теп-

лота сгорания горючей массы должна находиться в пределах 6000–6450 ккал/кг.

Добыча бурых углей может осуществляться шахтным и открытым способами, а также с применением технологии подземной газификации. Наиболее целесообразным, в том числе и с экологической точки зрения, является шахтный способ.

Методика экономической оценки эффективности использования белорусских бурых углей. Учитывая отсутствие опыта на добычу и недостаточную разведанность месторождений бурых углей, возникает неопределенность в принятии решений по добыче и переработке углей. В этой связи требуются тщательные технико-экономические исследования, базирующиеся на современных методах принятия решений. Одним из них является теория игр, позволяющая на основе различных критериев (Сэвиджа, Гурвица, Байеса – Лаплеса и др.) принять решения в условиях частичной или полной неопределенности. Как известно, ключевым моментом в теории игр является построение платежной матрицы достаточной размерности. Формирование платежной матрицы возможно с использованием относительно простых линейных оптимизационных моделей.

Применительно к нашим исследованиям оптимизационная модель формируется следующим образом. При заданных объемах продукции, получаемой на основе добычи и переработки бурых углей, и возможных объемах добычи бурых углей необходимо найти значение объемов ($x_1, x_2, \dots, x_i, x_n$) продуктов добычи и переработки, оптимизирующих целевую функцию при соблюдении ограничений, накладываемых на область изменения переменных (x_1, x_2, \dots, x_n) и связей между ними (x_1, x_2, \dots, x_n) $\leq a_j$.

Если в качестве критерия оптимальности взять максимум прибыли, полученной от продажи продуктов, которые можно изготовить из бурого угля, то в общем виде линейная эконометрическая модель будет иметь вид максимизации целевой функции [2]

$$f = \sum_{i=1}^n (\Pi_i - C_i) x_i \rightarrow \max \quad (1)$$

при ограничениях:

- по количеству производимых продуктов

$$x_i \leq V_i; \quad (2)$$

- по годовой добыче бурого угля

$$\sum_{i=1}^n x_i b_i \leq B. \quad (3)$$

В данной постановке приняты следующие обозначения: x_i – количество i -го продукта, получаемого из бурого угля; V_i – объем i -го продукта; Π_i – рыночная цена i -го продукта; C_i – себестоимость (цена производителя) i -го продукта; b_i – удельный расход бурого угля на i -й вид продукта.

В упомянутой выше модели должно учитываться условие неотрицательности переменных

$$x_i \geq 0. \quad (4)$$

Разработанная эконометрическая модель может использоваться для поиска оптимального соотношения продуктов, извлекаемых при переработке бурого угля. В силу того, что поиск оптимального решения на основе предложенной модели происходит достаточно быстро, даже при значительном количестве переменных и ограничений имеется реальная возможность получения большого числа оптимальных решений при вариации исходной информации, что является надежной предпосылкой формирования платежной матрицы большой размерности.

Оценка эффективности использования бурых углей в топливном балансе республики может производиться по ряду критериев.

На стадии технико-экономического обоснования принимаемых решений может применяться критерий минимизации удельных приведенных затрат, на стадии проектирования – критерий максимизации чистой дисконтированной прибыли.

Однако использование этих критериев требует проведения большого количества сложных расчетов по дисконтированию доходов и инвестиций, значительного объема исходной информации по стоимостным и техническим показателям проектов, приведения сравниваемых вариантов к одинаковому производственному и народно-хозяйственному эффекту. В энергетике необходимыми условиями соблюдения сопоставимости вариантов являются одинаковые объемы произведенной продукции, равенство производственных мощностей (электрической и тепловой), обеспечение одинаковой

надежности энергоснабжения потребителей, учет экологических факторов. При расхождении проектов по указанным факторам вводится условный энергетический объект, оцениваемый по замыкающим затратам. Как правило, таким объектом являются условная конденсационная электрическая станция или котельная либо оба объекта одновременно.

На стадии перспективного планирования на более отдаленную перспективу, а также при составлении прогнозов целесообразно осуществлять оценку эффективности с применением более упрощенных методов на базе укрупненных расчетов.

Результатом решения поставленной задачи является извлечение максимальной прибыли из одинакового количества добытого топлива (сырья) при минимизации затрат на его использование. В этом случае целесообразно применять критерий максимизации прибыли, позволяющий рассматривать варианты с различными технологическими схемами, сравнивать варианты не только с разными количествами однотипной продукции, но и отличающиеся по ее видам.

В общем виде задачу можно сформулировать следующим образом [2]:

$$f(x_1, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^n a_i x_i \rightarrow \max, \quad (5)$$

где n – количество видов i -й продукции; $a_i x_i = \Pi_{\text{год } i}$ – прибыль от реализации годового объема i -й продукции,

$$\Pi_{\text{год } i} = (\Pi_i^{\text{уд}} - C_i^{\text{уд}}) V_{\text{год } i}, \quad (6)$$

при ограничениях

$$\bullet \sum_{i=1}^n b_i x_i \leq B_{\text{год}}^{\text{доб}}; \quad (7)$$

$$\bullet x_i \geq 0 \quad (i = \overline{1, n}) \quad (\text{неотрицательности}), \quad (8)$$

где $\Pi_i^{\text{уд}}$ – цена единицы i -й продукции; $C_i^{\text{уд}}$ – себестоимость единицы i -й продукции; $V_{\text{год } i}$ – годовой объем реализуемой продукции; $B_{\text{год}}^{\text{доб}}$ – годовой объем добычи бурых углей.

Максимизация прибыли обеспечивается при условии максимизации $\Pi_i^{\text{уд}}$, $V_{\text{год } i}$ и минимизации $C_i^{\text{уд}}$.

Цена продукции определяется конъюнктурой цен на внутреннем и внешнем рынках.

Главными факторами, определяющими объем выпускаемой продукции, являются ее востребованность на внутреннем рынке, достигнутый уровень технологии и техники, КПД процесса производства. При постоянном количестве и себестоимости исходного топлива (бурого угля) удельная себестоимость продукции является функцией от удельных капиталовложений, объема выпускаемой продукции и КПД.

Применив симплексный метод решения задач линейного программирования, можно решить задачу поэтапно, рассчитав на первом этапе базисные варианты использования бурого угля по каждому из принятых направлений его применения, а затем, оптимизируя пошагово каждый из вариантов на определенных интервалах, найдем наиболее эффективный из них.

Для прогнозной оценки и выбора наиболее эффективного направления использования белорусских бурых углей по критерию максимизации прибыли рассмотрим следующие варианты [2]:

- термическое и механическое облагораживание путем брикетирования (вариант I);
- внутрицикловую газификацию с производством электрической и тепловой энергии (вариант II);
- энерготехнологический комплекс по производству буроугольного кокса (полукокса) и энергетической продукции (электрической и тепловой энергии) (вариант III).

В данном случае задача максимизации прибыли может быть сформулирована следующим образом:

$$f = a_1 x_1 + a_2 x_2 + a_3 x_3 + a_4 x_4 + a_5 x_5 + a_6 x_6 + a_7 x_7 (\max), \quad (9)$$

где $a_1 x_1$ – прибыль от реализации буроугольных брикетов; $a_2 x_2$ – то же угля рядового; $a_3 x_3$ – то же тепловой энергии по варианту внутрицикловой газификации; $a_4 x_4$ – то же электрической энергии по варианту внутрицикловой газификации; $a_5 x_5$ – то же кокса (полукокса) по варианту пиролиза бурых углей; $a_6 x_6$ – то же тепловой энергии по варианту пиролиза бурых углей; $a_7 x_7$ – то же электрической энергии по варианту пиролиза бурых углей.

Таким образом, задача сведется к решению системы уравнений:

$$\left. \begin{aligned} f_1 &= a_1x_1 + a_2x_2; \\ f_2 &= a_3x_3 + a_4x_4; \\ f_3 &= a_5x_5 + a_6x_6 + a_7x_7, \end{aligned} \right\} (\max) \quad (10)$$

при ограничениях (7) и (8).

Далее рассчитываем базовые варианты по каждому направлению использования бурых углей.

Исходные положения для расчета вариантов: во всех рассматриваемых вариантах годовой объем добычи бурых углей одинаков; сумма годовых расходов топлива на каждый вид продукции не должна превышать годовую добычу бурых углей; теплотворная способность исходного бурого угля неизменна во всех вариантах его использования; при равенстве конечной прибыли принимается вариант с наименьшими капиталовложениями (инвестициями); повышение тарифов на электрическую и тепловую энергию рассмотрено в диапазоне, не превышающем 30 % по отношению к базовой величине (2007 г.).

Промышленные запасы бурых углей Бриневского и Житковичского месторождений составляют 70960 тыс. т.

При сроке использования промышленных объектов 30 лет ежегодная добыча бурых углей может составить 2365 тыс. т натурального топлива.

При низшей теплотворной способности 1500–1600 ккал/кг ежегодная добыча бурого угля в условном исчислении оценивается в 510–540 тыс. т у. т.

В рамках проведенных исследований выполнялись расчеты наиболее приемлемых, по мнению автора, направлений использования белорусских бурых углей при максимально возможных объемах конечной продукции и постоянных объемах добычи бурых углей.

Предложенная методика применима и в случае изменения объемов производства конечной продукции и расширения ее ассортимента, а также для оценки эффективности различных способов добычи угля.

В результате анализа проведенных расчетов установлены следующие зависимости (рис. 2–6):

$$\sum_1^n \Pi_{\text{год}}, \text{ млн дол.}$$

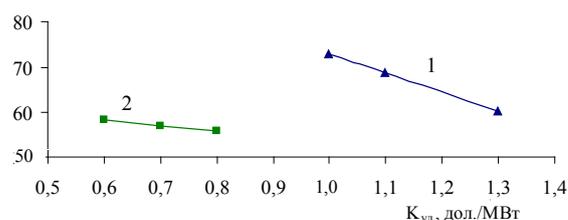


Рис. 2. Зависимость суммарной годовой прибыли от реализации конечной продукции по вариантам II и III от удельных капиталовложений: 1 – внутрицикловая газификация; 2 – коксование бурых углей методом пиролиза

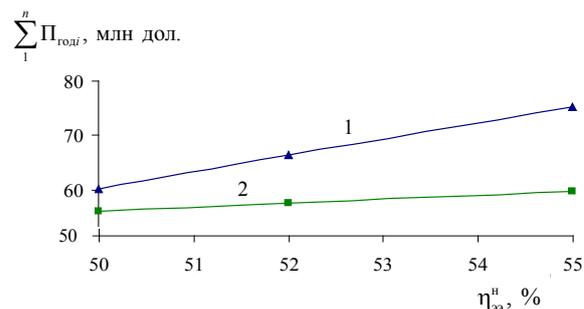


Рис. 3. Зависимость суммарной годовой прибыли от реализации конечной продукции по вариантам II и III от КПД (обозначение, как на рис. 2)

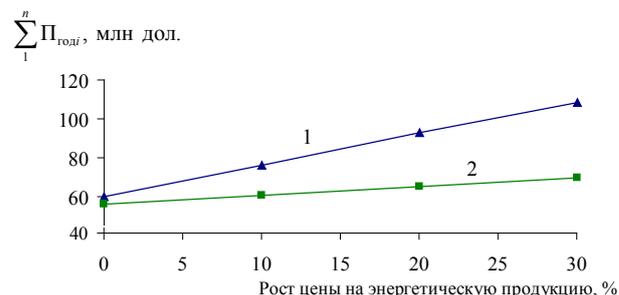


Рис. 4. Зависимость суммарной годовой прибыли от реализации конечной продукции по вариантам II и III от цены на энергетическую продукцию (обозначение, как на рис. 2)

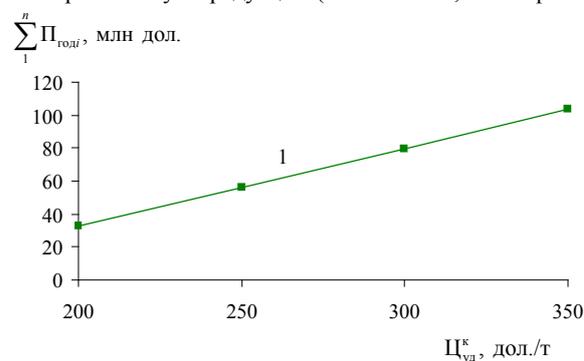


Рис. 5. Зависимость суммарной годовой прибыли от реализации конечной продукции по варианту III от цены на бурогоольный кокс (полукокс): 1 – коксование бурых углей методом пиролиза

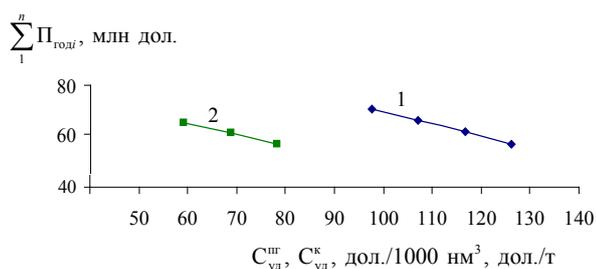


Рис. 6. Зависимость суммарной годовой прибыли от реализации конечной продукции по варианту III от себестоимости пиролитического газа и буроугольного кокса: 1 – пиролитический газ; 2 – буроугольный кокс (полукокс)

Выявлено, что в пределах принятых ограничений и условий расчета наиболее эффективным направлением является совместное производство буроугольного полукокса (кокса) и энергетической продукции (табл. 1).

Таблица 1

Результаты максимизации прибыли от реализации конечной продукции из бурых углей при одновременном изменении всех рассмотренных параметров [3]

Наименование показателя	Вариант I (брикетирование)	Вариант II (газификация)	Вариант III (коксование)
Суммарная годовая прибыль от реализации конечной продукции по каждому варианту	33,9 (баз.)	60,2 (баз.)	56,0 (баз.)
$\sum_{i=1}^n \Pi_{год i}$, млн дол.	49,1 (max)	140,9 (max)	146,5 (max)

ВЫВОДЫ

На основании проведенных исследований по оценке целесообразности и эффективности использования бурых углей белорусских месторождений [3] установлено:

1) наиболее эффективным способом термической переработки бурых углей для повышения их энергетической и технологической ценности является пиролитический процесс, создающий предпосылки для получения продукции заданных параметров, автоматизации производства и комплексного использования твердых, жидких и газообразных продуктов термического разложения;

2) при использовании бурых углей белорусских месторождений в качестве энергетического топлива и для нужд коммунально-бытового сектора целесообразно применение техноло-

гии двухстадийного сжигания с включением в технологическую схему газогенераторов для предварительной газификации исходного топлива, повышающей эффективность, надежность и экологическую безопасность работы энергоисточников. При этом появляется возможность применения инновационных технологий, основанных на использовании газотурбинной, парогазовой и когенерационной техники для комбинированного производства тепловой и электрической энергии;

3) в среднесрочной перспективе с существенным ростом цен на нефть и природный газ наиболее эффективным и экологически оправданным может стать вариант на базе парогазовой установки с внутрицикловой газификацией угля, однако в долгосрочной перспективе более предпочтительным может оказаться вариант энерготехнологического использования бурых углей при совместном производстве энергии и буроугольного кокса (полукокса);

4) вовлечение бурых углей только Житковичского и Бриневского месторождений в топливно-энергетический баланс Белорусской энергосистемы в количестве 2,4 млн т ежегодно обеспечит получение прибыли в размере 100–150 млн дол.;

5) предложенный методический подход к экономической оценке эффективности использования топливно-энергетических ресурсов, базирующийся на оптимизационной эконометрической модели по критерию максимизации

прибыли, позволяет производить многовариантные оптимизационные расчеты в условиях различной степени неопределенности без приведения к одинаковому энергетическому результату, а также разработку экономических прогнозов и программ на более отдаленную перспективу при вариации исходной информации на различных временных интервалах;

6) разработанная методика экономической оценки эффективности использования располагаемого ресурса белорусских бурых углей на основе предложенного методического подхода по критерию максимизации прибыли позволяет сравнивать множество вариантов при различных объемах и ассортименте конечной продукции и неизменном количестве исходного ре-

сурса с учетом ценового фактора и не только определить наиболее эффективный вариант использования добываемых углей, но и оптимизировать в пределах установленных ограничений параметры расчета, оказывающие влияние на величину суммарной годовой прибыли от использования ТЭР (удельные капиталовложения, КПД ТЭС, цену и объемы конечной продукции).

ЛИТЕРАТУРА

1. **Кириенко, Е. Г.** Социально-экономическая география Республики Беларусь: учеб. пособие / Е. Г. Кириенко. – Минск: Аверсэв, 2003. – 400 с.
2. **Кравченко, В. В.** Эконометрическая модель выбора оптимальных направлений использования белорусских

бурых углей в контексте инновационного развития энергетики Беларуси / В. В. Кравченко, В. Н. Нагорнов // Проблемы инновационного развития и креативная экономическая мысль на рубеже веков: А. К. Шторх, С. Ю. Витте, А. А. Богданов: междунар. науч.-практ. конф., Минск 25–26 марта 2010 г. / НАН Беларуси, Институт экономики. – Минск: Право и экономика, 2010. – 729 с. – С. 196–199.

3. **Кравченко, В. В.** Перспективы использования бурых углей белорусских месторождений в энергосистеме республики / В. В. Кравченко // Проблемы инновационного развития и креативная экономическая мысль на рубеже веков: А. К. Шторх, С. Ю. Витте, А. А. Богданов: междунар. науч.-практ. конф., Минск 25–26 марта 2010 г. / НАН Беларуси, Институт экономики. – Минск: Право и экономика, 2010. – 729 с. – С. 384–388.

Поступила 20.12.2010