

**В.А. Федорин, В.Я. Шахматов, И.Л. Борисов**

## **ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗАПАСОВ МОШНЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КУЗБАССА**

*Использованы созданные в Институте угля СО РАН электронные базы данных по мощным пластам геолого-экономических районов Кузбасса. По представленной в работе классификации технологичности запасов угля для подземной угледобычи мощные пласты от 2-х до 7–8 м относятся к высокотехнологичным при наличии соответствующей техники угледобычи. В мировой практике уровень добычи из мощных пластов одним слоем достигает 1 млн т/месяц. Подобная практика существует и в Кузбассе (шахта Талдинская-Западная-1). Именно с этих позиций произведена геотехнологическая оценка новых мощных угольных месторождений Кузбасса. Использован традиционный подход, рекомендованный МПР России, для геотехнологической оценки запасов мощных угольных пластов в Терсинском геолого-экономическом районе Кузбасса. Технологическая стоимость и формирующие ее факторы связаны преимущественно с качеством угля, горно-геологическими условиями месторождения и применяемой технологией добычи и обогащения угля и, насколько это, возможно, освобождены от конъюнктурных и других показателей.*

*Ключевые слова:* запасы угля, мощные пласты Кузбасса, геотехнологическая оценка, Терсинский геолого-экономический район.

**Н**а основании выполненных исследований установлено что состояние и воспроизводство ресурсной базы в угольной промышленности Кузбасса достаточно надежны, однако для эффективного развития угледобычи и обеспечения конкурентоспособности угля на внутреннем и внешнем рынках в ближайшие годы необходима переоценка сырьевого потенциала действующих шахт и резервных участков для нового шахтного строительства. Существуют проблемы, связанные с территориальным размещением, марочным составом углей и особенно с технологической оценкой отработки мощных пластов угля в Кузбассе при применении новых технологий угледобычи [1].

Для анализа распределения мощных пластов по геолого-экономическим районам Кузбасса использована электронная база данных д.г.-м.н.

А.З. Юзвического (ИУ СО РАН), в создании которой принимали непосредственное участие сотрудники лаборатории эффективных технологий разработки угольных месторождений (рис. 1) [2]. По количеству мощные пласты могут располагаться в нескольких районах с одним или видоизмененными названиями.

По качественным характеристикам запасы угля для подземного способа разработки разделяются на 3 группы: высокотехнологичные, технологичные и нетехнологичные (табл. 1).

Из общего резерва выделяются, с одной стороны, категории наиболее рентабельных, или технологичных запасов и, с другой – категории нерентабельных, или нетехнологичных, запасов [3].

Повышение планки группы высокотехнологичных запасов по мощности пластов до 7 м, а в отдельных случаях

Таблица 1

**Распределение запасов угля для подземного способа разработки**

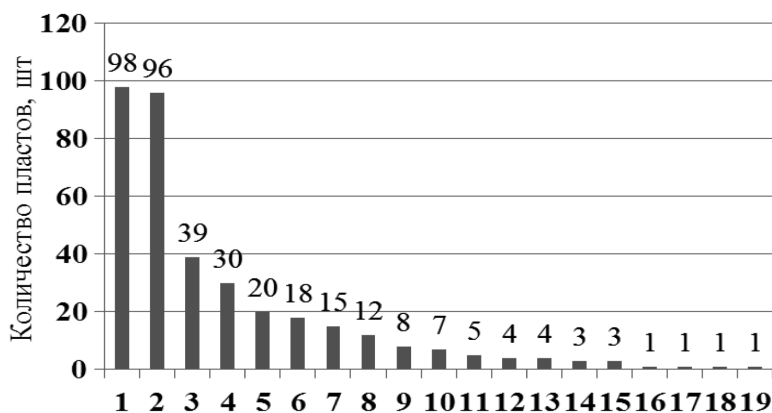
| Группа запасов по технологичности разработки       | Высокотехнологичные | Технологичные                | Нетехнологичные |
|----------------------------------------------------|---------------------|------------------------------|-----------------|
| Угол падения, град                                 | менее 18            | 19–35                        | более 35        |
| Мошность пластов, м                                | 2,0–7,0             | 1,2–2,0                      |                 |
| Более 7,0                                          | менее 1,2           |                              |                 |
| Разрывная нарушенность, км/км <sup>2</sup>         | менее 2,0           | 2,0–5,0                      | более 5,0       |
| Опасность пласта по внезапным выбросам угля и газа | неопасный           | с прогнозом выбросоопасности | любая           |

до 8,4 м (в один слой) связано с новым очистным оборудованием в длинном забое (Eickhoff SL 1000) с месячной производительностью до 1 млн т угля. В практике угледобычи пласты мощностью более 3,5 м (для подземного способа) и более 4,5 м (для открытого) считаются мощными.

Приведенный выше качественный анализ запасов угля по технологичности разработки показывает, что технологическая оценка угля, находящегося в недрах, является сложной и многоплановой задачей, требующей нестандартных решений, связанных с методологией оценки месторождений

полезных ископаемых. Главными причинами такого состояния являются постоянно меняющаяся экономическая среда и особенности национального недропользования.

Научный подход к геолого-экономической оценке угольных месторождений начал формироваться в 70-е годы прошлого века благодаря усилиям ак. М.И. Агошкова (ИПКОН РАН), д.т.н. А.С. Астахова (ЦНИЭИУголь) ак. Ю.Н. Малышева (АГН), д.т.н. Г.А. Стрекачинского, д.т.н. А.А. Ордина (ИГД СО РАН), д.э.н. Г.Л. Краснянского (WMC-ROC), д.т.н. В.Е. Зайденварга, д.т.н. А.Б. Ковальчука (ИНКРУ)



**Рис. 1. Распределение мощных пластов по районам Кузбасса:** 1 – Ленинский; 2 – Ерунаковский; 3 – Прокопьевско-Киселевский; 4 – Томь-Усинский; 5 – Бунгуро-Чумышский; 6 – Кондомский; 7 – Терсинский; 8 – Центральный; 9 – Мрасский; 10 – Бачатский; 11 – Кемеровский; 12 – Салтымаковский; 13 – Араличевский; 14 – Плотниковский; 15 – Байдаевский; 16 – Завьяловский; 17 – Крапивинский; 18 – Беловский; 19 – Ускатский

и продолжается в Институте угля СО РАН на основе мировых стандартов стоимостной оценки участков недр. Технологическая стоимость (technical value) определяется по результатам технологической оценки запасов угля по качественному составу (маркам) угля, горнотехнологическим системам разработки и, по возможности, освобождены от конъюнктурных и других показателей. Технологическая стоимость определяется по результатам технологической оценки запасов угля (технико-экономическое обоснование кондиций), которая представляет исходную информацию (прогноз капитальных вложений и операционных затрат) для стоимостной оценки запасов угля. Этот подход реализован в международном стандарте VALMIN, разработанный Австралийским институтом горного дела и металлургии (AusIMM) и рекомендован МПР России в Методических рекомендациях по технико-экономическому обоснованию кондиций для подсчета запасов месторождений твердых полезных ископаемых. Угли и горючие сланцы [4].

Для первоначальной оценки денежного потока (ДП), или Cash Flow (CF) по прибыли, использована формула  $\Pi_{\text{ДП}} = \sum (C_t - Z_t) / (1 + E)^t$ , где  $C_t$  – стоимость реализованной продукции соответствующей марки в  $t$ -м году с учетом обогащения;  $Z_t$  – полные затраты (включая налоги) с учетом способа разработки (открытый, подземный или комбинированный) в  $t$ -м году, руб.;  $E$  – ставка дисконтирования (норма дисконта времени), доли ед.

При расчете денежного потока приведение разновременных затрат и доходов к начальному периоду оценки осуществляется с использованием процедуры дисконтирования. Коэффициент дисконтирования  $g_t$  определяется по формуле  $g_t = 1 / (1 + E)^t$ , где  $t$  – номер расчетного года. Для расчета современной стоимости будущих

денежных потоков, в случае если они равны для каждого года эксплуатации объекта, вместо коэффициента дисконтирования можно использовать так называемый коэффициент ежегодной ренты  $b_t$  (коэффициент аннуитета), рассчитанный по формуле  $b_t = (g^t - 1) / g^t (g - 1)$ , где  $g = (1 + E)$ ;  $t$  – срок эксплуатации объекта. Однако нами используется более адекватный по времени средне интегральный коэффициент обесценивания  $j$ -го участка [5, 6], учитывающий не только срок эксплуатации ( $T$ ), но и время начала эксплуатации шахты или угольного разреза ( $T^H$ ) и его окончания ( $T^K$ ).

$$\beta_j = (T_j^K - T_j^H + 1)^{-1} \cdot \sum_{t=T_j^H}^{T_j^K} (1 + E_{\text{н.п.}})^{-t},$$

$j \in P$

Из-за сложности документального обоснования ставки дисконтирования  $E_{\text{н.п.}}$  обычно принимаются равными 0,1 и 0,15, а при обосновании эксплуатационных кондиций расчеты осуществляются, как правило, без дисконтирования или в соответствии с условиями кредитования [4].

Под технологической стоимостью понимается стоимость будущих доходов от эксплуатации угольных месторождений, рассчитанная без учета изменения стоимости денежных потоков во времени и освобожденная от иных составляющих (премия за риски, прогноз цен на уголь и составляющие материальных затрат, налоги и прочие обязательные платежи). Первоначальная исходная информация по группам технологичности запасов угля разбивается на участки по площади (углеплотность), которая выражается в количестве запасов угля, заключенных в угленосной формации (свите, горизонте) по мощности (от 3,5 м и более) и маркам угля, на единицу площади (км<sup>2</sup>) ее общего распространения или в принятых границах технологической оценки.

На рис. 2 представлено распределение углеродности и удельной по площади ценности запасов Терсинского ГЭР ( $P_n$  в координатах  $x, y$ ) где выделяются две области (юго-западная и восточная) с максимальными значениями удельной ценности запасов угля по мощности пластов и марочно-му составу (табл. 2).

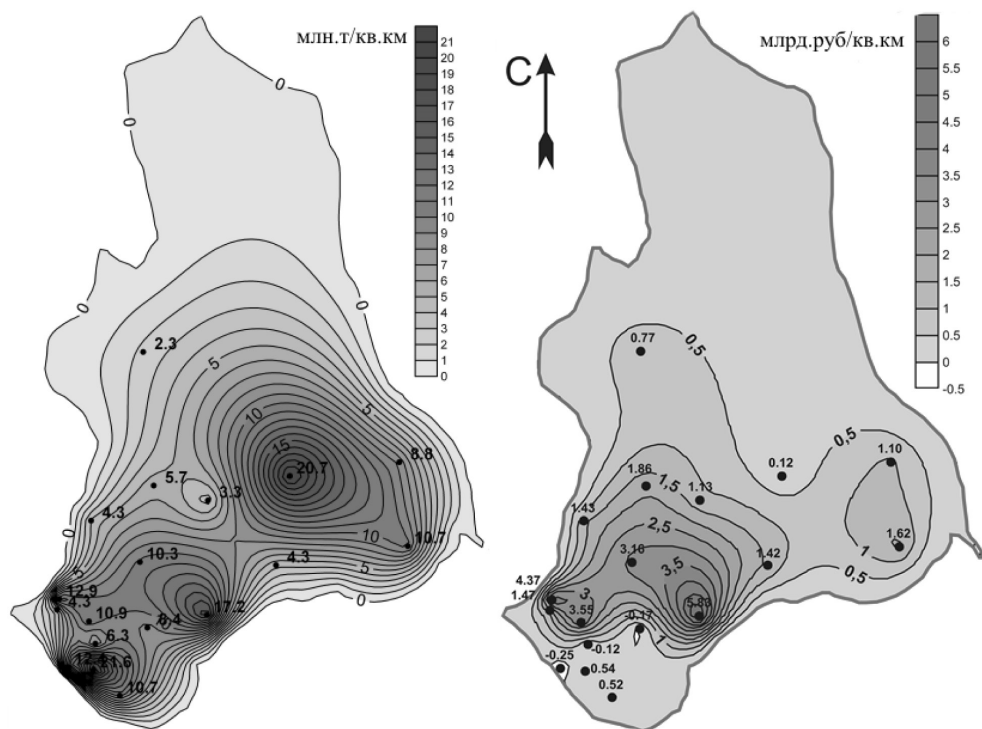
Проблема стоимостной оценка запасов угля является сравнительно новой, а ее решение еще недостаточно проработано как в теоретическом, так

и в практическом плане, особенно с учетом технологической оценки. Так относительная погрешность оценки извлекаемых запасов угля даже для простых в геологическом и хорошо разведанных месторождений составляет не менее 20%, а в большинстве типичных случаев она значительно выше. Схемы разработки месторождений могут быть весьма разнообразны, а расчетные показатели производительности существенно отличаться от реальных значений.

Таблица 2.

**Мошные ( $\geq 3,5$  м) пласты Терсинского геолого-экономического района**

| №  | Название или индекс угольного пласта | Мощность угольных пачек пласта, м | Марка угля | Участок                             |
|----|--------------------------------------|-----------------------------------|------------|-------------------------------------|
| 1  | XII                                  | 6,80                              | A          | Макарьевское месторождение          |
| 2  | XIII                                 | 5,60                              | A          | Макарьевское месторождение          |
| 3  | XVI                                  | 3,60                              | A          | Макарьевское месторождение          |
| 4  | 78 нп                                | 4,00                              | Г          | Уч. Увальные 1–4 и Увальный Юж.     |
| 5  | 19                                   | 5,60                              | ГЖО        | Участок Терсинский 2                |
| 6  | 18                                   | 3,60                              | ГЖО        | Участок Терсинский 2                |
| 7  | 19                                   | 5,40                              | ГЖО        | Участок Терсинский 1                |
| 8  | 78 нп                                | 3,60                              | Г          | Участок Кушеяковский V-VII          |
| 9  | 76                                   | 4,70                              | Г          | Участок Кушеяковский V-VII          |
| 10 | 73                                   | 7,10                              | Г          | Участок Кушеяковский V-VII          |
| 11 | 70                                   | 4,20                              | ГЖО        | Участок Кушеяковский V-VII          |
| 12 | 69                                   | 3,50                              | Г          | Участок Кушеяковский V-VII          |
| 13 | 67                                   | 6,60                              | Г          | Участок Кушеяковский V-VII          |
| 14 | 586-58a                              | 3,60                              | ГЖО        | Участок Кушеяковский V-VII          |
| 15 | 78 нп                                | 3,60                              | ДГ         | Участок Кушеяковский VIII-IX        |
| 16 | 69                                   | 3,80                              | Г          | Участок Кушеяковский VIII-IX        |
| 17 | 67                                   | 5,20                              | Г          | Участок Кушеяковский VIII-IX        |
| 18 | 64                                   | 3,90                              | Г          | Участок Кушеяковский VIII-IX        |
| 19 | 76                                   | 3,60                              | Г          | р. «Ерунаковский», уч. Кушеяковский |
| 20 | 73                                   | 4,70                              | Г          | р. «Ерунаковский», уч. Кушеяковский |
| 21 | 70                                   | 3,90                              | Г          | р. «Ерунаковский», уч. Кушеяковский |
| 22 | 67–68                                | 7,80                              | Г          | р. «Ерунаковский», уч. Кушеяковский |
| 23 | 66                                   | 3,60                              | Г          | р. «Ерунаковский», уч. Кушеяковский |



**Рис. 2. Распределение углеплотности (слева) и удельной технологической ценности запасов угля (справа) Терсинского ГЭР**

Определить стоимость конкретного месторождения можно лишь путем имитационного моделирования всего процесса разведки, разработки, обустройства месторождения, добычи и реализации продукции (включая процесс обогаще-

ния). При этом должны быть обоснованы геологические, технологические, экологические, экономические и другие показатели, характеризующие этот процесс с учетом оценки устойчивости и обоснованности принимаемых решений.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шахматов В.Я. Исследование минерально-сырьевой базы высокотехнологичных запасов угольных месторождений Кузбасса // Горный информационно-аналитический бюллетень. – ОБ6. ИУ СО РАН. – 2013. – С. 56–63.
2. Юзвицкий А.З., Станкус В.М., Шаклеин С.В. и др. Угольные ресурсы Сибири и их рациональное использование // Минеральные ресурсы России: экономика и управление. – 1999. – № 3. – С. 11–20.
3. Краснянский Г.Л., Зайденварг В.Е., Ковальчук А.Б., Скрыль А.И. Уголь в экономике России / Под общ. ред. Г.Л. Краснянского. – М.: Экономика, 2010. – 383 с.
4. Методические рекомендации по технико-экономическому обоснованию кондиций для подсчета запасов месторождений твердых полезных ископаемых. Угли и горючие сланцы. № 37-р от 05.06.2007 г. – М.: Министерство природных ресурсов РФ. – 49 с.
5. Стрекачинский Г.А. Теория и численные модели вскрытия месторождений. – Новосибирск: Наука, 1983. – 238 с.
6. Ордин А.А., Клишин В.И. Оптимизация технологических параметров горнодобывающих предприятий на основе лаговых моделей. – Новосибирск: Наука, 2009. – 166 с. **ТИАБ**

Федорин Валерий Александрович – доктор технических наук, зав. лабораторией, e-mail: fva@icc.kemsc.ru,  
Шахматов Вячеслав Яковлевич – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, e-mail: ShakhmatoVY@ic.sbras.ru,  
Борисов Иван Леонидович – ведущий технолог, e-mail: borisovil@icc.kemsc.ru,  
Института угля СО РАН.

---

UDC 622.333

### GEOTECHNOLOGICAL EVALUATION OF RESERVES OF THICK COAL SEAMS DEPOSITS OF KUZBASS

Fedorin V.A.<sup>1</sup>, Doctor of Technical Sciences, Head of Laboratory, e-mail: fva@icc.kemsc.ru,  
Shakhmatov V.Ya.<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher, e-mail: shakhmatovv@ic.sbras.ru,  
Borisov I.L.<sup>1</sup>, Leading Technologist, e-mail: borisovil@icc.kemsc.ru,  
<sup>1</sup> Institute of Coal of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, 650065, Kemerovo, Russia.

---

*The problem of evaluation reserves of coal is relatively new, and its decision is still insufficiently worked both in theory and in practical terms, especially taking into account technological evaluation of reserves of coal deposits. There are also problems related to geographical location, rank composition of coal and especially from a technological assessment mining thick seams of coal in the Kuzbass with application of new technologies of coal mining. Therefore the authors used a works created in the Institute of Coal SB RAS electronic database on thick layers of geological and economic regions of Kuzbass. By the presented classification of coal manufacturability for underground mining the thick seams from 2 to 7.8 meters refer to high-tech in the presence of relevant technics of coal output. In world practice, the level of production from thick seams with one layer reaches 1 million tons / month. This practice exists in Kuzbass (mine Taldinskaya West-1). It is from these positions made geotechnical evaluation of new thick coal deposits in Kuzbass.*

*The authors used the traditional approach recommended by the Russian MNR, for geotechnological evaluation of reserves thick coal seams in Tersinskiy geological-economic region of Kuzbass.*

*Technical value and forming its factors are mainly related to the quality of the coal, mining and geological conditions of the deposit and applied technologies of mining and beneficiation of coal and exempt from conjunctural and other indicators.*

*Key words: coal reserves, thick seams of Kuzbass, geotechnological evaluation, Tersinskiy geological-economic region of Kuzbass.*

### REFERENCES

1. Shakhmatov V.Ya. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten'*, special issue 6. IU SO RAN. 2013, pp. 56–63.
2. Yuzvitskii A.Z., Stankus V.M., Shaklein S.V. *Mineral'nye resursy Rossii: ekonomika i upravlenie*. 1999, no 3, pp. 11–20.
3. Krasnyanskii G.L., Zaidenvarg V.E., Koval'chuk A.B., Skryl' A.I. *Ugol' v ekonomike Rossii*. Pod red. G.L. Krasnyanskogo (Coal in the Russian economy. Krasnyanskii G.L. (Ed.)), Moscow, Ekonomika, 2010, 383 p.
4. *Metodicheskie rekomendatsii po tekhniko-ekonomicheskomu obosnovaniyu konditsii dlya podscheta zapasov mestorozhdenii tverdykh poleznykh iskopaemykh. Ugli i goryuchie slantsy*, no 37-r ot 05.06.2007 (Methodical recommendations on feasibility study of conditions for deposit of solid minerals. Coals and oil shale, no 37-p from 05.06.2007), Moscow, Ministerstvo prirodnnykh resursov RF, 49 p.
5. Strekachinskii G.A. *Teoriya i chislennyye modeli vskrytiya mestorozhdenii* (Theory and numerical models of opening deposits), Novosibirsk, Nauka, 1983, 238 p.
6. Ordin A.A., Klishin V.I. *Optimizatsiya tekhnologicheskikh parametrov gornodobyvayushchikh predpriyatiy na osnove lagovykh modelei* (Optimization of technological parameters of mining enterprises based on lag models), Novosibirsk, Nauka, 2009, 166 p.