

УДК 622.23.038; 622.277/278; 622.234

Ю.В. Ромашкин, Т.А. Веретенова

**ВЫЯВЛЕНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ТЕХНИКО-
ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
С ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИМИ УСЛОВИЯМИ
ПЛАСТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Рассмотрены вопросы установления связи горно-геологической информации о месторождении с показателями, характеризующими экономическую эффективность отработки угольных месторождений, с помощью комплексов глубокой разработки пластов (КГРП) и традиционным открытым способом.

Ключевые слова: доработка запасов угля, комплекс глубокой разработки пластов, моделирование, эффективность разработки месторождения, внутренняя норма доходности, линейный коэффициент вскрыши.

Вопросы проектирования технологии горных работ на угольных разрезах значительно упрощаются благодаря одной из особенностей их строения, заключающейся в наличии четких контактов между угольным пластом и вмещающими породами. Вместе с этим физико-механические и качественные характеристики угля в пределах одного пласта, как правило, не имеют чрезвычайной изменчивости, что позволяет оперировать средними их величинами. Осадочное происхождение месторождений также дает возможность рассматривать толщу вскрышных пород как единый горный массив, обладающий усредненной по мощности горно-геологической информацией, особенно при пологом и горизонтальном залегании залежи. Таким образом, наиболее важными являются данные об изменчивости мощности вскрышных пород и угольных пластов в пределах месторождения, которые можно получить с помощью моделирования. Их прямая связь с техноло-

гическими параметрами очевидна и соответственно экономические показатели разработки находятся также в зависимости от мощностей вскрышных пород и угольного пласта в пределах карьерного поля.

Известно, что для моделирования угольных месторождений наибольшее распространение получили аналитические модели. Форма залежей полезного ископаемого и распределение в них интересующих признаков описаны аналитическими зависимостями, без расчленения описываемого объекта на элементы и в общем виде представляют собой набор аналитических функций $f(x, y, z)$, с помощью которых в заданных областях трехмерного пространства описывают формы залежей и распределение признаков.

Оценивая геологическую документацию в качестве исходной для моделирования, можно выделить следующие элементарные геометрические объекты:

- характерные точки пересечения скважин с кровлей и почвой пласта, или места отбора проб качества,

точки, характеризующие контур блока и т. п.;

- отрезки линий (интервалы между характерными точками), например прямые линии, аппроксимирующие сложный криволинейный контур залежи и т. п.,

- плоские фигуры, ограниченные замкнутыми гладкими кривыми (изолиниями) или ломаными линиями (многоугольники) и т. п.;

- объемные фигуры, однородные тела, ограниченные плоскими или криволинейными плоскостями.

В качестве метода интерполяции для угольных месторождений достаточно использовать метод обратных расстояний, что обусловлено практически неизменными характеристиками угольных пластов. В отдельных случаях, когда известно варьирование в широких пределах некоторого качественного показателя следует применять метод Кригинга.

Широкое внедрение компьютерного документооборота геологической информации на угледобывающих предприятиях, наличие и постоянное дополнение баз данных по месторождению позволяет свободно осуществлять их экспорт и импорт между различными по возможностям программными продуктами, предназначенными для построения модели залежи с целью принятия наиболее рациональных технологических решений и анализа экономических показателей работы предприятия.

Возможность нахождения связи геологических характеристик с технико-экономическими показателями рассмотрим на примере условий Черногорского каменноугольного месторождения.

Для более полного представления характера изменчивости мощности

вскрышных пород и пластов угля в качестве исходных материалов использованы геологические разрезы по профильным линиям. На линиях выделены пласты: «Двухаршинный», «Великан-1», «Великан-2», «Безымянный», «Мощный» и «Гигант».

Моделирование строения чернойгорской свиты осложнено наличием нескольких пластов, поэтому выдвинута гипотеза о взаимозависимости между их мощностями, что позволило бы упростить задачу моделирования, имея один-два независимых фактора.

Для выяснения этого произведен множественный регрессионный анализ полученных с профильных линий данных. Используя матрицу диаграмм распределения мощностей угольных пластов и междупластий (рис. 1) оценены и предварительно намечены исследуемые показатели и функции их зависимости. Анализ матрицы показал на существование линейной связи между мощностями пластов угля и породными междупластиями.

В результате статистической обработки выявлено, что мощности пластов и междупластий подвержены автокорреляции, причем показатели, характеризующие тесноту связи и надежность достаточны, для их использования в виде математической модели условий залегания угольных пластов в пределах Черногорского разреза.

Так, например, мощности пластов «Двухаршинный», «Великан-2» и «Безымянный», а также междупластий «Двухаршинный» — «Великан-1», «Великан-1» — «Великан-2», «Великан-2» — «Безымянный» и «Безымянный» — «Мощный» можно функционально связать с мощностью пласта «Великан-1», используя выражение (1)

$$m(h) = b_0 + b_1 \cdot m_{\text{Вел-1}}, \text{ м}, \quad (1)$$

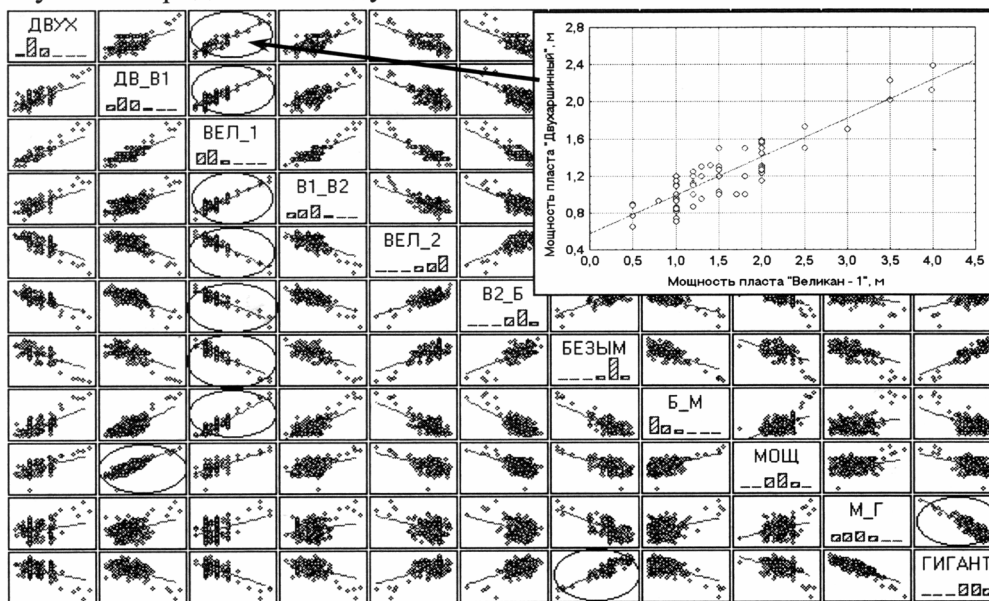


Рис. 1. Матрицу диаграмм распределения мощностей угольных пластов и между-пластий

Таблица 1

Результаты обработки данных

| | Коэффициенты регрессии | | Коэффициент корреляции | Критерий Фишера | Средняя квадратичная ошибка | Средняя ошибка коэффициента регрессии |
|------------------------------|------------------------|-------|------------------------|-----------------|-----------------------------|---------------------------------------|
| | b_0 | b_1 | | | | |
| <i>пласты</i> | | | | | | |
| «Двухаршинный» | 0,577 | 0,415 | 0,78 | 299,39 | 0,17 | 0,0358 |
| «Великан-2» | 3,44 | -0,44 | 0,809 | 363,42 | 0,16 | 0,034 |
| «Безымянный» | 1,25 | -0,18 | 0,788 | 313,44 | 0,07 | 0,015 |
| <i>междупластья</i> | | | | | | |
| «Двухаршинный» – «Великан-1» | 10,69 | 4,55 | 0,777 | 290,86 | 1,9 | 0,4 |
| «Великан-1» – «Великан-2» | 0,5 | 0,836 | 0,793 | 324,24 | 0,33 | 0,07 |
| «Великан-2» – «Безымянный» | 6,6 | 1,07 | 0,785 | 307,24 | 0,435 | 0,09 |
| «Безымянный» – «Мощный» | -2,09 | 3,58 | 0,835 | 440,82 | 1,21 | 0,25 |

где m , h — мощность, соответственно, пласта и междупластья, м; b_0 , b_1 — коэффициенты регрессии (табл. 1); $m_{Вел-1}$ — мощность пласта «Великан-1», м.

Мощности остальных пластов и междупластий, составляющих свиту, а также суммарные мощности междупластий (Σh), и общая мощность угольных пластов и междупластий (Γ)

взаимосвязаны между собой, согласно следующим выражениям

$$m_M = 2,66 + 0,1 \cdot h_{\text{Дв-Вел-1}}, \text{ м}, \quad (2)$$

$$m_{\text{Гиг}} = 1,78 + 4 \cdot m_{\text{Без}}, \text{ м}, \quad (3)$$

$$h_{\text{М-Гиг}} = 32,74 - 2,92 \cdot m_{\text{Гиг}}, \text{ м}, \quad (4)$$

$$\sum h = 13,16 + 1,73 \cdot h_{\text{Дв-Вел-1}}, \text{ м}, \quad (5)$$

$$\Pi = \sum m + \sum h = 15,46 + 1,027 \cdot \sum h, \text{ м}, \quad (6)$$

где m_M , $m_{\text{Гиг}}$, $m_{\text{Без}}$, $h_{\text{Дв-Вел-1}}$, $h_{\text{М-Гиг}}$ — мощности пластов, соответственно, «Мошный», «Гигант», «Безымянный» и междупластий «Двухаршинный» — «Великан-1», «Мошный» — «Гигант», м.

Показатели, характеризующие тесноту связи и надежность полученных выражений (2)—(6), приведены в табл. 2.

Для проверки значимости коэффициентов корреляции и регрессии использованы оценочные показатели:

- при исследовании значимости коэффициента корреляции — табличное значение критерия Фишера;
- при исследовании значимости коэффициентов регрессии — табличное значение t -критерия Стьюдента.

Результаты проверки на значимость показали, что все полученные зависимости адекватно представляют исходные данные, а их коэффициенты корреляции являются значимыми. Так, например, при исследовании значимости коэффициента корреляции табличное значение критерия Фишера составило 253,92, а расчетные находились в пределах от 290,86 до 14814, при исследовании значимости коэффициентов регрессии табличное значение t -критерия Стьюдента 1,65, расчетные — от 7,08 до 121,71.

Таким образом, исследования показали, что в условиях Черногорского разреза при составлении математической модели условий залегания свиты пластов достаточно иметь сведения о распределении мощностей пласта «Великан-1» и вскрышных пород над свитой.

Последующие исследования заключались в поиске связующего звена между моделью месторождения и экономическими показателями исследуемых технологий. В качестве характерного показателя, объединяющего мощности вскрышных пород и угольных пластов использован линейный коэффициент вскрыши.

Обзор и анализ основных экономических критериев, используемых для выбора технологии разработки в зависимости от горно-геологических условий, позволил рекомендовать в качестве экономического критерия внутреннюю норму доходности (ВНД).

Анализ возможных вариантов применения технологии выемки угля из бортов с помощью КГРП совместно с традиционной открытой разработкой показал, что наиболее предпочтителен следующий случай. Первоначально открытым способом отработывают часть запасов, которые обеспечивают более высокие технико-экономические показатели именно открытых горных работ. Оставшиеся нетронутыми запасы, вынимают с помощью комплекса глубокой разработки. Вышеизложенные обстоятельства обусловили необходимость разработки методики, позволяющей определить границы открытой и технологии выемки угля из бортов угольных разрезов, при последовательном их применении.

Таблица 2

Статистические характеристики полученных выражений (2)—(6)

| Формула | Коэффициент корреляции | Критерий Фишера | Средняя квадратичная ошибка |
|---------|------------------------|-----------------|-----------------------------|
| (2) | 0,805 | 351,96 | 0,24 |
| (3) | 0,812 | 370,64 | 0,33 |
| (4) | 0,81 | 363,98 | 1,22 |
| (5) | 0,894 | 763,66 | 2,6 |
| (6) | 0,99 | 14814 | 0,68 |

В ходе математико-статистической обработки расчетных данных ВНД получена система уравнений (7), характеризующая влияние линейного коэффициента вскрыши на значение внутренней нормы доходности.

$$\begin{cases} \text{ВНД}_{\text{ОГР}} = -0,89 + \frac{8,64}{K_{\text{лин}}} \\ \text{ВНД}_{\text{КГРП}} = 0,43 + \frac{1,85}{K_{\text{лин}}} \end{cases}, \quad (7)$$

где $K_{\text{лин}}$ — линейный коэффициент вскрыши.

Таким образом, получены выражения, позволяющие для условий решаемой задачи, выявить влияние мощ-

ностей вскрышных пород и угольных пластов на экономические показатели — эксплуатационные и капитальные затраты при разных технологиях отработки запасов.

Вместе с этим решение системы уравнений (7) позволило установить область эффективного применения открытого способа разработки, которая для условий Черногорского месторождения ограничена величиной линейного коэффициента вскрыши менее 5,14 м/м. При значениях $K_{\text{лин}}$ в интервале от 5,14 м/м до предельного на данном участке месторождения вариант технологии КГРП более предпочтительнее. **■/■/■**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Ромашкин Ю.В. — кандидат технических наук, доцент.

Веретенова Т.А. — доцент.

Сибирский федеральный университет, Институт горного дела, геологии и геотехнологий,
e-mail: yvr1973@ya.ru.

