

УДК 622. 271

Ермолаев В.А. профессор, д.т.н.

Литвин Я.О. доцент, к.т.н.

Селюков А.В. доцент, к.т.н.

(КузГТУ, г. Кемерово)

Ermolayev Vyacheslav, Doctor of Engineering Sciences, Professor
Lytvyn Yaroslav, Cand. of Engineering Sciences, Associate Professor
Selyukov Alexei, Cand. of Engineering Sciences, Associate Professor

(KuzSTU, Kemerovo)

СРАВНЕНИЕ И СВЯЗЬ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И ПРОГРАММ РАБОТ КАРЬЕРОВ

COMPARISON AND COMMUNICATION OF MINING GEOLOGICAL CONDITIONS AND PROGRAMS QUARRY

Статистически обоснованная аналитическая характеристика степени доступности запасов для выемки позволяет количественно оценить качественную сторону горно-геологических условий их добычи [1,2]. Характеристика позволяет сравнивать горно-геологические условия выемки запасов на начало и конец календарного периода и связывать их с количественными характеристиками программ производства работ карьера за период.

Эффективность использования аналитической модели горно-геологических условий работ подтверждается при рассмотрении в качестве примера положений горных работ разреза по добыче угля на начало и конец года, характерный профиль которого представлен на рисунке (рис. 1).

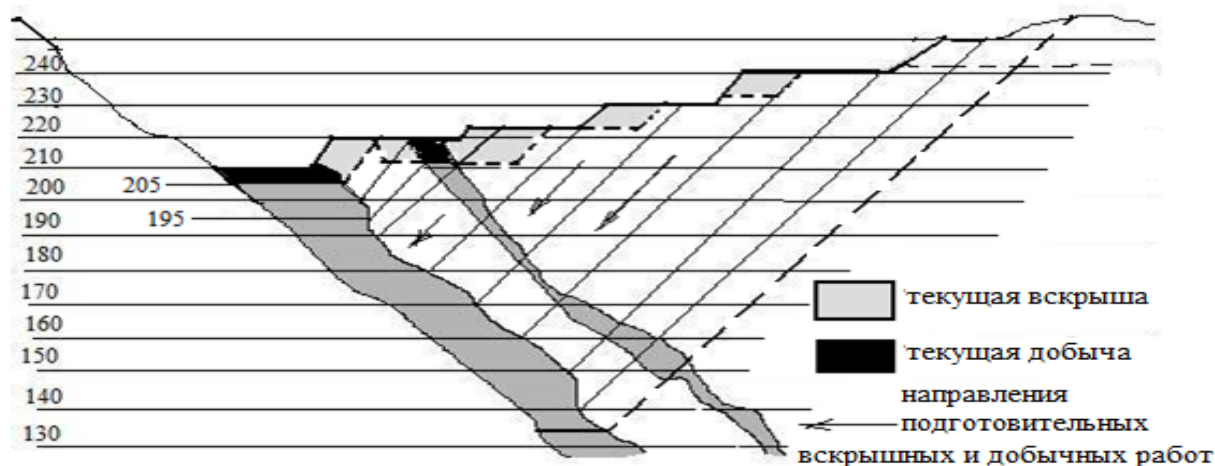


Рис. 1. Характерный профиль разреза с изменившимися горно-геологическими условиями работ за год.

Изменение условий работы карьера за год в результате реализации программы работ по направлениям подготовки и добычи запасов представлено в табличном виде (табл.) и получаемыми на основе табличных данных функциями степени доступности запасов Кд.і на начало и конец года (рис. 2).

Таблица

Характеристика степени доступности запасов разреза
на начало и конец календарного года

Этапы отработки запасов по глубине работ разреза	Контурные объемы работ по мере углубления							
	Промышленные запасы, млн. т			Контурная вскрыша, млн. м ³			Степ. доступн. запасов	
	На 1.01	Доб. год	На 31.12	На 1.01	Вскр. год	На 31.12	На 1.01	На 31.12
Всего:	27,00	2,47	24,53	162,2	13,7	148,5	0,1063	0,1055
в т.ч. от факт. пов. до гор.+205	2,00	2,00	-	2,5	2,5	-	0,363	-
от гор. +205м до гор. +200м	2,60	0,47	2,13	5,5	2,5	3,0	0,252	0,336
от гор. +200м до гор. +195м	2,00		2,00	7,0	1,5	5,5	0,169	0,206
от гор. +195м до гор. +190м	1,80		1,80	7,0	1,5	5,5	0,155	0,189
от гор. +190м до гор. +180м	4,00	-	4,00	18,0	2,2	15,8	0,137	0,153
от гор. +180м до гор. +170м	4,00	-	4,00	21,4	2,0	19,4	0,118	0,128
от гор. +170м до гор. +160м	4,00	-	4,00	31,2	1,5	29,7	0,084	0,088
от гор. +160м до гор. +150м	2,80	-	2,80	28,2	-	28,2	0,066	0,066
от гор. +150м до гор. +140м	2,40	-	2,40	25,8	-	25,8	0,062	0,062
от гор. +140м до технич. гран.	1,40	-	1,40	15,6	-	15,6	0,060	0,060

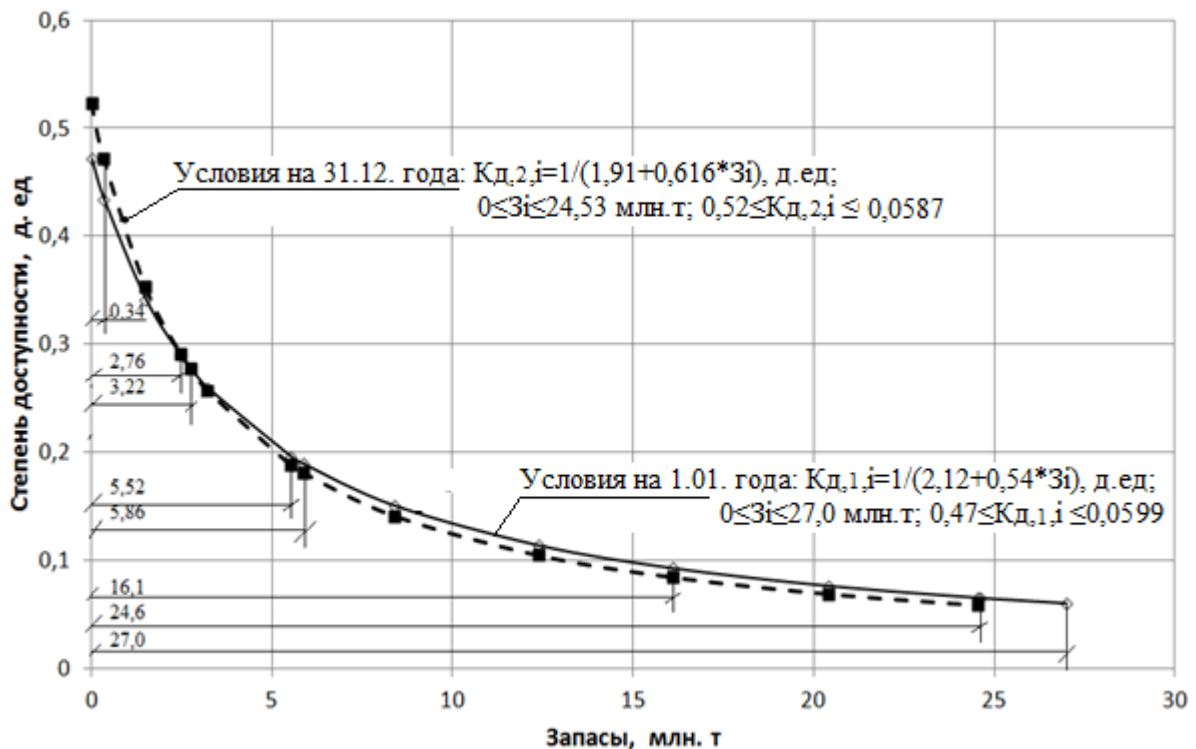


Рис. 2 Графики состояния (функции) горно-геологических условий добычи (степени доступности) запасов угля разреза на начало и конец года.

Как следует из представленного примера, изменение условий работ за текущий период заключается не только в общем уменьшении запасов 31 до 32 и объемов вскрыши в границах разработки a и в изменениях параметров функции степени доступности запасов, их предельных (контурных) значений $K_{д,i}$ (min) и $K_{д,i}$ (max).

В представленном примере изменение горно-геологических условий работ в результате добычи и вскрыши за календарный период привело к изменению параметров функции контурных значений степени доступности ($K_{д,i}$) оставшихся запасов (32) в интервале $0 \leq 3i \leq 32$ вида:

$$K_{д,i} = \frac{1}{a + b \cdot 3i}, \text{ д. е.} \quad (1)$$

где «а» и «в» - характерные, постоянные для данных условий, значения функций степени доступности запасов на начало и конец календарного периода.

Контурные значения степени доступности запасов составляют:

$$K_{д,i} (\text{min}) = \frac{1}{a} \leq K_{д,i} \leq K_{д,i} (\text{max}) = \frac{1}{a + b \cdot 3i}, \text{ д. е.} \quad (2)$$

Среднее значение степени доступности запасов $3i$ в интервале $0 \div 3i$ определяется по формуле:

$$\overline{Кд.і} = \frac{1}{a+0,5 \cdot b \cdot 3}, \text{ д.е} \quad (3)$$

Наличие функций $\overline{Кд.і}$ позволяет количественно оценить произошедшие за период (например, год) качественные изменения горно-геологических условий работы разреза (рис.1).

Сравнение горно-геологических условий различных положений горных работ заключается:

- в установлении в структуре запасов полезных ископаемых в каждом из вариантов сравниваемых условий объемов запасов имеющих большую, одинаковую или меньшую доступность (степень доступности);
- в определении максимального количества (объема) запасов полезного ископаемого в сравниваемых условиях, доступность которого ограничивается необходимостью удаления в каждом из вариантов условий некоторого определенного объема пород вскрыши;
- в определении минимального количества (объема) пород вскрыши в сравниваемых условиях, ограничивающих доступность определенного объема запасов в каждом из них и т. д.

Например, применительно к функциям горно-геологических условий работ представленным характерным профилем (рис. 1), а также в табличном (табл.) и аналитическом (рис.2) видах максимальное контурное значение степени доступности запасов на конец года (0,52) выше, чем на начало (0,47). Это означает, что к концу года создано некоторое количество запасов 32.1 с высокой степенью доступности которых не было в условиях начала года. Количество этих запасов определяется по формуле:

$$32.1 = \frac{a_1 - a_2}{b_2} \text{ млн. т,} \quad (4)$$

В условиях примера оно составляет 0,34 млн. т. (рис. 2). Минимально необходимый объем вскрышных работ для их подготовки к выемке на конец года определяется по формуле:

$$V_{2.1} = \frac{a_2 + 0,5 \cdot b_2 \cdot 32.1 - 1}{\gamma} \cdot 32.1 \text{ млн. м}^3, \quad (5)$$

где γ – плотность угля ($\gamma=1,4$) т/м³.

В условиях примера этот объем составляет 0,247 млн. м³. Для подготовки к выемке такого же количества запасов в условиях начала года необходимо было бы удалить 0,294 млн. м³ породы вскрыши, т. е. на 0,047 млн. м³ больше. Удаление такого количества породы вскрыши V в условиях конца года обеспечило бы большее количество готовых к выемке запасов (0,40 млн.т.), определяемое по формуле:

$$Z = \frac{(1-a_2^2 + 2 \cdot b_2 \cdot V \cdot \gamma)^{0,5} - a_2 + 1}{b_2} \text{ МЛН. Т,} \quad (6)$$

Таким образом, использование параметров функций условий работ позволяет определить как минимально необходимый объем подготовительных вскрышных работ для подготовки к выемке определенного количества запасов, так и решить обратную задачу. При определенном объеме вскрышных работ определить максимально возможный объем подготовленных к выемке запасов.

Пересечение графиков функций условий работ (рис. 2) на начало и конец года позволяет выяснить, что при общем уменьшении среднего значения степени доступности запасов на конец года (табл.) некоторая наиболее доступная часть запасов на конец года стала более доступной, чем в начале года.

Величина запасов Z равная в условиях примера 2,76 млн. т. имеющих в этом случае одинаковое контурное значение степени доступности в точке пересечения функций K_d (рис.2) определяется по формуле:

$$Z_{2.1} = \frac{a_1 - a_2}{b_2 - b_1} \text{ МЛН. Т,} \quad (7)$$

Величина запасов Z равная в условиях примера 5,52 млн. т. имеющих в этом случае одинаковое среднее значение степени доступности (рис.2) определяется по формуле:

$$Z_{2.1} = 2 \cdot \frac{a_1 - a_2}{b_2 - b_1} \text{ МЛН. Т.} \quad (8)$$

Практически это означает, что из наиболее доступных частей запасов в сравниваемых условиях, в объеме каждой до 2,76 млн. т., более высокую степень доступности имеют запасы на конец года. В дальнейшем по мере включения в подготовку менее доступных запасов от 2,76 млн. т. до 5,52 млн. т. более высокую степень доступности имеют запасы на начало года и условия работ в целом для запасов в 5,52 млн. т уравниваются.

Количественная оценка горно-геологических условий работ по степени доступности запасов в увязке с годовой программой работ в условиях примера позволяет дать программе дополнительные более детальные характеристики.

Например, максимальная (предельная) годовая добыча запасов в условиях на начало года 5,86 млн. т. при максимальной концентрации всего объема работ по горной массе ($P=13,7+2,47/1,4=15,46$) на наиболее доступной части запасов вычисляется по формуле:

$$D_{1(\max)} = \frac{\left(\left(\frac{a_1}{\gamma}\right)^2 + \left(\frac{2 \cdot b_1}{\gamma \cdot P}\right)\right)^{0,5} - \frac{a_1}{\gamma}}{\frac{b_1}{\gamma}} \text{ млн. т} \quad (9)$$

Из этого следует, что разрез получает в текущем периоде в результате фактической деконцентрации работ относительно максимального значения коэффициент эффективности использования по добыче 0,42 (2,47/5,86). Текущий коэффициент вскрыши при постоянном значении объема работ по горной массе при максимальной концентрации работ на наиболее доступной части запасов составил бы 1,92 м³/т., а не 5,55 м³/т. фактически. Минимальный же объем работ по вскрыше 3,15 млн. м³ по формуле (5) и горной массе 4,91 млн. м³ при фактической добыче 2,47 млн.т. обеспечивает их использование с коэффициентами 0,23 (3,15/13,7) и 0,32 (4,91/15,46) соответственно. Таким образом, обоснованно делается вывод, что разрез в текущем периоде большую часть работ по вскрыше (77%) направляет на повышение степени доступности запасов планируемых к добыче в будущие периоды (годы), на опережение, а не собственно текущий первый год.

Время стабильной работы карьера 9,97 лет в условиях начала года с показателями текущего периода по добыче и вскрыше - (текущего опережения вскрышных работ) определяется по формуле:

$$t = 2 \cdot \frac{P - D \frac{a_1}{\gamma}}{D^2 \cdot \frac{b_1}{\gamma}}, \text{ лет} \quad (10)$$

Количество запасов в работе, в подготовке, в незавершенном производстве [2] при этом составляет 24,6 млн. т. (2,47*9,97=24,6), т. е. почти в 10 раз больше текущей добычи.

В горнодобывающей промышленности принята глубина проработки планов работ на перспективу в 5 лет. С учетом этого при поддержании постоянными на 5 лет условий и объема работ карьера по горной массе величина годового объем добычи в условиях примера должна составить 3,22 млн. т., определяющегося по формуле:

$$D_{1(5)} = \frac{\left(\left(\frac{a_1}{\gamma}\right)^2 + 2 \cdot t \left(\frac{b_1}{\gamma \cdot P}\right)\right)^{0,5} - \frac{a_1}{\gamma}}{t \cdot \frac{b_1}{\gamma}}, \text{ млн. т} \quad (11)$$

Объем подготовительных работ по вскрыше при этом составит 13,16 млн. м³ (15,46-3,22/1,4=13,16) и текущий коэффициент вскрыши 4,09 м³/т. (13,16/3,22=4,09). Коэффициент эффективности использования по добыче составит 0,55 (3,22/5,86), а не 0,42 как при перспективе 10 лет. Минимально необходимый объем работ по вскрыше при этом составит 4,58

млн. м³ (5) и горной массе 6,88 млн. м³ при использовании их для текущей добычи 0,35 и 0,445 соответственно. Количество запасов в работе, в подготовке, в незавершенном производстве [2] при этом составит 16,1 млн. т. (3,22*5=16,1), т. е. в 5 раз больше текущей добычи - на 1/3 меньше 24,6 млн.т. Как следует и в этом случае большую часть усилий по вскрыше карьер направит на повышение степени доступности запасов, планируемых к добыче в будущем 4 года, а не собственно текущий первый год.

Как показывает представленный пример, использование предлагаемых методических подходов позволяет продолжить и сравнение горно-геологических условий, и дополнить данными по текущему опережению вскрышных работ, оптимизации планов производства с учетом не экстремальных, а усредненных ситуаций, факторов времени, экономических показателей и т.д.

Профессор В.С. Хохряков [3] еще в 1980-х гг. отметил наличие двух самостоятельных текущих и перспективных задач, решаемых текущими вскрышными работами и необходимость минимизации времени и объема работ по опережению. Приложение №1 к приказу Минфина России от 31. 10. 2012 №143н «О введении в действие документов международных стандартов финансовой отчетности на территории Российской Федерации» так же требует деления вскрыши на текущую и перспективную [4]. Представленный выше методический подход позволяет количественно определить эти параметры процесса производства.

Список литературы

1.Ермолаев В. А. О классификации запасов полезных ископаемых по степени их подготовленности к добыче / В. А. Ермолаев, Я.О. Литвин // Современные тенденции и инновации в науке и производстве: материалы IV международной научно-практической конференции. Междуреченск. – 2015. – с 30-31.

2.Ермолаев В. А. Незавершенное производство на разрезах / В. А. Ермолаев, А.А.Сысоев, Я.О. Литвин // Экономическая безопасность России. Новые подходы к развитию угольной промышленности: сб. трудов XVI международной научно-практической конференции. Кемерово. – 2014. – с. 200-202.

3.Хохряков В.С. Проектирование карьеров. М., Недра, 1980. – 336 с.

4.Затраты на вскрышные работы на этапе эксплуатации разрабатываемого открытым способом месторождения (приложение №1 к приказу Минфина России от 31. 10. 2012 №143н «О введении в действие документов международных стандартов финансовой отчетности на территории Российской Федерации»). Собрание законодательства РФ. 2011. №10,ст. 1385; 2012. №6, ст. 680.