



УДК 622.271

СРАВНЕНИЕ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ГОРНЫХ РАБОТ КАРЬЕРОВ

Ермолаев В.А., Селюков А.В.

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева

Аннотация.

Горно-геологические условия разрабатываемых открытым способом месторождений в границах работ представляют собой достаточно объемные и сложные природно-техногенные пространственные объекты, непрерывно изменяющие в процессе разработки свои параметры. В Кузбассе при добыче угля на карьерах горно-геологические условия работ как объектов разработки характеризуются как сложно-структурные. Такие объекты одновременно содержат много деталей, учесть влияние которых на эффективность разработки при характеристике условий невозможно. Сравнить горно-геологические условия работы разных карьеров или одного карьера в результате изменения условий за некоторый период работ при реализации разных вариантов направлений развития позволяет различие обобщающих числовых характеристик условий разработки.

Информация о статье

Принята 26 мая 2018 г.

Ключевые слова: горно-геологические условия; степень доступности запасов; методика сравнения условий

COMPARISON OF MINING AND GEOLOGICAL CONDITIONS ON QUARRIES

Vyacheslav A. Ermolaev, Aleksei V. Selyukov

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

Abstract.

Mining and geological conditions of open-pit deposits within the boundaries of the work are quite voluminous and complex natural and man-made spatial objects that continuously change their parameters during the development process. In Kuzbass coal mining in quarries mining and geological conditions as objects of development are characterized as complex (hard-structured). Such objects contain many details simultaneously, and it is impossible to take into account their influence on development efficiency when describing conditions. To compare the mining and geological conditions of the operation of different quarries or one quarry as a result of changing conditions for a certain period of work in the implementation of different development options, the difference in the generalizing numerical characteristics of the development conditions allows.

Article info

Received May 26, 2018

Keywords: mining and geological conditions; degree of reserves' availability; comparison conditions method

Введение

Подробное изучение и сравнение всех деталей сложных условий разработки только кажется единственной возможностью получения достаточно точной информации о их различии. В действительности наглядное представление о различии условий дает сравнение характерных особенностей варьирования изучаемого признака сложных объектов, выражающееся в разных значениях обобщающих числовых характеристик сравниваемых условий разработки [1-12]. Использование числовых характеристик горно-геологических условий работ по степени доступности запасов позволяют получить количественное сравнение условий.



Материалы и методы

Свести характеристику многообразия деталей горно-геологических условий работ по добыче на определенный момент времени позволяет функция изменения степени доступности запасов (K_D) полезного ископаемого для выемки на отдельных направлениях их подготовки в процессе развития работ [13-15]. Значение степени доступности запасов на направлении подготовки к выемке определяется по формуле:

$$K_D = \frac{Z_K}{Z_K + V_K}, \text{ дол. ед.}, \quad (1)$$

где Z_K и V_K – объемы фрагментов запасов полезного ископаемого и закрывающих доступ к ним покрывающих пород вскрыши, соответственно, в общих для них промежуточных контурах погашения работ, м³.

Статистическая обработка данных о степени доступности запасов на направлениях подготовки позволяет определить параметры функции изменения степени доступности ($K_{D,i}$) запасов (Z_i) в интервале запасов (Z) карьера $0 \leq Z_i \leq Z$ в результате выполнения вскрышных и добычных работ по запланированным направлениям, имеющей вид:

$$K_{D,i} = \frac{1}{a + b \cdot Z_i}, \text{ дол. ед.}, \quad (2)$$

где a и b – параметры функций степени доступности запасов Z .

Значения степени доступности запасов $K_{D,i}$ имеют пределы $K_{D,\min} \leq K_{D,i} \leq K_{D,\max}$, определяемые по формулам:

$$\text{на начало разработки: } K_{D,\min} = \frac{1}{a}, \text{ дол. ед.}, \quad (3)$$

$$\text{на конец разработки: } K_{D,\max} = \frac{1}{a + b \cdot Z}, \text{ дол. ед.} \quad (4)$$

Средняя степень доступности запасов Z_i определяется по формуле:

$$K_{D,i} = \frac{1}{a + 0,5 \cdot b \cdot Z_i}, \text{ дол. ед.} \quad (5)$$

Сравнение горно-геологических условий работ заключается в установлении в структуре запасов полезных ископаемых в каждом из сравниваемых условий объемов запасов, имеющих большую, одинаковую или меньшую величину средней степени доступности и объемов вскрышных работ для их подготовки к выемке (рис. 1). Для большей наглядности разработанная методика представлена практическими примерами сравнения условий при различных вариантах их сочетания.

Для сокращения числа сочетаний сравниваемых условий вариант с наибольшим значением $K_{D,\max}$ предварительно условимся считать первым. При выполнении этого условия всего по степени доступности отдельных частей запасов существует пять вариантов сочетания сравниваемых горно-геологических условий.

Параметры представителей – функции этих вариантов условий нахождения запасов в массиве вмещающих и закрывающих доступ к запасам горных пород – в качестве примера приведены в таблице 1.

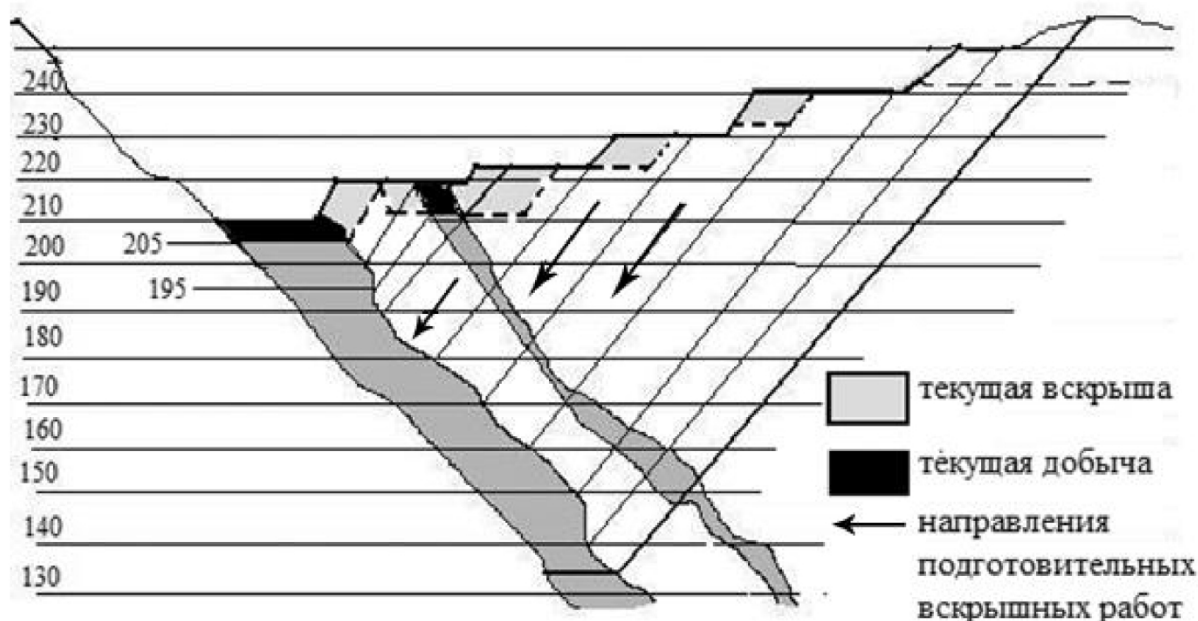


Рис. 1. Характерный профиль с изменением положений (условий) горных работ карьера за год.

Таблица 1. Параметры функций

Вариант (рис.)	Параметры функций сравниваемых вариантов условий			
	a	b	Z , млн. т	$x_{\min} < K_d < x_{\max}$
1(2-6)	4,05	0,32	26,0	0,081÷0,247
2(2)	6,49	0,52	21,7	0,056÷0,154
2(3)	5,00	0,20	45,0	0,071÷0,200
2(4)	6,49	0,52	8,3	0,092÷0,154
2(5)	5,00	0,20	20,3	0,110÷0,200
2(6)	13,00	0,55	20,3	0,041÷0,077

Первые четыре варианта сравниваемых условий (рис. 2-5) предусматривают наличие в каждом из них некоторой части запасов, имеющих одинаковую степень доступности, т. е. выполняется условие $K_{д1,\min} \leq K_{д2,\max} \leq K_{д1,\max}$. Последний, пятый, вариант сравниваемых условий (рис. 6) не предусматривает наличие в каждом из них некоторой части запасов, имеющих одинаковую степень доступности, т. е. выполняется условие $K_{д2,\max} \leq K_{д1,\min}$.

1. Выполнение предварительного условия $K_{д2,\max} \leq K_{д1,\max}$ (рис. 2-5) позволяет утверждать, что некоторая наиболее доступная часть запасов Z_1 в объеме $Z_{1.1}$ имеет более высокую степень доступности, полностью отсутствующую в других сравниваемых запасах (запасах Z_2). Эта часть запасов имеет степень доступности в пределах $K_{д2,\max} \leq K_{д1.1} \leq K_{д1,\max}$.

Величина запасов $Z_{1.1}$ определяется по формуле:

$$Z_{1.1} = \frac{a_2 - a_1}{b_1}, \text{ млн. т} \quad (6)$$

Средняя степень доступности запасов $Z_{1.1}$ определяется по формуле



$$K_{Д1.1} = \frac{1}{a_1 + 0,5 \cdot b_1 \cdot Z_{1.1}}, \text{ дол. ед.} \quad (7)$$

Запасы с таким высоким значением средней степени доступности полностью отсутствуют в структуре запасов Z_2 . Объем вскрышных работ $V_{1.1}$ для обеспечения доступности к выемке запасов $Z_{1.1}$ минимален и определяется по формуле:

$$V_{1.1} = \left(\frac{1}{\bar{K}_{Д1.1}} - 1 \right) \cdot \frac{Z_{1.1}}{\rho}, \text{ млн. м}^3 \quad (8)$$

где ρ – плотность полезного ископаемого (например, угля = 1,4), т/м³.

Сравнение условий работ (рис. 2) с использованием представленных выше формул позволяет определить, что вариант 1 условий имеет более доступные запасы 7,6 млн. т средней степени доступности $\bar{K}_{Д1.1} = 0,19$ при диапазоне значений 0,247-0,154, для добычи которых объем вскрышных работ минимален и составляет 23,1 млн. м³. Условия варианта 2 таких запасов по доступности не имеют, поскольку наибольшее значение их степени доступности $K_{Д2.\max} = 0,154$ (таблица 2). А сравнение условий работ (рис. 3) показывает, что вариант 1 условий в сравнении с вариантом 2 имеет более доступные запасы только в 2,97 млн. т средней степени доступности $\bar{K}_{Д1.1} = 0,221$ при диапазоне значений 0,247-0,200, для добычи которых объем вскрышных работ минимален и составляет 7,5 млн. м³ (таблица 3).

2. В случае $K_{Д2.\min} \leq K_{Д1.\min}$ в структурах запасов Z_2 и Z_1 некоторая наиболее доступная часть запасов Z_2 в объеме $Z_{2.2}$ имеет среднее значение (рис. 2-4) степени доступности, одинаковое значению средней степени доступности некоторой (оставшейся) менее доступной, чем запасы $Z_{1.1}$, части запасов Z_1 в объеме $Z_{1.2}$. Степени доступности этих запасов имеют общие пределы $K_{Д1.\min} \leq K_{Д1.1} \leq K_{Д2.\max}$. Оставшаяся часть запасов Z_1 в объеме $Z_{1.2}$, одинаковая по доступности с запасами $Z_{2.2}$, имеющая с ними общие пределы степени доступности, определяется по формуле:

$$Z_{1.2} = Z_1 - Z_{1.1}, \text{ млн. т} \quad (9)$$

Средняя степень доступности запасов $Z_{2.2}$ и $Z_{1.2}$ определяется по формуле:

$$\bar{K}_{Д1.1}(\bar{K}_{Д2.2}) = \frac{1}{a_2 + 0,5 \cdot b_1 \cdot Z_{1.2}}, \text{ дол. ед.} \quad (10)$$

Минимальный объем вскрышных работ $V_{1.2}$ для обеспечения доступности к выемке запасов $Z_{1.2}$ определяется по формуле:

$$V_{1.2} = \left(\frac{1}{\bar{K}_{Д1.2}} - 1 \right) \cdot \frac{Z_{1.2}}{\rho}, \text{ млн. м}^3 \quad (11)$$

Объем запасов $Z_{2.2}$ определяется по формуле:

$$Z_{2.2} = \frac{\left(\frac{1}{K_{Д1.\min}} - a_2 \right)}{b_2}, \text{ млн. т} \quad (12)$$



Минимальный объем вскрышных работ $V_{2,2}$ для обеспечения доступности к выемке запасов $Z_{2,2}$ определяется по формуле:

$$V_{2,2} = \left(\frac{1}{K_{Д1,2}} - 1 \right) \cdot \frac{Z_{2,2}}{\rho}, \text{ млн. м}^3 \quad (13)$$

В условиях работ (рис. 2) использование представленных выше формул [1-3] позволяет определить, что сравниваемые варианты 1 и 2 имеют части запасов средней степени доступности 0,106 при диапазоне значений 0,154-0,081. Но в условиях 1 это запасы в объеме 18,4 млн. т при объеме вскрыши 110,8 млн. м³, а в условиях 2 это запасы в объеме 11,26 млн. т при объеме вскрыши 67,8 млн. м³ (таблица 2). Аналогично определяются одинаково доступные части запасов и объемы вскрышных работ для их подготовки при других вариантах (рис. 3-5) сочетания условий (табл. 3-5).

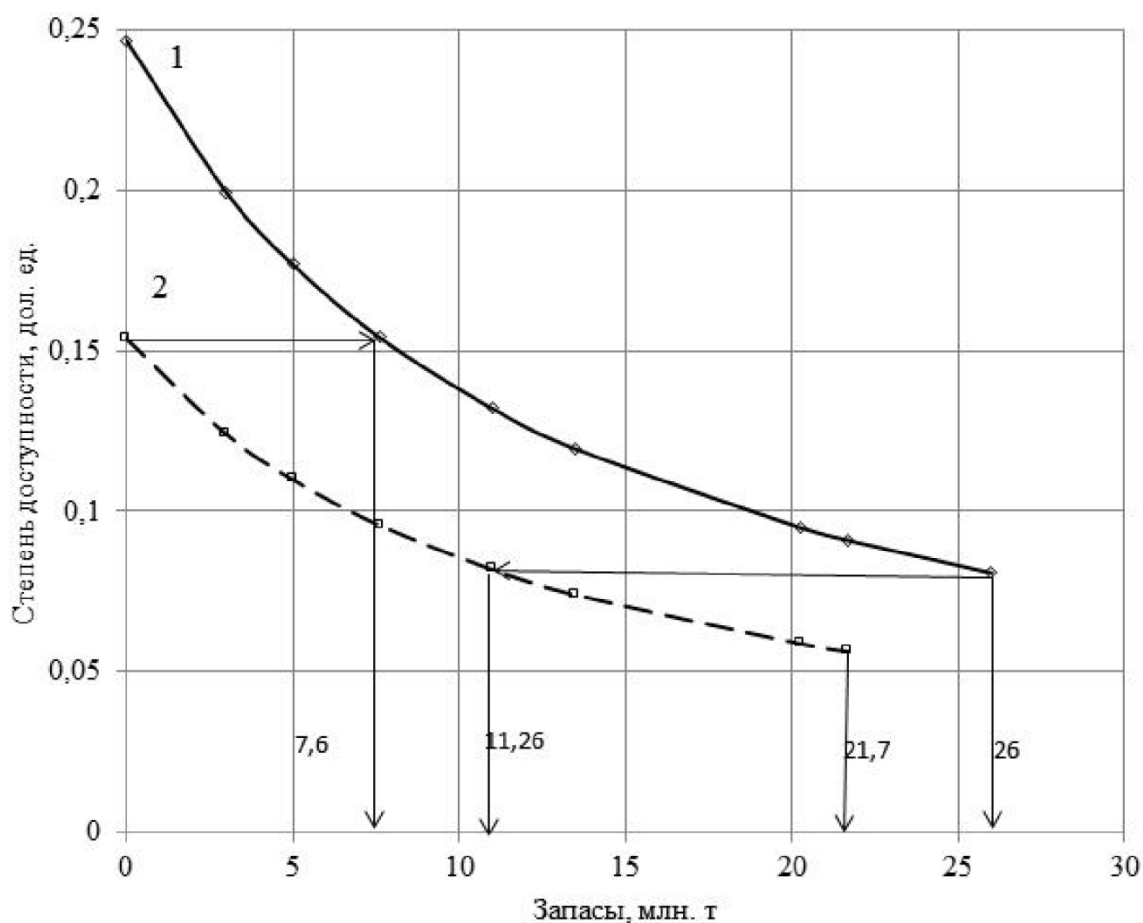


Рис. 2. К сравнению горно-геологических условий работ на карьерах (при выполнении условий $K_{Д2,max} \leq K_{Д1,max}$ и $K_{Д2,min} \leq K_{Д1,min}$).

В сравниваемых условиях работ (рис. 2) часть запасов Z_2 в объеме $Z_{2,3}$ имеет более низкую степень доступности, отсутствующую в запасах Z_1 . Объем оставшейся части запасов Z_2 наименее доступной $Z_{2,3}$ определяется по формуле:

$$Z_{2,3} = Z_2 - Z_{2,2}, \text{ млн. т} \quad (14)$$

Степень доступности запасов $Z_{2,3}$ находится в пределах $K_{Д2,min} \leq K_{Д2,3} \leq K_{Д1,min}$.
Средняя степень доступности запасов $Z_{2,3}$ определяется по формуле:



$$\bar{K}_{Д2.3} = \frac{1}{\frac{1}{K_{Д1.min}} + 0,5 \cdot b_2 \cdot Z_{2.3}}, \text{ дол. ед.} \quad (15)$$

Минимальный объем вскрышных работ $V_{2.3}$ для обеспечения доступности к выемке запасов $Z_{2.3}$ определяется по формуле:

$$V_{2.3} = \left(\frac{1}{\bar{K}_{Д2.3}} - 1 \right) \cdot \frac{Z_{2.3}}{\rho}, \text{ млн. м}^3 \quad (16)$$

Результаты сравнения вариантов условий 1 и 2 (рис. 2) приведены в таблице 2.

Как следует из вычисления, объем таких запасов $Z_{2.3}$ составляет 10,44 млн. т при средней степени доступности 0,066 и перекрыт вскрышей в объеме 105,5 млн. м³ (таблица 2). В аналогичной ситуации (рис. 3) объем таких запасов $Z_{2.3}$ составляет 8,3 млн. т при средней степени доступности 0,076 и перекрыт вскрышей в объеме 72 млн. м³ (таблица 3).

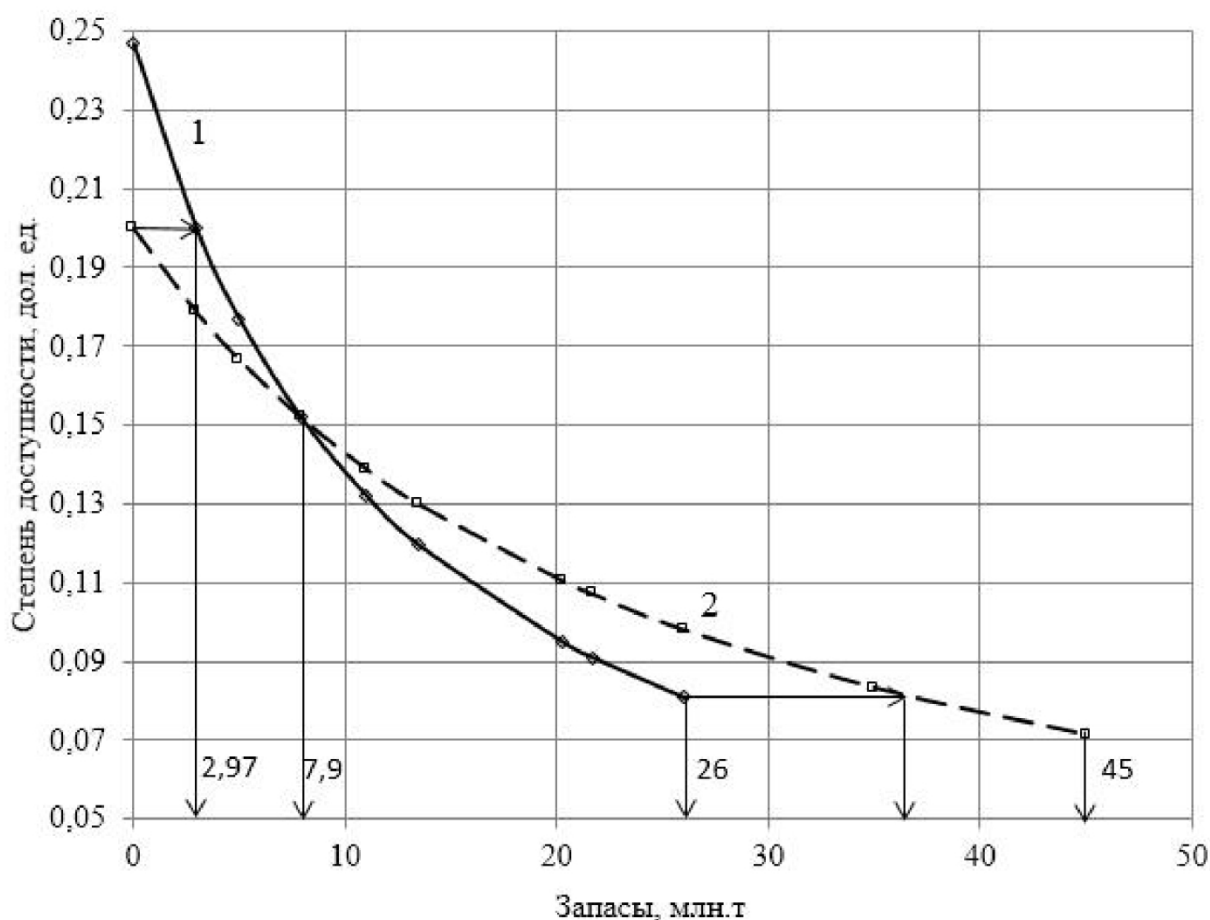


Рис. 3. К сравнению горно-геологических условий работ на карьерах (при выполнении условий $K_{Д2.max} \leq K_{Д1.max}$ и $K_{Д2.min} \leq K_{Д1.min}$).

3. В случае $K_{Д1.min} \leq K_{Д2.min}$ (рис. 3, 5) наиболее доступная часть запасов Z_1 в объеме $Z_{1.1}$ также имеет более высокую степень доступности, отсутствующую в запасах Z_2 . В структурах запасов Z_2 и Z_1 запасы Z_2 (в объеме $Z_{2.2}$) имеют среднее значение (рис. 3, 5) доступности, равное значению степени доступности некоторой менее доступной части запасов Z_1 в объеме $Z_{1.2}$. Степени доступности этих запасов имеют общие пределы $K_{Д2.min} \leq K_{Д1.i} \leq K_{Д2.max}$.



Таблица 2. Сравнение вариантов

Усло- вия рис. 2	Параметры и показатели сравниваемых вариантов условий			
	Всего	в том числе по степени доступности		
		более доступ- ные	одинаково до- ступные	менее доступ- ные
1	Запасы, млн. т (26)	7,6	18,4	-
	Степень доступности (0,122)	0,19	0,106	-
	Вскрыша, млн. м ³ (133,9)	23,1	110,8	-
2	Запасы, млн. т (21,7)	-	11,26	10,44
	Степень доступности (0,082)	-	0,106	0,066
	Вскрыша, млн. м ³ (173,3)	-	67,8	105,5

Средняя степень доступности запасов $Z_{2,2}$ и $Z_{1,2}$ определяется по формуле:

$$\bar{K}_{Д1,2}(\bar{K}_{Д2,2}) = \frac{1}{a_2 + 0,5 \cdot b_2 \cdot Z_{2,2}}, \text{ дол. ед.} \quad (17)$$

Минимальный объем вскрышных работ $V_{2,2}$ для обеспечения доступности к выемке запасов $Z_{2,2}$ определяется по формуле:

$$V_{2,2} = \left(\frac{1}{\bar{K}_{Д2,2}} - 1 \right) \cdot \frac{Z_{2,2}}{\rho}, \text{ млн. м}^3 \quad (18)$$

Часть запасов Z_1 в объеме $Z_{1,2}$, одинаковая по доступности с запасами $Z_{2,2}$, имеющая с ними общие пределы степени доступности $K_{Д2,\min} \leq K_{Д1,1} \leq K_{Д2,\max}$ и среднее ее значение $\bar{K}_{Д2,2}$ определяется по формуле:

$$Z_{1,2} = \frac{\left(\frac{1}{\bar{K}_{Д1,\min}} - a_2 \right)}{b_1}, \text{ млн. т} \quad (19)$$

Минимальный объем вскрышных работ $V_{1,2}$ для обеспечения доступности к выемке запасов $Z_{1,2}$ определяется по формуле:

$$V_{1,2} = \left(\frac{1}{\bar{K}_{Д1,2}} - 1 \right) \cdot \frac{Z_{1,2}}{\rho}, \text{ млн. м}^3 \quad (20)$$

Результаты сравнения вариантов условий 1 и 2 (рис.3) приведены в таблице 3.

В сравниваемых условиях работ (рис. 4 и 5) часть запасов Z_1 в объеме $Z_{1,3}$ имеет более низкую степень доступности, отсутствующую в запасах Z_2 . Оставшаяся, наименее доступная, часть запасов $Z_{1,3}$ (из запасов Z_1) определяется по формуле:

$$Z_{1,3} = Z_1 - Z_{1,1} - Z_{1,2}, \text{ млн. т} \quad (21)$$

Степень доступности запасов $Z_{1,3}$ находится в пределах $K_{Д2,\min} \leq K_{Д1,3} \leq K_{Д1,\min}$.



Таблица 3. Сравнение вариантов

Условия рис. 3	Параметры и показатели сравниваемых вариантов условий			
	Всего	в том числе по степени доступности		
		более доступные	одинаково доступные	менее доступные
1	Запасы, млн. т (26)	2,97	23,03	-
	Степень доступности (0,122)	0,221	0,115	-
	Вскрыша, млн. м ³ (134,0)	7,5	126,5	-
2	Запасы, млн. т (45,0)	-	36,7	8,3
	Степень доступности (0,105)	-	0,115	0,076
	Вскрыша, млн. м ³ (274,0)	-	202,0	72,0

Средняя степень доступности запасов $Z_{1.3}$ определяется по формуле:

$$\bar{K}_{д1.3} = \frac{1}{\frac{1}{\bar{K}_{д1.min}} + 0,5 \cdot b_1 \cdot Z_{1.3}}, \text{ дол. ед.} \quad (22)$$

Минимальный объем вскрышных работ $V_{1.3}$ для обеспечения доступности к выемке запасов $Z_{1.3}$ определяется по формуле:

$$V_{1.3} = \left(\frac{1}{\bar{K}_{д1.3}} - 1 \right) \cdot \frac{Z_{1.3}}{\rho}, \text{ млн. т} \quad (23)$$

Как следует из вычисления, объем таких запасов $Z_{1.3}$ в сравниваемых условиях (рис. 4) составляет 4,7 млн. т при средней степени доступности 0,086 и перекрыт вскрышей в объеме 35,9 млн. м³ (таблица 4). В аналогичной ситуации (рис. 5) объем таких запасов $Z_{1.3}$ составляет 10,23 млн. т при средней степени доступности 0,093 и перекрыт вскрышей в объеме 71,2 млн. м³ (таблица 5).

Результаты сравнения вариантов условий 1 и 2 (рис. 4) приведены в таблице 4.

Таблица 4. Сравнение вариантов

Условия рис. 4	Параметры и показатели сравниваемых вариантов условий			
	Всего	в том числе по степени доступности		
		более доступные	одинаково доступные	менее доступные
1	Запасы, млн. т (26,0)	7,6	13,7	4,7
	Степень доступности (0,122)	0,19	0,116	0,086
	Вскрыша, млн. м ³ (134,0)	23,1	75,0	35,9
2	Запасы, млн. т (8,3)	-	8,3	-
	Степень доступности (0,116)	-	0,116	-
	Вскрыша, млн. м ³ (45,2)	-	45,2	-

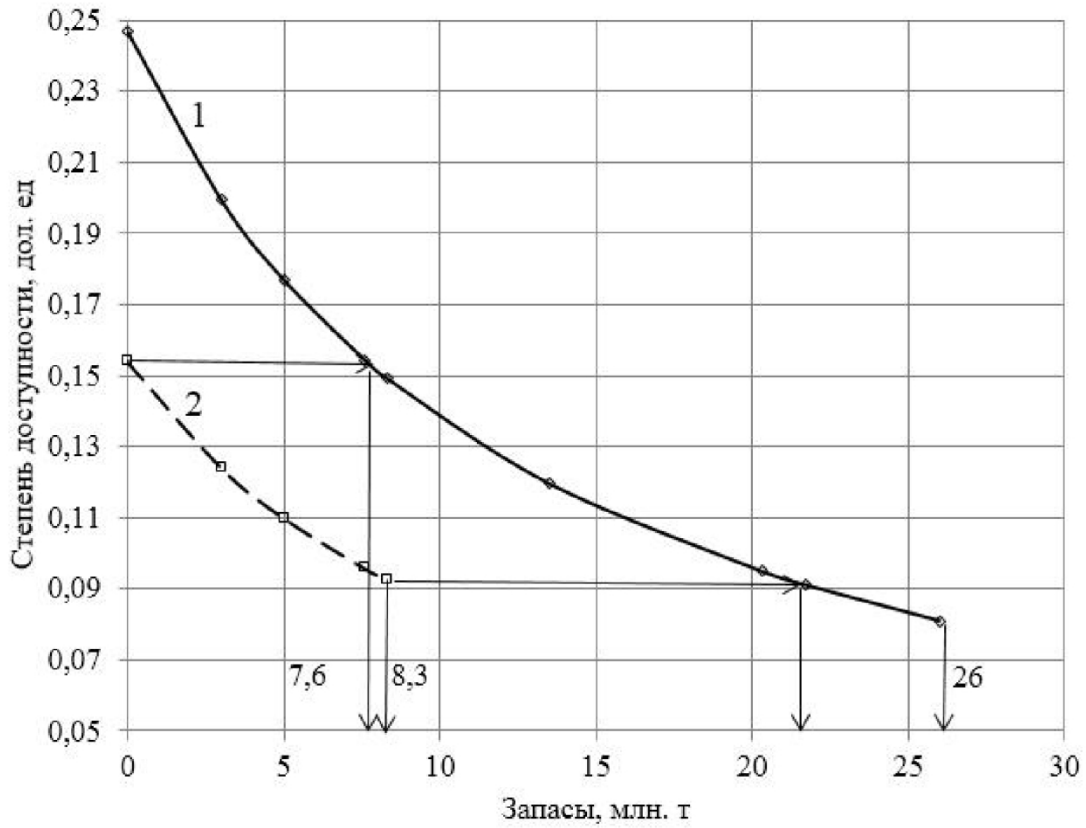


Рис. 4. К сравнению горно-геологических условий работ на карьерах
(при выполнении условий $K_{Д2.max} \leq K_{Д1.max}$ и $K_{Д1.min} \leq K_{Д2.min}$)

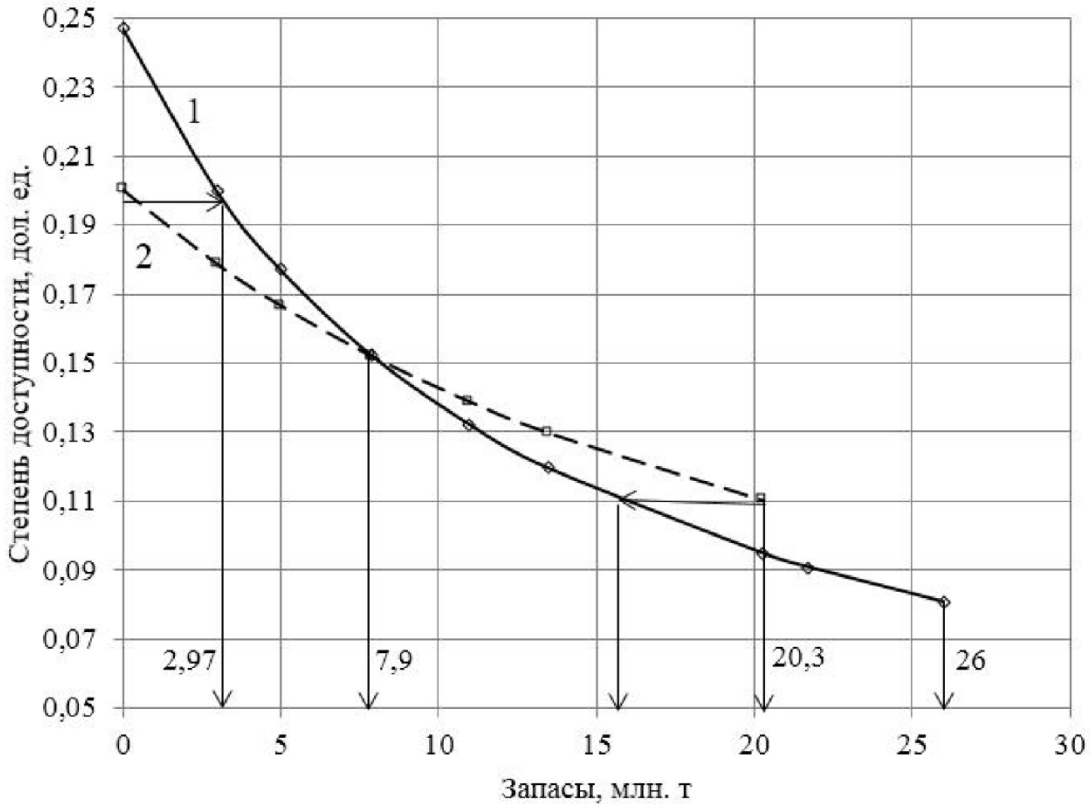


Рис. 5. К сравнению горно-геологических условий работ на карьерах
(при выполнении условий $K_{Д2.max} \leq K_{Д1.max}$ и $K_{Д1.min} \leq K_{Д2.min}$)



Результаты сравнения вариантов условий 1 и 2 (рис. 5) приведены в таблице 5.

Таблица 5. Сравнение вариантов

Усло- вия рис. 5	Параметры и показатели сравниваемых вариантов условий			
	Всего	в том числе по степени доступности		
		более до- ступные	одинаково до- ступные	менее доступ- ные
1	Запасы, млн. т (26)	2,97	12,8	10,23
	Степень доступности (0,122)	0,221	0,142	0,093
	Вскрыша, млн. м ³ (134,0)	7,5	55,3	71,2
2	Запасы, млн. т (20,3)	-	20,3	-
	Степень доступности (0,142)	-	0,142	-
	Вскрыша, млн. м ³ (87,6)	-	87,6	-

4. В сравниваемых горно-геологических условиях более высокая степень доступности одних запасов может иметь место как при любой величине запасов (рис. 2;4), так и только при некоторой их ограниченной части (рис. 3, 5).

Величина запасов Z , имеющих в этом случае одинаковое значение степени доступности в точке пересечения функций K_d (рис. 3, 5), определяется по формуле:

$$Z = \frac{a_2 - a_1}{b_1 - b_2}, \text{ млн. т} \quad (24)$$

Степень их доступности в точке пересечения функций K_d определяется по формуле:

$$K_{d1.1}(K_{d2.1}) = \frac{1}{a_1 + b_1 \cdot Z}, \text{ дол. ед.} \quad (25)$$

Средняя степень доступности $\bar{K}_{d1.1}$ запасов $Z_{1.1}$ определяется по формуле [2], а минимальный объем вскрышных работ $V_{1.1}$ для обеспечения доступности к выемке запасов $Z_{1.1}$ определяется по формуле [3].

Средняя степень доступности $\bar{K}_{d2.1}$ запасов $Z_{2.1}$ определяется по формуле:

$$\bar{K}_{d2.1} = \frac{1}{a_2 + 0,5 \cdot b_2 \cdot Z_{2.1}}, \text{ дол. ед.} \quad (26)$$

Минимальный объем вскрышных работ $V_{2.1}$ для обеспечения доступности к выемке запасов $Z_{2.1}$ определяется по формуле:

$$V_{2.1} = \left(\frac{1}{\bar{K}_{d2.1}} - 1 \right) \cdot \frac{Z_{2.1}}{\rho}, \text{ млн. м}^3 \quad (27)$$

Остальная часть запасов Z_1 в объеме $Z_{1.2}$ определяется по формуле:

$$Z_{1.2} = Z_1 - Z_{1.1}, \text{ млн.т} \quad (28)$$

Средняя степень доступности $\bar{K}_{d1.2}$ запасов $Z_{1.2}$ определяется по формуле:



$$\bar{K}_{Д1.2} = \frac{1}{\frac{1}{\bar{K}_{Д1.1}} + 0,5 \cdot b_1 \cdot Z_{1.2}}, \text{ дол. ед.} \quad (29)$$

Минимальный объем вскрышных работ $V_{1.2}$ для обеспечения доступности к выемке запасов $Z_{1.2}$ определяется по формуле [3].

Остальная часть запасов Z_2 в объеме $Z_{2.2}$ определяется по формуле:

$$Z_{2.2} = Z_2 - Z_{2.1}, \text{ млн.т} \quad (30)$$

Средняя степень доступности $\bar{K}_{Д2.2}$ запасов $Z_{2.2}$ определяется по формуле:

$$\bar{K}_{Д2.2} = \frac{1}{\frac{1}{\bar{K}_{Д1.1}} + 0,5 \cdot b_2 \cdot Z_{2.2}}, \text{ дол. ед.} \quad (31)$$

Минимальный объем вскрышных работ $V_{2.2}$ для обеспечения доступности к выемке запасов $Z_{2.2}$ определяется по формуле:

$$V_{2.2} = \left(\frac{1}{\bar{K}_{Д2.2}} - 1 \right) \cdot \frac{Z_{2.2}}{\rho}, \text{ млн. м}^3 \quad (32)$$

Как следует из вычисления, в сравниваемых условиях (рис. 5) деление запасов на более и менее доступные происходит при объеме 7,9 млн. т.

Результаты сравнения вариантов условий 1 и 2 (рис. 5) приведены в таблице 6.

Таблица 6. Сравнение вариантов

Усло- вия рис. 6	Параметры и показатели сравниваемых вариантов условий		
	Всего	в том числе по степени доступности	
		более доступные	менее доступные
1	Запасы, млн. т (26)	7,9	18,1
	Степень доступности (0,122)	0,188	0,105
	Вскрыша, млн. м ³ (134,0)	24,0	110,0
2	Запасы, млн. т (20,3)	12,4	7,9
	Степень доступности (0,142)	0,128	0,173
	Вскрыша, млн. м ³ (87,6)	60,3	27,3

Вариант сравниваемых условий (рис.6) при $K_{Д2,max} \leq K_{Д1,min}$ не предусматривает наличие в каждом из них некоторой части запасов имеющих одинаковую степень доступности. Запасы Z_1 в полном объеме доступнее запасов Z_2 .

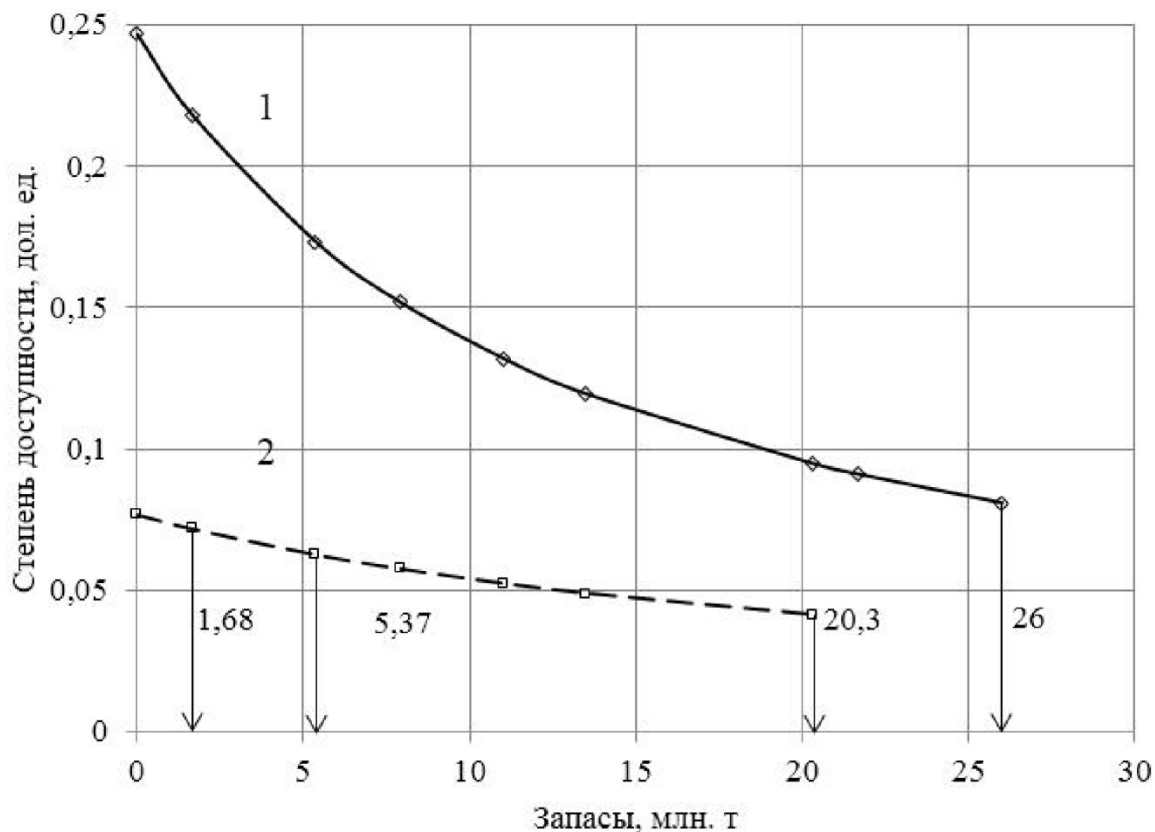


Рис. 6. К сравнению горно-геологических условий работ на карьерах (при выполнении условий $K_{д2.max} \leq K_{д1.max}$ и $K_{д2.max} \leq K_{д1.min}$).

5. Количество (объем) запасов полезного ископаемого Z в сравниваемых условиях, доступность которого ограничивается необходимостью удаления определенного минимального объема пород вскрыши V , определяется по формуле:

$$Z = \frac{-a+1+\sqrt{(a-1)^2+2 \cdot b \cdot V \cdot \rho}}{b}, \text{ млн. т} \quad (33)$$

Средняя степень доступности $\bar{K}_д$ запасов Z определяется по формуле:

$$\bar{K}_д = \frac{1}{a+0,5 \cdot b \cdot Z}, \text{ дол. ед.} \quad (34)$$

В сравниваемых условиях минимально необходимый объем пород вскрыши V , ограничивающий доступность объема запасов Z полезного ископаемого, определяется по формуле:

$$V = \frac{(a+0,5 \cdot b \cdot Z-1) \cdot Z}{\rho}, \text{ млн. м}^3 \quad (35)$$

Максимально доступные запасы угля Z в результате удаления 15 млн. м³ пород вскрыши и минимально необходимый объем подготовительных вскрышных работ V для добычи 5 млн. т угля в сравниваемых вариантах условий 1 и 2 (рис. 2-6) приведены в таблице 7



Таблица 7. Сравнение вариантов

Вариант (рис.)	При объеме вскрыши 15 млн. м ³		Для добычи 5 млн. т угля	
	Степень доступности	Запасы (добыча), млн. т.	Степень доступности	Вскрыша, млн. м ³
1(2-6)	0,204	5,37	0,206	13,75
2(2)	0,136	3,3	0,128	24,25
2(3)	0,183	4,7	0,182	16,1
2(4)	0,136	3,3	0,128	24,25
2(5)	0,183	4,7	0,182	16,1
2(6)	0,074	1,68	0,069	47,8

Результаты

Использование обобщающих числовых характеристик горно-геологических условий ведения открытых горных работ в предлагаемой методике позволяет выполнять их сравнение.

Сравнение условий работ по разработанной методике возможно производить:

- в конкретных условиях на начало разработки и в дальнейшем по мере развития и изменения положений горных работ на начало и конец календарных периодов (месяц, квартал, год, несколько лет);

- в конкретных условиях на начало и конец календарного периода при различных вариантах набора направлений развития работ (подготовки запасов) по добыче и вскрыше за период;

- в конкретных условиях на начало и конец календарного периода между группами направлений, решающих производственные задачи подготовки и добычи полезного ископаемого в текущем периоде, повышения степени доступности запасов для добычи в будущие периоды и состояния доступности запасов, находящихся в резерве;

- в конкретных и различных условиях, при применении различных схем вскрытия, систем разработки, при различных промежуточных положениях горных работ и несколько других прикладных задач, требующих наличия количественных характеристик горно-геологических условий работ;

- в определении количества (объема) запасов полезного ископаемого в сравниваемых условиях, доступность которого ограничивается необходимостью удаления в каждом из них некоторого определенного минимального объема пород вскрыши;

- в определении количества (объема) пород вскрыши в сравниваемых условиях, ограничивающих доступность определенного объема запасов в каждом из них и т. д.

Заключение

При всей сложности горно-геологических условий, непрерывно изменяющихся в процессе развития открытых горных работ, количественная характеристика степени доступности запасов по мере вовлечения их в разработку дает возможность численно оценить происходящие изменения условий добычи за период или разницу условий на разных карьерах. Представленная методика сравнения условий имеет прикладное значение. Она позволяет, например, сравнить условия разработки на начало и конец года, начало следующего года; определить, стали они проще или сложнее, дать этому изменению количественную оценку; учесть происходящие изменения условий при составлении планов работ на ближайшую и отдаленную перспективу.

Список источников

1. Арсентьев, А.И. Управление запасами горной массы в карьерах / А.И. Арсентьев [и др.] // Мурманск. кн. изд-во. – 1972. – 144 с.
2. Адигамов, Я.М. Нормирование запасов руд по степени подготовленности к добыче / Я.М. Адигамов, В.П. Зарайский // М.: Недра. – 1978. – 264 с.



3. Томаков, П.И. Вовлечение в производство ресурса выработанного пространства – основное направление в снижении ресурсоемкости и улучшения экологических показателей угледобычи на разрезах Кузбасса / П.И. Томаков, В.С. Коваленко // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 1998. – №3. – С. 37-44.
4. Селюков, А.В. О технологической значимости внутреннего отвалообразования при открытой разработке угольных месторождений Кемеровской области / Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2015. – №5. – С. 23-34.
5. Рутковский Б.Т. Блочный способ обработки месторождений открытым способом: Межвуз. сб. науч. тр. / Кузбас. политехн. ин-т. – Кемерово. – 1972. – С. 81-87.
6. Селюков, А.В. Оценка численного моделирования процесса адаптации внутреннего отвалообразования к режиму действующих карьерных полей Кемеровской области / Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов – 2015. – Т. 326. – № 12. – С. 60-71.
7. Корякин, А.И. Пути создания малоземлеемких технологий открытой угледобычи в Кузбассе / А.И. Корякин, И.И. Цепилов // Вестник КузГТУ. – 1999. – №1. – С. 60-62.
8. Селюков, А.В. Развитие малоземлеемких технологий открытой угледобычи при их адаптации к условиям действующих карьерных полей / Экология и безопасность в техносфере: современные проблемы и пути решения. Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов. В 2 томах. – 2015. – С. 178-183.
9. Коваленко, В.С. Формирование ресурсосберегающих технологий открытой разработки свит крутых и наклонных угольных пластов / автореф. ... докт. техн. наук. – М.: МГУ, 1997. – 48 с.
10. Кузнецов, В.И. Управление горными работами на разрезах Кузбасса / Кемерово, Кузбассвуиздат, 1997. – 164 с.
11. Селюков, А.В. Модернизация гибкой адаптации процесса размещения вскрыши в выработанном пространстве карьерного поля / Кузбасс: образование, наука, инновации. Материалы Инновационного конвента. Департамент молодежной политики и спорта Кемеровской области; Кузбасский технопарк; Совет молодых ученых Кузбасса. – 2015. – С. 35-36.
12. Демченко, А.В. Поэтапно-углубочная технология интенсивной отработки угольных пластов для условий разреза «Краснобродский» / А.В. Демченко, В.А. Ермолаев, С.М. Федотенко // Уголь. – 1997. – №1. – С. 21-22.
13. Ермолаев, В.А. Об оценке состояния горных работ на разрезах / В.А. Ермолаев, К.А. Голубин // Пути совершенствования технологии открытой угледобычи [сб. науч. тр. Юбилейной конференции кафедры ОГР, г. Кемерово, дек. 2010 г.]. – Кемерово, 2012. – С. 63-72.
14. Литвин, Я.О. Моделирование условий горных работ разрезов / Я.О. Литвин, В.А. Ермолаев // Сб. трудов XVI международной научно-практической конференции: Экономическая безопасность России. Новые подходы к развитию угольной промышленности. / Кемерово. – 2014. – с 197-200.
15. Ермолаев, В.А. О степени доступности запасов полезных ископаемых для добычи / В.А. Ермолаев, А.А. Сысоев, Я.О. Литвин, А.В. Селюков // Вестник КузГТУ. – 2017. – №1. – С. 26-30.

References

1. Arsent'ev, A.I. Upravlenie zapasami gornoj massy v kar'erah / A.I. Arsent'ev [i dr.] // Murmansk. kn. izdvo. – 1972. – 144 s.
2. Adigamov, Ya.M. Normirovanie zapasov rud po stepeni podgotovlenosti k dobyche / Ya.M. Adigamov, V.P. Zarajskij // M.: Nedra. – 1978. – 264 s.
3. Tomakov, P.I. Vovlechenie v proizvodstvo resursa vyrabotannogo prostranstva – osnovnoe napravlenie v snizhenii resursoemkosti i uluchsheniya ekologicheskikh pokazatelej ugledobychi na razrezah Kuzbassa / P.I. Tomakov, V.S. Kovalenko // Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten'. – 1998. – №3. – S. 37-44.
4. Selyukov, A.V. O tekhnologicheskoy znachimosti vnutrennego otvaloobrazovaniya pri otkrytoj razrabotke ugol'nyh mestorozhdenij Kemerovskoj oblasti / Fiziko-tekhnicheskie problemy razrabotki poleznyh iskoopaemyh. – 2015. – №5. – S. 23-34.
5. Rutkovskij B.T. Blokovyj sposob otrabotki mestorozhdenij otkryтым sposobom: Mezhvuz. sb. nauch. tr. / Kuzbas. politekhn. in-t. – Kemerovo. – 1972. – S. 81-87.
6. Selyukov, A.V. Ocenka chislennogo modelirovaniya processa adaptacii vnutrennego otvaloobrazovaniya k rezhimu dejstvuyushchih kar'ernyh polej Kemerovskoj oblasti / Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov – 2015. – T. 326. – № 12. – S. 60-71.
7. Koryakin, A.I. Puti sozdaniya malozemleemkih tekhnologij otkrytoj ugledobychi v Kuzbasse / A.I. Koryakin, I.I. Tsepilov // Vestnik KuzGTU. – 1999. – №1. – S. 60-62.



8. Selyukov, A.V. Razvitiye malozemleemkikh tekhnologiy otkrytoj ugledobychi pri ih adaptacii k usloviyam dejstvuyushchih kar'ernyh polej / Ekologiya i bezopasnost' v tekhnosfere: sovremennye problemy i puti resheniya. Sbornik trudov Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii molodyh uche-nyh, aspirantov i studentov. V 2 tomah. – 2015. – S. 178-183.
9. Kovalenko, V.S. Formirovanie resursosbergayushchih tekhnologiy otkrytoj razrabotki svit krutyh i naklonnyh ugol'nyh plastov / avtoref. ... dokt. tekhn. nauk. – M.: MGGU, 1997. – 48 s.
10. Kuznecov, V.I. Upravlenie gornymi rabotami na razrezah Kuzbassa / Kemerovo, Kuzbassvuzizdat, 1997. – 164 s.
11. Selyukov, A.V. Modernizaciya gibkoj adaptacii processa razmeshcheniya vskryshi v vyrabotannom prostranstve kar'ernogo polya / Kuzbass: obrazovanie, nauka, innovacii. Materialy Innovaci-onnogo konventa. Departament molodezhnoj politiki i sporta Kemerovskoj oblasti; Kuzbasskij tekhnopark; Sovet molodyh uchenyh Kuzbassa. – 2015. – S. 35-36.
12. Demchenko, A.V. Poetapno-uglubochnaya tekhnologiya intensivnoj otrabotki ugol'nyh plastov dlya uslovij razreza «Krasnobrodskij» / A.V. Demchenko, V.A Ermolaev, S.M. Fedotenko // Ugol'. – 1997. – №1. – S. 21-22.
13. Ermolaev, V.A. Ob ocenke sostoyaniya gornyh rabot na razrezah / V.A. Ermolaev, K.A. Golubin // Puti sovershenstvovaniya tekhnologii otkrytoj ugledobychi [sb. nauch. tr. Yubilejnoj konferencii kafedry OGR, g. Kemerovo, dek. 2010 g.]. – Kemerovo, 2012. – S. 63-72.
14. Litvin, Ya.O. Modelirovanie uslovij gornyh rabot razrezov / Ya.O. Litvin, V.A. Ermolaev // Sb. trudov XVI mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii: Ekonomicheskaya bezopasnost' Rossii. Novye podhody k razvitiyu ugol'noj promyshlennosti. / Kemerovo. – 2014. – s 197-200.
15. Ermolaev, V.A. O stepeni dostupnosti zapasov poleznyh iskopaemyh dlya dobychi / V.A. Ermolaev, A.A. Sysoev. Ya.O. Litvin, A.V. Selyukov // Vestnik KuzGTU. – 2017. – №1. – S. 26-30.

Авторы

Ермолаев Вячеслав Андреевич – доктор техн. наук, профессор

Селюков Алексей Владимирович – кандидат техн. наук, доцент

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева

Authors

Vyacheslav A. Ermolaev, Dr. Sc. (Tech.)

Aleksei V. Selyukov, Cand. Sc. (Tech.)

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

Библиографическое описание статьи

Ермолаев, В.А. Сравнение горно-геологических условий горных работ карьеров / В.А. Ермолаев, А.В. Селюков // Техника и технология горного дела. – 2018. – № 2 (2). – С. 50-64.

Cite this article

Ermolaev V.A., Selyukov A.V. (2018) Comparison of mining and geological conditions on quarries, *Journal of mining and geotechnical engineering*, 2(2):50.