

УДК 622.271

## ТЕХНОЛОГИЯ ВНЕШНЕГО ОТВАЛООБРАЗОВАНИЯ УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗОВ КУЗБАССА, КАК ЭЛЕМЕНТ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ

Иванов В.С., студент гр. ГОc-141, V курс

Научный руководитель: Селюков А.В., к.т.н., доцент

Кузбасский государственный технический университет

имени Т.Ф. Горбачева

г. Кемерово

Доминирующим способом отвалообразования на разрезах Кемеровской области является внешнее с преобладающей долей автомобильного транспорта на доставке вскрышной породы из забоя в отвал. Предлагается усовершенствовать внешнее отвалообразование с позиции формирования низкопрофильных отвалов [1-4]. Следует пояснить термин «низкопрофильный», за основу принято геометрическое сечение внешнего отвала вскрышных пород. В распространном понимании внешний автомобильный отвал представляет собой усеченную фигуру пирамидального типа, слагаемую отвальными ярусами. В предлагаемой же технологической схеме, искусственная насыпь тоже представляет собой пирамидальную форму, слагаемую из нескольких отвальных ярусов, высоты которых приняты согласно рекомендуемым значениям по устойчивости и по данным практического опыта отсыпки внешних отвалов в части обеспечения баланса удерживающих и сдвигающих сил. В дальнейшем и как показывают последующие числовые вычисления по высотам внешнего отвала предлагаемый ниже, чем отвал в более распространенном понимании, тогда относительно существующих отвалов угольных разрезов Кемеровской области предлагается обозначить предлагаемый отвал «низкопрофильным» из-за его высоты.

При проведении анализа технико-экономических показателей предлагаемой технологии, необходимо найти оптимальное значение параметров отвала. К их числу можно отнести: средневзвешенная дальность транспортирования вскрышных пород; геометрические размеры внешнего отвала: высота и площадь занимаемая отвалом; емкость отвала. Во-первых, нужно определить необходимый объём вскрышной породы, который в дальнейшем будет вмещать отвал. Во-вторых, требуется найти наиболее удобное расположение будущего отвала при минимальной дальности транспортирования от карьерной выемки до его максимально удалённой точки. В третьих, отвал следует располагать с учетом рельефа поверхности и факторов (водные ресурсы, геологические нарушения и т.п.) влияющих на удобство и возможность размещения вскрышных пород в месте перспективного складирования.

С помощью технико-экономических расчетов получаем несколько моделей при различных вариантах размещения отвала, сравнивая показатели этих моделей выбираем наилучший вариант размещения.

В качестве объекта проектирования формирования низкопрофильного внешнего отвала предложен перспективный «Терсинский» геолого-промышленный район Кемеровской области.

Поверхность поля представлена гористым рельефом с весьма большим перепадом высотных отметок: от +280 м до +460 м. На рис.1 показана 3D модель поверхности поля «Терсинского» геолого-промышленного района вблизи проектируемого объекта.

Карьерное поле проектируемого разреза простирается с юго-запада на северо-восток. Его площадь составляет 510,7 Га при длине 4,5 км и ширине равной 1,5 км, а его максимальная глубина изменяется от 260 м до 180 м в зависимости от рельефа поверхности. Учитывая, что объем горной массы, извлекаемой из карьера, составляет около 800 млн м<sup>3</sup>, а средний коэффициент вскрыши равен 10, следует вывод, что запасы в границах лицензии варьируются в диапазоне 60-80 млн.т. Карьер с таким количеством запасов можно отнести к среднему – с производственной мощностью 3-5 млн. т/год. Таким образом взяв во внимание величину запасов и возможную производственную мощность делаем вывод, что срок службы карьера составляет приблизительно 20 лет.

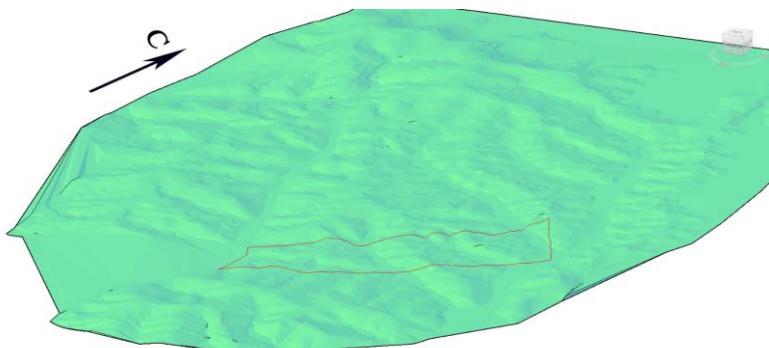


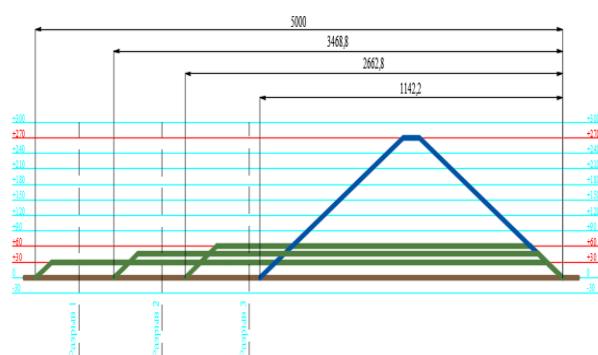
Рис.1. 3D модель поверхности поля «Терсинского» геолого-экономического района вблизи проектируемого объекта.

Возможность поэтапной планировки низкопрофильного отвала также дает нам возможность начать отсыпку с максимально удаленной точки проектируемого отвала (рис.2). и сокращать плечо транспортирования по мере углубления карьерной выемки, тем самым сохраняя баланс и помогая регулировать технико-экономические показатели на протяжении всего срока службы карьера. Этого невозможно достичь при отсыпке отвала пирамидальной формы.

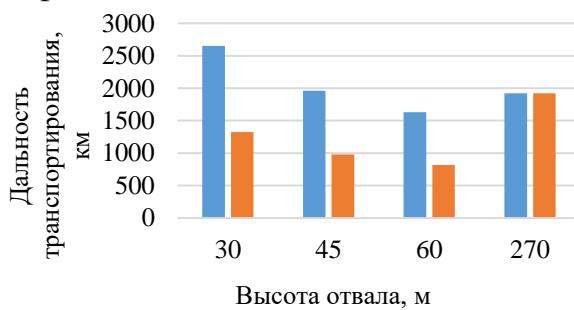
При проведении оценки использовались следующие показатели: затраты на транспортировку вскрыши; затраты на планировочные работы; затраты на аренду земель; затраты на рекультивацию. основная часть затрат приходится на транспортировку вскрышных пород и не сопоставима с другими за-

тратами: арендой, планировкой, рекультивацией. Потому затраты на перевозку вскрыши в отвалы считается первоочередной и главенствующей Система поэтапной отсыпки позволяет проводить локальную рекультивацию отвала и брать в аренду земли для размещения отвальных пород на более короткие сроки. К примеру при формировании пирамидального отвала возвращение земли из аренды происходит после всех 4-х этапов открытых горных работ, т.е. земли начинают использоваться через 20 лет. Исходя из этого более целесообразно рассматривать экономическую эффективность отвала как на этапе его отсыпки, так и от последующего использования земель благоприятных для ведения промышленности или иного вида хозяйства.

профили проектируемого низкопрофильного и пирамидального отвалов



*зависимость дальности транспортирования от высоты отвала*



план распределения частей отсыпки низкопрофильного отвала по годам с трассировкой до каждого участка

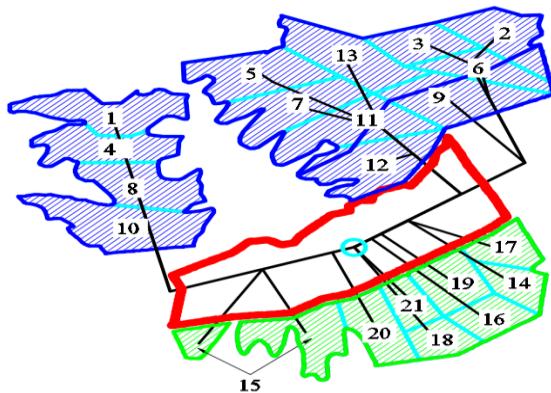
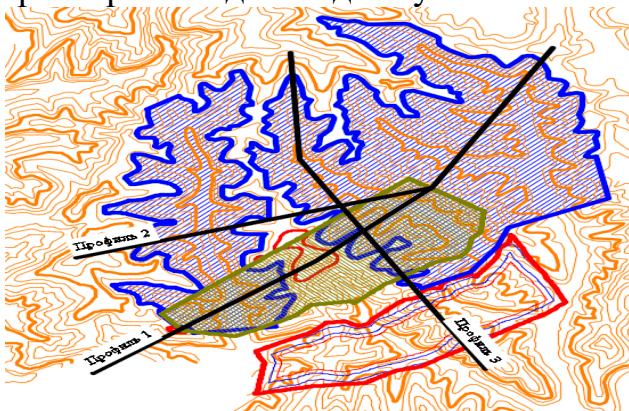


Рис. 2. Графическое моделирование параметров низкопрофильного отвала.

Таблица 1

Параметры низкопрофильного отвала

Год отсыпки	Объем вмещающей вскрыши			Площадь, занимаемая частью отвала			Дальность транспортирования		
	млн. м <sup>3</sup>			Га			км		
	Тело			Тело			Тело		
1	2	3		1	2	3	1	2	3
1	34,9			102,5			5,5		
2		36,6			82,5			5,2	

3		36		58,7			5,1	
4	34,6			86,7		5		
5		37,1			105,1		4,9	
6		35,7			106,1		4,4	
7		35			60,2		4,3	
8	35,4			101,8		4,3		
9		40,2			89,9		4,3	
10	37,2			108,9		4		
11		32,2			134		3,5	
12		36,5			111		3,4	
13		31,1			113,3		3,1	
14		30,4			45,6		2,5	
15		27,5			110,5		2,5	
16		29			49,3		2,2	
17		27,6			48,5		2,1	
18		28,2			43,3		1,9	
19		29,9			67,7		1,6	
20		28,4			71,1		1,6	
21		28,9			40,5		1,4	
$\Sigma$	142,1	320,4	229,9	399,9	860,8	476,5	Средняя = 3,5	
	692,4			1737,2				

При проведении экономической оценки способов отвалообразования использовались следующие показатели:

- затраты на транспортировку вскрышной массы;
- затраты на планировочные работы;
- затраты на аренду земель;
- затраты на рекультивацию;

Затраты на отвалообразование

$$Z_{\text{отв}}^{y\partial} = C_{\text{транс}} + C_{\text{планир}} \quad (1)$$

Удельные затраты на транспортировку вскрышной массы

$$C_{\text{транс}} = L_{\text{тр}} * V_{\text{вскр}} * \rho * Z_{\text{т/км}} \quad (2)$$

где  $L_{\text{тр}}$  - дальность транспортирования, км;  $V_{\text{вскр}}$  - объем вскрышной породы, м<sup>3</sup>;  $\rho$  - плотность породы, кг/м<sup>3</sup>;  $Z_{\text{т/км}}$  - стоимость, т/км.

Удельные затраты на планировочные работы

$$C_{\text{планир}} = (V_{\text{вскр}} / P_{\text{см}}) * T_{\text{см}} * Z_{\text{смены}} \quad (3)$$

где  $V_{\text{вскр}}$  - объем вскрышной породы;  $P_{\text{см}}$  - сменная производительность бульдозера;  $T_{\text{см}}$  - продолжительность смены, час;  $Z_{\text{смены}}$  - эксплуатационные затраты бульдозера, тыс.руб/маш.час.

Затраты на аренду земель

$$Z_{\text{аренда}} = Z_{\text{зем}} * S * n \quad (4)$$

где  $Z_{\text{зем}}$  - стоимость аренды 1 гектара земли;  $S$  - площадь арендуемых

земель, Га;  $n$  – срок аренды, лет.

Затраты на рекультивацию

$$Z_{\text{рекуль}} = S * C_{\text{рекуль}} \quad (5)$$

где  $S$  – площадь арендуемых земель, Га;  $C_{\text{рекуль}}$  – стоимость рекультивации 1 гектара нарушенной земли.

С помощью математических вычислений, графического анализа и моделирования в программе AutoCad Civil 3D определяем оптимальное соотношение дальности транспортирования, площади и высоты отвала с учетом рационального размещения объема вскрышных пород. С помощью программы Microsoft Office Excel 2007 проводим технико-экономический анализ нескольких экономических моделей при различных вариантах размещения отвала и расчетные затраты при разных вариантах отвалообразования.

Для экономических расчетов затрат при разной высоте отвала, использовались показатели: зависимость высоты отвала от его параметров, параметров отвалов при различных высотах, зависимость дальности транспортирования от высоты отвала (табл. 2,3).

Таблица 2

Экономический расчет затрат при разной высоте отвала

Выс отв ала	Пло щадь отсы пки	Объ ем отс ыпк и	Дальность транспорт ирования	Аренд а	Транспор тировки вскрыши	Плани ровка отвала	Рекуль тивация	Сумма затрат
м	Га	млн. $m^3$	км	руб.	руб.	руб.	руб.	руб.
+30	2000	584	2,65	10000 00000	27083000 000	33692 30769	1000000 000	32,452 23077
+45	1318	592	1,96	65900 0000	20305600 000	34153 84615	6590000 00	25,038 98462
+60	1065	594	1,63	53250 0000	16943850 000	34269 23077	5325000 00	21,435 77308
+27 0	457	589	1,92	22850 0000	19790400 000	33980 76923	2285000 00	23,645 47692

Таблица 3

Параметры низкопрофильного отвала

Год отсыпки	Объем вмещающей вскрыши			Площадь, занимаемая частью отвала			Дальность транспортирования		
	млн. $m^3$			Га			км		
	Тело			Тело			Тело		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3

1	34,9			102,5			5,5		
2		36,6			82,5			5,2	
3		36			58,7			5,1	
4	34,6			86,7			5		
5		37,1			105,1			4,9	
6		35,7			106,1			4,4	
7		35			60,2			4,3	
8	35,4			101,8			4,3		
9		40,2			89,9			4,3	
10	37,2			108,9			4		
11		32,2			134			3,5	
12		36,5			111			3,4	
13		31,1			113,3			3,1	
14		30,4			45,6			2,5	
15		27,5			110,5			2,5	
16		29			49,3			2,2	
17		27,6			48,5			2,1	
18		28,2			43,3			1,9	
19		29,9			67,7			1,6	
20		28,4			71,1			1,6	
21		28,9			40,5			1,4	
$\Sigma$	142,1	320,4	229,9	399,9	860,8	476,5	Средняя = 3,5		
	692,4			1737,2					

Система поэтапной отсыпки позволяет проводить локальную рекультивацию отвала и брать в аренду земли для размещения отвальных пород на более короткие сроки, и рекультивированные земли могут приносить доход от альтернативного использования площадей, давая преимущество данной схеме отсыпки отвала в экономическом и социальном развитии. Начать возвращать земли из аренды государству при низкопрофильном отвале возможно уже через 5-6 лет. При формировании пирамидального отвала возвращение земли из аренды происходит после всех 4-х этапов открытых горных работ, т.е. земли начинают использоваться в народном хозяйстве через 20 лет. Исходя из этого более целесообразно рассматривать экономическую эффективность отвала как на этапе его отсыпки, так и от последующего использования земель благоприятных для ведения промышленности или иного вида хозяйства, будь то сельское, животноводческое и др. В данном случае низкопрофильный отвал будет намного более рентабельным, т.к. несет в себе большую ценность для последующих поколений. Дальнейшая прибыль от использования земель может измеряться миллиардами рублей, а положительная экологическая оценка поверхности позволит избежать устрашающих последствий, возникающих после использования предприятием. Геомеханическая устойчивость низкопрофильного отвала исключит возможность техногенных катастроф, таких

как оползни, сели и др., а также позволяют избежать дополнительных затрат совокупных с фактором риска, и оградить предприятие от неблагоприятных экономических и производственных последствий. Затраты на транспортировку вскрышных пород в отвал играют более существенную роль и несут более высокие затраты на реализацию: примерно 90,2% затрат в случае отсыпки пирамидального отвала и 91,4% при отсыпке низкопрофильного. Стоимости аренды земель составляет 1,7% от всех затрат на отвалообразования. Увеличение показателей геомеханической устойчивости при формировании низкопрофильного отвалообразования уменьшает риск возникновения техногенных катастроф, снижая затраты на их ликвидацию. Низкопрофильный отвалообразование позволяет получать прибыль с арендуемых земель. Так как часть оно включает поэтапную сдачу отвальных земель в фонд государства. Благодаря тому, что низкопрофильный отвал создает позитивную ландшафтную единицу, от него можно получать прибыль предварительные расчеты показывают, что прибыль можно получить с учетом засева территории после срока усадки отвала, технического и биологического этапа рекультивации и возвратом земель. Земли, возвращенные в земельный фонд в период эксплуатации карьера используются под засев культурой «пшеница», годовая прибыль со 100 Га земли, в среднем по России, составляет 1 680 000 руб., таким образом за 26 лет можно получить прибыль примерно равную 346,2 млн. руб.

### Список литературы

1. Селюков А.В., Ермолаев В.А. Геоморфологическая перепланировка прикарьерного пространства отсыпкой низкопрофильных отвалов вскрышных пород Кузбасс: образование, наука, инновации: материалы Инновационного конвента. (Департамент молодежной политики и спорта Кемеровской области; Кузбасский технопарк; Совет молодых ученых Кузбасса). Издательство СибГИУ (Новокузнецк-Кемерово) 2016. с.52-56.
2. Селюков А.В., Ермолаев В.А. Экологосберегающая технология отсыпки внешнего вскрышного отвала при открытой угледобыче. Экологические проблемы промышленно развитых и ресурсодобывающих регионов: пути решения: сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции 22 декабря 2016 г., Кемерово [Электронный ресурс], 2016.
3. Selyukov A, Ermolaev V., Kostinez I. Efficiency of Low-Profile External Dumping at Open Pit Coal Mining in Kemerovo Region / 10 November 2017, №01027 2nd International Innovative Mining Symposium, IIMS 2017; Kemerovo; Russian Federation; 20-22 November 2017.
4. Селюков А.В. Эффективность отсыпки низкопрофильного внешнего вскрышного отвала при открытой угледобычи в Кемеровской области Горный информационно-аналитический бюллетень. Т. 2. 2017, №S38. с.120-127.