

А.В. Архипов, Е.В. Земцовская

ПРЕИМУЩЕСТВА ФОРМИРОВАНИЯ ПОРОДНЫХ ОТВАЛОВ С МАЛОЙ ВЫСОТОЙ ЯРУСА

Рассмотрены проблемы формирования породных отвалов на основе минимизации подотвальных площадей и работы автотранспорта с использованием средств компьютерного моделирования; рассмотрены отвалы круглой, квадратной и прямоугольной формы в плане, а также одно и многоярусные по конструкции.

Ключевые слова: конструкция отвалов, многоярусные отвалы, работа автотранспорта, подотвальная площадь, эквивалент вертикального перемещения.

В работе авторов [1] на первом этапе исследований уже рассматривался вопрос выбора конструкции и технологии формирования породных отвалов на основе минимизации работы автотранспорта, снижения техногенной нагрузки на природу и обеспечения технологичности разработки в качестве техногенного месторождения. Исследования проводились на модели отвала, размещенного вдоль всего периметра карьера на минимально возможном расстоянии от этих границ. Рассматривались и сравнивались варианты размещения одного и того же объема вскрышных пород в одноярусных и многоярусных отвалах с высотой яруса, кратной 30 м.

Сравнение вариантов позволило сделать следующие выводы.

Высокие одноярусные отвалы с предельной высотой по устойчивости отвалных пород (для скальных пород 100–120 м) являются по энергетическим затратам на транспортирование наименее предпочтительными.

По конструкции более рационально использовать многоярусные отвалы с высотой яруса равной 30 м, у которых энергетические затраты почти в два раза ниже, чем у одноярусных отвалов с высотой отвала либо яруса равной предельной по критерию устойчивости. При этом заполнение отвала осуществляется последовательно по ярусам.

Ярус высотой 30 м является устойчивым практически для большинства типов вскрышных пород. Повышается безопасность ведения отвальных работ.

При разгрузке пород с автосамосвалов через породный предохранительный вал на 30-ти метровом ярусе величина разовой уходки фронта разгрузки в три раза превышает аналогичные параметры на ярусах высотой 100 м, что позволяет значительно сокращать объем бульдозерных работ и время стабилизации после разгрузки.

Земельные площади под многоярусными отвалами и одноярусными одинаковой емкости и высоты, отличаются друг от друга в пределах нескольких процентов. Предпочтение следует отдавать двух-трех ярусным отвалам с высотой яруса до 30 м. Затраты на превышение занимаемых земельных площадей практически могут быть компенсированы почти двукратным снижением объема работы по транспортировке вскрыши по сравнению с работой при одноярусном отвале одинаковой емкости.

На практике сплошное размещение вскрыши по периметру карьера осуществить затруднительно, хотя такое размещение с точки зрения минимизации затрат можно считать идеальным, поэтому отвалы должны располагаться по возможности вдоль периметра карьера. В большинстве случаев отвалы вскрышных пород представляют собой по конструкции отдельно стоящие насыпные сооружения, которые с целью минимизации подотвальных площадей формируются с предельной высотой отвала или яруса по критериям устойчивости складироваемых пород вскрыши. Исходя из вышеизложенного, формирование отвалов с малой высотой яруса исследовалось на отвалах с наиболее распространенными вариантами конструкций (круглой, квадратной и прямоугольной формы, одно и многоярусные и отдельно стоящие от карьера). Параметры отвалов взяты для условий, близких к одному из действующих отвалов ОАО «Ковдорский ГОК» (табл. 1).

В работе были рассмотрены следующие варианты отвалов:

- 1) одноярусный круглый;
- 2) одноярусный квадратный;
- 3) одноярусный прямоугольный;
- 4) многоярусный круглый;
- 5) многоярусный квадратный;
- 6) многоярусный прямоугольный.

Для всех рассматриваемых вариантов отвалов анализировалась динамика изменения площади под отвалами и зависимость

Таблица 1

Общие параметры отвалов

Параметр	Значение
Объем отвала, млн м ³	160
Высота отвала (Н), м	120
Угол откоса отвала, град.	35
Высота яруса при многоярусной конструкции, м	30
Ширина бермы безопасности между ярусами, м	15
Ширина транспортных берм, м	50
Уклон съездов, ‰	60
Плотность скальных пород в массиве, т/м ³	2,98
Коэффициент разрыхления породы, остаточный	1,2
Коэффициент разрыхления породы, текущий	1,35
Радиус санитарно-защитной зоны вокруг отвалов, м	500

условной работы автотранспорта. Многоярусные отвалы состояли из четырех ярусов высотой 30 м, с бермой безопасности равной половине высоты вышележащего яруса [2], т.е. 15 м.

Модели отвалов были созданы в приложении Geotech-3D системы автоматизированного планирования, проектирования и сопровождения горных работ MINEFRAME [3]. Результаты моделирования представлены на рис. 1–2.

Критериями, по которым сравнивались различные варианты отвалов, являлись:

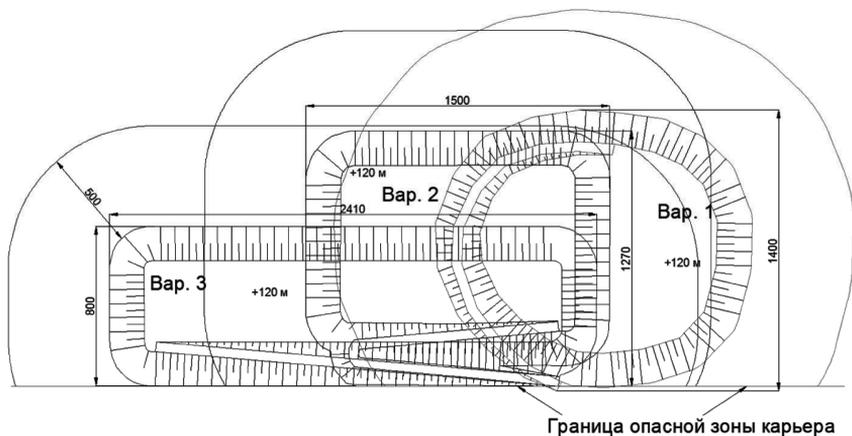


Рис. 1. Одноярусные отвалы (варианты 1–3)

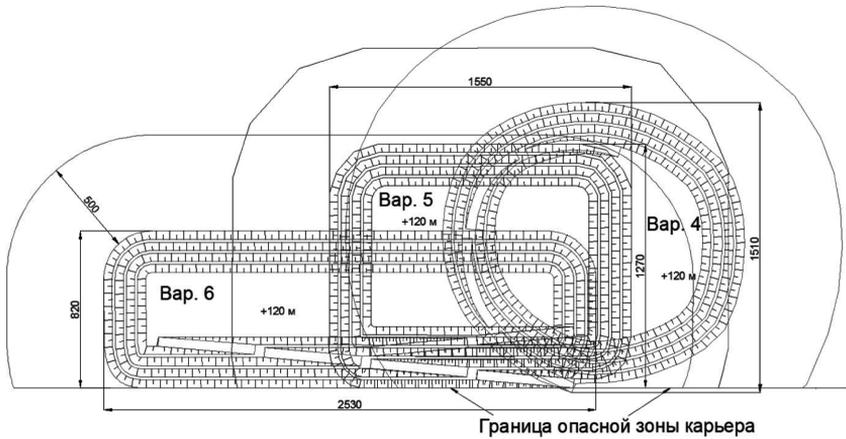


Рис. 2. Многоярусные отвалы (варианты 4–6)

- площадь под отвалом;
- площадь санитарно-защитной зоны отвала;
- работа автотранспорта.

При расчете площади санитарно-защитной зоны отвала было учтено расстояние от нижней бровки отвала до границы зоны, равной 500 м (табл. 1). Площадь санитарно-защитной зоны включала подотвальную площадь.

В расчетах условной работы средняя длина транспортирования определялась с учетом высоты подъема и горизонтальных эквивалентов вертикального перемещения по известной формуле [4]

$$L_{\text{пр}} = L_{\text{г}} + H_{\text{п}} \mathcal{E}_{\text{п}} + H_{\text{с}} \mathcal{E}_{\text{с}}, \quad (1)$$

где: $L_{\text{г}}$ – суммарная протяженность горизонтальных участков, м; $H_{\text{п}}$ и $H_{\text{с}}$ – высота подъема (глубина спуска), м; $\mathcal{E}_{\text{п}}$, $\mathcal{E}_{\text{с}}$ – горизонтальные эквиваленты соответственно вертикального подъема и спуска, м/м, которые могут быть заменены на $\mathcal{E}_{\text{п1}}$ и $\mathcal{E}_{\text{с1}}$ – коэффициенты приведения, м/м. $\mathcal{E}_{\text{п}}$ принят в двух значениях 20 и 30 м/м.

Результаты расчетов критериев для всех вышеописанных вариантов конструкций отвалов представлены в табл. 2 и на рис. 3–4.

Динамика изменения подотвальных площадей (рис. 3) показывает, что при ярусной конструкции отвалов с малой высотой яруса (30 м) площадь под отвалом одинаковой формы в плане увеличивается незначительно, на 5–8 % по сравнению с одноярусным отвалом, что может быть компенсировано затра-

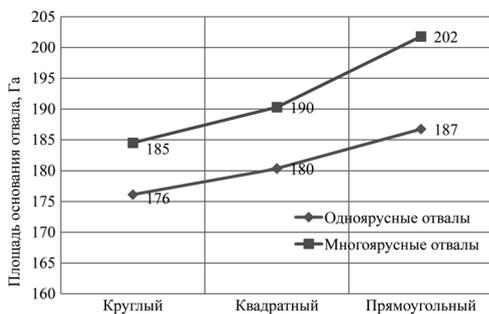


Рис. 3. Динамика изменения площади под отвалами в зависимости от формы и ярусности

тами на производство автоперевозок вскрыши. Изменение подотвальных площадей в зависимости от формы отвала в плане из представленных вариантов также не превышает 6–9%, что говорит о том, что выбор формы следует производить в зависимости от конкретной топографии местности и границ карьера, по возможности вдоль его периметра.

Как видно из рис. 4 при различных формах отвалов условная работа автотранспорта по перевозке вскрыши значительно не изменяется. При одной и той же форме отвала и одинаковом значении эквивалента \mathcal{E}_n для формирования многоярусного отвала с высотой ярусов равной 30 м затрачивается меньше авто-

Таблица 2

Результаты расчетов площадей под отвалами и автотранспортной работы в зависимости от формы отвалов и ярусности

Параметры	N варианта п/п					
	1	2	3	4	5	6
Ярусность отвала	однойярусный			многоярусный		
Форма отвала в плане	круг- лый	квад- рат- ный	прямо- уголь- ный	круг- лый	ква- драт- ный	прямо- уголь- ный
Площадь под отвалом, Га	176	180	187	185	190	202
Площадь отвала с сан.- защ. зоной, Га	414	418	420	434	425	441
Работа автотранспорта при $\mathcal{E}_n = 20$, млн т*км	1943	2036	2137	1260	1246	1214
Работа автотранспорта при $\mathcal{E}_n = 30$, млн т*км	2420	2513	2614	1529	1511	1473

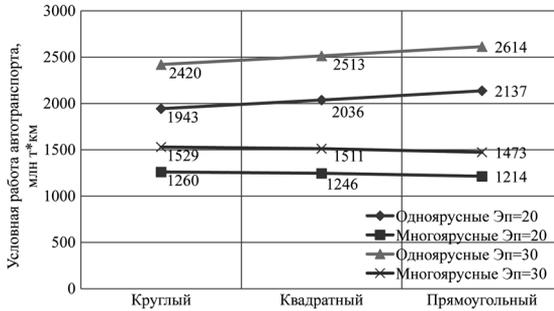


Рис. 4. Зависимость условной работы автотранспорта от формы и крутизны отвалов

транспортной работы в 1,6–1,8 раза. Эти данные подтверждают выводы, сделанные в ранней работе авторов [1]. О преимуществах технического, экологического факторов и безопасности эксплуатации отвалов с малой высотой ярусов говорилось выше и в предшествующей работе [1].

Выводы

1. При сравнении вариантов конструкции отвалов по занимаемым площадям одноярусный круглый отвал при прочих равных параметрах занимает минимальную площадь.
2. Форма отвала в плане оказывает незначительное влияние на условную работу автотранспорта.
3. Для варианта отдельно стоящего отвала многоярусная конструкция с малой высотой яруса (30 м) является по затрачиваемой условной работе автотранспорта наиболее предпочтительной.
4. Некоторое увеличение затрат на превышение занимаемых земельных площадей многоярусными отвалами с малой высотой яруса может быть компенсировано за счет почти двукратного снижения объема работы и затрат по транспортировке вскрыши на одноярусном отвале той же емкости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Архипов А.В., Земцовская Е.В. Выбор рациональной конструкции и высоты породных отвалов / Экологическая стратегия развития горнодобывающей отрасли – формирование нового мировоззрения в освоении природных ресурсов: сборник докладов Всероссийской научно-технической конференции с участием иностранных специалистов, 13–15 октября 2014 г., Апатиты; СПб.: «Реноме», 2014. – Т. 1. – С. 171–177.

2. Рыбин В.В., Архипов А.В., Земцовская Е.В., Потанов Д.А. Высокие отвалы рудника «Железный» ОАО «Ковдорский ГОК», их параметры и размещение // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2014. – № 4. – С. 41–44.

3. Мельников Н.Н., Лукичёв С.В., Наговицын О.В. Компьютерная технология инженерного обеспечения горных работ на основе системы MINEFRAME // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2013. – № 5. – С. 223–234.

4. Галкин В.А. Повышение эффективности использования карьерного автотранспорта за счет рационального отвалообразования // Цветная металлургия. – 1979. – № 13. – С. 13–15. **ПЛАЭ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Архипов Альфред Вячеславович – старший научный сотрудник,
e-mail: fred@goi.kolasc.net.ru,
Земцовская Елена Вадимовна – младший научный сотрудник,
e-mail: elenazemtsovskaya@gmail.com,
Горный институт Кольского научного центра РАН.

UDC
622.271.45

A.V. Arkhipov, E.V. Zemtsovskaya ADVANTAGES OF FORMING ROCK DUMPS WITH LOW HEIGHT OF LEVEL

The issues of forming rock dumps on the basis of minimizing under-dump areas and mechanical transport operations are examined using computer modelling utilities. The main study objects were dumps having round, square and rectangular shape in plan and single-and-multileveled dumps in construction.

Key words: rock dump formation, multi-level dumps, transport work, under dump area, equivalent of vertical movement.

AUTHORS

Arkhipov A.V.¹, Senior Researcher, e-mail: fred@goi.kolasc.net.ru,
Zemtsovskaya E.V.¹, Junior Researcher, e-mail: elenazemtsovskaya@gmail.com,
¹ Mining Institute of Kola Scientific Centre of Russian Academy of Sciences,
184209, Apatity, Russia, e-mail: root@goi.kolasc.net.ru.

REFERENCES

1. Arkhipov A.V., Zemtsovskaya E.V. *Ekologicheskaya strategiya razvitiya gornodobyvayushchey otrasli – formirovanie novogo mirovozzreniya v osvoenii prirodnykh resursov: sbornik dokladov Vserossiyskiy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii s uchastiem inostrannykh spetsialistov*, 13–15 oktyabrya 2014 g., Apatity (Ecological strategy of mining industry – formation of the new worldview in natural resources development, Proceedings of All-Russian scientific Conference with international speakers invited, 13–15 October, 2014), Saint-Petersburg, Renome, 2014. vol. 1, pp. 171–177.

2. Rybin V.V., Arkhipov A.V., Zemtsovskaya E.V., Potapov D.A. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2014, no 4, pp. 41–44.

3. Mel'nikov N.N., Lukichev S.V., Nagovitsyn O.V. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2013, no 5, pp. 223–234.

4. Galkin V.A. *Tsvetnaya metallurgiya*, 1979, no 13, pp. 13–15.