

УДК 622.271.4

В.П. Воловик, А.Ю. Дриженко

## МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗРАБОТКИ ПОЛОГИХ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В СЛОЖНЫХ ГОРНОТЕХНИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Семинар №12

Открытая разработка месторождений бурого угля, руд черных, цветных и редких металлов, связанных с песками, характеризуется мягкими покрывающими породами вскрыши мощностью до 70 м и существенной обводненностью горного массива. Нормальная эксплуатация горнотранспортного оборудования в этих условиях обеспечивается систематическим дренажом водоносных горизонтов. Породы вскрыши, как правило, складывают во внутренние отвалы. Их устойчивость зависит в основном от водонасыщенности подошвы. Однако, если пологие пласты марганцевой и железной руды залегают на доупорах из глин, каолинов и др. пород, то месторождения титановых и циркониевых руд размещены в песчаной, тонкозернистой толще с включениями до 20–40 % глинистых частиц. Земная поверхность в пределах карьерного поля существенно изрезана балками и оврагами. Конфигурация нарушаемых земель довольно сложная (рис. 1). Это обстоятельство вызывает значительные затруднения в порядке формирования ра-

бочей зоны карьера.

На примере проектируемого к разработке Мотроновского карьера Вольногорского государственного горно-металлургического комбината (ВГГМК) на сетевых моделях со стохастической структурой [1, 2, 3] исследованы параметры горнотранспортного оборудования, его размещение, производительность и сроки ввода в эксплуатацию. Предварительными исследованиями установлено, что покрывающие

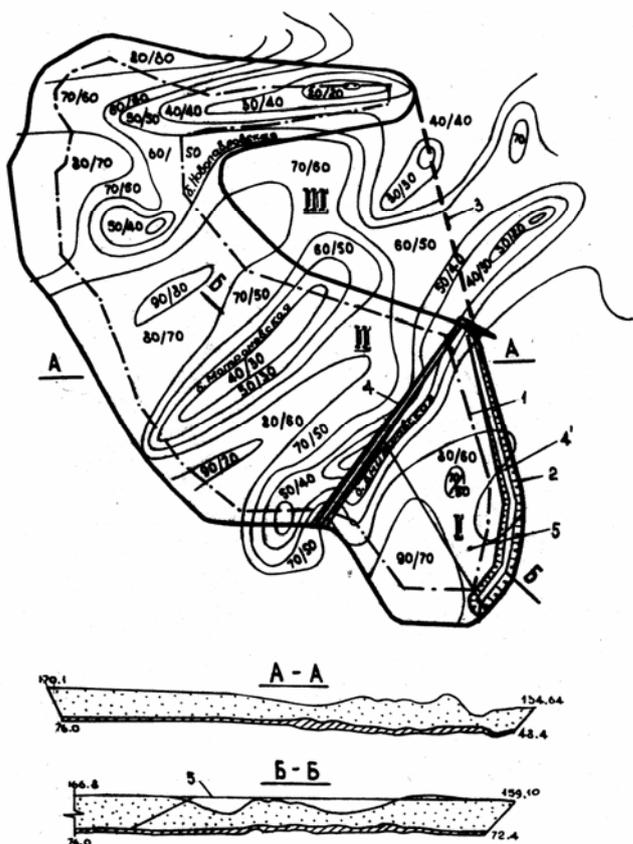


Рис. 1. Схема карьерного поля и разрезы по Мотроновскому участку месторождения титано-циркониевых руд ВГГМК:

1, 2 – контуры I и II очередей разработки по дну и поверхности карьера; 3 – контур перспективной III очереди разработки; 4, 4' – трасса разрезной траншеи по б. Дмитровская и по восточному флангу; 5 – внутреннее хвостохранилище; цифрами показаны глубина карьера (числитель) и мощность вскрыши (знаменатель)

породы и основание рудного пласта чрезмерно обводнены, обладают низкой устойчивостью. Результирующий угол откоса внутреннего отвала по данным ВГМК составляет 9–11°. Вследствие этого крупногабаритные драглаины не могут применяться для выемки пород вскрыши на основном уступе с непосредственным складированием их в выработанном пространстве. При таких условиях эксплуатации для разработки основного уступа целесообразно использовать роторный экскаватор СРс-2000, работающий в комплексе с отвалообразователем ОШР-5000/190.

На верхнем уступе горно-геологические условия позволяют эксплуатировать однотипный роторный экскаватор СРс-2000 по транспортной системе с перемещением вскрыши через перегружатель ПГ-5000/60 системой ленточных конвейеров и складированием их во внутренний отвал отвалообразователем ОШ-5000/95. В качестве компенсатора высоты для передачи породы на торцевой конвейер следует применять отвалообразователь такого же типа. На передовом уступе условия разработки сложные. Высота его меняется в пределах от 1–2 до 15–20 м. Объем выемки породы относительно небольшой. В этой связи на передовом уступе рекомендуется применять драглаины типа ЭШ-10/70. Эти же экскаваторы используются для выполнения вспомогательных работ и выемки полезного ископаемого.

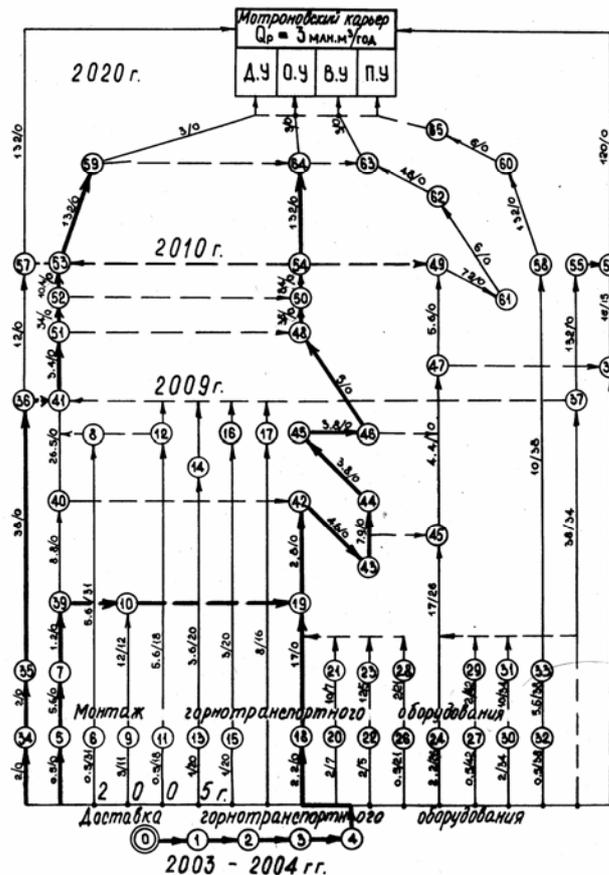
Аналитические расчеты по [4] и статистические данные по эксплуатации марганцеворудных карьеров Орджоникидзевского ГОКа показывают, что годовая производительность роторных экскаваторов, работающих в комплексе оборудования по транспортной системе, составляет 7,7 млн м<sup>3</sup>; по транспортно-отвальной – 11,2 млн м<sup>3</sup>; драглаинов типа ЭШ-10/70 и ЭШ-13/50 –

2,1 млн м<sup>3</sup>.

В соответствии с установленной производительностью карьера, добыча руды обеспечивается двумя драглаинами ЭШ-13/50 в комплексе с ленточными конвейерами, перегружочными самоходными бункерами, отвалообразователем ОШ-1500/105 на аккумулярующем складе, гидромониторами и землесосами. Вскрышные породы разрабатываются тремя уступами: основным и верхним высотой по 30 м, а также передовым, который выделяется локально на водоразделах балок при мощности пород вскрыши более 60 м. Выемка вскрыши и руды производится заходками шириной 60 м.

Вскрытие карьерного поля и подготовку его к эксплуатации целесообразно вести тем же горнотранспортным оборудованием, которое будет применяться и в основной период эксплуатации. Для этого драглаин ЭШ-13/50 № 1 следует использовать в первую очередь при проведении въездной траншеи для вскрытия

Рис. 2 Укрупненная сетевая модель строительства карьера: цифрами показаны продолжительности выполнения работ (числитель) и резервы времени их выполнения (знаменатель), мес.



*Сроки завершения монтажа и ввода в эксплуатацию основного горно-транспортного оборудования на Мотроновском карьере при подготовке по б. Дмитровская*

№№ работ	Наименование оборудования	Сроки ввода в эксплуатацию, месяцы, годы	Резервы времени по сравнению с критическим путем, мес.
4	Оборудование монтажной площадки	1 мес. 2005 г.	0
7	Экскаватор ЭШ-13/50 №1	5 мес. 2005 г.	0
8	Экскаватор ЭШ-13/50 №2	2 мес. 2008 г.	31
39	Экскаватор ЭШ-10/70 №3	9 мес. 2008 г.	38
19	Экскаватор роторный СРС-2000 №1	7 мес. 2006 г.	0
25	Экскаватор роторный СРС-2000 №2	9 мес. 2008 г.	26
21	Отвалообразователь ОШ-5000/95 №1	7 мес. 2006 г.	7
23	Отвалообразователь ОШР-5000/190	7 мес. 2006 г.	5
12	Отвалообразователь ОШ-1500/105	1 мес. 2007 г.	18
31	Отвалообразователь ОШ-5000/95 №2 (компенсатор высоты)	9 мес. 2008 г.	34
10	Конвейеры вскрышные, 3км	7 мес. 2006 г.	7
14	Конвейеры рудные 2 × 0,9 км	1 мес. 2007 г.	20
16	Бункеры передвижные для загрузки рудных конвейеров, 2 ед	1 мес. 2007 г.	20
26	Перегружатель ПГ-5000/60 №1	1 мес. 2007 г.	21
28	Перегружатель ПГ-5000/60 №2	9 мес. 2008 г.	42
36	Фабрика предварительного обогащения	1 мес. 2007 г.	0
37	Хвостохранилище I очереди (внешнее)	1 мес. 2007 г.	0
17	Бункер с гидромониторами, землесосной установкой, водо- и пульпопровода	1 мес. 2007 г.	16

рудного пласта и разрезной траншеи по горизонту +95 м – для укладки вскрышного ленточного конвейера и отработки на него заходок основного и верхнего уступов. Вскрышной конвейерный став состоит из двух – трех последовательно работающих конвейеров. Длина отвального конвейера достигает 1,4 км. В первую очередь доставляют и монтируют экскаваторы ЭШ-13/50 № 1 и СРС-2000 № 1, а также отвалообразователи ОШ-5000/95 и ОШР-5000/190. Затем, для повышения мобильности работы комплекса № 1, вводят в действие перегружатель ПГ-5000/60 № 1. Общая взаимосвязь работы горнотранспортного оборудования в период строительства карьера и очередность ввода его в эксплуатацию представлена сетевой моделью (рис. 2).

В соответствии с рельефом поверхности, разрезную траншею возможно проводить по восточному флангу карьерного поля либо по балке Дмитровская (см. рис. 1). На основании рассмотренной сетевой модели и анализа порядка монтажа горнотранспортного оборудования, а также сроков выполнения горностроительных работ составлены графики выемки горной массы на I-ой очереди Мотроновского карьера в период 2005–2023 гг. (рис. 3). Из них

следует, что подготовка карьера к эксплуатации по восточному флангу карьерного поля длится шесть лет и к 2011 г заканчивается разработкой 45 545 тыс. м<sup>3</sup> вскрыши и добычей 7950 тыс. м<sup>3</sup> руды. При подготовке же карьера по тальвегу б. Дми-тровская к этому времени требуется раз-рабатывать 39931 тыс. м<sup>3</sup> вскрыши и добыть 8950 тыс. м<sup>3</sup> руды. Добычные работы могут быть начаты на год раньше, в 2008 г. Их объем составит 2100 тыс. м<sup>3</sup>, а к 2009 г. карьер выходит на проектную производительность по выемке полезного ископаемого. Аналогично и выход на проектную мощность карьера по вскрыше ожидается в 2010 г.

В соответствии с рельефом поверхности, разрезную траншею возможно проводить по восточному флангу карьерного поля либо по балке Дмитровская (см. рис. 1). На основании рассмотренной сетевой модели и анализа порядка монтажа горнотранспортного оборудования, а также сроков выполнения горностроительных работ составлены графики выемки горной массы на I-ой очереди Мотроновского карьера в период 2005–2023 гг. (рис. 3). Из них следует, что подготовка карьера к эксплуатации по восточному флангу карьерного поля длится шесть лет и к 2011 г закан-

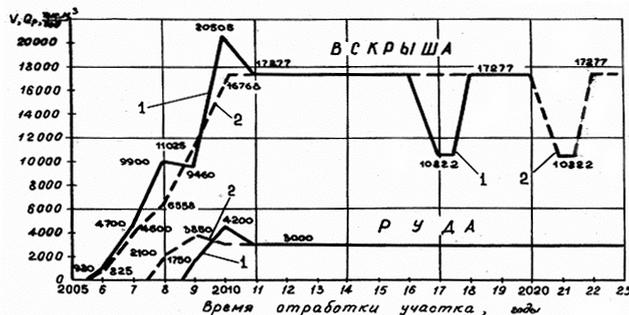


Рис. 3 – Календарный график отработки I-й очереди карьерного поля: 1, 2 – проведение разрезной траншеи по восточному флангу и б. Дмитровская

чивается разработкой 45 545 тыс.м<sup>3</sup> вскрыши и добычей 7950 тыс.м<sup>3</sup> руды. При подготовке же карьера по тальвегу б. Дмитровская к этому времени требуется разрабатывать 39931 тыс. м<sup>3</sup> вскрыши и добыть 8950 тыс.м<sup>3</sup> руды. Добычные работы могут быть начаты на год раньше, в 2008 г. Их объем составит 2100 тыс. м<sup>3</sup>, а к 2009 г. карьер выходит на

Сроки ввода горнотранспортного оборудования в эксплуатацию представлены в табл. Из них следует, что узким звеном на критическом пути является доставка и монтаж роторного экскаватора СРС-2000 №1, который длится 19,2 мес. В то же время его резерв времени после завершения проходки разрезной траншеи составляет 8 мес. Это же касается и всего комплекса № 1. В этой связи имеется дополнительная возможность сокращения сроков строительства карьера при начале монтаже роторного экскаватора СРС-2000 №1 весной 2004 г.

Намечаемый на конец 2020 г. перевод роторных комплексов №1 и №2 для работы на левый склон балки Дмитровская практически равнозначен по затратам времени и труда по сравнению с перемещением фронта работ верхнего уступа на расстояние 250 м при переходе к разработке от I-ой очереди карьера ко II-ой. К этому времени конструк-

ции вскрышного конвейера будут морально и физически амортизированы. Укладку отдельных конвейерных установок возможно производить заранее и вводить их в эксплуатацию до завершения

полной укладки всей вскрышной конвейерной линии.

Следует также отметить, что перемещение фронта горных работ по направлению от б. Дмитровской к южной границе карьерного поля позволяет продуктивно использовать выработанное пространство карьера для создания внутреннего хвостохранилища уже к 2010 г. Благоприятный рельеф поверхности между I-ой и II-ой очередями карьерного поля позволяет разместить в нем весь объем отходов обогащения за период эксплуатации карьера и существенно снизить негативное воздействие на природную среду.

На основании выполненных исследований можно предположить, что аппарат ГЕРТ-сетей позволяет более полно учесть вклад всевозможных случайных факторов, имеющих место при выполнении отдельных работ, в программу выполнения всего производственного комплекса. При этом полученные производящие функции моментов однозначно представляют плотности распределения вероятностей времени выполнения отдельных ветвей стохастического сетевого графика. Зная их, можно точно рассчитать как величину критического пути, так и соответствующие доверительные интервалы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Филлипс Д., Гарсия-Диас А. Методы анализа сетей. Пер. С англ. – М.: Мир. – 1984. – 496 с.
2. Ротштейн А.П., Кузнецов П.Д. Проектирование бездефектных человеко-машинных технологий.– К.: Техника, 1992. – 180 с.
3. Таха Х. Введение в исследование операций. В 2-х кн. Кн.1, Пер. С англ. – М.: Мир, 1985.– 479 с.
4. Справочник: открытые горные работы / К.Н. Трубецкой, М.Г. Потапов, К.Е. Виницкий и др. – М.: Горное бюро, 1994. 590 с..

## Коротко об авторах

Воловик В.П. – инженер, ГАК «Укрполиметаллы», г. Киев.  
Дрищенко А.Ю. – доктор технических наук, профессор, НГУ, г. Днепропетровск.



