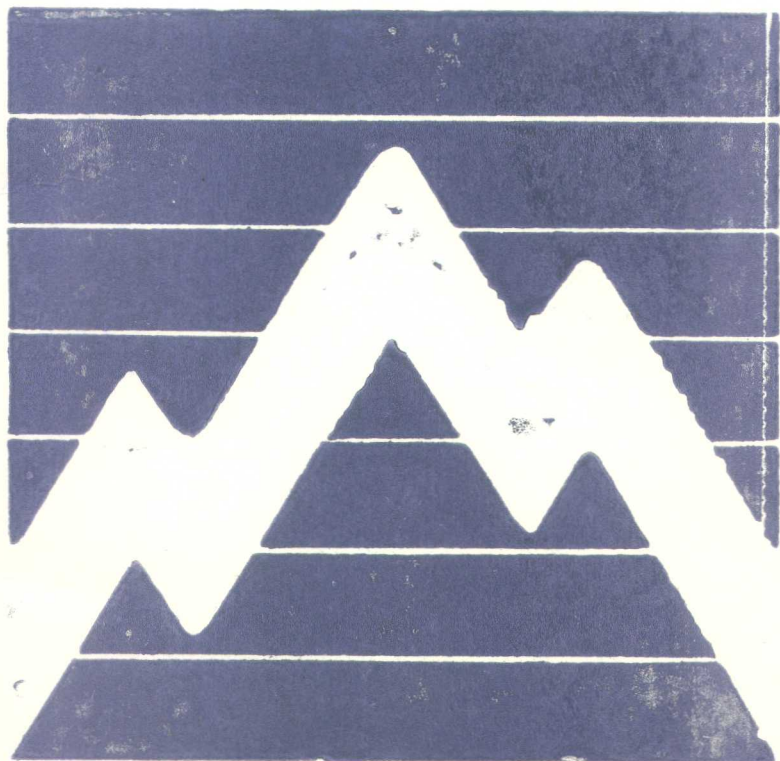


С. А. ИЛЬИН

ТЕХНОЛОГИЯ  
ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ  
НАГОРНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ



Москва 1997

МИНИСТЕРСТВО ОБЩЕГО И ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Московский государственный горный университет

---

С.А. Ильин

ТЕХНОЛОГИИ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ  
НАГОРНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

(часть У)

Учебное пособие  
для студентов специальности 090500  
по дисциплине  
"Технология и комплексная механизация  
открытых горных работ"

Москва 1997

Ильин С.А. Технология открытой разработки нагорных месторождений (часть У). Учебное пособие. - М.: МГТУ. 1997. - 46 с.

Рассмотрена технология открытой разработки месторождений вершинного типа. Выявлены особенности их разработки; предложена классификация используемых технологических комплексов; обобщен опыт применения комплексов на карьерах, обрабатывающих месторождения данного типа.

Ил . 16, табл. I, список лит. 13 назв.



Московский государственный  
горный университет, 1997

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Предлагаемое пособие (часть У) заканчивает рассмотрение технологии открытой разработки нагорных месторождений по трем выделенным ранее типам / 5 /. Предыдущие выпуски (части I-IV) были посвящены общим проблемам оценки и освоения месторождений в гористой местности / 5, 6 /, а также специальным вопросам разработки месторождений типа "гора-залежь" / 7 / и косогорных / 9 /. Во всех выпусках принята общая, сквозная рубрикация.

Планируется завершить указанную серию методикой технико-экономического сравнения технологических комплексов на примере месторождений типа "гора-залежь", распространенных при добыче и производстве строительных материалов.

Учебное пособие, как и прежние выпуски, предназначено в первую очередь для студентов специальности 090500 "Открытие горные работы", аспирантов и стажеров; оно также может быть полезно, надеемся, и специалистам, занимающимся проблемами открытой разработки нагорных месторождений сугубо в практическом плане.

## 6.1. Общие положения

В отличие от косогорных месторождений, где верхний контур карьерного поля не доходит до вершины горы, карьерное поле у месторождений вершинного типа занимает склоны возвышенности по обе или во все стороны от ее вершины, включая и ее саму (рис. 6.1). В зависимости от положения дна карьера выше или ниже уровня господствующей поверхности различают высотные (рис. 6.1,а) и высотно-глубинные (рис. 6.1,б) вершинные месторождения.

Вершинные месторождения распространены в мире столь же широко, что и косогорные. В странах СНГ к ним относятся апатитовое Плато-Расвумчорр (Хибины), меднорудные Маднеульское (Закавказье), Алтын-Топканское (Тянь-Шань), Удоканское (Забайкалье), полиметаллическое Чекмарь (Рудный Алтай), асбестовое Молодежное (Забайкалье) и др. Еще чаще месторождения вершинного типа встречаются в странах дальнего зарубежья: железорудные Эрцберг (Австрия), Серро-Боливар (Венесуэла), меднорудные Медет (Болгария), Айнак (Афганистан), Эртсберг (Индонезия), Бингем (США), золоторудное Ок-Теди (Папуа-Новая Гвинея), полиметаллическое Серро-Рико-де-Потом (Боливия), ряд угольных месторождений Аппалачских гор (США) и др.

Открытая разработка месторождений вершинного типа имеет ряд особенностей. При крутом и наклонном залегании толщ полезного ископаемого (рудных тел) и угле наклона косогора более  $12-15^{\circ}$  они состоят в следующем (рис. 6.1):

- обработка месторождения начинается, как правило, с вершины горы в месте наибольшего приближения залежи к поверхности;
- в отличие от месторождений косогорного типа объем горнокапитальной вскрыши сравнительно невелик, благодаря чему строительство карьера обычно не требует длительного времени, а режим горных работ достаточно благоприятен;
- карьерное поле так же, как и при разработке месторождений на косогоре, имеет две части: нагорную и глубинную (рис.6.1); при использовании наземного транспорта вскрытие рабочих горизонтов нагорной части приходится осуществлять полутраншеями, расположенными в пределах карьерного поля и срабатываемыми по мере

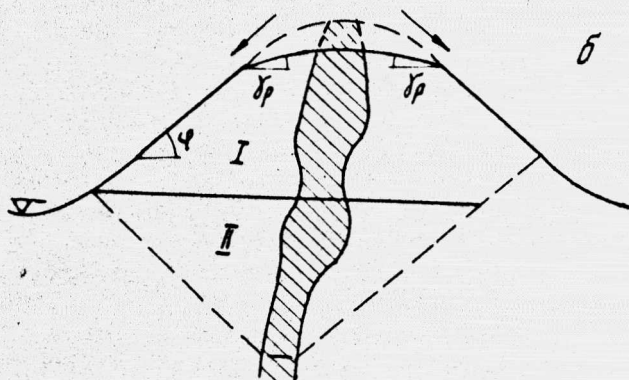
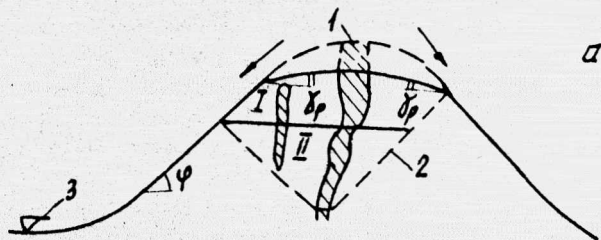


Рис. 6.1. Схемы отработки высотного (а) и высотно-глубинного (б) месторождений вершинного типа :

1 - залежь полезного ископаемого, 2 - конечный контур карьера, 3 - господствующий уровень земной поверхности,  $\psi$  - угол наклона косогора;  $\gamma_p$  - угол откоса рабочего борта карьера; I и II - соответственно нагорная и глубинная части карьерного поля;  $\leftarrow$  - направление развития горных работ

понижения горных работ; в целях сохранения транспортного доступа к верхним горизонтам практикуется слоевая (поуступная) отработка нагорной части, и рабочая зона имеет куполообразную форму;

- при переходе горных работ в глубинную часть, когда появляется постоянный борт карьера по его конечному контуру, рабочая зона и сам карьер приобретают обычную конусообразную форму с углубкой по центру;

- при отработке нагорной части отдельно стоящей горы всю вскрышу приходится вывозить вниз по склону за пределы конечного контура карьера, в этом - существенное отличие от косогорных месторождений, где большую часть вскрыши можно разместить на погоризонтных отвалах (исключением из этого правила для вершинных месторождений является случай отработки участка протяженного горного хребта, когда организация погоризонтных отвалов становится возможной);

- при отработке глубинной части вскрышной грузопоток, наоборот, направлен вверх в направлении к конечному контуру карьера; отвалы обычно делаются общими для обеих частей карьерного поля;

- при большой производительности карьера чаще, чем при разработке косогорных месторождений, практикуют использование подземных вскрывающих выработок вместо наземных, благодаря чему сокращаются материальные и энергетические затраты на доставку полезного ископаемого к подножию горы.

Весьма специфична открытая разработка горизонтальных и пологопадающих месторождений рассматриваемого типа. Это видно на примере выемки угольных пластов, залегающих в вершинах Аппалачских гор (рис. 6.2). Здесь распространены следующие технологические решения:

- при наличии нескольких пластов разработку ведут послойно с последовательным удалением вскрыши над пластами, начиная с самого верхнего;

- вскрышные работы осуществляются, как правило, по двум технологическим схемам: породу всех вскрышных уступов, кроме самого нижнего, транспортируют во внешний отвал в близрасположенную долину с полным ее перекрытием (в основание отвала укладывается крупнокусковой материал, не препятствующий проходу водного потока на дне долины); породу же нижнего уступа переваливают драглайнами в выработанное пространство карьера, во внутренний отвал;

- величину вскрышных грузопотоков на оба отвала рассчиты-

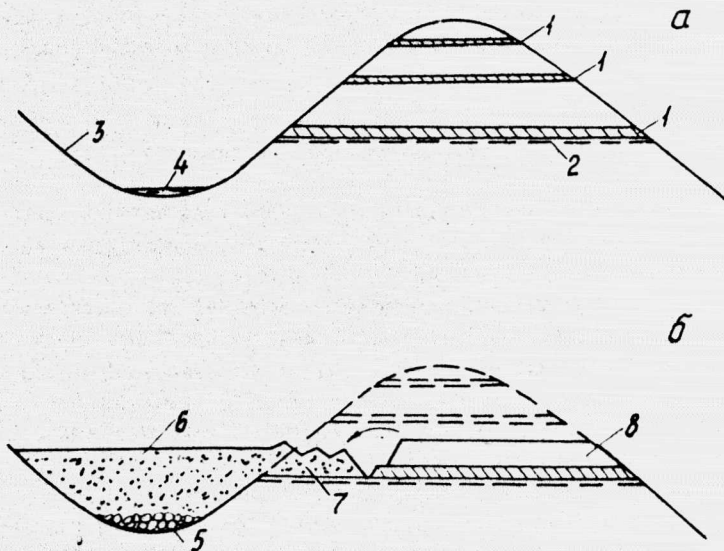


Рис. 6.2. Схема обработки горизонтальных угольных пластов в районе Аппалачских гор: а - начальное положение ; б - завершение обработки ;  
 1 - угольные пласты; 2 - конечный контур (дно) карьера;  
 3 - долина; 4 - водный источник; 5 - крупнокусковой материал, отсыпaeмый для прохода воды; 6 и 7 - соответственно внешний и внутренний отвал; 8 - нижний вскрышной уступ



вают таким образом, чтобы после планировки поверхности отвала на месте их и карьерных разработок образовалась обширная ровная поверхность, пригодная для многоцелевого использования;

- фронт работ располагают чаще всего поперек длинной оси возвышенности (поперечная система разработки), что позволяет резко сократить начальный объем вскрыши при разносе рабочего борта карьера.

## 6.2. Классификация технологических комплексов

При разработке месторождений вершинного типа находит применение большинство технологических комплексов, используемых на косогорных карьерах (табл. 6.1, рис. 6.3-6.8).

Поскольку все пласты, залегающие в вершинах гор, отрабатываются полностью (рис. 6.2), нет необходимости применять здесь выбуривающие комплексы. Не используются самостоятельно бульдозерные и погрузчиковые комплексы, практически не встречаются на практике рудоскаты. Зато верхнюю часть рудного тела на вершине горы нередко отрабатывали по технологии "горные воронки", а покрывающую вершину породную "шапку" удаляли взрывом на выброс.

Бестранспортные комплексы, как отмечалось в п. 6.1, используются при перевалке в выработанное пространство карьера части пород, покрывающих самый нижний из отрабатываемых нескольких горизонтальных пластов (рис. 6.3).

Группа транспортных комплексов состоит из двух подгрупп: в первой горная масса перемещается только одним видом транспорта (рис. 6.4), во второй используют комбинированный транспорт с автосамосвалами в начальном, внутрикарьерном звене (рис. 6.5).

В следующей группе комплексов появляется не встречающееся ранее звено - гравитационный перепуск горной массы к уровню подножия горы. Перепуск осуществляют либо по специальным крутым выработкам (рудоспускам, рудоскатам), либо прямо по склону горы (рис. 6.6). Тем самым сокращаются или полностью исключаются дорогостоящие автомобильные перевозки по склону.

При отработке вершинных месторождений крутыми слоями возможно применение гравитационных комплексов, когда под воздействием сил гравитации вся отбитая взрывом горная масса перепускается по крутому борту карьера от самого забоя до уровня подножия горы (рис. 6.7).

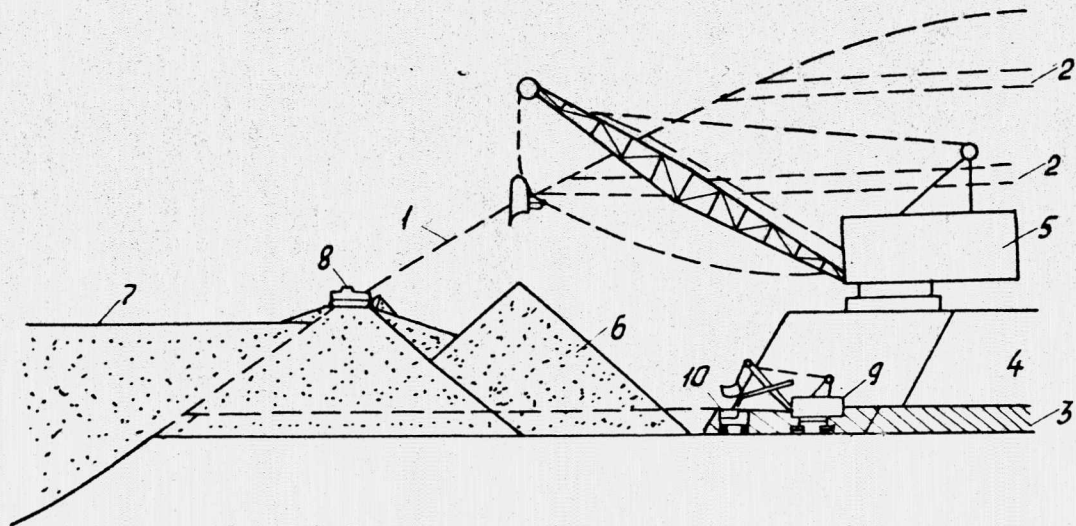


Рис. 6.3. Бестранспортный (перевалочный) комплекс I-I:

1 - склон горы; 2 - отработанные ранее пласты; 3 - нижний пласт; 4 - нижний вскрышной уступ; 5 - драглайн; 6 - внутренний отвал; 7 - спланированная поверхность внешнего отвала; 8 - бульдозер, осуществляющий планировку поверхности внутреннего отвала; 9 - добычной экскаватор; 10 - автосамосвал

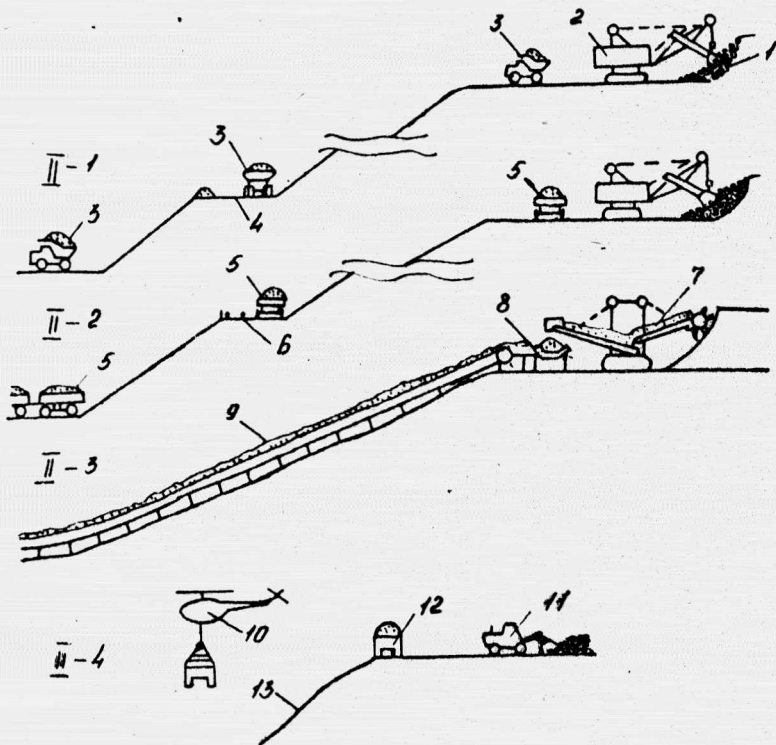


Рис. 6.4. Транспортные комплексы с одним видом транспорта :

1 - забой; 2 - экскаватор-мехлопата; 3 - автосамосвал;  
 4 - автодорога на склоне горы; 5 - железнодорожный состав; 6 - железнодорожный путь на склоне горы; 7 - роторный экскаватор; 8 - забойный конвейер; 9 - конвейерный тракт на склоне горы; 10 - вертолет; 11 - погрузчик; 12 - контейнер; 13 - склон горы

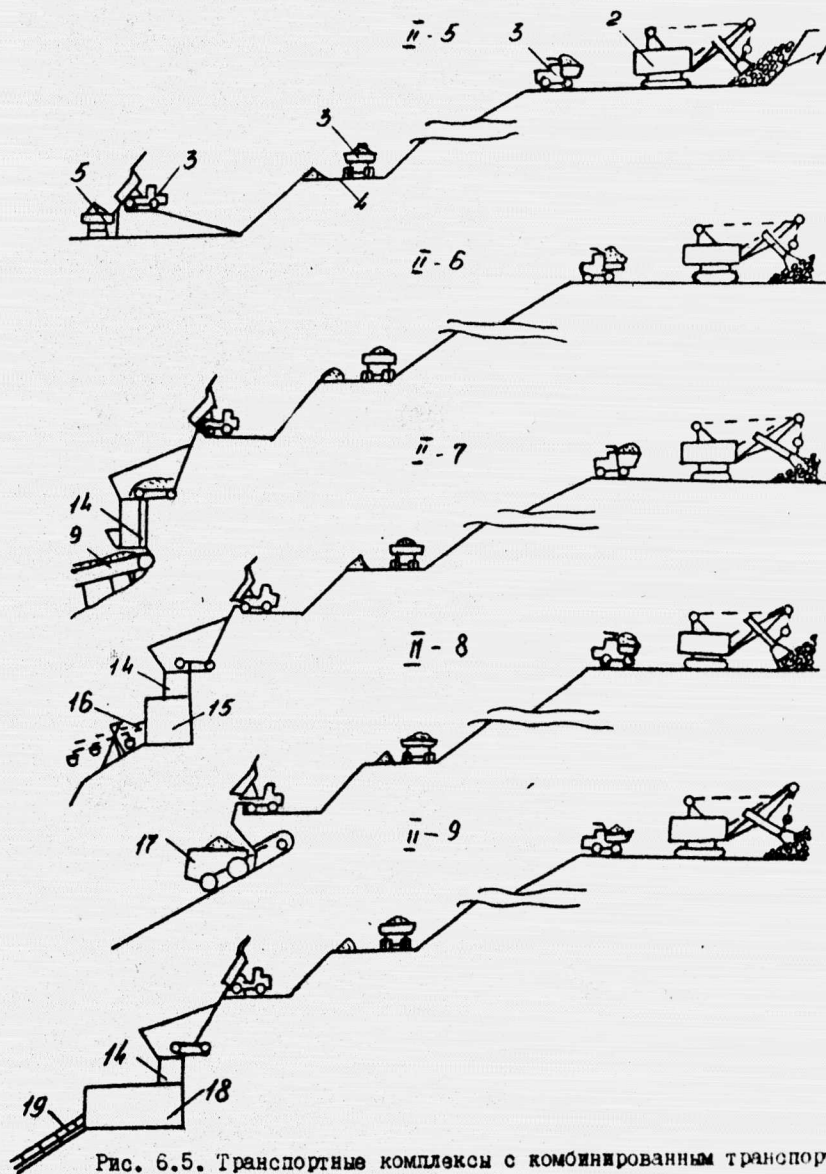


Рис. 6.5. Транспортные комплексы с комбинированным транспортом :  
 14 - дробилка; 15 - погрузочная станция; 16 - подвесная канатная дорога (ШКД); 17 - скип; 18 - гидромасти-  
 тельная установка; 19 - трубопровод (остальные обозна-  
 чения - см. рис. 6.4)

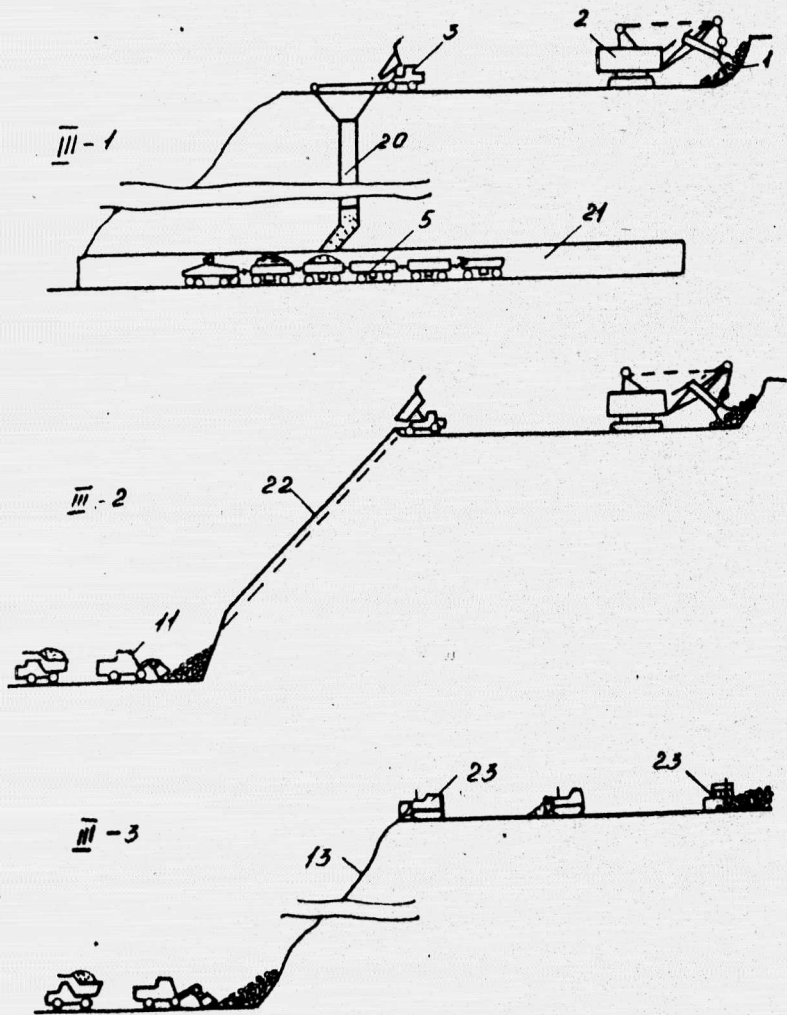


Рис. 6.6. Транспортно-гравитационные комплексы:  
 20 - рудоспуск; 21 - штольня; 22 - рудоскат; 23 -  
 бульдозер (остальные обозначения - см. рис. 6.4-6.5)

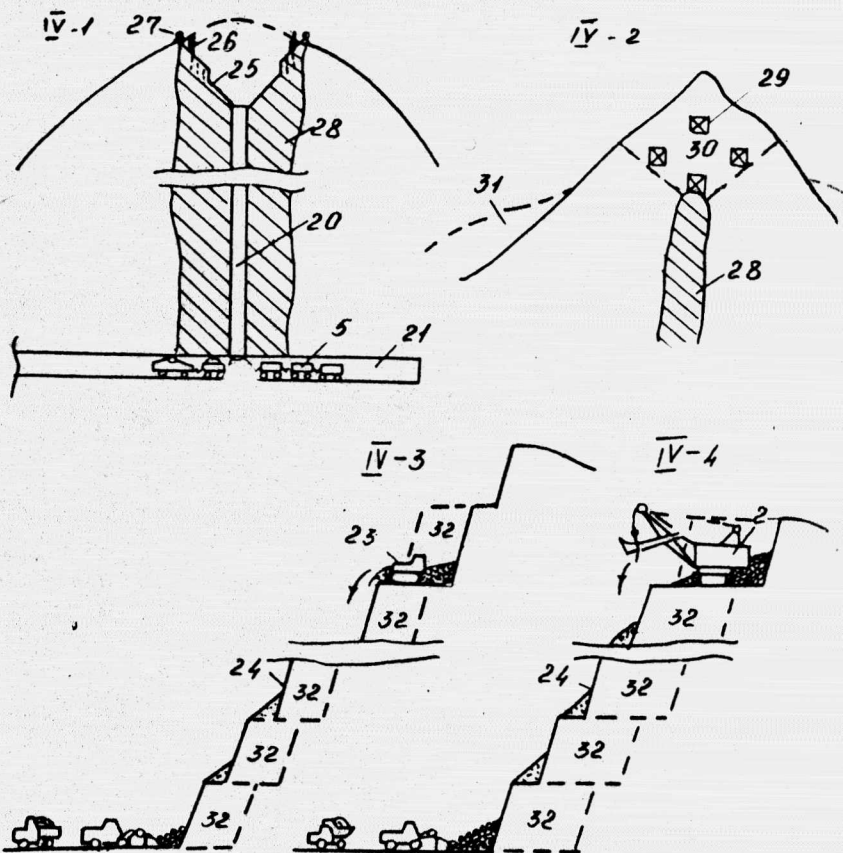


Рис. 6.7. Гравитационные комплексы:

24 - крутой борт карьера; 25 - наклонный борт карьера; 26 - бурильщик; 27 - якорь страховочного каната; 28 - рудное тело; 29 - камерные заряды; 30 - удаляемая взрывом на выброс часть вскрыши; 31 - навал породы после взрыва; 32 - крутой слой (остальные обозначения см. рис. 6.4-6.6)

Таблица 6.1

## Технологические комплексы при разработке месторождений вершинного типа

Индекс комплекса	Наименование комплекса	Способ ведения работ по процессам						Область применения комплекса: Д - на добыче; В - на вскрыше	
		Подготовка пород к выемке	Выемка горных пород	Перемещение горной массы			Перегрузка горной массы		
1	2			3	4	5		6	7
Отработка месторождения горизонтальными слоями									
Группа I. Бестранспортные комплексы									
I-1	Перевалочный с непосредственной перевалкой	Со взрывными работами (скважинными зарядами) или без них	Драглайнами			Отсутствует: порода укладывается во внутренний отвал сразу в конечное положение	Отсутствует	В	
I-2	Перевалочный с кратной перевалкой	То же	То же			Отсутствует: порода укладывается в отвал после нескольких перевалок	То же	В	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Группа I. Транспортные комплексы								
П-1	Автомобильный	Скважинными зарядами	Экскаваторами (погрузчиками) с погрузкой в автосамосвалы	Автосамосвалами			Отсутствует	Д; В
П-2	Железнодорожный	То же	Экскаваторами с погрузкой в ж.д. составы	Железнодорожными составами			То же	Д; В
П-3	Конвейерный	Отсутствует	Экскаваторами с погрузкой на конвейер	Конвейерами			То же	Д; В
П-4	Вертолетный	Скважинными или шпуровыми зарядами	Различной экскавационной техникой	Различными машинами до пункта загрузки контейнеров	Вертолетами		Может отсутствовать или осуществляться через рудный склад (погрузчиками) либо через бункеры	Д
П-5	Автомобильно-железнодорожный	Скважинными зарядами	Экскаваторами (погрузчиками) с погрузкой в автосамосвалы	Автосамосвалами	Автосамосвалами и частично ж.д. составами	Ж.д. составами	Через эстакады или склады	Д; В
П-6	Автомобильно-конвейерный	То же	То же	То же	Конвейерами (частично)	Конвейерами	В бункерах через дробилки	Д



I	2	3	4	5	6	7	8	9
П-7	Автомобильно-канатно-дорожный	Скважинными зарядами	Экскаваторами (погрузчиками) с погрузкой в автосамосвалы	Автосамосвалами	автосамосвалами) ПКД (частично автосамосвалами)	ПКД	В бункерах через стационарные дробилки	Д
П-8	Автомобильно-скиповой	Со взрывными работами (скважинными зарядами) или без них	То же	То же	Частично автосамосвалами, скиповой установкой	Автосамосвалами	Через эстакады (в скип) и через бункеры со стационарными дробилками в автосамосвалах	Д
П-9	Автомобильно-гидравлический	То же	То же	То же	Частично автосамосвалами, трубопроводом	Трубопроводом	Через стационарные дробилки и сгустители	Д

## Группа II. Транспортно-гравитационные комплексы

Ш-I	Автомобильно-рудоспускной	Скважинными зарядами	Экскаваторами (погрузчиками) с погрузкой в автосамосвалы	Автосамосвалами	Рудоспусками	Конвейерами или ж.д. составами (в т.ч. по штольням)	Через выпускные отверстия рудоспусков и накопительных камер	Д
-----	---------------------------	----------------------	--	-----------------	--------------	---	---	---

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ш-2	Автомобильно-рудоскатный	Скважинными зарядами	Экскаваторами (погрузчиками) с погрузкой в автосамосвалы	Автосамосвалами	Рудоскатами	Автосамосвалами	Экскаваторами или погрузчиками из навала	Д
Ш-3	Перепускной	Со взрывными работами (скважинными зарядами) или без них	Бульдозерами или погрузчиками	или погрузчиками	Перепуском по склону	То же	Экскаваторами (погрузчиками) из навала	Д; В
Отработка месторождения крутыми слоями								
Группа Ш. Гравитационные комплексы								
IV-1	Горные "воронки"	Шпуровыми зарядами	Взрывом на оброс	Перепуском по наклонному борту карьера и по рудоспуску		Узкоколейным ж.д. транспортом (в т.ч. по штольне)	Через выпускные отверстия рудоспусков	Д
IV-2	Взрывной	Камерными зарядами	Взрывом на оброс или на выброс		Перепуском по склону	Автосамосвалами	Экскаваторами или погрузчиками из навала	В
IV-3	Взрыво-бульдозерно-подвальный	Скважинными зарядами с кровли уступа	Взрывом на оброс и бульдозерами		Перепуском по крутому борту карьера	То же	То же	Д; В

I	2	3	4	5	6	7	8	9
IV-4	Взрыво-экскаваторно-навалочный	Скважинными зарядами с кровли уступа	Взрывом на сброс и экскаваторами		Перепуском по крутому борту карьера	Автосамосвалами	Экскаваторами или погрузчиками из навала	Д; В
Отработка месторождения горизонтальными слоями в составе нескольких сближенных уступов								
Группа У. Комбинированные комплексы								
У-1	Взрыво-бульдозерно-подвально-транспортный	Скважинными зарядами	Бульдозерами с подвалкой на концентрированный горизонт	Взрывом на сброс и бульдозерами	Перепуском по откосу сближенных уступов; различным транспортом с концентрированного горизонта	Автосамосвалами, ж.д. составами или конвейерами	Экскаваторами, (погрузчиками) из навала с погрузкой в транспортные средства или в бункер передвижной дробилки	Д; В
У-2	Взрыво-экскаваторно-подвально-транспортный	То же	Экскаваторами с подвалкой на концентрированный горизонт	Взрывом на сброс и экскаваторами	То же	То же	То же	Д; В
У-3	Смешанный взрыво-подвально-транспортный	То же	Экскаваторами и бульдозерами с подвалкой на концентрированный горизонт	Взрывом на сброс бульдозерами и экскаваторами	То же	То же	То же	Д; В

Крутые участки борта могут быть созданы и путем сближения (сдвигания, сраивания) нескольких смежных рабочих уступов при отработке месторождения горизонтальными слоями. На таких участках также применима взрыво-механизированная подвалка горной массы на горизонт ее перегрузки в средства транспорта; данной технологии соответствуют комбинированные комплексы (рис. 6.8).

### 6.3. Опыт применения технологических комплексов на карьерах

#### 6.3.1. Бестранспортные комплексы

Перевалка вскрышных пород в выработанное пространство при отработке вершин месторождений практикуется на угольных карьерах в районе Аппалачских гор (США). Последние представляют собой протяженные и невысокие (до 2000 м) лесистые холмы, окруженные узкими долинами с крутыми склонами. Угольные пласты имеют, как правило, горизонтальное или пологое залегание. Покрывающие породы - песчаники, аргиллиты, известняки.

До недавнего времени единственным по существу методом открытой угледобычи в Аппалачских горах была так называемая контурная выемка, когда открытым способом обрабатывали только выходы пластов по периметру горы, пока текущий коэффициент вскрыши не сравняется с граничным. До перехода на подземную разработку часть оставшихся запасов извлекали с помощью шнеко-буровых машин.

Сейчас там, где средний коэффициент вскрыши ниже граничного, контурная выемка все чаще уступает место крупномасштабной открытой разработке с полным снятием покрывающих пород (срабатыванием вершин). Это вызвано стремлением извлечь все запасы наиболее экономичным открытым способом, существенную роль сыграли и возросшие требования к рекультивации нарушенных земель, которые оказались трудновыполнимыми при контурной выемке.

Как уже говорилось (п. 6.1), основную, верхнюю часть вскрыши удаляют по транспортной технологии (автомобильный комплекс П-1), а самый нижний породный слой обрабатывают с перевалкой породы в выработанное пространство (рис. 6.2 и 6.3). Для уменьшения объема перевалки практикуют взрывы на сброс. Силой взрыва удается переместить во внутренний отвал до 55-60 % объема заходки по целику, и только оставшаяся доля объема приходится на экскаваторную перевалку. Такую технологию применяют, например, на

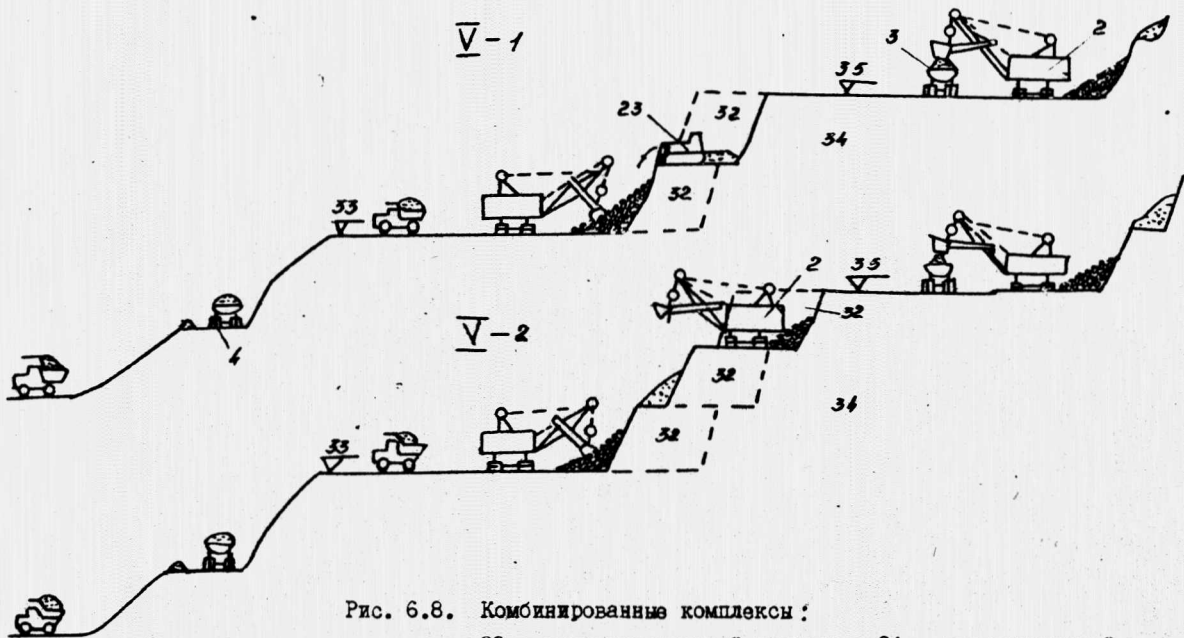


Рис. 6.8. Комбинированные комплексы:

33 - концентрационный горизонт; 34 - горизонтальный слой из облеженных уступов (остальные обозначения - см. рис. 6.4-6.7)

карьере Сэндрум № I в штате Алабама / 4 /.

Показательным является использование перевалочного комплекса I-I на одном из крупнейших угольных карьеров США - Мартики. Разрабатываемое месторождение расположено в штате Кентукки и представлено двумя горами высотой 390 и 480 м с перепадом высот между дном долин и вершинами до 270 м. Годовая производительность карьера: по углю - 3 млн. т, по вскрыше - 37,5 млн. м<sup>3</sup>.

Карьерное поле самой высокой горы сложено четырьмя пластами мощностью от I до 2 м с пологим подъемом к вершине и с выходом по периметру горы. Покрывающие породы суммарной мощностью около 100 м - преимущественно песчаники, а также сланцы; все они дают малую усадку при складировании.

В процессе эксплуатации месторождения были последовательно осуществлены:

- отработка выходов нижнего пласта по всему периметру горы с целью быстрой добычи угля и создания бермы, задерживающей падающие сверху при взрывных работах куски породы; покрывающая порода при этом переводится автотранспортом в долину, подлежащую заполнению;

- интенсивный разнос борта карьера с выемкой угля из трех верхних пластов и перевозкой породы также автотранспортом (комплекс II-I) в долину с полным ее перекрытием дамбой;

- отработка породного слоя над самым нижним пластом мощным драглайном с перевалкой породы сначала в новый ярус дамбы, а затем - в выработанное пространство карьера.

После ввода в работу драглайна второй вид работ ведется параллельно с третьим, опережая его во времени и пространстве. Порода верхних вскрышных уступов отвозят в отвал драглайна, разгружая ее там поверх впадин между гребнями; тем самым достигается первичное сглаживание поверхности общего отвального массива.

На нижнем вскрышном уступе высотой 24,4 м (80 футов) работает драглайн "Марлон 8200-" с ковшем 57 м<sup>3</sup>, длиной стрелы 99,5 м и максимальной глубиной черпания 30,5 м; ширина заходки составляет в среднем 30 м. Уступ обуривается скважинами диаметром 310 мм по сетке 9,15 x 9,15 м (30 x 30 футов). Бульдозеры выравнивают поверхность отвала, подготавливая ее к окончательной рекультивации; главное направление использования восстановленных земель - пастбищное и лесотехническое / 4 /.

### 6.3.2. Транспортные комплексы

Наиболее распространенным среди транспортных комплексов является автомобильный П-I. Таковым он стал ввиду своей универсальности, будучи применимым практически в любых природных и производственных условиях. Но при значительной длине транспортировки полезного ископаемого, сильно пересеченном рельефе, а также при особо больших грузопотоках эффективность комплекса падает, и автотранспорт, оставаясь внутрикарьерным звеном, дополняется другими видами транспорта в составе комбинированных схем.

В чистом виде и повсеместно автомобильный комплекс используют на вскрышных работах.

Для вывозки полезного ископаемого комплекс П-I применяют на некоторых карьерах России и ближнего зарубежья: Высокогорском железорудном (Россия, Урал), Маднеульском меднорудном (Грузия), полиметаллическом Чекмарь (Казахстан, Рудный Алтай), угольном Надар-Айлок (Таджикистан) и др. Так, на Маднеульском карьере (выотно-глубинный тип месторождения) автосамосвалы грузоподъемностью 40 т вывозят руду с добычных горизонтов, расположенных на глубине более 100 м от поверхности и вскрытых спиральной трассой.

Практика стран дальнего зарубежья дает еще больше примеров использования данного комплекса на добычных работах. Здесь можно назвать угольные карьеры Лайн-Крик и Игл-Маунтин (Канада), Амхерст и Линд-Лэнд (США), меднорудные карьеры Серро-Колорадо (Испания), Медет (Болгария) и Айнак (Афганистан, проект), карьер по добыче медных и золотосодержащих руд Ок-Теди (Папуа-Новая Гвинея).

Интересный вариант автомобильного комплекса реализован на карьере Лайн-Крик. Месторождение энергетического и коксующегося угля расположено в передовом хребте Скалистых гор и состоит из 7 основных пластов мощностью от 2 до 20 м с углом наклона до  $45^{\circ}$  у выходов на обратную сторону горы (рис. 6.9). Годовая производительность карьера: по углю - 2,2 млн. т, по вскрыше - 15,5 млн. м<sup>3</sup>.

Уголь с карьера до обогатительной фабрики на расстояние в 22,5 км доставляется автосамосвалами-углевозами грузоподъемностью 40 т. Дорога по склону до подножия горы идет с уклоном 8-10 %, имеет длину 7,5 км, ширину 25 м и содержит 6 пунктов поворотов трассы на площадках с минимальным радиусом поворота 15 м. Далее машины следуют по скоростной (скорость до 60 км/ч) асфальтированной магистрали длиной 15 км, шириной 12 м, с уклоном до 3 % и минимумом кривых. Автомагистраль проходит в узкой долине ручья

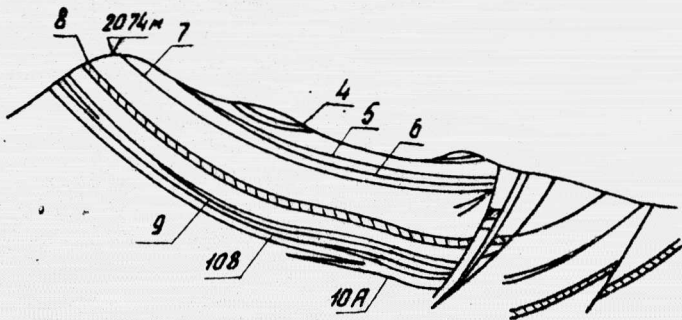


Рис. 6.9. Разрез по месторождению Лайн-Крик:  
4-10А, 10В - номера разрабатываемых пластов



Лайн-Крик вдоль крутого склона горного хребта (рис. 6.10). На протяжении дороги сооружено 7 мостов и защитная галерея длиной 75 м на лавиноопасном участке склона.

На предприятии был рассмотрен вариант конвейерной доставки угля, однако он был отклонен из-за чрезмерно высокой стоимости конвейерного тракта. Кроме того, этот вариант оказался более уязвимым по лавинной опасности. Технические трудности для конвейерного транспорта представляет и участок по склону горы от карьера: здесь потребовалось бы сооружение крутонаклонного конвейера на эстакаде / 4 /.

При разработке вершинных месторождений значительные трудности вызывает устройство транспортного доступа к вершине горы, откуда должны начинаться горные работы. На угольном карьере Игл-Маунтин эта задача была решена следующим образом.

Вначале подрядным способом к вершине была подведена пионерная дорога шириной 12 м с подъемом 12 %. Горно-строительные работы велись бульдозерами снизу вверх по бестранспортной схеме. По этой дороге на вершину горы были доставлены автосамосвалы, буровое и экскаваторное оборудование.

С помощью экскаватора с ковшом 11,3 м<sup>3</sup> была удалена наиболее крутая вершинная часть горы, она была снята до отметки, на которую можно было обеспечить постоянный транспортный доступ с подъемом не более 8 %. Полутраншея для главной откаточной дороги была пройдена экскаватором с ковшом 22,6 м<sup>3</sup> сверху вниз также по бестранспортной схеме / 4 /.

Железнодорожный комплекс П-2 при разработке вершинных месторождений встречается в крайне редких случаях. Характерную трансформацию претерпел он на одном из крупнейших карьеров мира - Бингэм, США.

Штокообразное рудное тело выходит на вершину горы, в склон которой врезается глубокий каньон. Район месторождения расположен на высоте 1800 м над уровнем моря, для него характерны обильные снегопады и сильные ветры в течение шести зимних месяцев.

Разработка месторождения ведется с 1863 г., сначала здесь добывали свинец, серебро, а позднее и золото. Медные руды, составляющие основные запасы месторождения, считали тогда низкосортными (не выше 2 %) и добычу их нерентабельной. Только в 1906 г. предприятие перешло к крупномасштабной выемке медных руд и выплавке меди.

В карьер был введен железнодорожный транспорт, позволивший увеличить грузооборот до 50 млн. т горной массы в год. Интенсивно

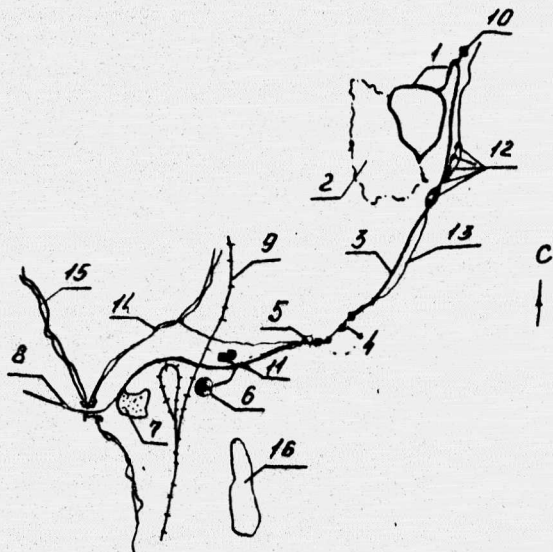


Рис. 6.10. Объекты генплана предприятия Лайн-Крик :

I - карьер; 2 - территория отвала; 3 - скоростная откаточная дорога; 4 - мосты по трассе дороги; 5 - лавинозащитная галерея; 6 - обогатительная фабрика; 7 - шламохранилище; 8 - подъездная автодорога; 9 - железная дорога; 10 - контора карьера; II - строительный лагерь и контора предприятия; 12 - осветляющие бассейны; 13 - река Лайн-Крик; 14 - река Фординг; 15 - река Йелк; 16 - озеро Грейв

развивались горные работы, карьер сработал вершину и стал углубляться. К концу 60-х годов его глубина достигла 700 м.

Однако постепенно стали нарастать трудности, связанные с использованием железнодорожного транспорта. С углублением горных работ транспортная связь с обогатительной фабрикой усложнилась, на нижние горизонты карьера были пройдены 3 наклонных тоннеля. Сложная и дорогостоящая система внутрикарьерных съездов стала сдерживающим фактором в росте производительности экскаваторного парка и подвижного состава, в улучшении технико-экономических показателей производства.

С 1963 г. началось постепенное вытеснение железнодорожного транспорта автомобильным, этот процесс закончился в 1980 г. Железнодорожный транспорт был сохранен лишь для перевозки руды по тоннелям и на поверхности, как звено автомобильно-железнодорожного комплекса П-5.

Но и этих мер оказалось недостаточно, чтобы поддержать рентабельность производства в условиях снижения потребностей в меди на мировом рынке и падения цен на нее. В 1985 г. предприятие было остановлено, встал вопрос о его дальнейшей судьбе. Стало ясно, что конкурентоспособность предприятия может быть повышена лишь в результате коренной модернизации и удешевления производства. Вскоре такое решение было принято.

Программа модернизации предусматривала полную замену железнодорожного звена конвейерным с введением дробильного узла непосредственно в карьер (тем самым комплекс П-5 заменяется на автомобильно-конвейерный комплекс П-6). Были запланированы также строительство новой обогатительной фабрики и прокладка трубопроводов к медеплавильному заводу и хвостохранилищу. Реализация программы стоимостью в 400 млн. дол. началась в 1986 г. и спустя 33 мес. была завершена в 1988 г.

Новый технологический комплекс включает следующее оборудование (рис. 6.11):

- полустационарную конусную дробилку производительностью 9,1 тыс. т/ч, размещенную в 150 м от портала нижнего железнодорожного тоннеля;
- конвейерный тракт общей протяженностью 14,5 км, состоящий из 7 секций, в том числе шести наземных длиной 8,5 км и одной подземной длиной 6 км в бывшем железнодорожном тоннеле;
- обогатительную фабрику производительностью по сырой руде 97 тыс. т/сут с крытым складом руды на 363 тыс.т;

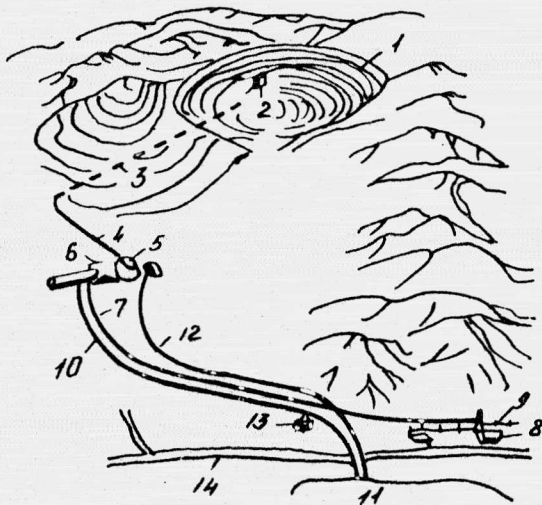


Рис. 6.II. Объекты генплана предприятия Бингэм :

1 - карьер; 2 - внутрикарьерная дробилка; 3, 4 - соответственно подземная и наземная части конвейерного тракта; 5 - склад руды; 6 - обогатительная фабрика; 7 - трубопровод для концентрата; 8 - плавильный завод; 9 - подъездная железная дорога; 10 - трубопровод для хвостов обогащения; 11 - хвостохранилище; 12 - трубопровод для возвратной воды; 13 - электростанция; 14 - автодороги

- 3 трубопровода: один длиной 27,4 км для транспортировки концентрата на медеплавильный завод; другой в 21 км, идущий на хвостохранилище, и третий - для оборотной воды.

Внутрикарьерный дробильный агрегат высотой 30 м установлен на бетонных опорах у подпорной стенки и имеет два пункта разгрузки автосамосвалов грузоподъемностью 154-181 т. Дробилка принимает руду размером до 1500 мм и дробит ее до размера 250 мм. Срок работы перегрузочного пункта до переноса его в новое положение 7-10 лет.

Дробленая руда перемещается по конвейерному тракту с шириной ленты 1,8 м и скоростью 4,5 м/с к рудному складу обогатительной фабрики. Разгрузка руды в штабель происходит через эстакаду высотой 40 м, оборудованную установкой пылеподавления. Конвейер снабжен устройством электронного контроля целостности ленты.

В 1989 г. новый технологический комплекс вышел на проектную мощность в 70 тыс.т руды в сутки (против 49,3 тыс.т в прошлом). Старый железнодорожный комплекс был пока сохранен на некоторых горизонтах с использованием двух оставшихся верхних тоннелей; в 1989 г. он освоил грузооборот по руде в 27 тыс. т/сут, переработка руды здесь на старых обогатительных установках. Грузооборот вскрыши за это время составил 95,2 тыс. т/сут.

В целом автомобильно-конвейерный комплекс, способный перемещать 31 млн. т руды в год, заменил прежнюю транспортную систему, состоящую из 150 км железнодорожных путей и свыше 1000 вагонов с локомотивами. Дополнительно к этому трубопровод концентрата заменил парк подвижного состава из 7 локомотивов и 750 вагонов, а также 32 км рельсовых путей.

Реконструкция предприятия позволила значительно снизить эксплуатационные расходы и дала возможность производить самую дешевую медь в США. Ежегодная экономия по расходам составила 85 млн. долл. Численность персонала была сокращена с 6700 чел. в 1981 г. до 1800 чел. в 1988 г. Производительность труда возросла с 227 т/чел.-смену в 1980 г. до 635 т/чел.-смену в 1989 г., т.е. в 2,8 раза. Предусматривается дальнейшее сокращение численности при окончательной ликвидации железнодорожной откатки. В результате реконструкции срок службы карьера и предприятия продлен еще на 25-30 лет.

В 1990 г. дно карьера находилось на отметке 1555 м (5100 футов), а самый верхний горизонт - на отметке 2379 м (7800 футов).

тем самым глубина карьера достигла 824 м. Воронкообразный карьер имеет диаметр около 4 км и занимает площадь в 770 га. Намечено углубление карьера еще на 122 м (до отметки 1433 м), что позволит карьере работать до 2020 г. / 4 /.

Как видно из предыдущего материала, карьер Бингем последовательно применил железнодорожный П-2, автомобильно-железнодорожный П-5 и автомобильно-конвейерный П-6 комплексы. Комплекс П-5 продолжает успешно использоваться на железорудных карьерах бассейна Пьяр-Пао (Венесуэла).

Река Карони, приток р. Ориноко, делит бассейн на два отделения: более дальнее Пьяр на левой стороне реки и Пао - на правой. В первое отделение входят два карьера: Серро-Боливар и Альтамира, во второе - карьер Серро-Эль-Пао. Отделение Пьяр дает три четверти всей добычи по бассейну: 10 млн. т добывает карьер Серро-Боливар и 4,6 млн. т - карьер Альтамира.

Участок Серро-Боливар занимает гребень возвышенности (абсолютная отметка 790 м) длиной несколько километров и относительной высотой в 240 м. Рудные тела имеют форму протяженных синклиналей и антиклиналей. Аналогичные природные условия и на участке Альтамира.

На обоих карьерах горные работы ведутся по транспортной технологии. Экскаваторы-мехлопаты с ковшами 7,5 м<sup>3</sup> и погрузчики (7,65 м<sup>3</sup>) работают в комплексе с автосамосвалами грузоподъемностью 90 т. Последние доставляют руду на расстояние 0,8 км к двум перегрузочным пунктам на отметках 510 и 610 м, куда подводится железнодорожный путь. Перегрузка происходит непосредственно в 90-тонные вагоны (каждый самосвал загружает один вагон).

Перегрузочный пункт представляет собой эстакаду, сложенную из бутового камня с пандусом на одном конце; длина ее 350 м, ширина 45 м, края эстакады имеют металлическое ограждение. С обеих сторон эстакады размещаются железнодорожные составы из 35 вагонов. Во время загрузки одного состава другой, заполненный, заменяют на порожний. Руда в загруженном вагоне разравнивается с эстакады модифицированным колесным бульдозером со специальной насадкой.

По мере понижения горных работ предполагается создать дополнительные перегрузочные пункты на более низких отметках.

Загруженные составы прибывают на сортировочную станцию (отметка 588 м), где формируется маршрут из 125 вагонов с тремя

дизель-электрическими локомотивами мощностью по 2 тыс. л.с. Состав спускается по 11-километровому съезду (уклон 3,1 %) на равнину и далее по магистрали длиной 146 км направляется на обогатительную фабрику в г. Сьюдад-Гуаяна на берегу р. Ориноко. От магистрали отходит 15-километровая ветка на карьер Альтамира. Рядом с обогатительной фабрикой расположен порт Пуэрто-Срдаз, через который большая часть руды направляется на экспорт.

Карьер Серро-Эль-Пао находится ближе, в 45 км южнее г. Сьюдад-Гуаяна на возвышенности с отметкой 600 м. Рудная залежь имеет складчатую форму. Годовая производительность карьера по руде 4,6 млн. т.

Горные работы на данном карьере ведутся по той же технологии, что и на других карьерах бассейна. Однако схема транспортировки руды имеет некоторые отличия. Руду автосамосвалами доставляют к дробилке, где она подвергается двухстадийному дроблению до размера 63,5 мм. Далее руда конвейером подается в бункер, откуда отгружается в железнодорожные вагоны грузоподъемностью 70 т. Загруженные вагоны объединяют в состав из 44 единиц и отправляют по магистрали длиной 57 км в порт Палуа на берегу р. Ориноко. По прибытии в порт руда разгружается в наземный бункер вместимостью 45 тыс. т и отсюда идет на мочную установку или прямо в судно-рудовоз / 4 /.

В рамках автомобильно-конвейерного комплекса П-6 дробильный узел часто располагают за пределами карьера. Примером может служить железорудный карьер Нгвенья (Свазиленд).

Руда в карьере грузится одноковшовыми экскаваторами в автосамосвалы и доставляется к первичной щековой дробилке на нерабочем борту карьера. Дробленая до максимального размера 200 мм руда транспортируется по конвейерной линии на обогатительную фабрику (промывка и сортировка) и далее до железнодорожной станции Кадейк. Местность между карьером и станцией сильно пересечена, перепад высот достигает 300 м; в этих условиях вариант конвейерного транспорта был признан наиболее экономичным.

Конвейерный тракт с шириной ленты 914 мм состоит из 6 ставов общей длиной 2,4 км; два става от первичной дробилки до обогатительной фабрики, один - от нее до склада вместимостью 70 тыс. т и три става через промежуточный бункер - до железнодорожной станции. Конвейер установлен на эстакаде, для преодоления ущелий потребовалось построить два моста длиной 115 и 104 м. Са-

мый протяженный (915 м) конвейерный став проходит от первичной дробилки по склону горы, электродвигатель мощностью 300 л.с. работает в рекуперативном режиме / 4 /.

При еще более пересеченном рельефе, а также при значительной удаленности нагорного карьера от пункта переработки (как по длине, так и по высоте) применяют автомобильно-канатнодорожный комплекс П-7. Так, на карьерах Чиатурского марганцевого бассейна (Грузия) подвесные канатные дороги (ПКД) с дробленой рудой спускаются к обогащательным фабрикам, преодолевая обрывистые склоны нагорья.

Интересные технические решения заложены в данный комплекс на меднорудном карьере Эртсберг (Индонезия). Карьер находится в отдаленной гористой местности на западе о.Новая Гвинея в провинции Ириан Джая в 120 км от побережья моря. Месторождение занимает вершину горы (отметка 3713 м), обрывающуюся в долину отвесным откосом высотой около 800 м. Массивное рудное тело зубообразной формы возвышается своей обнаженной западной частью на 170 м и затем уходит в глубину на 360 м (рис. 6.12).

Освоение месторождения происходило следующим образом. К промплощадке предприятия на высоту 2840 м была подведена дорога от побережья, где был построен порт со складскими сооружениями; на полпути была устроена взлетная полоса. От промплощадки с подъемом до 10-15 % провели двухстороннюю автодорогу к обширной склоновой террасе на высоте 3650-3660 м; после этого приступили к строительству производственных объектов предприятия. Они, помимо карьера, включают корпус крупного дробления на склоновой террасе в непосредственной близости (400-600 м) от карьера; короткий конвейерный тракт до приемной станции подвесной канатной дороги (отметка 3650 м); саму ПКД, спускающую дробленую руду на уровень 2900 м; обогащательную фабрику каскадного типа; трубопровод для транспортировки медного концентрата в порт; обезвоживающие, сушильные и погрузочные установки в порту. Из-за чрезвычайно сложных топографических условий большая часть начальных строительных работ выполнялась с применением вертолетов для доставки людей, оборудования и материалов.

Подвесная канатная дорога, примененная на предприятии, — уникальной конструкции. Сдвоенная сбалансированная система имеет один общий пролет с расстоянием между опорами 750 м по вертикали и 1450 м в плане. В системе обращаются два вагона грузоподъемно-



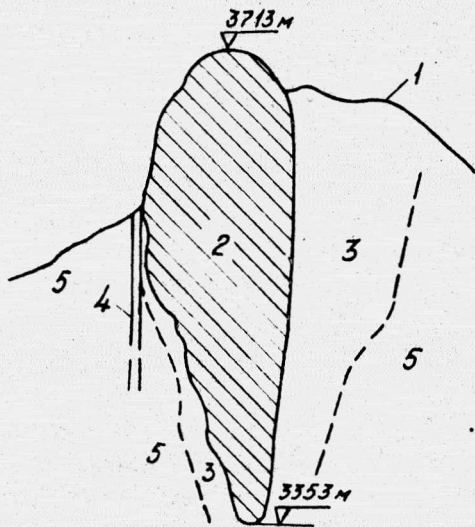


Рис. 6.12. Разрез по месторождению Эртсберг:

1 - поверхность; 2 - рудное тело; 3 - скарн;  
4 - сдвиг; 5 - кварцит, диорит

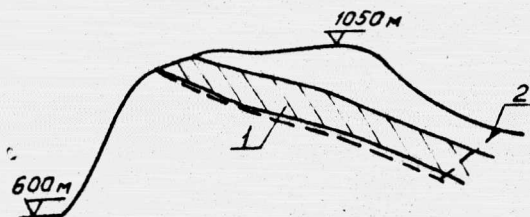


Рис. 6.13. Разрез по месторождению Плато Расвумчорр:

1 - рудное тело; 2 - конечный контур карьера

стью 9 т, загружаемые из 500-тонного бункера попеременно. Скорость движения вагонов 9,2 м/с, время цикла подъема-спуска 3,0-3,5 мин; двигатели установки работают в рекуперативном режиме. Вагоны ПКД разгружаются через дно в приемный штабель обогатительной фабрики.

Позднее на предприятии была построена третья нитка ПКД с вагоном грузоподъемностью 17 т, тем самым производительность установки (400 т/ч) достигла проектного уровня с учетом резерва. В настоящее время корпус крупного дробления вместе с ПКД обслуживает еще и близлежащую шахту Восточный Эртсберг / 4 /.

Подвесные канатные дороги обычной конструкции (с вагонетками по всей длине ПКД) имеют меньшую производительность и при необходимости увеличении производственной мощности предприятия уступают место другим, более производительным видам транспорта. Так, на Алтын-Топканском руднике (Таджикистан) ПКД была заменена на конвейерный тракт.

На высокогорном меднорудном карьере Лос-Бронсес (Чили) руда от корпуса крупного дробления (высота 3430 м) транспортировалась на обогатительную фабрику в долине (отметка 2830 м) по двум ПКД, лимитирующим общую производительность предприятия. В последующем стадия вторичного измельчения была перенесена на промплощадку карьера, а на обогатительной фабрике оставили только флотационное и промывочное отделения. Обе перерабатывающие установки соединили трубопроводом диаметром 305 мм и длиной 6,5 км, по которому измельченный и сгущенный (до 60 % твердого) продукт движется вниз самотеком. В результате перехода от комплекса П-7 к автомобильно-гидравлическому комплексу П-9 производительность карьера по руде была доведена до 12 тыс. т/сутки. После введения в строй трубопровода узким местом в технологической печи стало дробильное отделение; намечена его реконструкция с тем, чтобы довести объем добычи руды до 30 тыс. т/сутки / 4 /.

Из числа действующих можно отметить еще ПКД карьера по добыче талька Люзенак (Франция), железорудного карьера Хангет (Алжир) и др.

Последним из рассматриваемых в группе транспортных комплексов является автомобильно-скиповой комплекс П-8. Его применяют на самом высокогорном в мире (высота более 6000 м) карьере Луканкильча (Чили). Карьер разрабатывает месторождение самородной серы в кратере потухшего вулкана.

Климатические условия района сложны и своеобразны, харак-

теризуясь наличием фактически двух зим: "чилийской" (с июня по сентябрь) и "боливийской" (с декабря по март). Второй период более суров и сопровождается сильными морозами (до  $-30^{\circ}\text{C}$ ) и снежными бурями. В это время работа карьера может прерваться на неделю и более.

Руда без предварительного взрывания грузится погрузчиками в автосамосвалы и спускается вниз по скиповой установке к пункту Ангуло Стейшн на отметке 5200 м. Оттуда руду вывозят на 150 км в г. Чукикамата на завод по производству серной кислоты.

В карьере работают только местные жители, чей организм адаптировался к большим высотам. Рабочее время в карьере длится обычно с 7 до 21 час. На ночь оборудование паркуют в пещерных выемках, обогреваемых природным теплом вулкана; утром дизельные двигатели заводятся без подогрева. После длительного простоя карьера из-за непогоды оборудование переходит на круглосуточную работу, чтобы наверстать потери в добыче / 4 /.

Что касается конвейерного комплекса П-3, то он используется в крайне редких случаях, например, при отработке холмистых угольных месторождений Австрии. Вертолетный комплекс П-4, предложенный для доставки особо ценных руд из отдаленных труднодоступных районов / I /, пока не получил практического применения при разработке месторождений вершинного типа.

### 6.3.3. Транспортно-гравитационные комплексы

В предыдущей группе комплексов силы гравитации использовались лишь частично: в стационарных транспортных установках, работающих на спуск. В транспортно-гравитационных комплексах полезное использование таких сил происходит более полно. Особенно это относится к автомобильно-рудоспускному комплексу Ш-1.

Данный комплекс получил широкое распространение на карьерах вершинного типа. Наибольшую известность приобрело применение комплекса Ш-1 на апатитовом карьере Плато-Расвумчорр (Россия, Хибинь).

Падающее под углом  $20-30^{\circ}$  пластообразное рудное тело вертикальной мощностью до 175 м и длиной по простиранию 2 км выходит на поверхность горного плато, окруженного с трех сторон обрывистыми (до  $70^{\circ}$ ) склонами (рис. 6.13). Абсолютная высота плато 1050 м, относительная (со стороны обрывов) - до 500 м. Район ме-

сторождения характеризуется суровыми климатическими условиями, приближенными к арктическим: продолжительной (7-8 мес.) зимой, сильными ветрами (порывы ветра до 60 м/с), частыми метелями и туманами (соответственно до 203 и 303 дней в году); среднегодовая температура составляет  $-5,4^{\circ}\text{C}$ , мощность снежного покрова доходит до 3 м и сохраняется до 284 дней в году. Карьерное поле целиком расположено выше уровня господствующей поверхности.

Горные работы на карьере начались в 1961 г. и через 9 лет он был выведен на проектную мощность - 12 млн. т руды в год. К 1979 г. глубина карьера достигла 185 м, а мощность по руде возросла до 20 млн. т/год. Освоение таких больших объемов в сложных природных условиях стало возможным благодаря рациональной схеме вскрытия. Доставка руды из карьера осуществляется по трем рудоспускам глубиной 600 м и капитальной штольне с железнодорожным транспортом нормальной колеи.

Работа рудоспусков в начале их эксплуатации происходила со значительными переболями из-за частых зависаний руды в стволах зимой и селях выбросов обводненной рудной массы в штольне в весенне-осенний период. Положение было выправлено совместными усилиями производственников и ученых: были определены оптимальные режимы загрузки и выпуска руды, пределы заполнения рудоспусков, усовершенствована их конструкция.

Нижняя часть каждого рудоспуска на высоту 30-50 м была расширена до поперечного сечения  $130\text{ м}^2$  и стала играть роль бункера, а сам рудоспуск стал служить лишь транспортной артерией; тем самым была исключена перепрессовка рудного столба в стволе. Увеличено число выпускных люков, что ускорило загрузку вагонов; сокращен перерыв в выпуске руды путем ускорения обмена поездов в штольне. Уменьшено содержание снега в перепускаемой руде, сильно заснеженная руда стала вывозиться во временный склад до лета. Комплексом указанных решений была обеспечена надежная работа рудоспускного тракта.

По мере дальнейшего углубления горных работ предусмотрена проходка двух дополнительных рудоспусков, в перспективе намечен переход к новой транспортной схеме / 3 /.

Комплекс Ш-I применяется на Алтын-Топканском меднорудном карьере (Таджикистан) вплоть до завершения там открытых работ. Использование рудоспусков заложено в проект открытой разработки Удоканского меднорудного месторождения (Россия, Читинская обл.); построены они и на Агаракском карьере в Армении (меднолибденовые

руды) по проекту его реконструкции.

В странах дальнего зарубежья автомобильно-рудоспускной комплекс используется на железорудных карьерах Эрцберг (Австрия), Кэрл-Лейк и Гасу-Уэсфроб (Канада), меднорудном карьере Раппафьорд (Норвегия) и др.

Крупнейший в Центральной Европе железорудный комбинат Эрцберг расположен на востоке Австрии, в провинции Штирия. Месторождение в виде отдельно стоящей горы, возвышающейся над окружающей местностью на почти 800 м, разрабатывается комбинированным, открыто-подземным способом с прогрессивным сокращением подземной добычи. Пластообразные рудные тела имеют сложное залегание, падая под углом от 10 до 90°. Годовая производительность карьера по руде - 3,5 млн. т, открытые работы ведутся на отметках 700-1400 м.

Добычные горизонты карьера вскрыты рудоспусками, по которым руда, подвозимая автосамосвалами из забоев, перепускается на главный откаточный горизонт подземного рудника и по нему узкоколейным железнодорожным транспортом доставляется на поверхность / 4 /.

Некоторые особенности имеет комплекс Ш-1 на карьере Раппафьорд. Суровые климатические условия на севере Норвегии вызвали необходимость применения здесь комбинированной схемы транспортировки руды.

Летом руда автосамосвалами доставляется по склону горы до капитального рудоспуска сечением 30 м<sup>2</sup>. Перепущенная по нему руда измельчается в подземной дробилке и по ленточному конвейеру в штольне выдается на поверхность к обогатительной фабрике. Зимой наземный путь становится ненадежным, и в работу включают подземное звено. Руда перепускается по внутрикарьерному рудоспуску на горизонт откаточной штольны и по ней подземными автосамосвалами подвозится к капитальному рудоспуску / 4 /.

Применение автомобильно-рудоскатного комплекса Ш-2 на карьерах вершинного типа затруднено ввиду отсутствия (при расширяющемся контуре карьера) места для размещения такого стационарного сооружения, как рудоскат. Напомним к тому же, что объем выемки под рудоскат резко возрастает при отклонении угла наклона косогора от 42-45° / 6 /. Тем не менее, перепуск горной массы с уступа на уступ в пределах рабочей зоны карьера (по своего рода растянутому по фронту скату) возможен, и такие случаи в мировой практике известны.

Перепуск горной массы, но только прямо по крутому склону

горы осуществляется в комплексе Ш-3. Примером может служить начальная стадия разработки упоминавшегося уже месторождения Эртсберг.

Выше отмечался необычный характер этого месторождения. Трудности вызвала отработка верхней, выступающей части (купола) залежи (рис. 6.12). На вершину сделали крутой заезд и стали обрабатывать горизонтальными слоями - уступами по 6 м. Рудный массив обуривали гидравлическими перфораторами. Взорванная руда обрабатывалась колесными погрузчиками, используемыми в качестве выемочно-транспортных машин, и сбрасывалась ими под откос к подножию купола. Из образовавшегося навала руду перегружали погрузчиками в автосамосвалы, которые и доставляли ее к корпусу крупного дробления. С понижением высоты купола на оставшуюся его часть стало возможным провести автомобильную дорогу, и автотранспорт был введен непосредственно в карьер / 4 /.

Комплекс Ш-3 применяется и на карьере по добыче самородной серы Тиксан (Эквадор), обрабатывающем месторождение в виде отдельно стоящей горы высотой 300 м. Выемочные работы ведут погрузчиками, доставку руды к перерабатывающему комплексу осуществляют автосамосвалами. Вскрышные породы сбрасывают бульдозерами с торца вскрышного уступа к подножию горы, где образовался навал с откосом около  $38^{\circ}$ . Разлет кусков не превышает 30 м от нижней бровки навала / 9 /.

#### 6.3.4. Гравитационные комплексы

В этой группе комплексов силы гравитации используются на всем пути перемещения горной массы до уровня подножия горы, начиная с забоя. Это становится возможным, если рабочую площадку сделать наклонной (комплекс IY-I) или предельно узкой горизонтальной (IY-3 и IY-4).

Комплекс IY-I "горные воронки" можно рассматривать лишь в историческом плане, ибо такой малопроизводительный и опасный в эксплуатации комплекс сейчас уже не применяется. В прошлом его использовали, например, в начале разработки месторождения Эртсберг (Австрия).

Взрывной комплекс IY-2 в виде взрыва на оброс или на выброс практикуется для быстрого удаления вскрышных пород, слагающих островерхую вершинную часть горы. Такое мероприятие было осуществ-

влено на первой стадии разработки Алтын-Топканского месторождения. Камерными зарядами было взорвано свыше 1,5 млн. м<sup>3</sup> породы, из этого объема около 1 млн. м<sup>3</sup> выброшено за пределы контура карьера. Затраты на вскрышные работы по сравнению с транспортной технологией снизились в 1,5 раза, срок строительства карьера сократился почти в 2 раза / 13 /.

Вариант со взрывным удалением труднодоступных гребней гор просчитан для условий разработки Удоканского месторождения / 10 /.

Комплексы со взрыво-механизированной подвалкой (IY-3 и IY-4), широко распространенные при разработке месторождений типа "гора-залежь" (см. п.п. 4.3-4.5 / 7 /), не нашли пока реального применения на верхинных карьерах. Тем не менее известно несколько проектных проработок взрыво-экскаваторно-подвалочного комплекса IY-4 применительно к некоторым месторождениям рассматриваемого типа.

Так, например, данный комплекс признан наиболее эффективным в проекте разработки железорудного месторождения Северный Китунгу (Ангола).

Месторождение находится в северо-западной части страны в 220 км от г. Луанда и занимает горный хребет высотой до 935 м. Крутопадающие рудные тела мощностью от 20 до 100 м и протяженностью около 4 км выходят на вершину и склоны хребта (рис. 6.14). Месторождение состоит из 3 участков, самый крупный из них (Северный Китунгу) включает наиболее возвышенную часть хребта длиной 1200 м и намечен к освоению в первую очередь.

В проекте открытой разработки данного участка были рассмотрены три варианта перемещения руды с верхних горизонтов к подножию горы: с помощью карьерных самосвалов по автодороге на склоне (комплекс П-1); по двум рудоспускам и конвейерному тракту (комплекс Ш-1); с подвалкой взорванной горной массы под откос (гравитационный комплекс IY-4). В результате технико-экономического сравнения наименее капиталоемким оказался третий вариант, ему же сопутствовали наименьшие эксплуатационные затраты и кратчайший срок строительства карьера / 11 /.

### 6.3.5. Комбинированные комплексы

При отработке месторождения горизонтальными слоями группирование (сближение) нескольких смежных уступов с целью перехода к взрыво-механизированной подвалке горной массы практикуется на

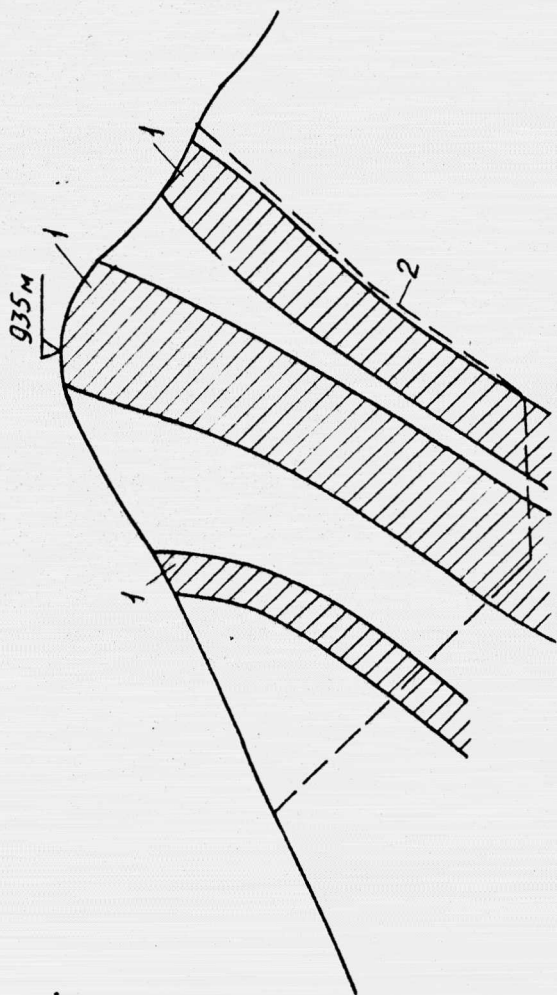


Рис. 6.14. Разрез по месторождению Северный Килунгу :  
1 - Рудные тела; 2 - конечный контур карьера



равнинных карьерах; на карьерах же нагорных данный технологический прием пока не применяют. Одна из причин — при небольшой и средней производительности этих карьеров нет необходимости в такой концентрации высокопроизводительного оборудования, которая характерна для рассматриваемой группы комплексов, особенно для комплекса У-2. Но при большой производительности карьера возможность применения комбинированных комплексов возрастает.

Примером этому могут служить технические решения, заложенные в проект разработки месторождения асбеста "Молодежное" (Россия).

Месторождение расположено в Муйском районе Республики Бурятия в 20 км от станции Таксимо БАМ. Рудная залежь представляет собой неправильный эллипсоид, верхняя часть которого срезана эрозией и выходит на склон Южно-Муйского хребта (рис. 6.15). Район месторождения характеризуется крайне сложными природными условиями: резко расчлененным рельефом (абсолютные отметки поверхности варьируют от 1350 до 2000 м с относительным превышением над уровнем Муйской долины от 850 до 1100 м), высокой сейсмичностью (до 10 баллов), лавиноподобностью, частыми камнепадами, повсеместным распространением многолетней мерзлоты. Среднегодовая температура составляет  $-6^{\circ}\text{C} / 2 /$ .

На базе месторождения запроектировано строительство горно-обогатительного комбината со сдачей в эксплуатацию в 2 очереди: на первой 1,1 млн. т, на второй — 2,4 млн. т руды в год. Принятый режим работы карьера — прерывная рабочая неделя с двумя общими выходными днями, количество рабочих дней 253, число смен — 3, продолжительность смены — 8 ч.

Основные объемы вскрыши (свыше 70 %) сосредоточены в нагорной части карьерного поля, причем более 50 % этих объемов находятся на горизонтах выше 1560 м. Ввиду большой крутизны склонов заезд карьерных автосамосвалов на горизонты выше 1745 м оказался труднодостижимым, так как требовал разноса склона при прокладке дороги в объеме 70 млн. м<sup>3</sup>.

Проектом принята отработка верхних горизонтов с использованием комплекса У-3. От горизонта 1380 м до отметки 1710 м по склону хребта прокладывается автодорога с подъемом 7-8 %, от которой осуществляются заезды на рабочие горизонты с подъемом 15 %, достаточным для прохода горного оборудования (бурстанки, бульдозеры, экскаваторы) и вездеходов. Транспортные (концентрационные) горизонты устраивают только на отметках 1560 и 1710 м, горная

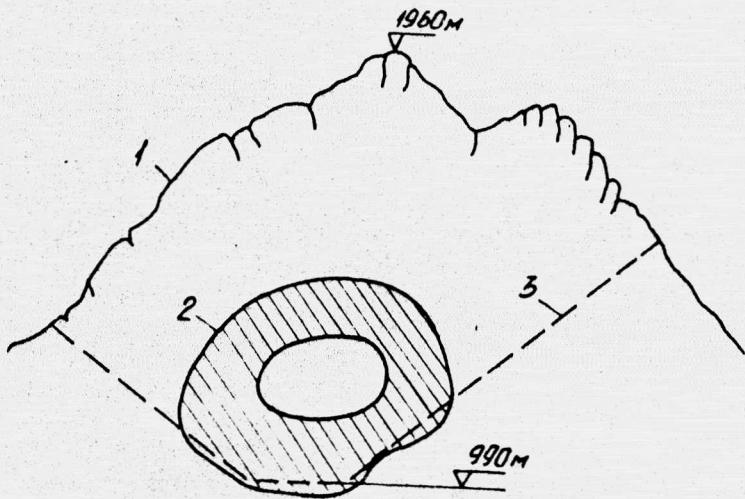


Рис. 6.15. Разрез по месторождению Молодежное :

1 - склон хребта; 2 - рудная залежь; 3 - конечный контур карьера

масса на них перепускается с вышележащих рабочих горизонтов (блока из 5 уступов высотой по 30 м) взрывом на сброс и подвалкой оставшейся после взрывного сброса породы бульдозерами ДЗ-94С (на тракторе ДЭТ-250) и экскаваторами ЭКГ-6,3у.

Технология отработки верхних вскрышных горизонтов состоит в следующем. Вначале на поверхности склона, начиная с самого верхнего горизонта, проходятся полутраншеи (бермы) шириной 16-20 м. Проходку осуществляет комплекс оборудования, доставленный поездам с основной автодороги. Большая часть породы при этом сбрасывается под откос непосредственно силой взрыва, а оставшаяся на берме - подваливается вниз экскаватором и бульдозером. Порода по крутому склону горы скатывается к ее подножию, образуя там обширную насыпь (отвал).

По такой схеме происходит формирование рабочей зоны (блока уступов) для первого сверху концентрационного горизонта 1710 м. По мере развития горных работ на нем создается первоначальная площадка шириной 40-50 м, позволяющая аккумулировать породу, сбрасываемую с вышележащего блока уступов при производстве на них взрывных и очистных работ. В дальнейшем площадку расширяют до 90 м, в призабойном пространстве образуют породоуловитель, огражденный с внешней стороны подземным валом высотой 6-10 м. За валом оставляют две полосы: транспортную и резервную, последняя представляет собой буферную зону между смежными блоками уступов и содержит подготовленные к отработке запасы.

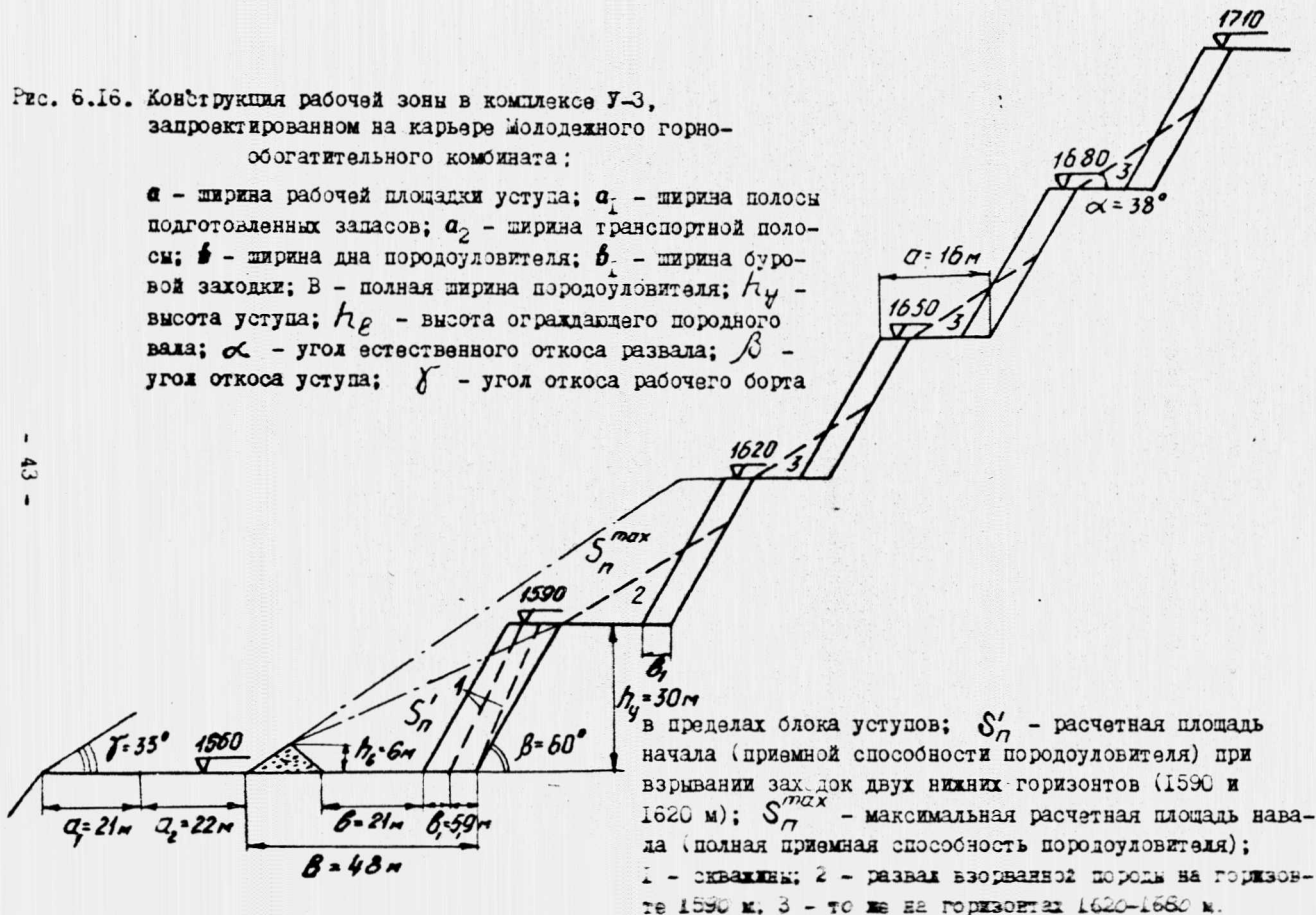
После окончательного оформления блока (каскада) уступов, обслуживаемых концентрационным горизонтом 1710 м, начинают нарезку уступов для следующего горизонта 1560 м и формируют в итоге такой же блок из 5 уступов. Рассмотрим функционирование комплекса У-3 на примере концентрационного горизонта 1560 м (рис. 6.16).

Исходное положение работ технологического цикла - полностью очищенные рабочие площадки на всех уступах и полностью обуренные на них заходки. На нижнем уступе бурят два ряда скважин (две буровые заходки), на остальных уступах - один ряд; на буровых работах используют станки СБУ-125А-52. Взрывные работы (каскадное взрывание) ведутся в выходные дни в 2 этапа с общим направлением снизу вверх.

В первый день взрывают две заходки на нижнем уступе (горизонт 1590 м) и одну на вышележащем (горизонт 1620 м), во второй день - заходки на оставшихся трех уступах. Длина одновременно взрываемого блока составляет 180 м, взрывание - короткозамедлен-

Рис. 6.16. Конструкция рабочей зоны в комплексе У-3, запроектированном на карьере Молодежного горно-обогатительного комбината;

$a$  - ширина рабочей площадки уступа;  $a_1$  - ширина полосы подготовленных запасов;  $a_2$  - ширина транспортной полосы;  $b$  - ширина дна породоуловителя;  $b_1$  - ширина буровой заходки;  $B$  - полная ширина породоуловителя;  $h_y$  - высота уступа;  $h_e$  - высота ограждающего породного вала;  $\alpha$  - угол естественного откоса развала;  $\beta$  - угол откоса уступа;  $\gamma$  - угол откоса рабочего борта



ное. На самом верхнем уступе (горизонт 1710 м) параметрами БВР предусмотрен усиленный взрыв на сброс.

После завершения взрывных работ начинается механизированная зачистка рабочих площадок трех верхних уступов от оставшейся после взрыва породы со сбросом ее под откос. Объем подваливаемой породы не превышает 23-25 % от отбитой, остальная ее часть обрасывается взрывом. Подвалку ведут последовательно сверху вниз, начиная с горизонта 1680 м. Экскаваторы ЭКГ-6,3у совместно с бульдозером ДЗ-94С двигаются с опережением относительно нижележащих горизонтов. Параметры порододоуловителя на концентрационном горизонте рассчитаны на размещение навала породы максимальной площади  $S_n^{max}$  в 1845 м<sup>2</sup>, что на 16-25 % превышает фактическое ее значение.

Большое внимание при работе с уступами уделено вопросам безопасности. Предусмотрена регулярная сборка откосов уступов от нависей с помощью установок ВС-22. Кроме того, бермы уступов периодически очищаются погрузчиками типа ПК-15. Дробление негабаритов после взрыва ведут с помощью пневматических бутобоев СП-62 на базе экскаватора ЭО 4121.

К погрузке подваленной породы приступают после окончательного формирования навала. Ввиду большой его высоты устраивают дополнительный погрузочный горизонт на кровле нижнего уступа (отм. 1590 м), для чего по навалу проходят временный транспортный заезд с горизонта 1560 м. После срезки верхней части навала переходят к погрузке породы уже на концентрационном горизонте. На погрузке используются экскаваторы ЭКГ-8у совместно с автосамосвалами БеЛАЗ-7509.

Комплекс У-3 запроектирован только на вскрышных работах. На добыче применен автомобильный комплекс с уступами высотой 15 м. С целью сокращения дальности транспортировки горной массы проектом предусмотрено строительство трех породоскатов и двух рудоскатов, располагаемых за пределами конечного контура карьера / 12 /.

1. Васильев М.В., Азимов А.А. Применение вертолетов на карьерах нагорного типа. - Известия вузов. Горный журнал, 1964, № 7. С. 92-96.
2. Гайсинский М.С., Красовский В.Г., Драчев В.Г., Лехов И.М. Новые технические решения в проектах института "Уралгипроруда". - Горный журнал. 1981. № 6. С. 9-12.
3. Елин С.Н., Архипова С.Е., Городецкий В.А. и др. Решение сложных технических проблем при разработке апатитовых месторождений открытым способом. - Горный журнал. 1979. № 10. С. 10-14.
4. Ильин С.А. Нагорные карьеры мира. - М.: МГИ, часть I, 1993, 224 с.
5. Ильин С.А. Технология открытой разработки нагорных месторождений. - М.: МГИ, часть I, 1991, 58 с.
6. Ильин С.А. Технология открытой разработки нагорных месторождений. - М.: МГИ, часть II, 1992, 90 с.
7. Ильин С.А., Нгуен-Тхан-Туан. Технология открытой разработки нагорных месторождений. - М.: МГИ, часть III, 1993, 93 с.
8. Ильин С.А. Технология открытой разработки нагорных месторождений. - М.: МГГУ, часть IV, 1994, 67 с.
9. Кашпер Л.Н. Открытая разработка нагорных месторождений Эквадора. - Горный журнал. 1991. № 3. С. 57.
10. Мельников Н.Н., Радионов С.Н., Решетняк С.П., Щербина А.Н. Вскрытие нагорной части Удоканского месторождения и подготовка к строительству карьера. - Горный журнал. 1992. № 11. С. 12-15.
11. Помбал Жоао. Проект открытой разработки железорудного месторождения Северный Китунгу. - Фонды МГГУ, 1995.
12. Проект Молодежного асбестового горно-обогатительного комбината. I очередь строительства. Уралгипроруда. Свердловск, 1991.
13. Юматов Б.П., Петров Н.Н., Енютин В.И. Основные задачи повышения эффективности разработки высокогорных месторождений. - Известия вузов. Геология и разведка. 1980. № 3. С. 140-144.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
ПРЕДИСЛОВИЕ .....	3
6. ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ВЕРШИННОГО ТИПА ..	4
6.1. Общие положения .....	4
6.2. Классификация технологических комплексов .....	8
6.3. Опыт применения технологических комплексов на карьерах .....	19
6.3.1. Бестранспортные комплексы .....	19
6.3.2. Транспортные комплексы .....	22
6.3.3. Транспортно-гравитационные комплексы .....	34
6.3.4. Гравитационные комплексы .....	37
6.3.5. Комбинированные комплексы .....	38
Список литературы .....	45

Сергей Александрович ШЫН  
ТЕХНОЛОГИЯ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ  
НАГОРНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ  
Учебное пособие

Темплан 1997 г., поз.119

Редактор Темиреева А.Т.  
Технический редактор Абросимова Т.Н.

Подписано в печать 20.5.1997 г.      Формат 60x90/16  
Объем 3 печ.л.      Тираж 200 экз.      Заказ № 255

---

Типография Московского государственного горного университета.  
Ленинский проспект, 6